



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERIA

TRABAJO FINAL

ANTEPROYECTO: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA -
RUTA NACIONAL N°12 TRAMO KM 871 AL KM 940.

AUTORES:

- ❖ BARRIOS LUCAS MATIAS.
- ❖ NUÑES ALAN EZEQUIEL.

TUTOR:

- ❖ ING. BIAIN ROLANDO.

AÑO 2024

➤ **AGRADECIMIENTOS.**

Los autores del presente trabajo expresan su profundo agradecimiento a aquellas personas y entidades que colaboraron con material útil para el desarrollo de este, además a aquellas personas que brindaron su apoyo para que esto sea posible.

Al docente a cargo del grupo, Ing. Alejandro Salgado, al tutor Ing. Rolando Biain, Ing. Alejandro Ruberto, Ing. Julián Setrini (DNV), Ing. Ariel Fracalossi (Sigma SRL), Ing. Santiago Donato (CSyT), Ing. Leopoldo Pepperman (CSyT), ya los familiares , amigos y compañeros.

<u>Contenido</u>	
CAPÍTULO 1 INTRODUCCION.....	6
1.1 INTRODUCCIÓN.....	6
1.2 OBJETIVOS	6
1.3 LOCALIZACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO	6
1.4 DESCRIPCION GENERAL DEL TRAMO EN ESTUDIO.....	7
1.5 ANTECEDENTE.....	8
1.6 INFORME DE SINIESTRALIDAD:.....	8
CAPÍTULO 2 ESTUDIO DE ANTECEDENTES	10
2.1 ESTUDIO DE TRÁNSITO.....	10
2.1.1 Antecedentes de TMDA:.....	11
2.1.2 Nivel de servicio	11
2.2 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO.....	12
CAPÍTULO 3 ESTADO DE CALZADA	19
3.1 RELEVAMIENTO DEL ESTADO SUPERFICIAL DE LA CALZADA.....	19
3.1.1 Inspección visual de la calzada.	19
3.1.2 Anchos de calzada.	20
3.2 RELEVAMIENTO DEL ESTADO ESTRUCTURAL DE LA CALZADA.....	20
3.2.1 Mediciones de deflexiones:.....	20
3.3 SONDESO ESTRUCTURALES.....	24
3.3.2 Calicatas.....	25
CAPÍTULO 4 REQUERIMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO EXISTENTE ...	29
4.1 MODALIDAD DE DISEÑO ESTRUCTURAL.....	29
4.2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EXISTENTE.....	29
4.3 ESTIMACION DE LA SOLICITACION DEL TRANSITO:.....	30
4.4 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL ESFUERZO.....	32
4.4.2 Banquina pavimentada.....	38
4.4.3 Perfil tipo de pavimento	40
4.4.4 Perfil tipo puente Santa Lucía.....	41
4.5 OBRAS DEL DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN	41
4.5.1 Preparación de la superficie:	41
4.5.2 Fresado en proximidad de puente rio Santa Lucia.....	42
4.5.3 Recambio de carpeta de puente Santa Lucia	43
CAPÍTULO 5 ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.	44
5.1 INTRODUCCIÓN	44
5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	44

5.3	VERIFICACIÓN DE LA SECCIÓN SAN ROQUE DEL RÍO SANTA LUCÍA...	51
5.4	ÁREA DE APORTE	53
5.5	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	54
5.6	PRECIPITACIONES CRÍTICAS DE DISEÑO	57
5.7	ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS	60
5.7.1	Método utilizado	60
5.7.2	Verificación del método	64
5.8	HIETOGRAMA DE DISEÑO	66
5.9	NÚMERO DE CURVA	67
5.10	CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO.....	69
5.10.1	Metodología aplicada.....	69
5.10.2	Resultados de Simulación en HEC-HMS	69
5.11	NIVEL DE MÁXIMA CRECIENTE.....	72
5.12	VERIFICACIÓN DE ALCANTARILLAS MENORES EXISTENTES.....	75
CAPÍTULO 6 INTERSECCIONES Y ACCESOS		79
6.1.1	ACCESO CIUDAD SAN ROQUE KM 900,93 – RN N°12.....	79
6.2	INTERSECCION RN N°12 Y RP N°19	82
6.3	ACCESO A LOCALIDAD MANTILLA KM 879,18.....	83
CAPÍTULO 7 SEGURIDAD VIAL		85
7.1	INTRODUCCION.....	85
7.2	SEÑALIZACION VERTICAL Y HORIZONTAL	86
7.2.2	Señales preventivas	87
7.2.3	Señales reglamentarias	89
7.3	Señales informativas	90
7.3.2	Obras de arte transversales.....	90
7.3.3	Intersecciones y accesos laterales	90
7.3.4	Líneas auxiliares para reducción de velocidad.....	91
7.3.5	Curvas horizontales	91
7.4	SEÑALES DEL TRAMO DE ESTUDIO	91
7.4.1	Líneas Longitudinales.....	91
7.4.2	Líneas Transversal	93
7.4.3	Marcas especiales	93
7.4.4	Señalización Vertical	93
7.5	ILUMINACION	99
7.5.1	Tipo de estructura-columna	99
7.5.2	Separación de columnas	100

7.5.3	Separación entre las luminarias:.....	103
7.6	DARSENA DE REFUGIO PARA TRANSPORTE PUBLICO Y PASAJEROS EN GENERAL	104
CAPÍTULO 8 COMPUTO Y PRESUPUESTO		106
CAPÍTULO 9 MANEJO AMBIENTAL Y RECOMENDACIONES.....		109
9.1	MANEJO AMBIENTAL	109
9.1.1	Obradores	109
9.1.2	Planta asfáltica y planta fija de mezcla	111
9.1.3	Restauración de las áreas utilizadas en la obra.....	113
9.1.4	Manejo de residuos	114
9.2	RECOMENDACIONES.....	118
CAPÍTULO 10 ANEXOS		120
ANEXOS CAPÍTULO 2		120
ANEXOS CAPÍTULO 3		123
ANEXO CAPITULO 4.....		165
ANEXO CAPITULO 5.....		170
ANEXOS CAPITULO 7		194
ANEXO CAPITULO 8:.....		216

CAPÍTULO 1 INTRODUCCION

1.1 INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo, tiene por objeto el reacondicionamiento de la infraestructura de la Ruta Nacional N°12, este comprende el estudio del camino entre los progresivos km 871-km 940, a lo largo de prácticamente 70 kilómetros de carretera dentro de la provincia de Corrientes, entre los empalmes con la Ruta Nacional 123 y Ruta Nacional 118.

Este trabajo se desarrolla a nivel de anteproyecto, incluye el acondicionamiento de los accesos a las localidades ubicadas a las márgenes del tramo, mediante obras de iluminación, pavimentación y readecuación hidráulica de las obras de arte.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo de esta propuesta es renovar las condiciones de circulación mejorando así su nivel de servicio, que esto lleva a solucionar los problemas actuales que más se repiten en el tramo que son los accidentes de tránsito.

Para ello la readecuación del tramo se hace bajo el concepto de “Ruta Segura”, según lo define la Dirección Nacional de Vialidad, donde las tareas que se llevan a cabo son, el ensanche de la calzada existente y la adición de banquetas pavimentadas.

1.3 LOCALIZACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO

El tramo III correspondiente a la RN N°12, se ubica en el centro- oeste de la provincia de Corrientes; se inicia en el kilómetro 871 en la intersección con la RN N°123, y finaliza en el kilómetro 940, en la intersección con RN N° 118, con una longitud aproximada a intervenir de 70 kilómetros de ruta bidireccional.

El tramo de proyecto tiene orientación sur-norte, dentro de una topografía llana, atravesando zonas rurales con accesos a algunas pequeñas localidades y emprendimientos agrícolas; caracterizado por un trazado predominante lineal con curvas amplias.

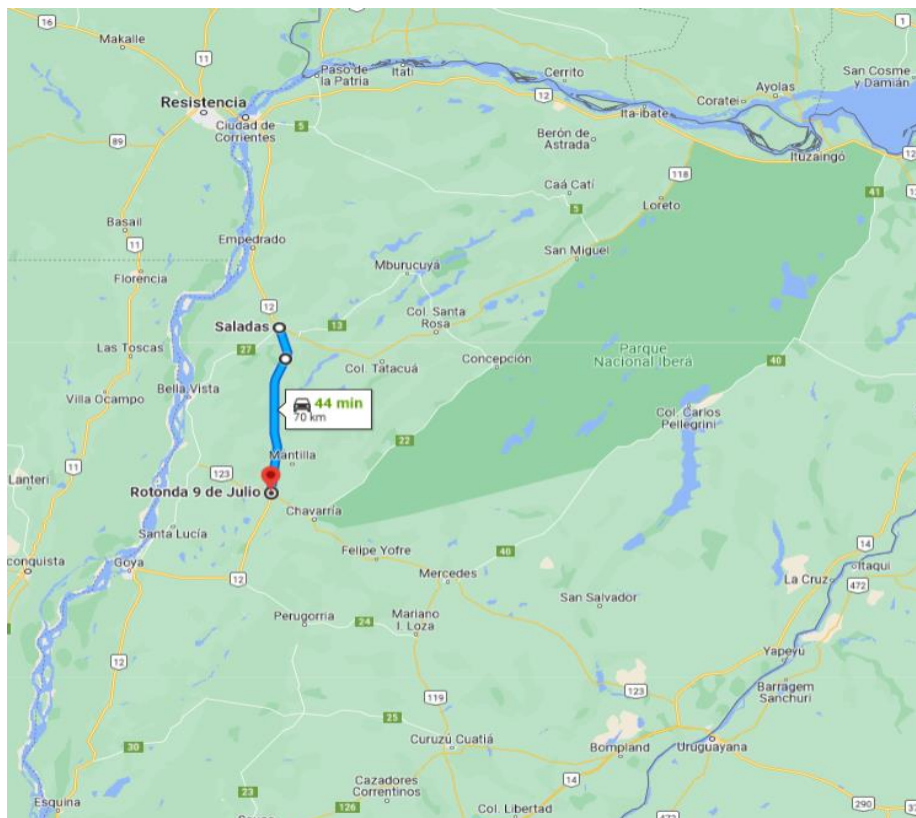


FIGURA 1.1 - Ubicación del tramo de la obra (Fuente: google earth).

1.4 DESCRIPCION GENERAL DEL TRAMO EN ESTUDIO

El tramo en estudio cuenta con 70 km, y comprende el tramo de la ruta nacional 12, desde su encuentro con la ruta nacional n 123 hasta el empalme con la ruta nacional 118 cerca de la ciudad de Saladas.



FIGURA 1.2 - Intersecciones de interés en el tramo (Fuente: Wikipedia).

En el esquema anterior se muestran las intersecciones y ríos más importantes durante el tramo. En el mismo se realiza un relevamiento del estado superficial del pavimento así también como en las condiciones que se encuentran los anchos de calzadas.

1.5 ANTECEDENTE

Para el desarrollo de este anteproyecto, mediante la cooperación de Vialidad Nacional de la ciudad de Corrientes se pudo rescatar un informe de Evaluación Estructural y Geotécnica de la Ruta Nacional N° 12, el cual hace referencia a las progresivas 871+350 a 1023+000 y progresivas 1090+000 a 1130+000.

En este informe que se realizó en el año 2010, en el mismo podemos encontrar antecedentes del tramo en estudio, así como auscultaciones deflectométricas de entonces y propuesta para la repavimentación de zonas hasta km 905 como parte de la llamada ORI C6.1.2.

1.6 INFORME DE SINIESTRALIDAD:

Los siniestros viales son una problemática que azotan cotidianamente a la Provincia de Corrientes, y cuando vemos noticias e informes de donde se producen los mismo, el tramo Ruta Nacional N°12 que se encuentra en la Provincia adquiere protagonismo.

De acuerdo a informes obtenidos a través de la Dirección General de Tránsito y Seguridad Vial de la Provincia de Corrientes y en conjunto con instituto de Administración de Empresas Agropecuarias dependiente de la facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Nordeste, se dispusieron de datos estadísticos oficiales sobre el total de accidentes acontecidos durante el periodo de Enero de 2022 a Abril de 2023 en rutas nacionales que atraviesan la provincia de Corrientes, detallando total de fallecidos, total de heridos, lugar de ocurrencia de los siniestros y tipo de vía.

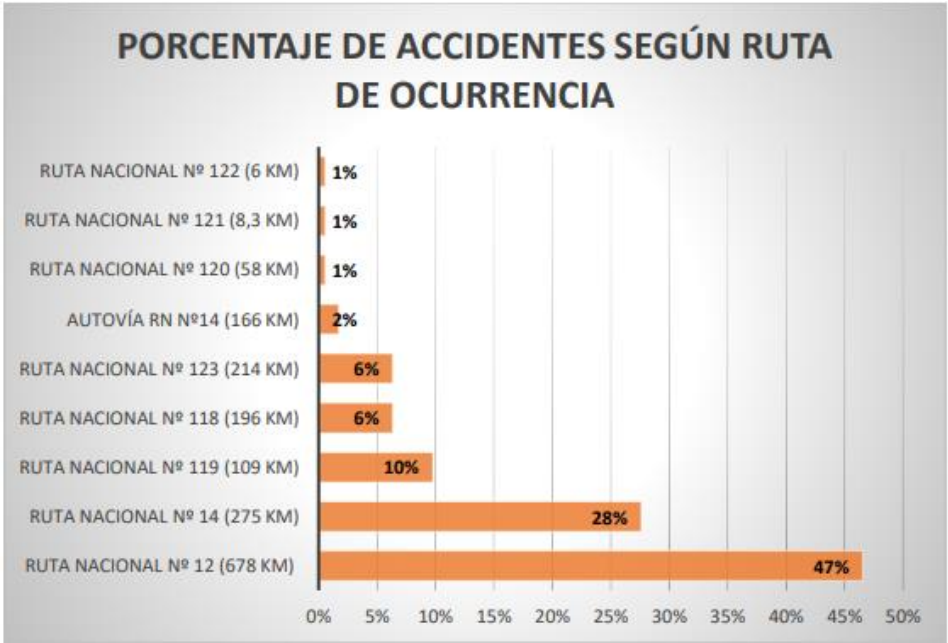


FIGURA 1.3 - Porcentaje de accidentes según rutas (Fuente: Estudio IAEA - UNNE).



FIGURA 1.4 - Porcentaje de fallecidos según rutas (Fuente: Estudio IAEA - UNNE).

Como se puede apreciar en los gráficos, el 49% de los siniestros viales ocurridos en las rutas nacionales de la provincia durante los primeros ocho meses del 2022 tuvieron lugar en la Ruta Nacional Nº12.



En horas de la mañana de ayer sobre Ruta Nacional N°12 se registró el vuelco de un camión que salió de la localidad de Mercedes y tenía como destino la capital provincial.

Fue al llegar al kilómetro 890, entre las localidades de Mantilla y San Roque, que sufrió un desperfecto, reventó una cubierta delantera por lo que realizó una maniobra que terminó en la banquina volcando solo la parte de la cabina.

FIGURA 1.5 - Noticia de accidente por causas de mal estado de ruta n°12 (Fuente: diario digital RadioDos).

De los recientes datos podemos concluir que estos accidentes pueden ser producto de la imprudencia de los conductores, en algunos casos, pero la gran mayoría de ellos están relacionado con el deplorable estado tanto de la calzada y como de la banquina, la cual afecta mayormente de al tránsito vulnerable. Por eso ahora debemos abocarnos al análisis estructural, geométrico y vial de la ruta en estudio, los cuales a priori son consecuencia del crecimiento del parque automotor tanto liviano como pesado, velocidades superiores a la máxima permitida, falta de mantenimiento de la calzada, entre otros.

CAPÍTULO 2 ESTUDIO DE ANTECEDENTES

2.1 ESTUDIO DE TRÁNSITO

Es de vital importancia analizar cómo está compuesto y las características del tránsito en la zona de estudio, de esta manera comprender bajo qué condiciones se está desarrollando nuestro camino y la importancia relativa que de este.

En cuanto al diseño del pavimento, el TRANSITO MEDIO DIARIO ANUAL (TMDA) que representa el volumen total anual dividido por el número de días del año (veh/día) y la composición del tránsito, es decir los distintos vehículos que circulan por el camino y en especial el número de camiones dentro del TMDA,

son los elementos fundamentales en la determinación del espesor de los pavimentos y la característica de diseño geométrico.

2.1.1 Antecedentes de TMDA:

Según los datos obtenidos del sitio web de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), se elaboró una gráfica de la evolución durante 10 años desde el último año de registro, que es 2022, del TMDA del camino.

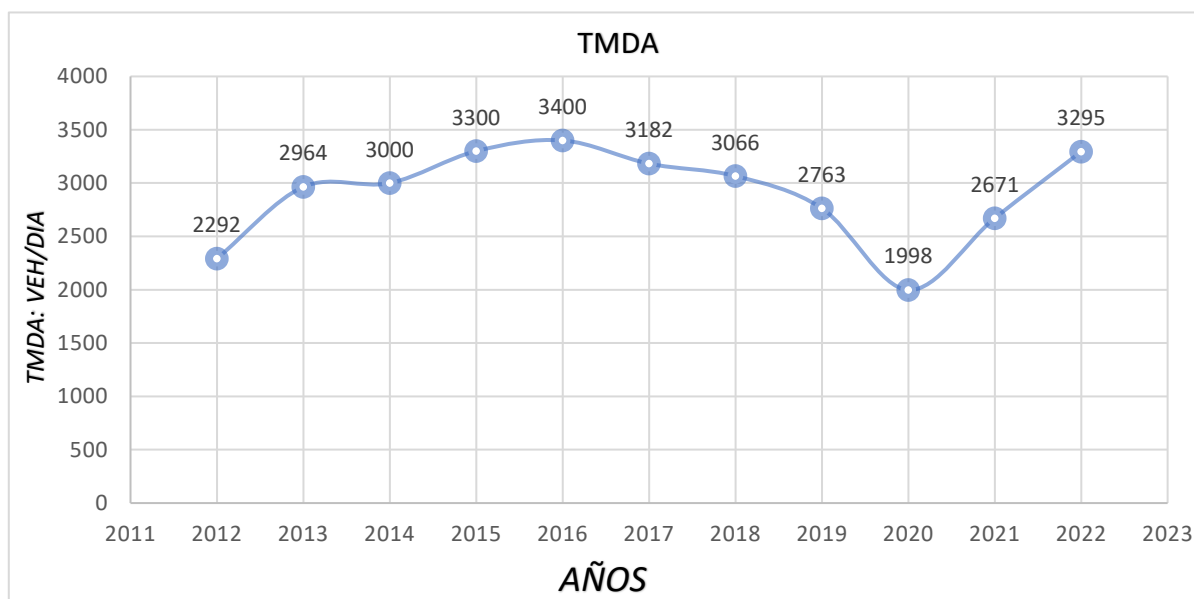


FIGURA 2.1 - Evolución del TMDA durante los últimos 10 años (Fuente: DNV).

Como podemos observar el TMDA del tramo en estudio tuvo ciertas variaciones a lo largo de la serie, aunque cabe resaltar la particular caída que registra en el año 2020 la cual es de público conocimiento debido de inicio de la pandemia de Covid-19 en la República Argentina, que condujo al aislamiento social preventivo y obligatorio. Pero luego de ese año a medida que se fue normalizando la situación post pandemia el TMDA fue en aumento de manera creciente.

2.1.2 Nivel de servicio

El nivel de servicio de un camino se refiere a la calidad y comodidad que ofrece a los usuarios. Es una medida de la capacidad de un camino para satisfacer las necesidades y expectativas de los usuarios en términos de velocidad, fluidez del tráfico, seguridad y confort.

El nivel de servicio de un camino se clasifica en diferentes niveles, generalmente representados por letras, siendo A el nivel más alto y F el nivel más bajo. Estas

clasificaciones se basan en parámetros como la velocidad promedio, la densidad de tráfico, la capacidad de flujo y la demora experimentada por los usuarios.

Para caminos rurales de dos carriles de Clase 1 (tramos de rutas nacionales), el nivel de servicio se establece fundamentalmente por los siguientes parámetros: porcentaje de tiempo de viaje sin posibilidad de efectuar maniobra de sobrepaso y la velocidad promedio de viaje

2.2 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO

Para determinar el nivel de servicio, se tomará el año con mayor TMDA registrado, el cual corresponde al año 2016 con un valor de 3400 Veh/Día, además se obtendrá de ese mismo año valores como: velocidad de diseño del tramo de estudio, valores de direccionalidad de hora pico, porcentaje de sobrepaso. Cabe recalcar que son datos obtenidos de la página web oficial de DNV.

Velocidad de Diseño	107.9 km/h Livianos
Valores de Direccionalidad de hora pico	50/50 ASC/DESC Distribución por sentido
Volumen horario de diseño	$VHD = K \times TMDA = 0,14 \times 3400 = 476$ Veh/hora

FIGURA 2.2 - Datos de velocidad de diseño, direccionalidad y volumen hora diseño (Fuente: DNV).

El valor de K para el volumen de diseño se obtiene de tabla.

Se adopta $K=0.14$, correspondiente al TMDA comprendido entre 2500 y 5000 veh/día, según Tabla N°2. Esto se tomó así ya que salvo el año 2012 y el año excepcional 2020, los demás años registrados se encuentran en ese rango.

Porcentaje sin sobre paso:

El porcentaje de zona sin sobrepaso se determinó haciendo la relación entre la sumatoria de las longitudes de los tramos que presentaban al menos una línea amarilla sobre la calzada y la longitud total del tramo en estudio:

Longitud de tramo en estudio: 9,29km; Longitud sin sobrepaso: 4,97km.

Porcentaje sin sobre paso: $(4,97\text{km} / 9,29\text{km}) \times 100 = 53,50\%$.

Para determinar el nivel de servicio de la del camino, aplicaremos los conocimientos brindados por la catedra de vialidad especial como así también las tablas y las planillas de cálculo:

Características Geométricas					
Velocidad de diseño :	VD =	108 km/h	Ancho de carril :	a =	3.35 m
% zonas sin sobrepaso	Pss =	53.5 %	Obstrucción lateral	d =	1.2 m
Tipo de Terreno :	Llano		Longitud del tramo :	Lt =	9.29 km

Características del Tránsito	
Volumen horario de demanda :	VHD = 476 vph
Factor de hora pico :	FHP = 0.91
Porcentaje de automóviles :	Pa = 61.5 %
Porcentaje de camiones :	Pc = 32.6 %
Porcentaje de ómnibus :	Po = 5.9 %
Porcentaje de vehículos recreacionales :	Pr = 0 %
Direccionalidad :	Dir. = 50 / 50

1 - Ecuación general.

El volumen de servicio " total en ambos sentidos ", se calcula con la siguiente ecuación :

$$VSi = 2800 * (v / c)_i * fd * fa * fvp$$

VSi : volumen de servicio total en ambos sentidos, en las condiciones existentes de tránsito y camino, para el nivel de servicio " i ", expresado en vehículos por hora [vph]

(v / c)_i : relación volumen - capacidad ideal para el nivel de servicio " i ", que se obtiene de la " **Tabla 8.1** ".

fd : factor de ajuste por distribución direccional del tránsito, se obtiene de la " **Tabla 8.4** ".

fa : factor de ajuste por ancho de carril y obstrucción lateral, se obtiene de la " **Tabla 8.5** ".

fvp : factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados en la corriente del tránsito, que se calcula con la siguiente expresión:

$$fvp = \frac{1}{[1 + Pc * (Ec - 1) + Po * (Eo - 1) + Pr * (Er - 1)]}$$

Pc : porcentaje de camiones en la corriente de tránsito, expresado como decimal.

Po : porcentaje de ómnibus en la corriente de tránsito, expresado como decimal.

Pr : porcentaje de vehículos recreacionales en la corriente de tránsito, expresado como decimal

Ec : factor de equivalencia de camiones en automóviles, se obtiene de la " **Tabla 8.6** ".

Eo : factor de equivalencia de ómnibus en automóviles, se obtiene de la " **Tabla 8.6** ".

Er : factor de equivalencia de vehículos recreacionales en automóviles, se obtiene de la " **Tabla 8.6** ".

La ecuación general, considera una capacidad ideal de " **2800 aph** " y la ajusta con la relación " **(v / c)** " correspondiente al nivel de servicio deseado, con el factor " **fd** " por distribución direccional, con el factor " **fa** " por ancho de calzada y obstrucciones laterales y con el factor " **fvp** " por presencia de vehículos pesados.

2 - Obtención de los factores de ajuste y automóviles equivalentes para las condiciones existentes de tránsito y camino.

a - Relación " **(v / c)** " para cada Nivel de Servicio " **NSi** ", de la " **Tabla 8.1** ".

Relación " (v / c) " para cada Nivel de Servicio " NSi ".					
% zonas sin sobrepaso : Pss = 53.5 %			Terreno : Llano		
Nsi	A	B	C	D	E
(v / c)	0.08	0.2	0.35	0.595	1

b - Factor de ajuste " **fd** " por distribución direccional, de la " **Tabla 8.4** ".

Factor de ajuste " fd " por distribución direccional.	
Direccionalidad : Dir = 50 / 50	----> fd = 1

c - Factor de ajuste " **fa** " por ancho de carril y obstrucción lateral, de la " **Tabla 8.5** ".

Factor de ajuste " fa " por ancho de carril y obstrucción lateral			
Ancho de carril : a = 3.35 m	---->	NS = A - D ----> fa = 0.85	
Obstrucción lateral d = 1.2 m		NS = E ----> fae = 0.92	

d - Equivalentes en automóviles " **Ec** " ; " **Eo** " y " **Er** ", de la " **Tabla 8.6** ".

Equivalentes en automóviles " Ec " ; " Eo " y " Er ".					
De Tabla 8.6 , con ----> Tipo de terreno : Llano					
Factor	Nivel de Servicio Nsi				
Ei	A	B	C	D	E
Ec	2	2.2	2.2	2	2
Eo	1.8	2	2	1.6	1.6
Er	2.2	2.5	2.5	1.6	1.6

e - Factor de ajuste " fvp " por presencia de vehículos pesados.

$$fvp = \frac{1}{[1 + Pc * (Ec - 1) + Po * (Eo - 1) + Pr * (Er - 1)]}$$

Para Nivel de Servicio : NS = A

$$fvp = \frac{1}{[1 + 0.326 * (2 - 1) + 0.059 * (1.8 - 1) + 0 * (2.2 - 1)]} = 0.728$$

Para Niveles de Servicio : NS = B y NS = C

$$fvp = \frac{1}{[1 + 0.326 * (2.2 - 1) + 0.059 * (2 - 1) + 0 * (2.5 - 1)]} = 0.69$$

Para Niveles de Servicio : NS = D y NS = E

$$fvp = \frac{1}{[1 + 0.326 * (2 - 1) + 0.059 * (1.6 - 1) + 0 * (1.6 - 1)]} = 0.735$$

3 - Volumen de servicio " VSi " para cada Nivel de Servicio " NSi ".

$$VSi = 2800 * (v / c)_i * fd * fa * fvp$$

$$NS = A \quad VSa = 2800 * 0.08 * 1 * 0.85 * 0.728 = 139 \text{ vph}$$

$$NS = B \quad VSb = 2800 * 0.2 * 1 * 0.85 * 0.69 = 328 \text{ vph}$$

$$NS = C \quad VSc = 2800 * 0.35 * 1 * 0.85 * 0.69 = 575 \text{ vph}$$

$$NS = D \quad VSd = 2800 * 0.595 * 1 * 0.85 * 0.735 = 1041 \text{ vph}$$

$$NS = E \quad VSe = 2800 * 1 * 1 * 0.92 * 0.735 = 1893 \text{ vph}$$

4 - Conversión del volumen actual o previsto a volumen pico de 15 minutos.

$$VS = \frac{VHD}{FHP} = \frac{476 \text{ vph}}{0.91} = 523 \text{ vph}$$

5 - Determinación del nivel de servicio " NS " que brinda el camino.

$$VS : 523 \text{ vph} < 575 \text{ vph} \text{ ----> NS} = C$$

6 - Capacidad del camino.

La capacidad del camino, es el volumen de servicio total en ambos sentidos, correspondiente al nivel de servicio " NS = E ". En este caso será :

$$\text{Capacidad : } V_{Se} = C = 1893 \text{ vph}$$

7 - Resumen de resultados.

CUADRO RESUMEN					
Volumen de Servicio " VS _i " para cada Nivel de Servicio " NS _i ".					
$VS_i = 2800 * (v / c)_i * fd * fa * fvp$					
NS	(v / c)	fd	fa	fvp	V _{si}
A	0.08	1	0.85	0.728	139
B	0.20	1	0.85	0.69	328
C	0.35	1	0.85	0.69	575
D	0.60	1	0.85	0.735	1041
E	1.00	1	0.92	0.735	1893
F	-	-	-	-	-
Volumen de Servicio " VS " y Nivel de Servicio " NS " del camino.					
$VS = \frac{VHD}{FHP} = \frac{476 \text{ vph}}{0.91} = 523 \text{ vph}$					
$VS = 523 \text{ vph} < 575 \text{ vph} \text{ ----> NS} = C$					
$\text{Capacidad : } C = 1893 \text{ vph}$					

Debido a las características y el estado de nuestro camino rural, estaríamos en un Nivel de Servicio C. En este Nivel de Servicio se nota un aumento notable de los pelotones como así también el tamaño de los mismos. La corriente de tránsito comienza a ser susceptible a la congestión debido a los vehículos que giran o a los vehículos lentos. Las demoras superan el 60%.

Teniendo en cuenta que se tomó el mayor TMDA, el NS actual demuestra que el tramo de ruta más transitado todavía sigue vigente y en buenas condiciones.

Como vimos anteriormente el TMDA va aumentando año a año por esto tomaremos el del último año registrado y analizaremos un TMDA futuro así estimar en las condiciones durante los próximos años de nuestro camino.

TMDA Futuro:

Con los datos de cobertura registrados y mencionados anteriormente, vamos a tomar el año 2022 con un TMDA de 3295 Veh/Día. También vamos a necesitar la tasa de crecimiento anual, la cual DNV recomienda 3% y para el diseño una vida útil de 10 años.

$TMDA_i = 3295 \text{ Veh/Día}$; Crecimiento anual (r)=3%; Vida útil(n)= 10 años:

$TMDF = 3295 \text{ Veh/Día} \times (1 + 0.03)^{10} = 4428 \text{ Veh/Día}$.

TABLA 2.1 - Evolución del TMDA durante los próximos 10 años (Fuente: elaboración propia).

AÑOS	TMDA
2022	3295
2023	3394
2024	3496
2025	3601
2026	3709
2027	3820
2028	3934
2029	4052
2030	4174
2031	4299
2032	4428

Teniendo en cuenta estos valores de TMDA futuro se supone que se pase a un NS D donde el flujo vehicular empieza a ser inestable y existe dificultad para realizar maniobras de sobrepaso, lo que conlleva a incrementar los tiempos de viaje debido a que los vehículos están obligados a disminuir su marcha. Nos ubica en una situación de condiciones regulares pero que permiten el funcionamiento de la ruta y no la deja obsoleta.

Si se tiene trabajo de a través de los registros durante estos años planear posibles modificaciones a este camino rural de acá unos 15 o tal vez 20 años.

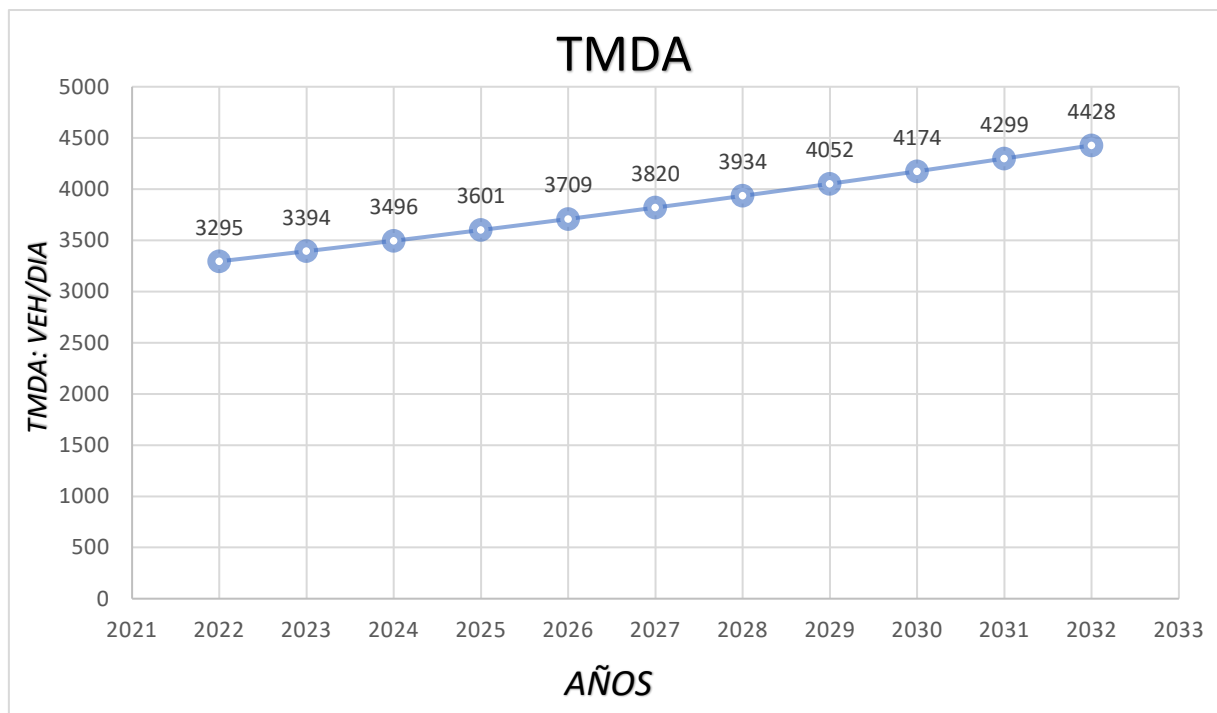


FIGURA 2.3 - Evolución del TMDA una vez realizado los trabajos (Fuente: E. Propia).

CAPÍTULO 3 ESTADO DE CALZADA

3.1 RELEVAMIENTO DEL ESTADO SUPERFICIAL DE LA CALZADA

3.1.1 Inspección visual de la calzada.

Recorriendo el tramo y tomando registros fotográficos del mismo, se pueden observar los principales aspectos del deterioro de la calzada.

Se pudo observar que en la mayoría del tramo predomina un elevado desgaste de la carpeta de rodamiento asfáltica, que la misma cuenta con múltiples bacheos realizados con el fin de mantenimiento, pero que en la mayoría de los casos son de reducidas dimensiones, con 4/5 cm de espesor.

También se observa un ahuellamiento marcado, producidos por el desplazamiento de la mezcla asfáltica, mayormente en las zonas de borde, pero también se pudieron observar en las zonas centrales de la ruta. También se puede observar e la mayoría del tramo fisuras superficiales finas y ramificadas, estas fisuras longitudinales están selladas con asfálticos parciales.

En cuanto a la banquina, se observa que en la mayoría del tramo estas están en mal estado, sobre elevadas a lo que es la calzada de la ruta, y con un muy bajo

mantenimiento. En algunos lugares del tramo las banquetas están enripiadas, pero con un estado de poco mantenimiento.

3.1.2 Anchos de calzada.

Mediante la búsqueda de datos, se pudo dar con un informe de la empresa corredores viales, la misma realizan la medición de los distintos anchos de calzadas mediante un equipo de alta tecnología, el mismo determina el ancho de cada 200 a 300 metros, según se reporta.

Dicho equipamiento nos da como resultado un gráfico donde nos marca la variación de dichos anchos según avanza el progresivo de la ruta.

Se puede ver que dicho informe este hecho desde el km 880 de la RN 12. Donde podemos ver que los anchos van variando también teniendo en cuenta los errores del equipo, pero en los primeros kilómetros tenemos anchos de calzadas arriba de los 7 m, pero luego de la progresiva 906, estos anchos bajan a una media de 6.80 a 7.00 metros.

Esto tiene mucha influencia en cuanto al nivel de servicio de dicha ruta.

3.2 RELEVAMIENTO DEL ESTADO ESTRUCTURAL DE LA CALZADA

Para el relevamiento del estado estructural de la calzada, recurrimos a un estudio que se realizó en la zona, por la empresa Corredores Viales, la misma realizó un estudio completo sobre el estado estructural de la calzada.

Dicho informe cuenta con los siguientes ensayos:

3.2.1 Mediciones de deflexiones:

La medición de deflexiones del pavimento se realizó mediante un Deflectómetro de impacto, en el mes de marzo de 2022. Se realizaron mediciones a razón de un punto cada 100 metros de camino, dispuestas en tresbolillo entre ambos carriles; con los registros y requerimientos especificados en dicho punto.

Este método permite medir la deflexión provocada en la superficie del pavimento por la acción de una carga de impacto controlada. Simultáneamente se registra la deflexión bajo el punto de aplicación de la carga (Deflexión máxima) y varios puntos alineados, a distancias fijas de la misma. De esta manera, queda delineada la deformada del pavimento bajo carga.

Las determinaciones se ejecutaron a lo largo del tramo en estudio, sobre la huella externa, de manera sistemática y a razón de una medición cada 200 m en cada carril, en tresbolillo alternando carril ascendente y descendente.

En el informe encontrado como antecedente (anexado), para el cálculo de los Radios de Curvatura se adoptaron los sensores 1 y 3:

En el centro de aplicación de la carga a 3 cm de la misma respectivamente.

Se representan gráficamente, en función de las progresivas, los valores de Deflexiones y Radio de Curvatura determinados en cada punto del ensayo. A efectos de identificar sectores con similar respuesta estructural se aplicó el procedimiento de Diferencias Acumuladas establecido en el Apéndice J de la guía de Diseño AASHTO 1993, lo cual se representa con los valores característicos (percentil 50) correspondientes a cada sección identificada. (Extraído de informe antecedente anexo).

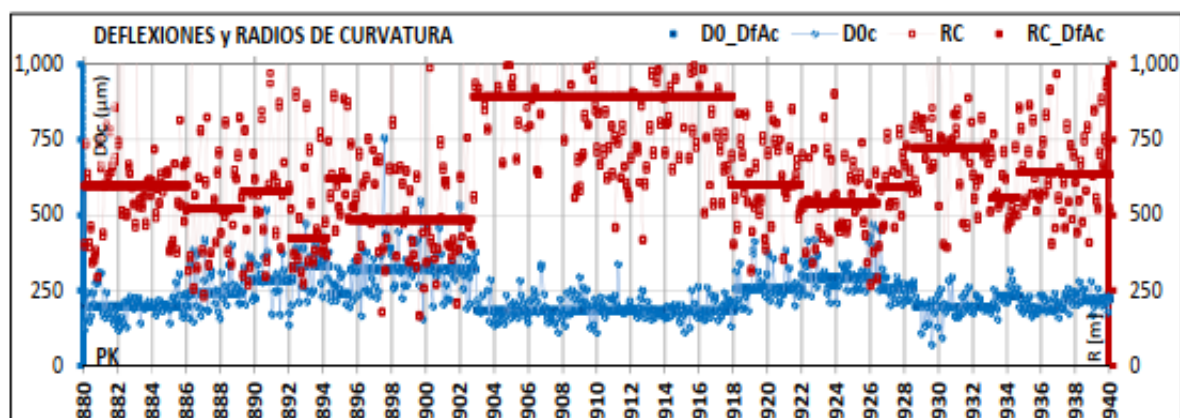


FIGURA 3.1 - Deflexiones y Radios de curvatura (Fuente: Informe Antecedente).

Se procedió al análisis de cuatro parámetros que derivan del cuenco de deflexiones, el cual puede ser dividido en 3 zonas, dando origen a valiosa información sobre el estado estructural del pavimento. Dichos parámetros son los siguientes:

SCI: índice de curvatura de capas superficiales (indicador de la condición de las capas superficiales).

BDI: Índice de daño en capas intermedias.

BCI: Índice de curvatura de capas profundas o subrasante

Área: el área bajo el cuenco de deflexiones es un importante indicador estructural que orienta sobre la condición de las capas sobre la subrasante (paquete estructural).

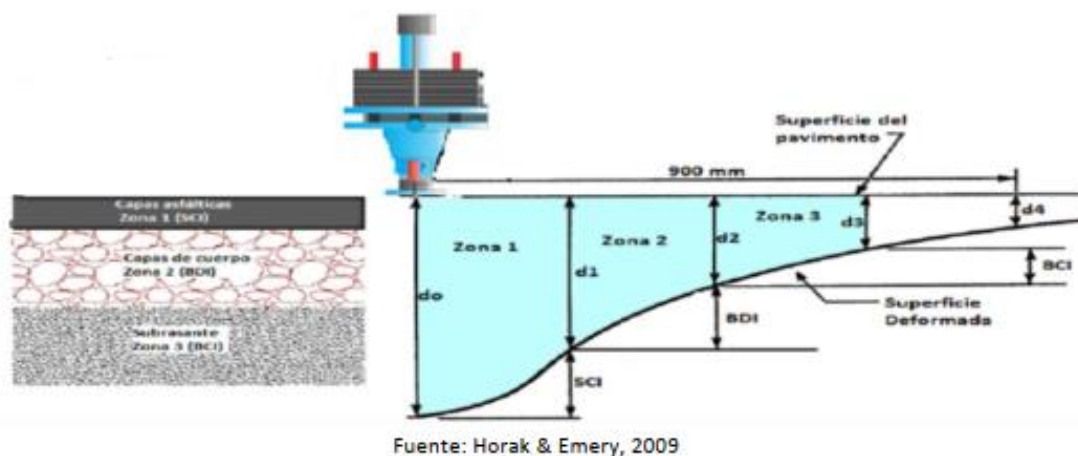


FIGURA 3.2 - Parámetros del cuenco de deflexiones. (Fuente: Informe Antecedente).

En la figura 3, se representan estos parámetros, los cuales permiten observar e interpretar la respuesta estructural del pavimento auscultado. En dichos gráficos también se representan los valores característicos correspondientes a sectores con respuesta estructural homogéneas obtenidas mediante la aplicación del procedimiento de “Diferencia Acumuladas” establecidos en el apéndice J de la guía de diseño AASHTO 1993.

La Bibliografía como Horak & Emery, 2009 indican los siguientes indicadores de la condición estructural en función de estos parámetros.

Condición estructural	Parámetros del cuenco de deflexiones			
	d_0 (μm)	SCI (μm)	BDI (μm)	BCI (μm)
Bueno	<500	<200	<100	<50
Alarma	500-750	200-400	100-200	50-100
Grave	>750	>400	>200	>100

FIGURA 3.3 - Indicadores estructurales (Fuente: Horak & Emery,2009).

A continuación, se presentan los resultados de los parámetros antes mencionados según las progresivas correspondientes (extraídos de informe antecedente anexo).

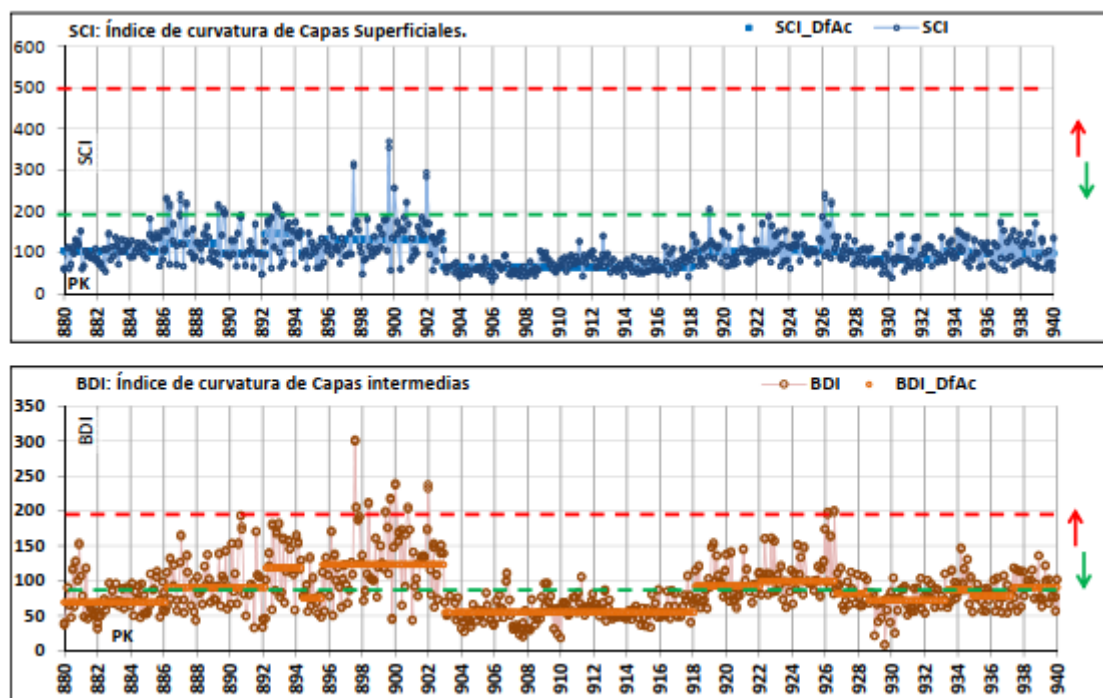


FIGURA 3.4 - Resultados de relevamiento Índice de curvatura (Fuente: Informe anexo).

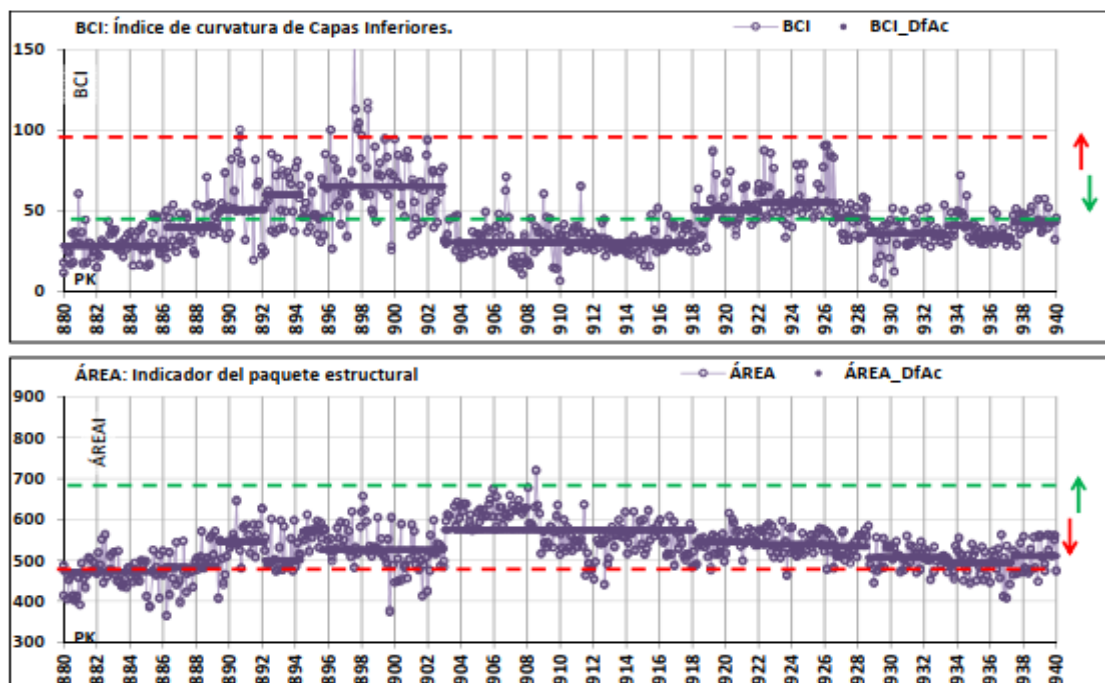


FIGURA 3.5 - Resultados de relevamiento estructural-índices de paquete (Fuente: Informe anexo).

3.3 SONDEOS ESTRUCTURALES

Para llevar a cabo los sondeos estructurales se realizaron los siguientes estudios sobre la calzada existente de la RN N°12.

Extracción de testigos de las capas asfálticas.

Se efectuó la extracción de testigos de las capas asfálticas en forma sistemática, a razón de un calado cada uno o dos kilómetros, alternando carril ascendente y descendente, a efectos de constatar los espesores y el estado de dichas capas. Este relevamiento se complementó con la información de calicatas y los antecedentes disponibles, a los fines de componer la disposición de las capas asfálticas del tramo en estudio.

Ensayos con el penetrómetro Dinámico de Cono (DCP)

En los lugares de extracción de testigos asfálticos y de apertura de calicatas, se ejecutaron ensayos con el penetrómetro dinámico de cono (DCP) a los efectos de valor la capacidad portante de las capas subyacentes.

El DCP mide la penetración dinámica por golpe, a través de las distintas capas. Esta penetración es función de la resistencia al corte in situ de los materiales del paquete estructural. El perfil de resistencia en profundidad brinda, por lo tanto, una indicación de las propiedades, en el lugar, de los materiales de las diferentes capas componentes del pavimento, en las condiciones reales en que estos se encuentran en el momento del ensayo, resultando de utilidad para estimar la capacidad estructural relativa de las distintas capas de pavimento.

En el siguiente grafico se resumen los resultados obtenidos, adoptando un criterio de clasificación en función de la profundidad de análisis y del índice de penetración DN (mm/golpe). También indican espesores de las capas asfálticas detectadas en los testigos extraídos.

Los resultados de los ensayos DCP, responden al siguiente criterio:

TABLA 3.1 - Criterios de referencia en estudio DCP realizado (Fuente: Informe anexo).

CAPA				
Base	DN < 5	5 < DN < 10	10 < DN < 15	DN > 15
Subbase	DN < 8	8 < DN < 15	15 < DN < 30	DN > 30
Subrasante	DN < 10	10 < DN < 20	20 < DN < 30	DN > 30

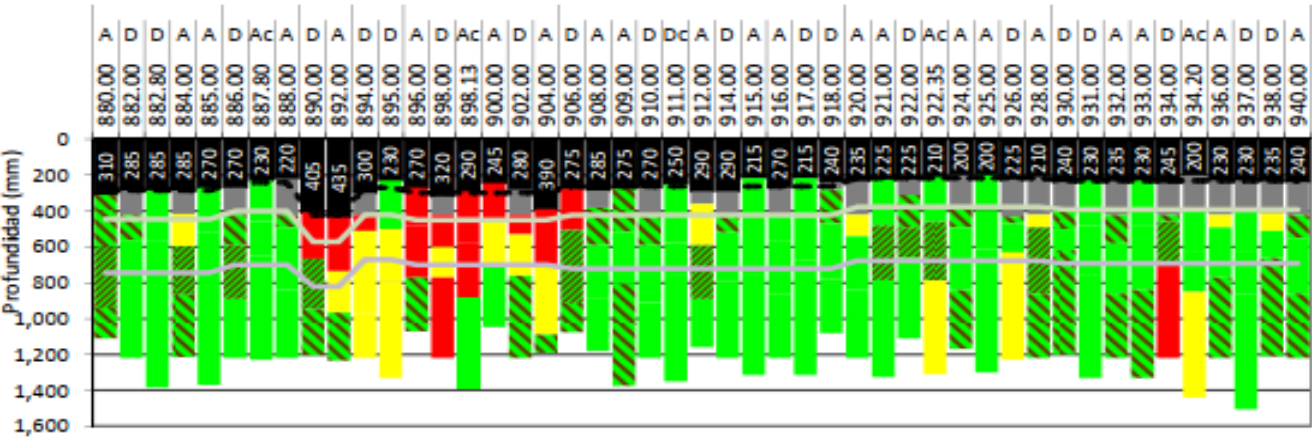


FIGURA 3.6 - Esquema de resultados DCP por cada progresiva (Fuente Informe anexo).

3.3.2 Calicatas

Con el fin de constatar los materiales, espesores y estado de las cargas (asfálticas y no asfálticas) componentes del pavimento, y tomar muestras de los materiales de las mismas, en cantidad suficiente para ejecutar ensayos de caracterización, se planifico la ejecución de calicatas de auscultación del pavimento.

Se procedió a retirar, un a una las capas asfálticas, limpiando adecuadamente luego de cada remoción de material, con el fin de observar el estado de la capa inmediata inferior y, cuando existen, hacer el seguimiento de las fisuras en profundidad.

RESUMEN DE RESULTADOS DE CALICATAS-FUENE: INFORME ANTECEDENTE.

TABLA 3.2 - Tabla resúmenes de calicatas (Fuente: E. Propia).

PROGRESIVA	Carril	Espesor Asfalto	Base	Sub Base

887+800	Ascendente	23 cm	Estab. Granular 16 cm	--
898+130	Ascendente	29 cm	Suelo Arce- Árenos 15 cm	Suelo Arc- Arenos 15-20 cm
911+000	Descendente	25 cm	Base Granular	Suelo Arc- Arenos 17 cm
922+350	Ascendente	21 cm	Areno-Limoso 15 cm	Arenosa 15cm
934+200	Ascendente	20 cm	Estab. Granular 18 cm	Arcilloso 15 cm

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los resultados que se obtuvieron sobre las muestras granulares y de suelo extraídas de las calicatas:

TABLA 3.3 - Resultados de laboratorio. (Fuente: Información - Antecedente).

Prog. (Km)	Profundid. manto (m)	Granulometría			Plasticidad			HRB(IG)	H _{natural} (%)	D _{natural} (kg/dm ³)	Sales solubles y sulfatos
		Pasa #10 (%)	Pasa #40 (%)	Pasa #200 (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)				
887+800 Ascend.	0,23-0,39	29	21	5	-	-	NP	A-1-a(0)	2,9	2,118	NF
	0,39-0,49	99	91	22	-	-	NP	A-2-4(0)	4,6	1,833	NF
	0,49-0,67	100	94	12	-	-	NP	A-2-4(0)	5,1	1,851	NF
	0,67-1,00	100	99	77	-	-	NP	A-4(0)	15,4	-	NF
898+130 Ascend.	0,29-0,44	100	96	49	45,0	15,5	29,5	A-7-6(10)	14,7	1,813	NF
	0,44-0,65	100	90	53	38,1	14,6	23,5	A-6(9)	15,4	1,847	NF
	0,65-0,81	100	87	53	37,1	13,0	24,1	A-6(9)	15,9	1,809	NF
	0,81-1,10	100	99	78	39,7	12,5	27,2	A-6(9)	17,5	-	NF
911+000 Descend.	0,25-0,42	39	29	9	-	-	NP	A-1-a(0)	4,3	2,255	NF
	0,42-0,59	100	87	18	-	-	NP	A-2-4(0)	7,8	1,824	NF
	0,59-0,75	98	90	24	16,9	12,2	4,7	A-2-4(0)	6,4	1,957	NF
	0,75-1,10	99	96	65	21,5	11,7	9,8	A-4(3)	11,9	-	NF
922+350 Ascend	0,21-0,36	40	18	5	-	-	NP	A-1-a(0)	4,2	2,264	NF
	0,36-0,51	100	91	20	-	-	NP	A-2-4(0)	7,0	1,980	NF
	0,51-0,66	100	84	23	-	-	NP	A-2-4(0)	7,6	1,951	NF
	0,66-1,00	99	98	95	39,5	17,3	22,2	A-6(22)	17,3	-	NF
934+200 Ascend	0,20-0,38	36	22	6	-	-	NP	A-1-a(0)	3,1	2,198	NF
	0,38-0,53	100	93	19	-	-	NP	A-2-4(0)	6,4	1,849	NF
	0,53-0,68	100	83	28	20,9	11,7	9,2	A-2-4(0)	9,1	1,833	NF
	0,68-1,10	100	99	77	33,9	13,8	20,1	A-6(13)	15,4	-	NF

TABLA 3.4 - Características geomecánicas del suelo (Fuente: DNV).

Prog. (Km)	Profundid. manto (m)	Granulometría			Plasticidad			HRB(IG)	Ensayo Proctor		Ensayo VSR	
		Pasa #10 (%)	Pasa #40 (%)	Pasa #200 (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		Hóp (%)	Dsmáx (kg/dm³)	H (%)	VSR (%)
887+800 Ascend.	0,23-0,39	29	21	5	-	-	NP	A-1-a(0)	-	-	-	-
	0,39-0,49	99	91	22	-	-	NP	A-2-4(0)	-	-	-	-
	0,49-0,67	100	94	12	-	-	NP	A-2-4(0)	-	-	-	-
	0,67-1,00	100	99	77	-	-	NP	A-4(0)	-	-	-	-
898+130 Ascend.	0,29-0,44	100	96	49	45,0	15,5	29,5	A-7-6(10)	12,8	1,865	0,04	3,4
	0,44-0,65	100	90	53	38,1	14,6	23,5	A-6(9)	21,2	1,830	0,04	4,8
	0,65-0,81	100	87	53	37,1	13,0	24,1	A-6(9)	17,2	1,856	0,11	3,5
	0,81-1,10	100	99	78	39,7	12,5	27,2	A-6(9)	-	-	-	-
911+000 Descend.	0,25-0,42	39	29	9	-	-	NP	A-1-a(0)	5,1	2,374	0,05	52,0
	0,42-0,59	100	87	18	-	-	NP	A-2-4(0)	6,5	1,956	0,04	8,3
	0,59-0,75	98	90	24	16,9	12,2	4,7	A-2-4(0)	-	-	-	-
	0,75-1,10	99	96	65	21,5	11,7	9,8	A-4(3)	-	-	-	-
922+350 Ascend	0,21-0,36	40	18	5	-	-	NP	A-1-a(0)	5,5	2,390	0,07	46,3
	0,36-0,51	100	91	20	-	-	NP	A-2-4(0)	6,6	2,017	0,04	11,1
	0,51-0,66	100	84	23	-	-	NP	A-2-4(0)	8,6	2,063	0,09	19,0
	0,66-1,00	99	98	95	39,5	17,3	22,2	A-6(22)	-	-	0,10	2,8 (*)
934+200 Ascend	0,20-0,38	36	22	6	-	-	NP	A-1-a(0)	-	-	-	-
	0,38-0,53	100	93	19	-	-	NP	A-2-4(0)	8,7	2,024	0,03	5,2
	0,53-0,68	100	83	28	20,9	11,7	9,2	A-2-4(0)	-	-	-	-
	0,68-1,10	100	99	77	33,9	13,8	20,1	A-6(13)	-	-	-	-

(*) moldeado a Humedad Natural

CAPÍTULO 4 REQUERIMIENTO

ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO EXISTENTE

4.1 MODALIDAD DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Teniendo en cuenta El Pliego de Especificaciones Técnicas para Elaboración de Proyectos Ejecutivos (PET) se toma como consideración para el diseño de las Estructuras de Pavimento, que “los refuerzos de pavimento se diseñaran empleando la Guía de Diseño AASHTO 1993”.

4.2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EXISTENTE

En función de los resultados de los relevamientos realizados (calado de testigos asfálticos, ejecución de calicatas, ensayos DCP y ensayos de laboratorio), se adoptaron los paquetes estructurales para la aplicación de los cálculos estructurales, en el siguiente cuadro:

TABLA 4.1 - *Espesor de concreto asfaltico por progresiva (Fuente: E. Propia).*

SECTORES			ESPESOR PAVIMENTO
Desde (km)	Hasta (km)	Longitud (km)	Capa Asfáltica
871,00	880,00	9,00	28,5
880,00	886,11	6,11	28,5
886,11	889,30	3,19	24
889,30	892,20	2,90	42
892,20	895,60	3,40	27
895,60	904,00	8,40	30
904,00	918,10	14,10	26
918,10	928,60	10,50	22
928,60	940,12	10,62	23

4.3 ESTIMACION DE LA SOLICITACION DEL TRANSITO:

El análisis de la solicitud del tránsito se desarrolló a partir de la información obtenida de las publicaciones anuales de TMDA de la DNV (punto 2.4 del presente informe).

A los efectos del cálculo del número de ejes estándar (de 8,16 tn) equivalentes en efecto destructivo se siguió el procedimiento habitualmente empleado por la Dirección Nacional de Vialidad: considerando los Factores “C” de conversión en efecto destructivo equivalente a ejes de 10 toneladas de dicha repartición y el TMDA acumulado durante el período de diseño.

Este factor depende de la composición del tránsito, del TMDA inicial y final, de la vida útil adoptada, la tasa de crecimiento anual, entre otros. Para poder realizar este procedimiento vamos a valernos de la planilla brindada por la Cátedra de Vías de Comunicación I.

En la tabla de la siguiente Ilustración se representa, a manera de ejemplo, la determinación del Factor Combinado “Ct” para ejes de 10 toneladas, para el tramo: Acceso a San Roque – Intersección Ruta Provincial N° 100, Km 900,23 a Km 909,29; a partir de los últimos registros de la página web de DNV, correspondientes al año 2.022.

El Numero de Ejes equivalente resultante tomando un periodo de diseño de 10 años es de 12.000.000 ESAIs.

TABLA 4.2 - Números de ejes equivalentes (Fuente: Cátedra de Vías de Comunicación I).

CALCULO DE N					
EJES EQUIVALENTES DE 10 Ton y 18.000 Lbs					
RUTA NACIONAL Nº 12					
TRAMO : Progresiva km 871 a Progresiva km 940			PROVINCIA DE CORRIENTES		
TIPO DE VEHICULO	DISTRIBUCION DE EJES	Nº DE EJES (1)	% DE CADA TIPO DE VEHICULOS (2)	FACTOR "C" (3)	(1) * (2) * (3) / 100
Automoviles	1.1	2	60.30	0.010	0.012
Jeeps					
Camionetas					
Omnibus	1.1	2	2.20	0.070	0.003
CAMIONES SIN ACOPLADOS	1.1	2	5.30	0.600	0.064
	1.2	3	0.00	0.380	0.000
CAMIONES CON ACOPLADOS	1.1- 1.1	4	0.00	0.600	0.000
	1.1 - 1.2	5	8.30	0.390	0.162
	1.2 - 1.1	5	0.00	0.470	0.000
	1.2 - 1.2	6	0.00	0.320	0.000
SEMI REMOLQUES	1.1.1	3	0.00	0.540	0.000
	1.1.2	4	0.00	0.450	0.000
	1.1.3	5	23.90	0.410	0.490
	1.2.2.	5	0.00	0.350	0.000
			100.00	Fe =	0.7305
VIDA UTIL EN AÑOS =		10	TMDA inicial 2024 =		3496
ÚLTIMO AÑO DEL TMDA CONOCIDO =		2022	TMDA 2024 * (a)		
TMDA CONOCIDO =		3295	Coeficiente (b)		1.34392
			Factor de crecimiento en la vida útil		
AÑO DE INAUGURACIÓN =		2024	TMDA Final (TMDA inicial * (b)		4698
Nº de Años para determinar el coef. (a)		2			
Año de inauguración - Año TMDA conocido					
Coeficiente (a)		1.0609	Factor por número de trochas (Fn)		1
Crecimiento para el año de inauguración					
TASA DE CRECIMIENTO =		0.03	Nº DE EJES EQUIVALENTES 80 KN (8,2 Toneladas)		
N = 0,50 * [(TMDA Final +TMDA Inicial) / 2] * 365 * Fe * Fn * 2,2 * vida útil					1.2E+07
Y ESTE SERÍA EL CALCULO CORRECTO DEL Nº DE EJES EQUIVALENTES PARA CARGA MÁXIMA DE EJE SIMPLE RUEDAS DUALES DE 10,0 TONELADAS					

Teniendo en cuenta que el tramo de nuestra ruta en estudio va desde los kilómetros 871 a 940, a su vez, que estos tramos se subdividen en tres tramos donde encontramos valores de TMDA con una clara distorsión. Tomamos la decisión de obtener para cada tramo el valor de ejes equivalentes, el cual lo presentamos en el cuadro a continuación.

TABLA 4.3 - Ejes equivalentes por cada tramo (Fuente: elab. Propia).

VIDA DE DISEÑO	AÑO CALENDARIO	ESALs 8,16 tn		
		TRAMO PKM 871-900	TRAMO PKM 900-909	TRAMO PKM 909-940
10	2034	10.500.000	12.000.000	10.800.000

4.4 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL ESFUERZO

Para estimar el requerimiento estructural del pavimento flexible existentes aplicando la AASHTO 1993, debe procederse a la determinación del Número Estructural Futuro o Necesario, SNfut o SNnec (necesario) del pavimento, el cual es función del Mr de la subrasante (corregido) y de la solicitud del tránsito sobre el mismo. Para la obtención de este número estructural utilizaremos un programa computacional, brindado nuevamente, por la catedra VIAS DE COMUNICACIÓN I. Este sistema computacional se basa en el cálculo de la formula presentada a continuación, la cual incluye los siguientes factores:

$$\log W_{18} = Z_R S_O + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log(\Delta PSI)}{0.40 + \frac{4.2 - 1.5}{1094 (SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

SN = número estructural (pulg)

W18 = número de cargas de 18 kips (80 KN) previstas

ZR = abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.

SO = desvío estándar de todas las variables:

ΔPSI = pérdida de serviciabilidad.

MR = módulo resiliente de la subrasante (en psi).

Teniendo en cuenta que el SN es el valor a hallar, W18 es el número de cargas que sacamos previamente a este punto para cada tramo, definiremos los demás factores que están involucrados en este cálculo:

Confiabilidad:

La selección del nivel apropiado de confiabilidad para el diseño de un pavimento está dictada por el uso esperado de ese pavimento.

TABLA 4.4 - Confiabilidad recomendada dependiendo tipo camino (Fuente: AASTHO 1993).

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

Desvío estándar de todas las variables:

Este factor tiene en cuenta la exactitud que se tuvo a la hora de definir nuestro valor del tránsito de diseño. Teniendo en cuenta que en el tramo en estudio existen estaciones de censo permanentes, además de los censos de cobertura realizados nos brinda mucha información en relación al tránsito.

TABLA 4.5 - Determinación desviación estándar ZR (Fuente: AASTHO 1993).

Condición de diseño	Desvío Estándar
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0.34 (pav. Rígidos)
	0.44 (pav. Flexibles)
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0.39 (pav. Rígidos)
	0.49 (pav. Flexibles)

Perdida de serviciabilidad:

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial y final. La inicial, p_o , es función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción. La final o terminal, p_t , es función de la categoría del camino y es adoptada en base a ésta y al criterio del proyectista. Los valores recomendados son los que se obtuvieron en el AASHO Road Test:

Serviciabilidad inicial:

$p_o = 4.5$ para pavimentos rígidos

$p_o = 4.2$ para pavimentos flexibles

Serviciabilidad final:

$p_t = 2.5$ o más para caminos muy importantes

$p_t = 2.0$ para caminos de menor tránsito

Módulo resiliente de la subrasante:

De los testigos anteriormente nombrado en el 2.3 b, se efectuaron ensayos por la DNV y bajos su respectivo reglamento.

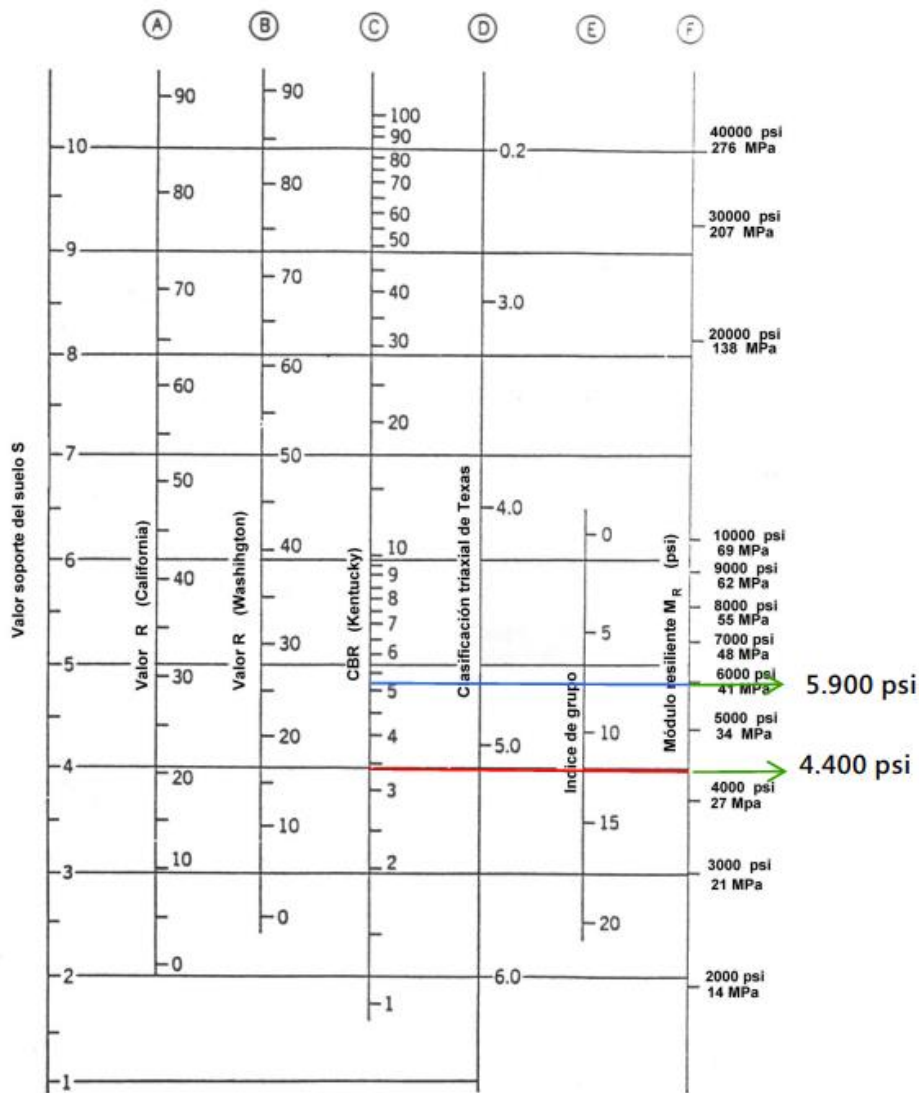
Asimilando que para el estudio del tramo se hicieron los ensayos de DCP, donde en el grafico se ve que las progresivas más comprometidas van desde 890 hasta 906. Por eso las calicatas se hicieron en esas zonas. Por esto y ante la faltante de valores de VSR a lo largo de nuestro tramo de camino en estudio decidimos adoptar un valor de subrasante de la zona más comprometida para todo el diseño.

TABLA 4.6 - Cuadro resumen: dividido en tramos, tipo de suelo encontrado, valor soporte y módulos (Fuente: elab. Propia).

TRAMOS	SUELO	VSR	MR	
			psi	Mpa
TRAMO PKM 871- 900	A-7-6-(10)	3.4%	4400.00	30.33
TRAMO PKM 900- 909	A-7-6-(10)	3.4%	4400.00	30.33
TRAMO PKM 909- 940	A-2-4-(0)	5.2%	4900.00	33.79

- Valor a adoptar: 3,4% = 4400 psi.

TABLA 4.7 - MR (Fuente: Manual AASHT).



Para calcular para el numero estructural necesario (SN) de pavimento flexible vamos a utilizar un programa computacional (Anexo 2.5), el cual tiene en cuenta las características de diseño anteriormente nombradas y que se adoptaron, además de los valores de transito obtenidos de la DNV y valores de los módulos de la subrasante.

Entonces en un cuadro vamos a repasar estos valores, donde además en la última columna agregamos en SN:

TABLA 4.8 - Distintos valores de tramos (Fuente: elab. Propia)

	CONFIABILIDAD	DESVIO ESTÁNDAR	PERDIDA SERVICIBILIDAD po	PERDIDA SERVICIBILIDAD pt	PERDIDA DE SERVI. EN PERIODO DE DISEÑO	ESALs 8,16tn	MR (psi)	SN
TRAMO PKM 871-900	85%	0.44	4.2	2.5	1.7	10.500.000	4400.00	5.71
TRAMO PKM 900-909	85%	0.44	4.2	2.5	1.7	12.000.000	4400.00	5.81
TRAMO PKM 909-940	85%	0.44	4.2	2.5	1.7	10.800.000	4400.00	5.73

Teniendo en cuenta los valores de Numero Estructural Necesario, ahora calcularemos los valores de Numero Estructural Efectivo, dicho valor engloba el paquete estructural por el que está formado nuestro camino.

Entonces, el Numero Estructural Efectivo se obtiene:

$$SN_{ef} = \sum a_i \cdot m_i \cdot D_i$$

Los coeficientes a_i son una medida de la capacidad relativa de cada capa como componente estructural de un pavimento, aunque directamente no sean un índice de la resistencia del material. No obstante, estos coeficientes están correlacionados con distintos parámetros resistentes.

- Para el coeficiente a_1 vamos a tener en cuenta las condiciones de la nuestra superficie de camino, esto sería nuestra capa asfáltica. Teniendo en cuenta los estudios del estado de calzada realizado y presentado en el punto 2.2. Se tomó la decisión de adoptar pavimento asfáltico de 0,20m en toda la sección de ruta en estudio, y a su vez el resto de espesor de pavimento asfáltico, este que va variando tramo a tramo (tabla 2.6) considerarlo dentro del coeficiente a_2 .

-Como segunda capa para el coeficiente a_2 vamos a considerar un suelo tratado con asfalto. El espesor de esta capa sale de la diferencia de la de los datos de espesores de asfalto, menos los 0, 20m. Buscamos así colocarnos en una posición más desfavorable, debido a que los primeros centímetros de capa son los más afectados, además, cubriéndonos de las incertidumbres generadas por la variedad de espesores que tenemos a lo largo de la sección de ruta.

-Como tercera capa, para el coeficiente a_3 vamos a tomar los valores de VSR de la base. Adoptaremos valores para a_3 en sectores donde se detectó suelo con estabilizado granular y donde tenemos un suelo apto con una resistencia suficiente para ser tenido en cuenta en nuestro paquete estructural.

-Coeficiente m:

Este coeficiente tiene en cuenta la calidad de drenaje de nuestro camino, contemplando como está conformando la estructura de nuestro camino. Basándonos en los estudios de suelo donde predomina los suelos granulares y finos, la topografía del lugar podríamos tener un (1) día como tiempo para drenar la base y donde esta puede estar más del 25% del tiempo saturada. Por esto tenemos como resultado una Calidad de Drenaje BUENA llegando así a un coeficiente $m=1$.

TABLA 4.9 - Clasificación de calidad de drenaje (Fuente: AASTHO).

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

TABLA 4.10 - Clasificación de calidad de drenaje teniendo en cuenta % saturado (Fuente: AASTHO).

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Abajo presentamos un cuadro resumen. Se tiene los espesores de cada capa, seguido de los valores de espesores y capas adoptados. Luego se tiene los coeficientes a y el coeficiente m.

Se obtiene en base a las características y condiciones de nuestro espesor, los valores del Numero Estructural Efectivo y Numero Estructural Necesario, donde a este último valor vamos a llegar con el refuerzo de pavimento asfáltico que se va a hacer, y para saber de cuánto va a ser ese refuerzo adoptaron los coeficientes a tenido en cuenta la resistencia del asfalto a utilizar. Por último, el cuadro termina con los valores de espesores. Este espesor que se despeja de la siguiente formula:

$$SN_{dif} = \sum a_i \cdot m_i \cdot D_i \quad \Rightarrow \quad D_{rep} = SN_{dif} / (\sum a_i \cdot m_i)$$

El a_1 repav. es el valor para el refuerzo de concreto asfáltico correspondiente a $1.000\text{kg} = 2.200\text{lbs}$ – Estabilidad Marshall, que se obtiene de gráfica.

TABLA 4.11 - Tabla indicando valores mínimos y adoptados de espesores de asfalto (Fuente: elab. Propia).

		871 a 880	880 a 886,11	886,11 a 889,30	889,30 a 892,20	892,20 a 895,60	895,60 a 904	904 a 918,10	918,10 a 928,60	928,6 a 940,12
ESPESORES (cm)	Capa Asf	28	29	26	32	28	30	27	26	25
	Base Estab Granular	17	17	17	18	18	15	16	16	16
	Base suelo				15	15	15	15	15	15
	SubBase	20	20	20	15	15	15	20	20	20
D adoptados (cm)	Capa Asf	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Base Estab Asfáltico	8	9	6	12	8	10	7	6	5
	Base	16	16	16	20.00	20.00	20.00	20	20	20
	a1	0.360	0.360	0.360	0.350	0.360	0.350	0.360	0.360	0.350
	a2	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.180	0.160	0.160
	a3	0.108	0.108	0.108	0.000	0.000	0.110	0.110	0.110	0.110
	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	a1	0.142	0.142	0.142	0.138	0.142	0.138	0.142	0.142	0.138
	a2	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.071	0.063	0.063
	a3	0.043	0.043	0.043	0.034	0.034	0.034	0.034	0.043	0.043
	Sneff	4.019	4.082	3.893	4.192	4.019	4.066	4.011	4.079	3.937
	Snnec	5.73	5.73	5.73	5.73	5.81	5.81	5.81	5.71	5.71
	De tabla 5.7									
	Dif	-1.71	-1.65	-1.84	-1.54	-1.79	-1.74	-1.80	-1.63	-1.77
	a1 repav.	0.173	0.173	0.173	0.173	0.173	0.173	0.173	0.173	0.173
	cm	9.878	9.514	10.605	8.880	10.341	10.069	10.387	9.417	10.235
	espesor adoptados en cm	10.00	9.60	10.70	9.00	10.40	10.00	10.40	9.50	10.30

4.4.2 Banquina pavimentada

Pretendemos la realización de una banquina pavimentada de un ancho mínimo de 1.80m. Para esto necesitaremos realizar trabajos de movimiento y tratamiento de suelo, buscando así conformar las distintas capas de nuestra estructura de banquina con sus respectivos valores de VSR. Podemos adoptar valores de VSR para el diseño dados por D.N.V., los cuales rigen de Highway Research Board.

La banquina va a estar conformada por:

Sub-base de suelo seleccionado; $VSR \geq 25\%$ en 15cm de espesor y de 2,50m de ancho.

Base de Estabilizado Granular (c/% de cemento); $VSR \geq 100$ en 0,20m de espesor y 2,00m de ancho.

Carpeta de concreto asfaltico en 0,05m de espesor y 1,80m de ancho.

El número de ejes equivalente para una banquina suele adoptarse entre 2% -5% del ESALs. Tomando 2% del ESALs mayor: $2\% \times 12.000.000 = 240.000$.

Las características del Numero Estructural Necesario la resumimos en el siguiente cuadro:

TABLA 4.12 - Características estructurales adoptadas para zona de banquina (Fuente: elab. propia).

BANQUINA	CONFIABILIDAD	DESVIO ESTÁNDAR	PERDIDA SERVICIBILIDAD po	PERDIDA SERVICIBILIDAD pt	PERDIDA DE SERVI. EN PERIODO DE DISEÑO	ESALs 8,16tn	MR (psi)	SN
	85%	0.44	4.2	2	2.2	240	7500.00	2.59

En la tabla de abajo vemos como resumen como nuestro valor de NÚMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO, verifica respecto al NÚMERO ESTRUCTURAL NECESARIO producto este de las condiciones a la que va a estar sometida nuestra banquina, la cuales se nombra en la tabla anterior.

TABLA 4.13 - Tabla de valores de espesores del paquete estructural y verificación (Fuente: elab. propia).

		871 a 886,11	880 a 886,11	886,11 a 889,30	889,30 a 892,20	892,20 a 895,60	895,60 a 904	904 a 918,10	918,10 a 928,60	928,6 a 940,12
D adoptados (cm)	Capa Asf	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Base Estab Asfaltico	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Base	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	a1	0.173	0.173	0.173	0.173	0.173	0.173	0.173	0.173	0.173
	a2	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055
	a3	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039
	Sneff	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732
	Snec	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6

Cabe aclarar que se desarrollara banquina pavimentada en todo el tramo de estudio donde se cuente con espacio físico, a excepción del tramo donde se encuentra el puente del río Santa Lucía.

Ese sector se sugiere la construcción de un puente de estructura metálica que puede ser independiente o vinculable a la estructura del puente ya existente con las características para permitir el paso de vehículos como motocicletas, bicicletas y peatones.

4.4.3 Perfil tipo de pavimento

El perfil del pavimento presentado a continuación, tiene en cuenta los espesores de las capas del paquete estructural presentadas en la tabla 5.10 para el camino y en la tabla 5.12 para la banquina pavimentada.

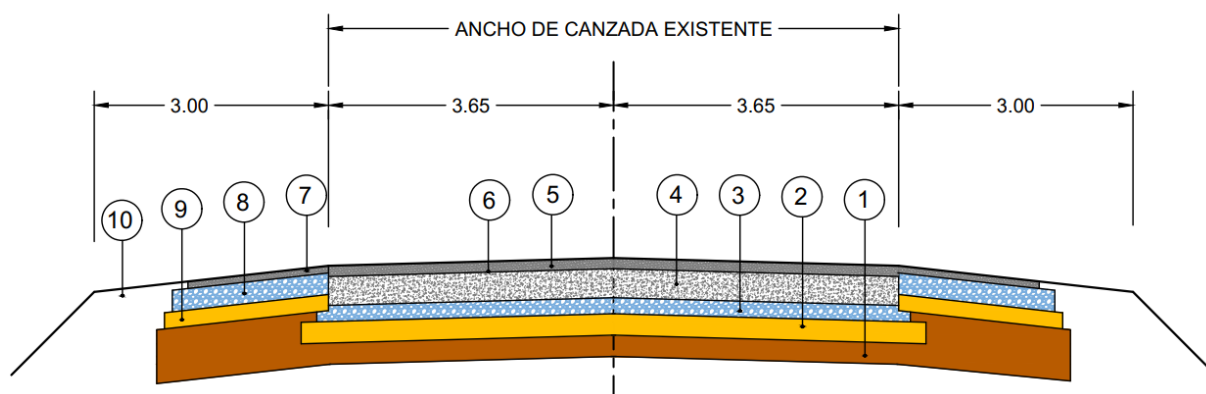


FIGURA 4.1 - Sección transversal de camino reacondicionado y con banquina terminado
(Fuente: elab. propia).

Referencias:

1. Subbase de suelo de suelo compactado.
2. Base de suelo seleccionado para la zona de camino ya en obra. Para la banquina subbase de suelo seleccionado.
3. Base de suelo granular estabilizado.
4. Carpeta de rodamiento.
5. Riego de liga a realizar entre la carpeta de rodamiento existente, luego de ser frezada y la carpeta de rodamiento a ejecutar.
6. Carpeta de rodamiento a ejecutar con su espesor correspondiente dependiente del tramo.
7. Carpeta de rodamiento a ejecutar en banquina.
8. Base de suelo granular estabilizado.

este último sea mayor. Serán atendidos sitios con fisuras ramificadas formando malla cerrada, y/o desplazamientos donde la falla pueda atribuirse a las capas asfálticas. La tarea será realizada de acuerdo a lo establecido por la Especificación Técnica.

Bacheo profundo, a reponer con estabilizado granular con cemento en el espesor total por debajo de las capas asfálticas y, con concreto asfáltico en caliente, en el espesor asfáltico existente. Se trata de sitios circunscriptos con deterioros importantes, con pérdida de gálibo y deformaciones de bordes, donde deba comprobarse además la condición de las capas en profundidad. Para esta tarea, se incorpora a la Especificación Técnica particular.

Bacheos ejecutados: existen numerosos bacheos de reciente ejecución que pueden distinguirse a lo largo del tramo y que, en razón de ello, muestran a la fecha, buen estado. No obstante, deberá igualmente brindarse especial atención a estos puntos de la calzada “bacheados recientemente” al momento de la efectiva llegada del frente de obra, advertir sobre el estado que presenten y resolver a partir de ello, sobre la necesidad o no de su saneamiento. Con este fin, se contempla un 15% de estas superficies como futuro bacheo.

Texturizado para corrección de deformaciones, para la adecuación de la superficie de la calzada existente se indica la corrección. Se efectuará en aquellos sectores indicados que, de manera extendida, presenten valores de ahuellamiento superiores a los 6 mm. Se contempla una intervención en 0,020 m de espesor promedio, que permita adecuar el gálibo existente como superficie de apoyo para la nueva capa asfáltica a colocar.

Sellado de fisuras tipo puente con asfalto modificado: las fisuras de desarrollo lineal (longitudinales, transversales, etc.) serán tratadas previamente mediante la ejecución de sellados mediante técnica de “puenteado” con asfaltos modificados con polímeros, se realizará según detallará en la Especificación Técnica Particular.

4.5.2 Fresado en proximidad de puente río Santa Lucia

En sectores de aproximación y de salida del Puente sobre río Santa Lucía (Km 903,300), se efectuará fresado para conformación de caja de contención de la capa asfáltica de repavimentación. Dicha “caja” se efectuará en el ancho de 7,30 m de la calzada y en una longitud de 20 m, a medir respectivamente hasta la primera y desde la última junta del puente. En cuanto

al espesor, el mismo será variables desde cero en el perfil más alejado del puente hasta 6cm en el contacto con el tablero del puente.

De esta forma, el espacio así creado mediante esta tarea de fresado, permitirá albergar la nueva capa de repavimentación asfáltica y lograr coincidencia altimétrica con la estructura del puente.

4.5.3 Recambio de carpeta de puente Santa Lucia

Para el tablero del Puente sobre Río Santa Lucía (Km 903,300), se prevé el recambio de la carpeta de desgaste, para lo cual se detallan tareas a concretarse mediante el fresado de la carpeta existente, en 5 cm de espesor promedio y colocación de capa asfáltica de repavimentación en similar espesor.

Al respecto, cabe señalar los recaudos en la ejecución de estos trabajos en relación con el gálibo transversal a restaurar con la carpeta de desgaste, debiendo preservarse en todo momento, el correcto funcionamiento de los desagües de la estructura del tablero en sus distintos sectores. Complementariamente, se ha previsto también la reparación de las juntas del puente, para lo cual se han contemplado en los cálculos, cantidades al respecto.

CAPÍTULO 5 ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.

5.1 INTRODUCCIÓN

En la zona donde se encuentra el área de estudio, en los terrenos predominan las pendientes con muy baja energía de relieve, esto provoca que el terraplén que constituye una carretera funciona en el sistema como una barrera artificial para el agua que escurre sobre la superficie del terreno.

Los principales problemas que estos caminos es la falta de actualización de una buena adecuación hidráulica de los mismos, a medida que los usos de suelos van cambiando, esto provoca que sobre el área se generen tiempos de permanencias más altos y sobre las zonas con más llanuras se generan importantes superficies inundadas. Por ellos estos problemas hidráulicos no solo afecta a la actividad vial de la obra, sino que también se ve afectada la zona de producción de agricultura en la cuenca.

Este capítulo tiene por objetivo adecuar hidráulicamente el estado general del sistema de drenaje actual del tramo de la ruta estudiado y si es necesario proyectar las obras o tareas necesarias de mantenimiento para que el funcionamiento sea correcto a lo largo del tiempo.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Las características hidrológicas de una región están determinadas fundamentalmente por su clima, geología, topografía y su vegetación, las que se ven modificadas en gran medida por el desarrollo antrópico afectando su dinámica actual.

El tramo de la ruta en estudio está emplazado en la región central de los sistemas hídricos superficiales, en esta región se desarrollan el río Santa Lucía y el río Corrientes. En la figura 5.1 podemos ver el mapa de la provincia con sus diferentes regiones, delimitadas con colores, extraída del Instituto Correntino de Agua y Ambiente (ICAA).

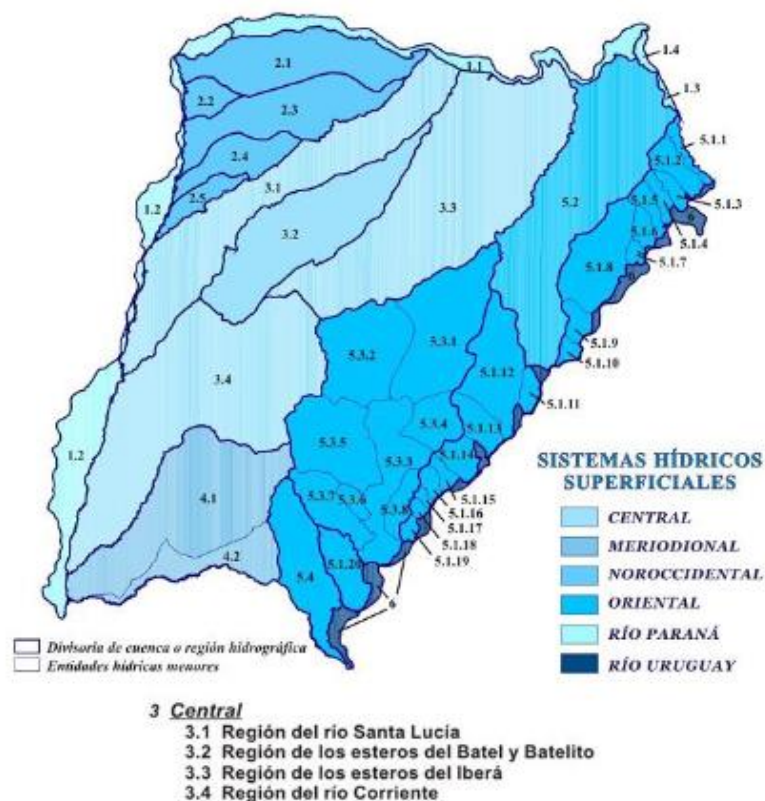


FIGURA 5.1 - Sistemas hídricos de la provincia de Corrientes (Fuente: ICAA).

Dentro de estos sistemas hídricos superficiales se pueden encontrar dos zonas que se forman mediante las variaciones de topográficas del lugar.

Una de ellas es una zona de muy baja pendiente donde el agua tiende a acumularse hasta llegar a un volumen que recién empieza a escurrir por desborde de estos almacenamientos, allí predomina el movimiento vertical de las aguas como ser la infiltración y la evaporación.

Luego una zona que comprende la cuenca activa del río Santa Lucía, la cual el terreno tiene una pendiente marcada hacia la zona más baja que es la parte activa del río que se puede reconocer porque tiene un canal bien marcado.

En la siguiente figura se observa el modelo digital de superficie del tramo de estudio, obtenido de la página del I.G.N. (Instituto Geográfico Nacional), en la misma se ve claramente las distintas formas de escurrimiento que contiene el área de estudio; en el primer tramo de interés se tiene una zona como se describió anteriormente, el agua tiende a acumularse y a evaporarse en su mayoría, salvo en casos excepcionales donde estas lagunas desbordan y el agua se dirige hacia el cauce del río Corrientes.

En la zona central del tramo, se ve una marcada pendiente hacia el cauce del río Santa Lucía, donde el agua que cae en esta zona tiende en su mayoría a escurrirse superficialmente hacia el mismo.

Luego en el último tramo hasta llegar a Saladas se vuelve a tener una zona de mucha acumulación de agua debida a su nula pendiente en grandes extensiones donde también predominan los movimientos verticales del agua y solamente en casos de extrema humedad, el agua desborda las lagunas dirigiéndose una parte para el río Santa Lucía y la otra parte hacia el arroyo Ambrosio.

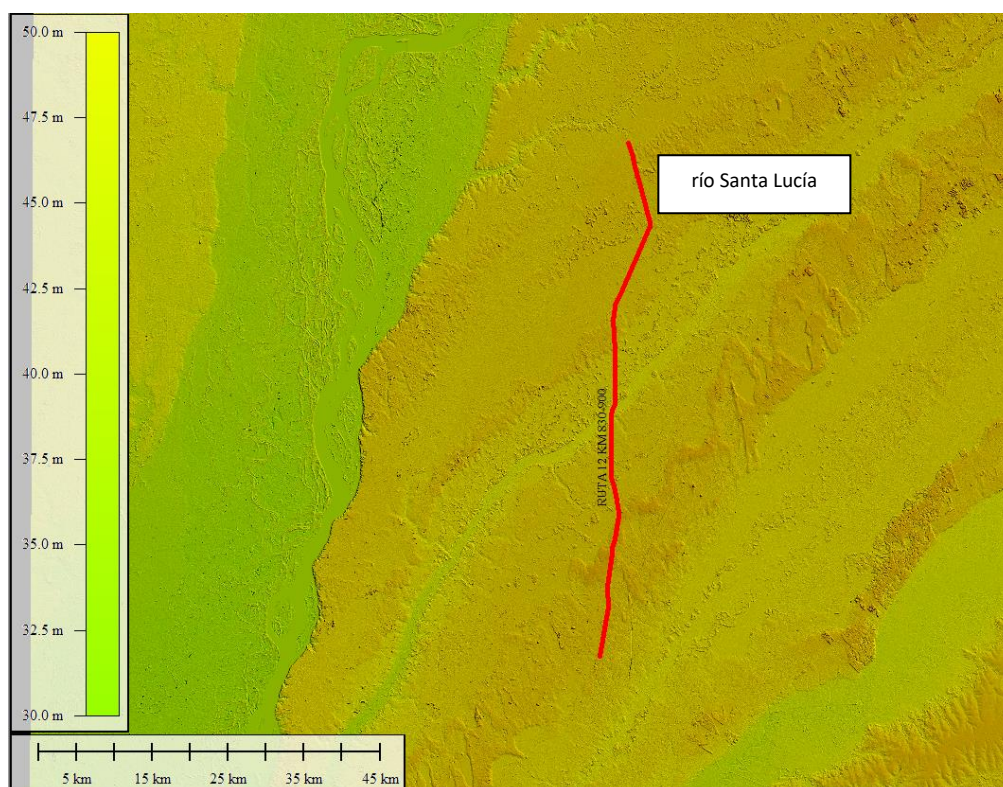


FIGURA 5.2 - Modelo Digital de Superficie -Tramo de estudio (Fuente: IGN).

Se encontró mediante investigación de datos existentes sobre la zona los mapas de la hidrografía de Corrientes donde se observan de manera más gráfica estos distintos sistemas que atraviesan el tramo de la ruta.

También encontramos en esta bibliografía el trazado de las curvas de niveles de toda la provincia de Corrientes, las que sirvieron para comparar con la información obtenida de la página de IGN.

Estos mapas se encuentran en el Atlas Geográfico de Corrientes, en la biblioteca del instituto de geografía de la Facultad de Humanidades de la UNNE.

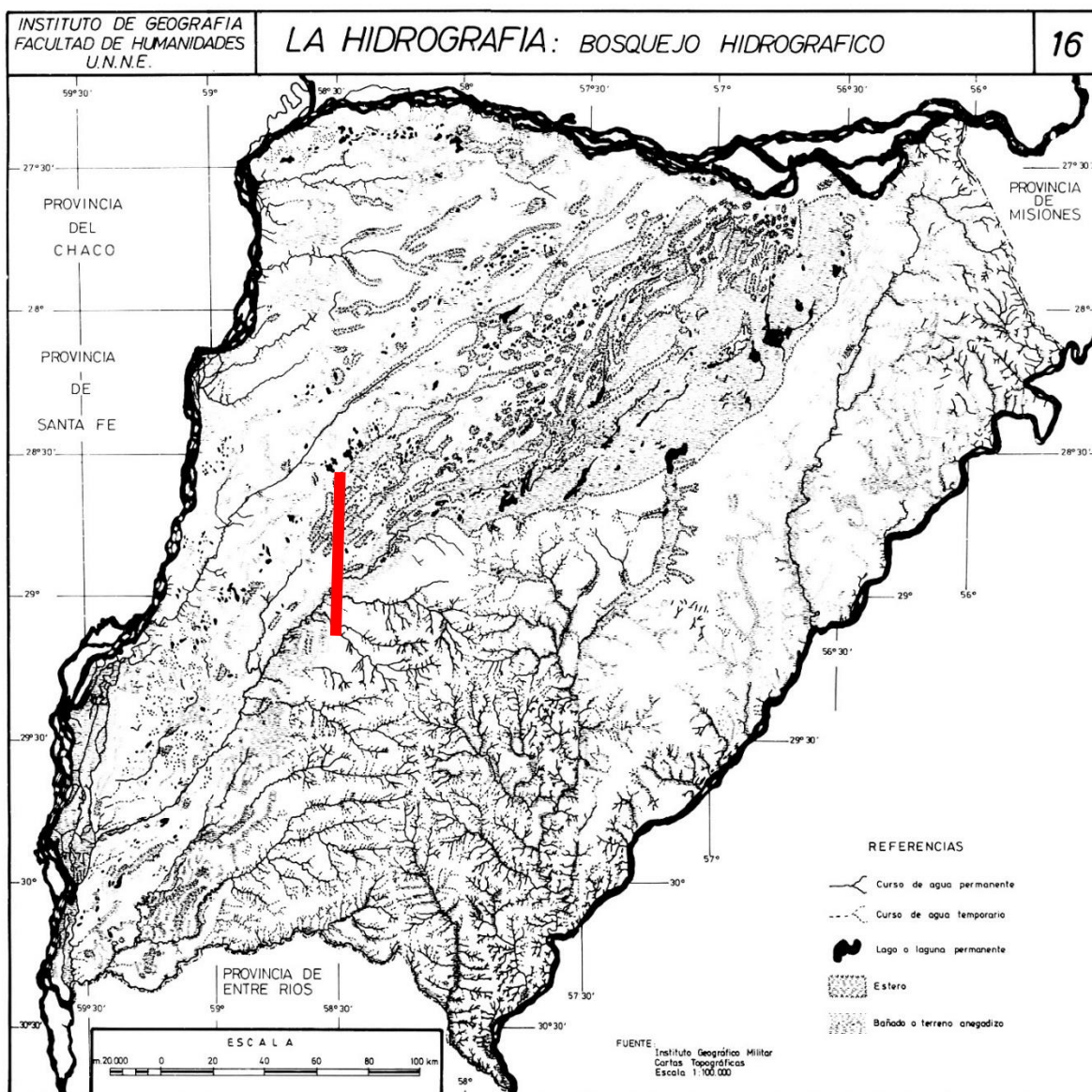


FIGURA 5.3 - Mapa Hidrográfico Prov. De Corrientes. (Fuente: Atlas).

De este mapa hidrográfico podemos observar lo antes descripto, los distintos sistemas por los que atraviesa el tramo de la ruta en estudio, como ser: cursos de aguas permanentes, bañados y terrenos anegadizos, y lagunas permanentes.

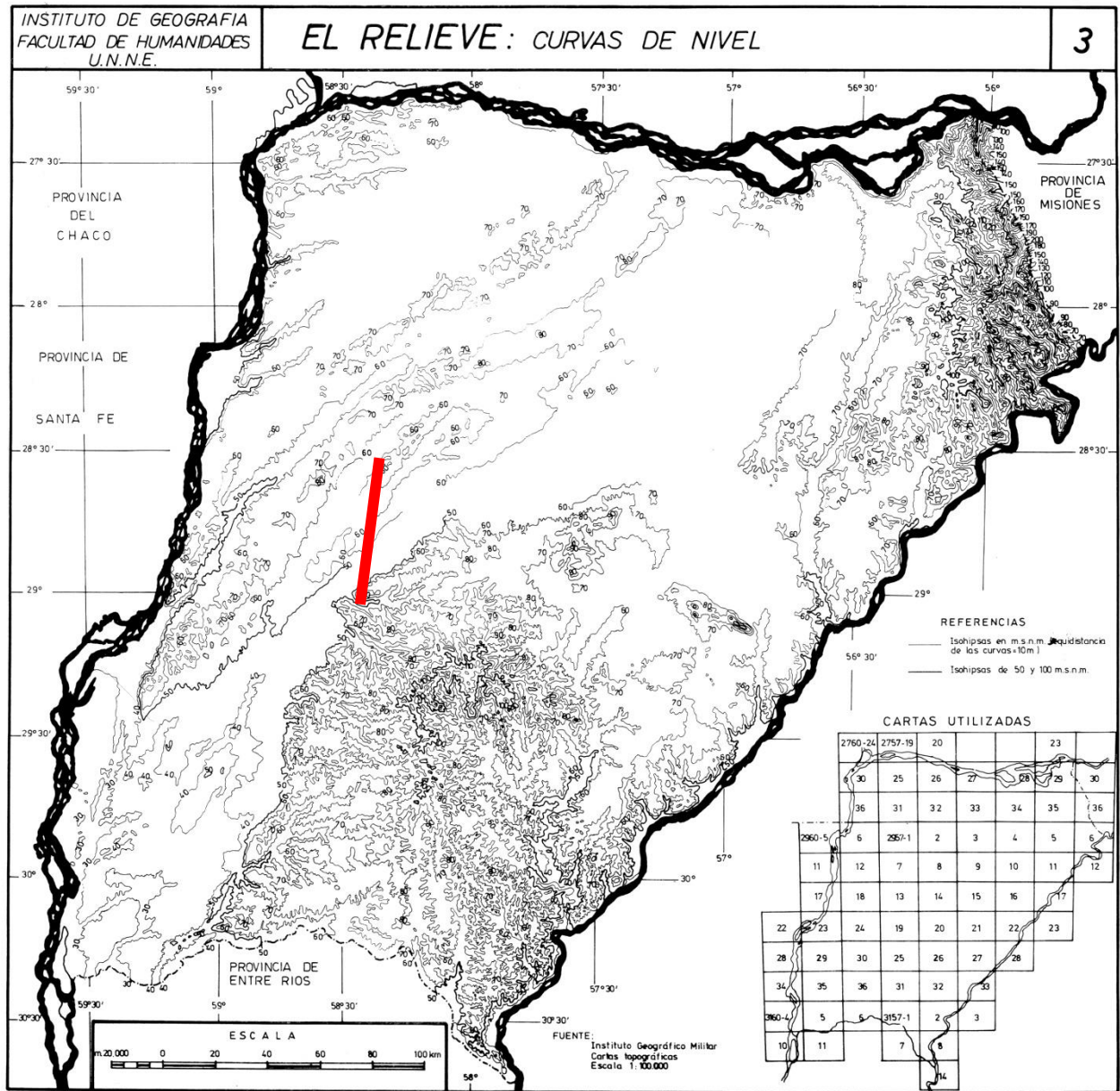


FIGURA 5.4 - Curvas de Nivel- Prov. De Corrientes (Fuente: Atlas).

En los mapas vistos anteriormente la línea roja se marcó para simbolizar la ubicación del tramo de la Ruta Nacional 12, que estamos estudiando.

Para entender mejor cómo funcionan estos sistemas actualmente, se pudo conseguir los datos de las alcantarillas existentes que hay en el tramo de estudio de la Ruta 12.

En la siguiente tabla se observa la información brindada, donde se numeran las progresivas, el tipo y las coordenadas de georreferenciación de estas:

TABLA 5.1 - Alcantarillas Tramo km 870- km 940:

RUTA	LATITUD	LONGITUD	KM	TIPO	Descrip.
12	-2.886.014.352	-5.873.466.138	871.26	1	
12	-2.883.474.593	-5.872.979.915	874.06	1	
12	-2.883.446.956	-5.872.974.543	874.09	1	
12	-2.881.475.592	-5.872.590.906	876.23	1	
12	-287.990.877	-5.872.290.887	877.93	1	
12	-2.878.368.131	-5.872.435.282	879.58	1	
12	-2.876.851.004	-5.872.405.558	881.21	1	
12	-2.872.349.078	-5.871.750.902	886.24	1	
12	-2.871.133.406	-587.138.476	887.64	1	
12	-2.868.640.678	-5.871.075.208	890.42	1	
12	-2.868.507.015	-5.871.101.289	890.57	1	
12	-2.867.312.958	-5.871.334.284	891.91	1	
12	-2.866.306.029	-5.871.530.765	893.04	1	
12	-2.865.931.775	-587.160.381	893.46	1	
12	-286.562.014	-5.871.665.181	893.82	2	Aliviador Zona Norte
12	-2.864.398.751	-5.872.125.671	895.27	1	
12	-2.862.949.879	-5.872.171.155	896.89	1	
12	-2.862.724.794	-5.872.165.914	897.14	1	
12	-28.616.173	-5.872.146.116	898.37	1	
12	-2.860.005.351	-5.872.163.541	900.16	1	
12	-2.858.733.534	-5.872.178.068	901.57	1	
12	-2.858.679.269	-5.872.178.687	901.63	1	
12	-2.857.171.846	-5.872.156.918	903.3	2	RIO SANTA LUCIA
12	-2.854.119.083	-5.871.780.444	906.75	1	
12	-2.852.129.601	-5.871.781.511	908.95	1	
12	-2.851.795.075	-5.871.781.704	909.32	1	
12	-2.850.225.566	-5.871.782.913	911.06	1	
12	-2.849.143.147	-587.178.436	912.26	1	
12	-2.847.109.435	-5.871.997.895	914.53	1	
12	-284.593.921	-5.872.142.785	915.84	1	
12	-284.521.662	-5.872.034.766	916.65	1	
12	-2.844.458.351	-587.192.128	917.5	2	Aliviador Zona Sur
12	-2.842.978.307	-5.871.319.023	919.26	1	
12	-284.174.086	-5.870.705.383	920.77	1	
12	-2.840.798.433	-5.870.238.041	921.92	1	
12	-2.839.692.149	-5.869.689.336	923.27	1	
12	-2.838.455.105	-5.869.074.883	924.78	1	
12	-2.837.307.888	-5.868.505.774	926.18	1	
12	-2.835.915.438	-5.867.813.506	927.88	1	
12	-2.833.325.283	-5.867.856.785	931.8	1	
12	-2.831.156.468	-5.868.281.679	933.37	1	
12	-2.829.040.985	-5.868.933.561	935.79	1	
12	-2.828.367.092	-5.869.138.414	936.56	1	
12	-2.827.754.264	-5.869.323.994	937.26	1	
12	-2.826.406.043	-5.869.732.271	938.8	1	
12	-2.825.655.374	-5.870.019.619	939.68	1	
12	-2.825.646.976	-5.870.023.247	939.69	1	

Siendo según los códigos de la institución los siguientes tipos:

01 – MENOR SOBRE VÍA DE AGUA.

02 – MAYOR SOBRE VÍA DE AGUA.

Las alcantarillas del tipo 01 son de sección circular de 1,50 metros de diámetro.

Las alcantarillas tipo 02 tienen secciones más grandes siendo de dos o tres luces, en la sección del río Santa Lucía existe un puente de 9 luces de 28 metros de largo, cubriendo todo el valle de inundación.

En las zonas de muy baja pendiente mencionadas anteriormente se ubican alcantarillas del tipo 01, estas zonas se caracterizan por la formación de lagunas y encharcamiento donde este tipo de alcantarilla sirve para conectar entre si a estos reservorios de agua, y servir como aliviadores uno de otros, hasta que llega a un nivel que el agua empieza a escurrir por gravedad a zonas más bajas de sus respectivas cuencas.

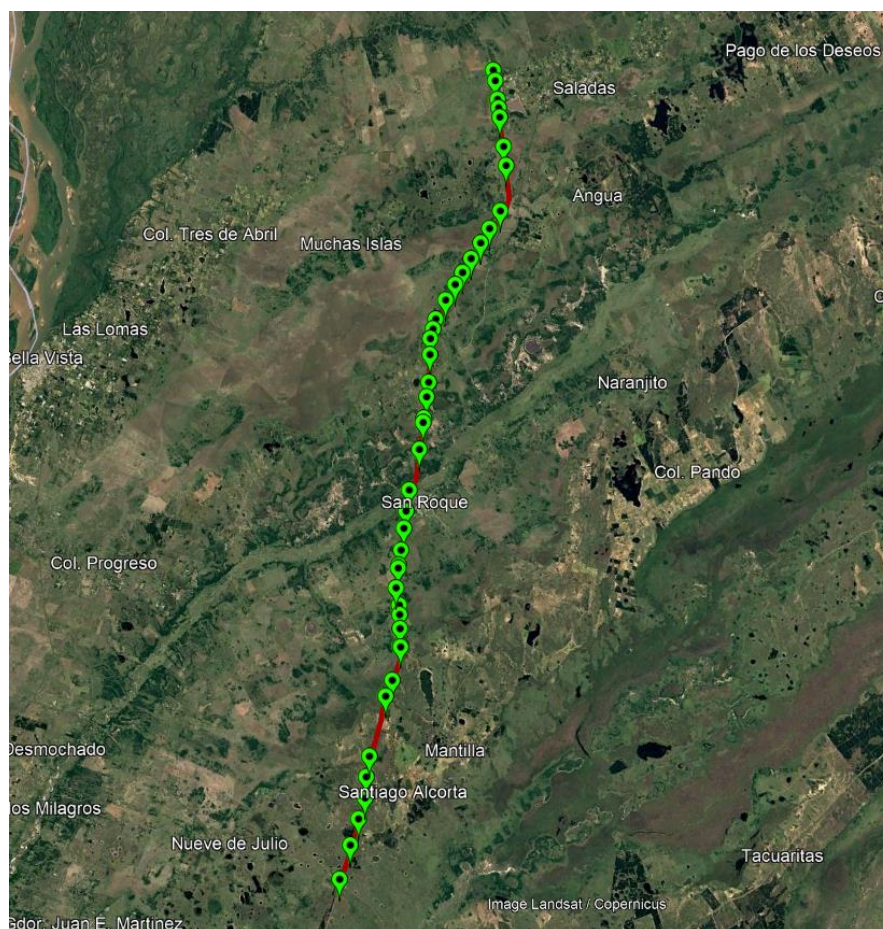


FIGURA 5.5 - Ubicación de Alcantarillas Tramo km 870- km 940 (Fuente: elaboración propia).

5.3 VERIFICACIÓN DE LA SECCIÓN SAN ROQUE DEL RÍO SANTA LUCÍA

El caso de mayor interés se encuentra sobre la cuenca del río Santa Lucía, más precisamente en la ciudad de San Roque, allí nos encontramos con un puente que cruza el río el cual buscaremos verificar su sección y su funcionamiento frente a las crecidas del mismo.

Debido a que en esa zona no se encuentra con una base hidrométrica para obtener valores históricos de altura de agua o caudal; se recurrió al análisis de imágenes satelitales históricas para detectar si en épocas de crecidas el nivel del pelo de agua del río supera el nivel del puente o afecte a la ciudad. De dicho análisis no se detectó que estas situaciones se hayan presentado.

Un análisis que no es suficiente, pero nos da una noción del funcionamiento del puente en los años de registró; sección de puente que posteriormente verificaremos respecto a nuestro caudal de diseño.

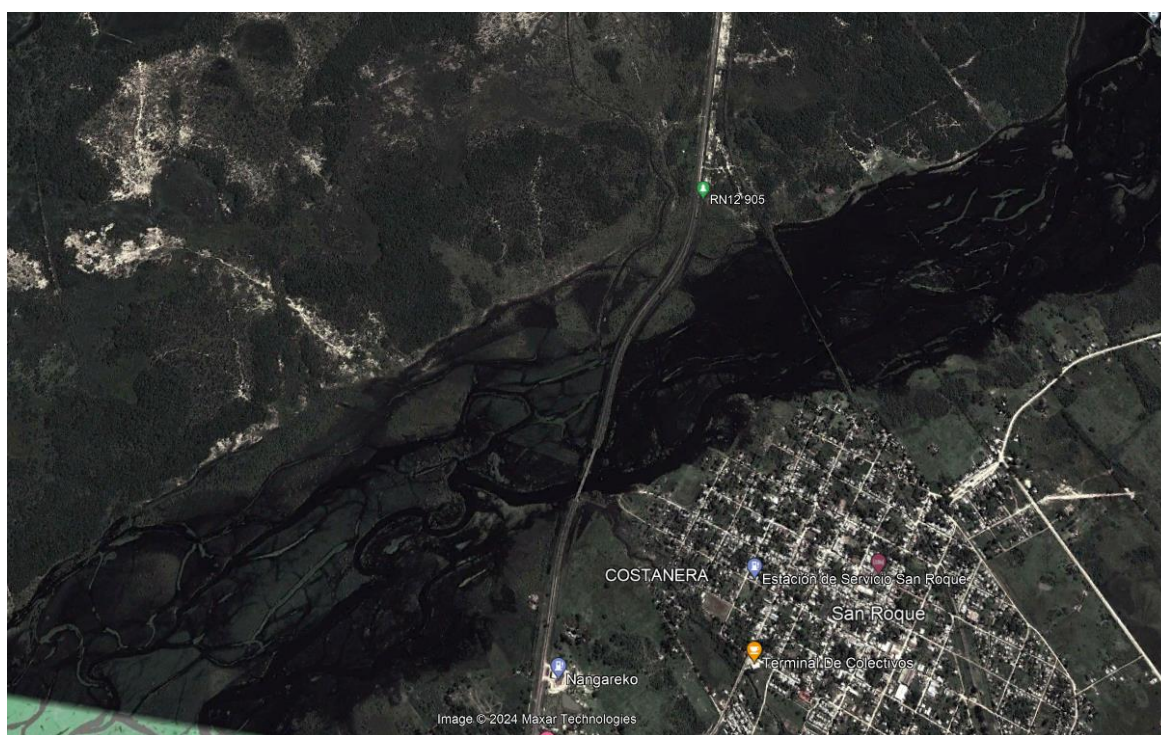


FIGURA 5.6 - Imagen histórica año 2003 ciudad de San Roque.

La cuenca del río Santa Lucía se encuentra en la unidad morfológica Esteros Correntinos. Esta unidad es un área deprimida donde, distintos cambios en el relieve y el clima determinaron la formación de esteros; los más importantes de la zona son los del Iberá, Maloyas, Batel y Santa Lucía. Es posible separar la

provincia de Corrientes, tomando como línea divisoria la Laguna del Iberá, de esta manera podemos tomar dos zonas de estudio: *Occidental y Oriental*.

La cuenca se encuentra en la zona occidental, con un área de 7.258,52 km², que se caracteriza por su suelo llano con leves ondulaciones de arena rojiza, rodeada de bañados, esteros y pantanos a los que concurren el terreno arcilloso y el perfil con escasa pendiente retienen las aguas pluviales, destinando a la ganadería. El clima, ha dado lugar a bosques frondosos, a los que se suman palmares que siguen los cursos de los ríos.

En la progresiva +903 de la Ruta Nacional N° 12, se encuentra el puente que cruza por el río Santa Lucía, el mismo será el objeto de nuestro estudio hidráulico.

Donde se busca verificar la sección hidráulica de dicho puente para garantizar y validar la seguridad y funcionamiento del puente bajo las nuevas condiciones hidrológicas y sobre todo del cambio de uso de suelo que se genera aguas arriba.

Para ello se considerarán factores como caudal máximo esperado, alturas del pelo de agua, precipitaciones y riesgo de erosión en la sección.

Se busca en primer lugar obtener datos y condiciones físicas de la cuenca que tiene influencia en el río Santa Lucía, a la altura del puente.

Se buscará entonces hallar los siguientes parámetros físicos de la cuenca:

- Área de aporte.
- Tiempo de concentración de la cuenca.
- Uso actual de suelo.
- Precipitaciones de diseño en la zona o zonas aledañas.
- Cálculo de los caudales esperados para la lluvia de diseño.
- Dado un caudal de diseño esperado realizar la verificación de la sección hidráulica actual.

5.4 ÁREA DE APOORTE

La determinación del área de influencia del proyecto se logró en base a la información obtenida por la página del Instituto Geográfico Nacional (IGN), de la misma se obtuvieron en primera medida el orto mosaico de toda la provincia de Corrientes, donde se puede observar de manera visual la variedad de elevación y sistemas hídricos que posee esta provincia.



FIGURA 5.7 - *orto mosaico provincia de Corrientes (Fuente: IGN).*

Luego se obtuvo para una mayor precisión en la delimitación del área de influencia del río Santa Lucía, el Modelo Digital de Superficie, también de la página del IGN, con esta se pueden realizar procesos en distintos programas para obtener las curvas de nivel de la zona y con ella poder delimitar el área de la cuenca.

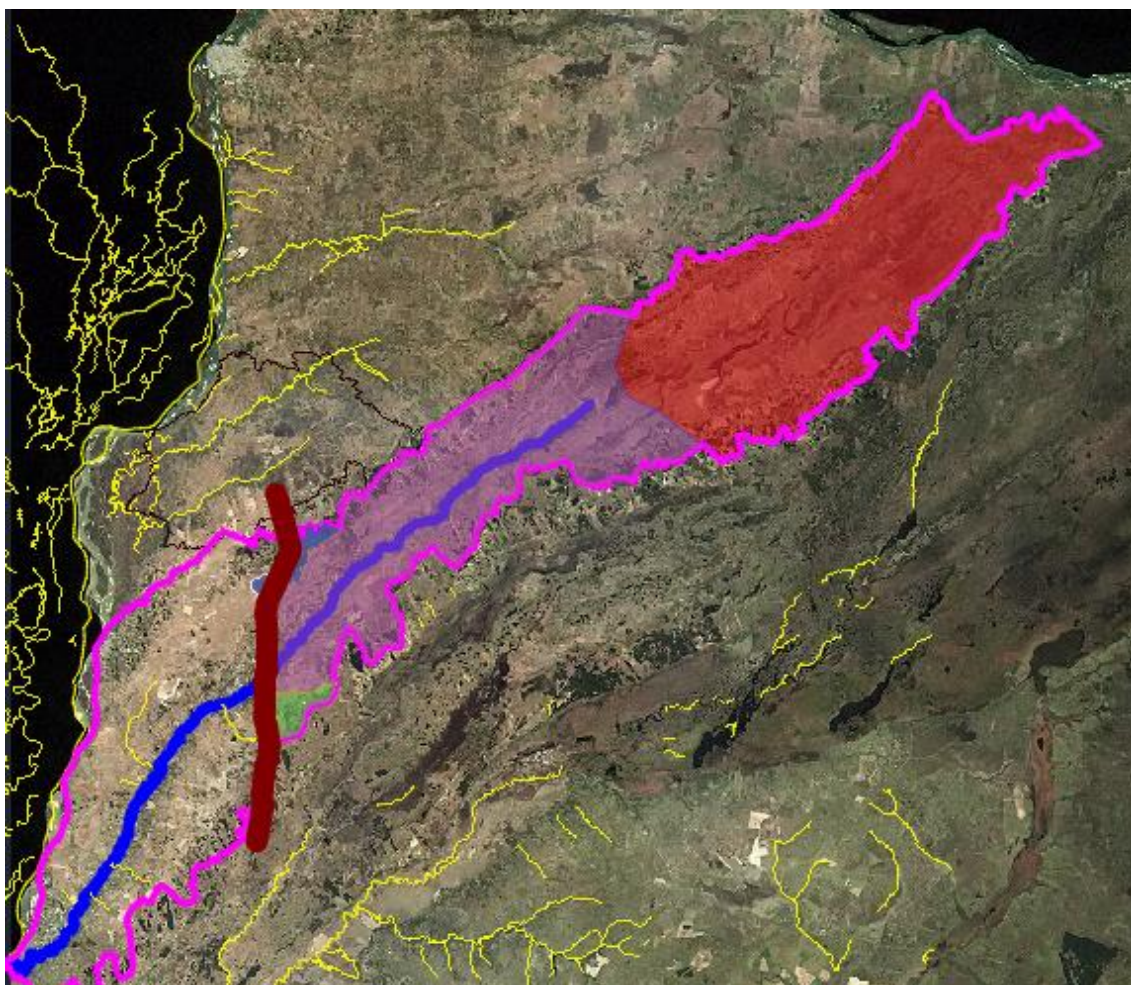


FIGURA 5.8 - Delimitación de cuenca del río Santa Lucía (Fuente: elaboración propia).

Se pudo obtener después del procesamiento de los datos, que la cuenca posee un área total de $7.258,52 \text{ km}^2$. Para la verificación del puente se obtuvo el área aguas arriba del puente, la misma nos da un área aproximada de $5.050,88 \text{ km}^2$, así mismo el área activa del río donde las gotas que caen y efectivamente llegan a la sección de estudio posee un área de $1.958,15 \text{ km}^2$, siendo la restante zonas de esteros donde predominan los movimientos verticales del agua. También se tienen dos áreas donde el agua caída en la cuenca pasa por dos alcantarillas que sirven como aliviadoras de la sección del puente.

5.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

La determinación de este parámetro resulta ser importante en el estudio del comportamiento hidrológico de cualquier cuenca, ya que a partir del mismo se efectúa el cálculo de las precipitaciones críticas o de diseño para el proyecto.

Existen diversas metodologías y formulas empíricas que permiten estimar el valor del tiempo de concentración, las cuales están en función de las características de las cuencas.

La mayoría de las fórmulas fueron desarrolladas para cuencas típicas, con pendientes pronunciadas y canales bien definidos, o bien para su uso en cuencas urbanas.

La aplicación de estas ecuaciones en condiciones de bordes muy diferentes debe ser respaldada con criterio, de manera de no incurrir en conclusiones erróneas en cuanto a la respuesta de la cuenca ante la precipitación.

Para este estudio, se optó por utilizar el método de las Cartas de Velocidad promedio (1975-1986) desarrollado por el Servicio de Conservación de suelos (SCS) de los Estados Unidos, que permite cuantificar el tiempo de concentración de una cuenca en función de las pendientes del curso de agua y de la cubierta superficial, mediante la expresión:

$$TC = \frac{1}{60} \sum \frac{L}{V}$$

TC: tiempo de concentración (min).

L: longitud de la trayectoria de flujo (pies).

Velocidades promedios aproximadas [pies/s] del flujo de escorrentía para calcular el tiempo de concentración				
Descripción del curso de agua	Pendiente en porcentaje			
	0 - 3	4 - 7	8 - 11	12 -
NO CONCENTRADO				
Bosques	0 - 1,5	1,5 - 2,5	2,5 - 3,25	3,25 -
Pastizales	0 - 2,5	2,5 - 3,5	3,5 - 4,25	4,25 -
Cultivos	0 - 3	3,0 - 4,5	4,5 - 5,5	5,5 -
Pavimentos	0 - 8,5	8,5 - 13,5	13,5 - 17	17 -
CONCENTRADO				
Canal de salida - la ecuación de Manning determina la velocidad.				
CANAL NATURAL NO BIEN DEFINIDO	0 - 2	2 - 4	4 - 7	7 -

V: velocidad promedio (pies/s).

TABLA 5.2 - (Fuente: Hidrología Aplicada (1994) Chow y Maident).

Esta metodología sugiere adoptar velocidades aproximadas de escurrimiento teniendo en cuenta las características del tapiz vegetal y del curso de agua.

En el cuadro anterior podemos observar las velocidades promedio que se adoptan teniendo en cuenta dos variables físicas de la cuenca, como ser los tipos de usos de suelo de la misma, y su pendiente media.

También se clasifican por tipo de escurrimiento, concentrado y no concentrado, siendo el primero de ellos las zonas de la cuenca que contienen un canal definido como en nuestro caso el río Santa Lucía.

El caso no concentrado sería todas esas zonas donde el agua fluye de manera laminar por la superficie sin tener un flujo definido.

Para la pendiente del cauce se pudo obtener de manera aproximada mediante la información procesada.

Pendiente media del cauce: **0,1%.**

Por lo que en el cuadro adoptamos una velocidad de 1 pies/s.

- La longitud de la trayectoria del cauce la obtenemos también con la información procesada mediante mediciones aproximadas.
- Longitud río hasta puente San Roque: 492.126 pies
- La ocupación de suelo del resto de la cuenca, mediante un análisis visual de las imágenes satelitales obtenidas, podemos ver que son generalmente en su mayor parte zonas de cultivos, zonas urbanizadas y zonas de esteros donde las aguas se almacenan y se unen entre ellas subterráneamente.

Para estas zonas se observaron las magnitudes de las áreas que comprenden cada uso y se optaron por adoptar las de peor condición para tener resultados aproximados a la realidad, sin entrar en tantos detalles.

Entonces se obtuvo que la pendiente media: 0,3%.

Por lo que la velocidad adoptada será la más desfavorable que es la zona de cultivos.

Por lo tanto, en el cuadro adoptamos una velocidad de 2 pies/s.

En la siguiente tabla vemos un resumen del análisis realizado para toda la cuenca en grandes rasgos:

TABLA 5.3 - *Parámetros de la cuenca (Fuente: elaboración propia).*

Tipo de Flujo	Pendiente (pies/pies)	Longitud (pies)	Velocidad (pies/s)
Concentrada	0,0001	492.126	2
No concentrada	0,001	14.763,78	1

Aplicando con estos parámetros obtenidos tendremos el valor del tiempo de concentración de la cuenca:

TABLA 5.4 - *Calculo del tiempo de concentración de la cuenca (Fuente: elaboración propia).*

TC	4347,11	Min.
	72,45	horas
	3,02	días

5.6 PRECIPITACIONES CRÍTICAS DE DISEÑO

En la elección del período de retorno, frecuencia o probabilidad a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación que existe entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura hidráulica y el resigo de falla aceptable, dependiendo, este último de factores económicos, sociales, ambientales, técnicos y otros.

Es necesario entonces determinar una lluvia de diseño con un tiempo de recurrencia acorde a una obra vial. De acuerdo con lo establecido en el Pliego de Especificaciones Técnicas del Órgano de Control de Concesiones Viales de la Dirección Nacional de Vialidad, las recurrencias a adoptar en el estudio hidrológico, está en función del tipo de estructura, según lo muestra el siguiente cuadro:

TABLA 5.5 - Periodos de retorno para diseño y/o verif. de desagües pluviales
(Fuente: DVN).

TIPO DE ESTRUCTURA	PERIODO DE RETORNO [años]
Alcantarillas de caminos	
Volumen de tránsito bajo	5 - 10
Volumen de tránsito medio	10 - 25
Volumen de tránsito alto	50 - 100
Puentes	
Red secundaria	10 - 50
Red primaria	50 - 100
Drenaje agrícola	
Alcantarillas	5 - 50
Zanjas - Canales	5 - 50
Drenaje urbano	
Poblaciones pequeñas	2 - 25
Poblaciones grandes	25 - 50

Se establece además que, respecto al diseño o verificación de puentes sobre rutas nacionales, la recurrencia de diseño será de 50 años y la distancia o revancha entre fondo de la viga y la cota máxima de la creciente será de como mínimo 1,50 m, según lo establecido por el pliego de especificaciones técnicas de DNV, para dicha recurrencia.

Se tomó como referencia datos de precipitaciones ocurridas en zonas dentro de nuestra cuenca y aledañas. Se han encontrado pocos registros lo suficientemente extensos para realizar este análisis estadístico, sin embargo, esta información pluviométrica de estaciones cercanas los cuales son aceptables y confiables.

TABLA 5.6 - Características de las estaciones pluviométricas consultadas
(Fuente: Elaboración propia).

Estacion	Tipo	Localizacion		Periodo de registro	Longitud de serie
		Latitud	Longitud		
Corrientes- Bella Vista	Pluviometro	-28.43	-58.920	1959-2023	64
Corrientes- Concepcion	Pluviometro	-28.39	-57.890	1978-2023	45

La información recolectada tiene como fuente al Instituto Correntino del Agua y del Ambiente (ICAA), al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA – EEA Bella Vista) y a la base de datos de la Red Hidrológica Nacional de la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica del Gobierno Nacional. Estas

entidades, cuyas redes se encuentran en expansión permanente mediante la incorporación de nuevas estaciones, realizan inspecciones periódicas de las mismas y ofrecen actualizaciones diarias de la información, por lo que los datos suministrados pueden asumirse de alta confiabilidad.

Teniendo en cuenta la uniformidad meteorológica de la región donde se ubican las estaciones pluviométricas, difícilmente se considere una de ella como la más representativa de nuestra cuenta. Por eso, se generó una serie histórica de precipitación con las estaciones pluviométricas a partir del uso del método de los Polígonos de Thiessen establecer un área de influencia de cada estación respecto al área total de nuestra cuenca activa de estudio. De esta forma logramos estimar la precipitación media diaria de la cuenca.

Este método consiste en ubicar sobre el plano a las estaciones consideradas y unir a aquellas adyacentes mediante segmentos rectos de manera de ir formando triángulos relativamente equiláteros. Luego, se trazan líneas mediatrices a dichos segmentos que, al concurrir a un mismo punto, van conformando los polígonos que definen el área de influencia de cada estación.

Finalmente, se construye una nueva serie correspondiente a la precipitación media diaria sobre la estación hipotética, a partir de aplicar sistemáticamente para cada día del periodo de registro la siguiente ecuación:

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^4 \frac{P_i \cdot A_i}{A}$$

$\bar{P}$: precipitación media diaria sobre el área;

P_i : precipitación registrada en la estación i ;

A_i : área del polígono correspondiente a la estación i comprendida dentro de los límites del conjunto de subcuencas.

A : área total del conjunto de subcuencas.

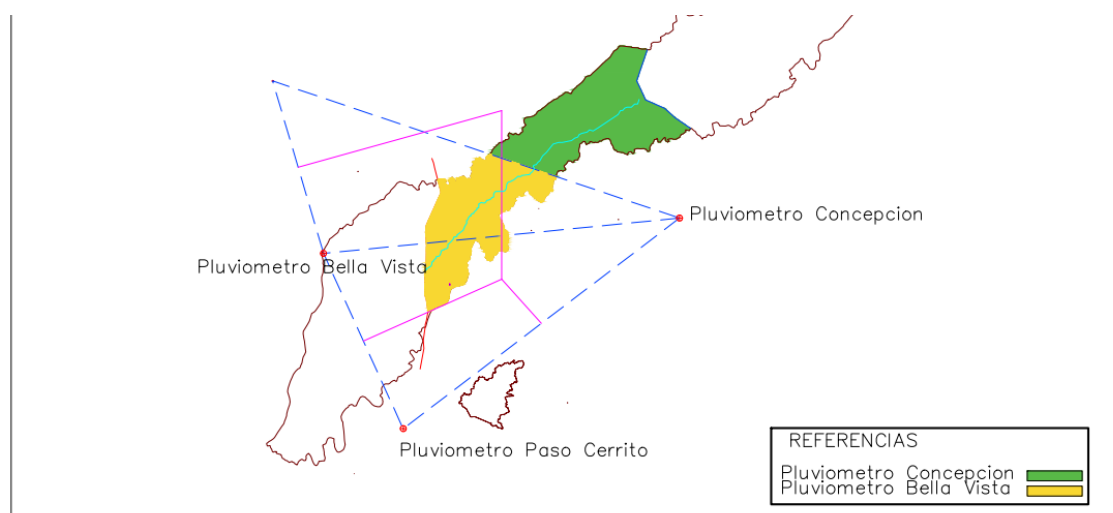


FIGURA 5.9 - Método Thiessen.

TABLA 5.7 - Influencia de cada estación (Fuente: Elaboración propia).

Estacion	Area influencia	
	Km2	%
Corrientes, Bella Vista	790	37.44%
Corrientes, Concepcion	1320	62.56%
Cuenca Activa	2110	100.00%

5.7 ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS

5.7.1 Método utilizado

Luego de realizar la serie de duración completa, la cual se tuvo en cuenta todos los años de registro de cada estación, como en el caso de la estación de Concepción que solo llega a cuarenta y cinco años de registro y para la estación de Bella Vista los últimos cincuenta años de registro, se procede al tratamiento estadístico de la información con el objeto de determinar la precipitación de diseño para cada una de las subcuentas, que nos permitirá estimar las crecidas esperables para una recurrencia dada.

Tomando como base esa nueva información generada, se efectúa el estudio estadístico de precipitaciones con duraciones acordes a los tiempos de traslado de la lámina hasta la sección de control - los que fueron calculados en el apartado 5.4. Partiendo de ese punto se realiza la construcción de dos nuevas series: precipitación máxima anual de 1 y 3 días de duración, respectivamente.

FIGURA 5.10 - Precipitación máxima anual de 1 y 3 días de duración
(Fuente: Elaboración propia).

Año Hidrológico	Precipitaciones máx anuales (mm)- duración 1 día	Precipitaciones máx anuales (mm) - duración 3 días
1973-1974	100.00	119.80
1974-1975	65.50	95.20
1975-1976	89.00	98.40
1976-1977	82.50	112.50
1977-1978	89.40	136.90
1978-1979	51.00	118.00
1979-1980	98.26	111.70
1980-1981	115.22	125.89
1981-1982	158.92	225.72
1982-1983	162.55	169.10
1983-1984	202.89	204.58
1984-1985	80.53	131.23
1985-1986	89.89	172.83
1986-1987	87.48	116.72
1987-1988	161.16	198.75
1988-1989	83.87	124.89
1989-1990	68.55	130.20
1990-1991	148.18	170.08
1991-1992	94.18	138.12
1992-1993	92.74	126.58
1993-1994	138.04	148.90
1994-1995	118.03	174.44

2000-2001	78.91	116.65
2001-2002	77.68	154.63
2002-2003	112.82	149.11
2003-2004	151.80	224.14
2004-2005	101.11	133.95
2005-2006	101.76	111.06
2006-2007	73.09	134.78
2007-2008	105.57	120.47
2008-2009	124.47	156.68
2009-2010	102.23	120.10
2010-2011	143.38	198.55
2011-2012	106.84	155.82
2012-2013	115.58	143.63
2013-2014	130.82	262.02
2014-2015	97.32	218.50
2015-2016	173.75	202.53
2016-2017	128.19	285.66
2017-2018	80.99	172.73
2018-2019	122.38	199.17
2019-2020	91.48	208.49
2020-2021	64.61	153.91
2021-2022	84.49	121.24
2022-2023	71.74	91.18
2023-2024	118.91	144.39

Como primera medida lo que se hará el ordenamiento de la serie de mayor a menor para su estudio estadístico, ya que se trata con valores máximos, quedando conformado de la siguiente forma:

TABLA 5.8 - Ordenamiento de los términos de las series para la aplicación de los métodos (Fuente: Elab. Propia).

<i>N° de orden m</i>	<i>Precipitaciones máx anuales (mm)- duración 1 día</i>	<i>Precipitaciones máx anuales (mm) - duración 3 días</i>
1	202.89	285.66
2	173.75	275.83
3	162.55	262.02
4	161.16	253.30
5	158.92	225.72
6	151.80	224.14
7	148.18	218.50
8	146.43	208.49
9	143.38	206.06
10	138.04	204.58
11	131.36	202.53
12	130.82	199.17
13	128.19	198.75
14	124.47	198.55
15	122.38	174.44
16	118.91	173.79
17	118.03	172.83
18	115.58	172.73
19	115.22	170.08
20	113.18	169.10

21	112.82	156.68
22	106.84	155.82
23	105.57	154.63
24	102.23	153.91
25	101.76	149.11
26	101.11	148.90
27	100	144.39
28	98.26	143.63
29	97.32	138.12
30	94.18	136.9
31	92.74	134.78
32	91.72	133.95
33	91.48	131.23
34	89.89	130.20
35	89.4	126.58
36	89	125.89
37	87.48	124.89
38	84.49	121.24
39	83.87	120.75
40	82.5	120.47
41	80.99	120.10
42	80.53	119.8
43	78.91	118
44	77.68	116.72
45	73.09	116.65
46	71.74	112.5
47	68.55	111.70
48	67.10	111.06
49	65.5	98.4
50	64.61	95.2
51	51	91.18

Realizado este ordenamiento se tomó la decisión de utilizar el método que comúnmente utiliza para el estudio de eventos hidrológicos extremos como es Log-Pearson III, el cual consiste en transformar los valores de la serie dada a sus logaritmos decimales, obteniéndose luego los siguientes tres parámetros:

TABLA 5.9 - Parámetros de método Log Pearson III (Fuente: Elab. Propia).

			1 DIA	3 DIAS
Media aritmetica	$\bar{x}_{\log(x)}$	$\bar{x}_{\log(x)} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \log(x_i)$	2.013	2.186
Desvio estandar	$\sigma_{\log(x)}$	$\sigma_{\log(x)} = \left[\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (\log(x_i) - \bar{x}_{\log(x)})^2 \right]^{1/2}$	0.1273	0.1237
Coeficiente de asimetria	g	$g = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\log(x_i) - \bar{x}_{\log(x)})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (\sigma_{\log(x)})^3}$	0.07	0.38

Una vez obtenidos estos parámetros del método, los cuales fueron obtenidos de nuestra muestra, se dispone a obtener las precipitaciones máximas

para un tiempo de recurrencia e acuerdo a lo establecido en el Pliego de Especificaciones Técnicas del Órgano de Control de Concesiones Viales de la Dirección Nacional de Vialidad, las recurrencias a adoptar en el estudio hidrológico derivan de las prescripciones de la National Academy of Sciences de los EEUU (1983), y están en función del tipo de estructura, según lo muestra la tabla 5.5 presentada anteriormente.

Este tiempo de recurrencia va de 50-100 años, adoptando en nuestro caso para 50 años como comúnmente se realiza para proyecto similares a las que llevamos a cabo este estudio.

Con la ayuda de una tabla (anexo) se determina el factor de frecuencias K tabulado para un TR=50 años y con el coeficiente de asimetría g. De la formula presentada continuación se despeja X, ya que los demás valores son datos:

$$\log(x) = \bar{x}_{\log(xi)} + K \cdot \sigma_{\log(xi)}$$

Por último, se presenta una tabla que resume los datos necesarios para obtener el valor de las Precipitaciones Máximas:

TABLA 5.10 - Lluvias máximas (Fuente: Elab. Propia).

	Lluvia Tr	P(x)	Ki	log (xi)	X (mm)
1 día	50	0.02	2.054	2.2750	188.373
3 días	50	0.02	2.054	2.4404	275.680

5.7.2 Verificación del método

Un procedimiento para probar la bondad del ajuste de las funciones de distribución de probabilidad, es el Test de Chi Cuadrado (χ^2), que compara los valores teóricos con los muestrales de las funciones de frecuencia relativa, y cuya aceptación es necesaria para la aplicación de los métodos. Las tablas de cálculo correspondientes se exhiben en el anexo de este capítulo.

En todos los casos se obtuvo que la distribución se ajusta adecuadamente a la información de la serie hidrológica analizada para un nivel de confianza adoptado del 90% (nivel de significancia del error aceptado del 10%). Se entiende entonces que las diferencias entre la información de las muestras y las calculadas por las funciones de distribución de probabilidad pueden ser despreciadas.

- Prueba de bondad para precipitaciones máximas de 1 día continuo:

TABLA 5.11 - Test bondad de Chi Cuadrado aplicado al método Log Pearson III – Lluvia máxima de 1 día (Fuente: Elab. Propia).

Intervalos	Rango	ni	fs (xi)	Fs (xi)	xi	log (xi)	Ki	p(x)	F (xi)	p (xi)	(fs(xi)-p(xi))^2	X2
1	<60	1	0.0196	0.020	60	1.78	-1.85	0.9288	0.0712	0.0712	0.002666293	1.9087
2	60-75	6	0.1176	0.137	75	1.88	-1.09	0.8313	0.1687	0.0974	0.000408689	0.2139
3	75-90	11	0.2157	0.353	90	1.95	-0.46	0.6656	0.3344	0.1657	0.002500001	0.7695
4	90-105	10	0.1961	0.549	105	2.02	0.06	0.4783	0.5217	0.1873	7.69854E-05	0.0210
5	105-120	8	0.1569	0.706	120	2.08	0.52	0.3161	0.6839	0.1623	2.90264E-05	0.0091
6	120-135	5	0.0980	0.804	135	2.13	0.92	0.1828	0.8172	0.1333	0.001245193	0.4763
7	135-150	4	0.0784	0.882	150	2.18	1.28	0.1011	0.8989	0.0817	1.04349E-05	0.0065
8	150-165	4	0.0784	0.961	165	2.22	1.60	0.0590	0.9410	0.0421	0.001322765	1.6039
9	165-180	1	0.0196	0.980	180	2.26	1.90	0.0302	0.9698	0.0288	8.44963E-05	0.1496
10	>180	1	0.0196	1.000					1.0000	0.0302	0.000112922	0.1905
Σ		51										5.3490

El número de grados de libertad es: $v = m - p - 1$

donde:

m : número de intervalos de clase

p : número de parámetros de la función de distribución teórica

m=	10
p=	3
v=	6
% Conf=	90
X2= 10.6 > 5.35	

➤ Prueba de bondad para precipitaciones máximas de 3 días continuos:

TABLA 5.12 - Test bondad de Chi Cuadrado aplicado al método Log Pearson III – Lluvia máxima de 3 día (Fuente: Elab. Propia).

Intervalos	Rango	ni	fs (xi)	Fs (xi)	xi	log (xi)	Ki	p(x)	F (xi)	p (xi)	(fs(xi)-p(xi))^2	X2
1	<100	3	0.0588	0.059	100	2.00	-1.51	0.8850	0.1150	0.1150	0.003152722	1.3985
2	100-120	7	0.1373	0.196	120	2.08	-0.87	0.8031	0.1969	0.0820	0.003058549	1.9034
3	120-140	13	0.2549	0.451	140	2.15	-0.32	0.6157	0.3843	0.1873	0.004565445	1.2429
4	140-160	8	0.1569	0.608	160	2.20	0.14	0.4487	0.5513	0.1670	0.000103321	0.0315
5	160-180	6	0.1176	0.725	180	2.26	0.56	0.3014	0.6986	0.1473	0.000880996	0.3050
6	180-200	3	0.0588	0.784	200	2.30	0.93	0.1806	0.8194	0.1208	0.003838639	1.6209
7	200-220	5	0.0980	0.882	220	2.34	1.26	0.1046	0.8954	0.0760	0.000483659	0.3244
8	220-240	2	0.0392	0.922	240	2.38	1.57	0.0635	0.9365	0.0411	3.44772E-06	0.0043
9	240-260	1	0.0196	0.941	260	2.41	1.85	0.0336	0.9664	0.0299	0.000106281	0.1812
10	260-280	2	0.0392	0.980	280	2.45	2.11	0.01799	0.9820	0.0156	0.000558799	1.8296
11	>280	1	0.0196	1.000					1.0000	0.0180	2.60757E-06	0.0074
Σ		51										8.8490

El número de grados de libertad es: $v = m - p - 1$

donde:

m : número de intervalos de clase

p : número de parámetros de la función de distribución teórica

m=	11
p=	3
v=	7
% Conf=	90
$\chi^2 = 12.6 > 8.85$	

5.8 HIETOGRAMA DE DISEÑO

Al determinar una precipitación máxima de diseño, además de la altura máxima precipitable estadísticamente posible en n días, para un tiempo de recurrencia dado, otro punto fundamental es la distribución temporal y espacial de esta.

En lo que refiere a la distribución temporal, la conformación del hietograma de diseño requiere, en primer lugar, definir como se distribuye diariamente la precipitación en un evento de 3 días de duración.

Para ello, tomando como base el registro histórico de precipitaciones de la estación determinado en el apartado 3.6.1-, se estudió como típicamente fue dicha distribución en términos porcentuales. Se consideró para el análisis las 3 tormentas de mayor magnitud de cada año hidrológico del registro, y con la característica de que fueran independientes entre sí, es decir, que no estuvieran constituidas por los mismos eventos diarios. El procesamiento se realizó tanto para la serie de máximos en 3 días de duración, y las tablas de cálculo se adjuntan desde el anexo A.3.7.

Además de ello, se consideró que en el primer día ocurre la precipitación máxima anual diaria para un TR= 50 años, mientras que los totales precipitados en los días subsiguientes se obtienen por diferencia con la del día uno y de manera que, los valores acumulados en el día 2 y en el día 3 respectivamente, resulten los máximos precipitados para dichas duraciones y la misma recurrencia, calculados en el apartado 3.6.1-.

Distribución (en %) de las 3 precipitaciones máximas en un año (1978-2023)

1 día	59.86%
2 días	23.95%
3 días	16.19%

Conformando el hietograma con el día uno lluvia máxima, los días subsiguientes dos y tres por decantación hasta la lluvia máxima de tres días.

1 día	188.37 mm	<i>P_{max} 1 día</i>
2 días	52.10 mm	
3 días	35.21 mm	
Σ	275.68 mm	<i>total P_{max} 3 días</i>

FIGURA 5.11 - *Distribución de lluvia en días (Fuente: Elaboración propia).*

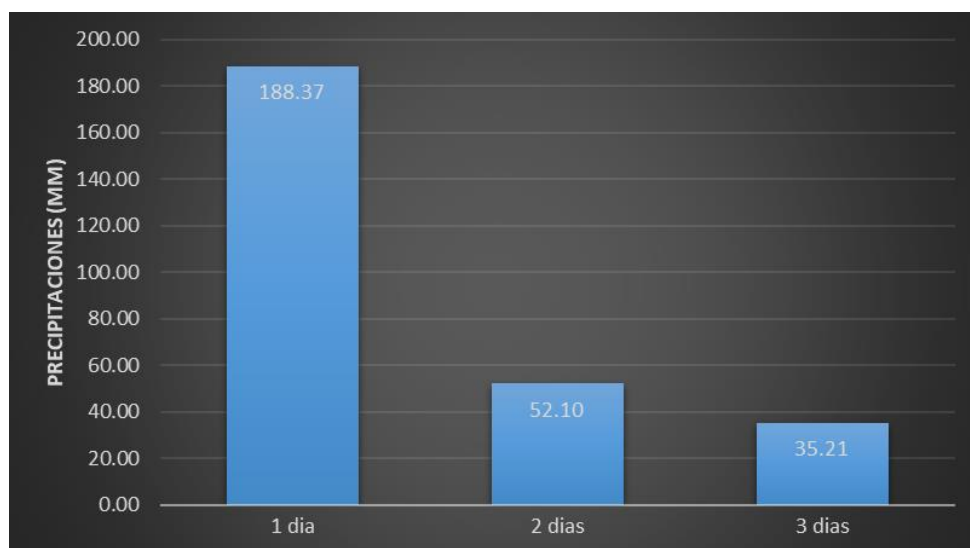


FIGURA 5.12 - *Hietograma de diseño para una tormenta de 3 días de duración y TR=100 años (Fuente: Elaboración propia).*

5.9 NÚMERO DE CURVA

Para la transformación de lluvia-escorrentía se optó por trabajar con el método de Numero de Curvas (CN), desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los EEUU. En el cual se determina el escurrimiento directo tras definir un CN para la cuenca en estudio.

Los números de curvas se encuentran tabulados por el SCS y dependen de las características de las cuencas tales como el tipo y uso de suelo, densidad de la vegetación y las condiciones de humedad.

Para la determinación de este parámetro se utilizó un análisis de imágenes satelitales del programa Google Earth, donde se puede observar en imágenes más actuales el uso de suelo así poder estimar el CN de una forma aproximada mediante un numero de curvas ponderado por toda el área de la cuenca.

Teniendo en cuenta también que el último año viene siendo un año húmedo, los valores de CN II se transforman para la situación de humedad correspondiente a una Clase III, es decir, para la situación del suelo con un alto contenido de humedad. Se tiene con la siguiente expresión:

$$CN_{III} = \frac{23 \text{ } CN_{II}}{10 + 0,13 \text{ } CN_{II}}$$

Se realizó un cuadro resumen con el análisis de la cuenca donde podemos observar los distintos usos de suelos observados y la ponderación correspondiente, para luego lograr obtener el CN III requerido:

CUENCA RÍO SANTA LUCÍA

CLASE	Descripción	Área (%)	Área (km ²)	CN II adoptado
1	Agua	1,40%	27,41	30
2	Monte/Forestal	1,85%	36,23	40
3	Áreas Inundables	29,64%	580,40	20
4	Cultivos	6,61%	129,43	55
5	Construcciones	0,50%	9,79	90
6	Suelos desnudos	20,00%	391,63	65
7	Pastos/arbusto	40,00%	783,26	30
Total		100,00%	1958,15	

CN II pond.	36
-------------	----

TOMAMOS
ENTONCES COMO
CN =

CN III	57
--------	----

5.10 CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO.

5.10.1 Metodología aplicada.

Obtenidos ya todos los parámetros necesarios se hizo uso del sistema de modelado Hidrológico desarrollado por el centro de Ingeniería Hidrológica del cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (HEC-HMS), que es un software que permite simular el proceso de lluvia-escorrentía, teniendo como variable de entrada un hietograma de precipitación, el modelo cálculo la lluvia efectiva a partir de seleccionar el método de pérdidas del Número de curvas de SCS, mientras que la transformación lluvia-caudal se efectuó a través del método del Hietograma Unitario del mismo SCS.

Anteriormente se definió como se distribuyen diariamente la precipitación para la tormenta de diseño de 3 días de duración, a partir de ello, se configuro la entrada para tener un dato cada 24 horas de cada día.

5.10.2 Resultados de Simulación en HEC-HMS

Luego de cargar todos los parámetros en el programa se realizó el corrido de la simulación para obtener el caudal resultante de nuestra lluvia de diseño.

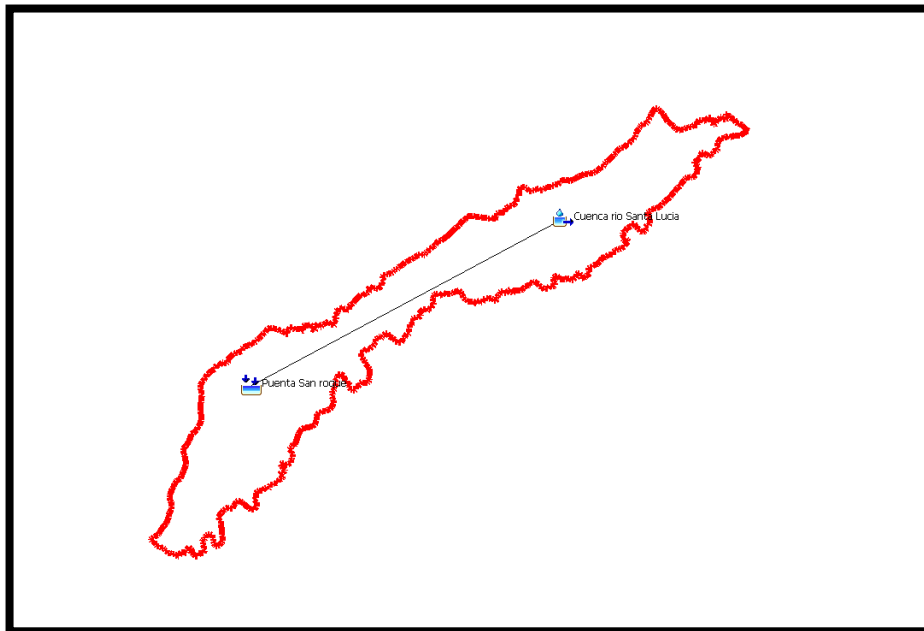


FIGURA 5.13 - Cuenca y esquema en HEC-HMS (Fuente: Elaboración propia).

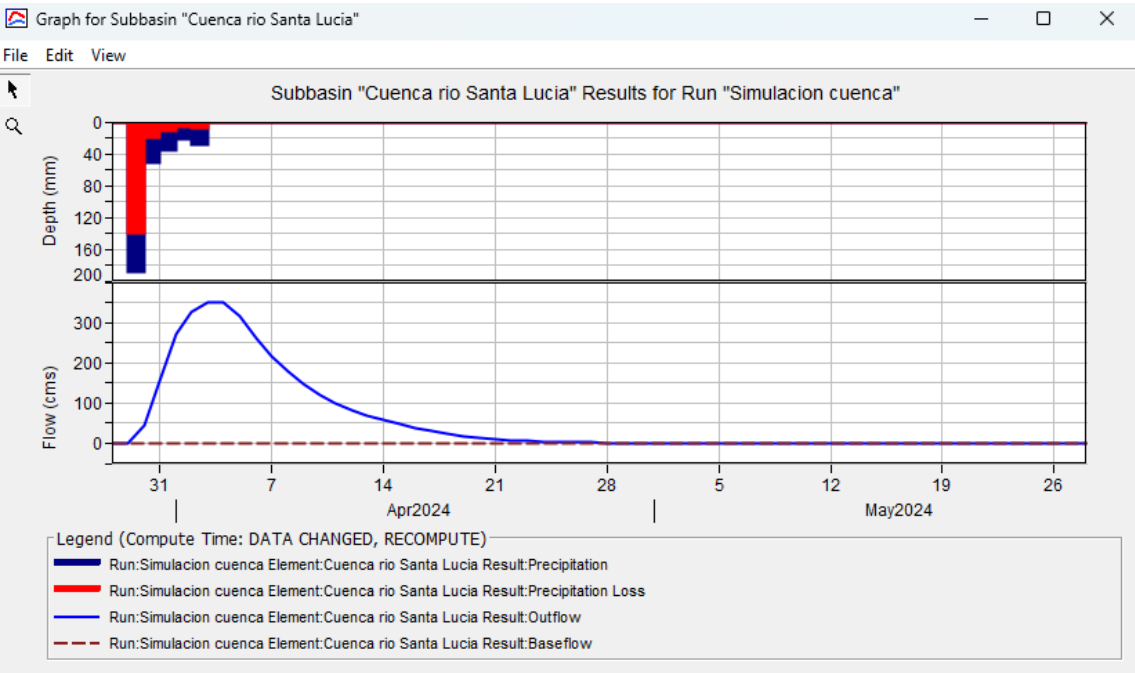


FIGURA 5.14 - Resultados de corrida para cuenca Santa Lucía (Fuente: E. Propia).

TABLA 5.13 - Cuadro de resultados de caudal pico y lluvia efectiva (Fuente: E. Propia).

Global Summary Results for Run "Simulacion cuenca"				
Project: Cuenca Rio Santa Lucia		Simulation Run: Simulacion cuenca		
Start of Run: 28mar.2024, 00:00		Basin Model: Cuenca Rio Santa Lucia		
End of Run: 28may.2024, 00:00		Meteorologic Model: Lluvia diseño		
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE		Control Specifications: Control 1		
Show Elements: All Elements		Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3	Sorting: Watershed Explorer	
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Cuenca rio Santa L...	1958,0	350,6	2 April 2024, 24:00	143,40
Puerta San roque	1958,0	350,6	2 April 2024, 24:00	143,40

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los resultados obtenidos:

TABLA 5.14 - Resumen de resultados obtenidos en la simulación (Fuente: E. Propia).

Cuenca	Qd (m³/s)	Vol. (mm)	Tp (hs)
Santa Lucía	350,6	143,40	144

Como no tenemos datos de caudales en el puente de la ciudad de San Roque, se opta por comparar nuestro caudal de diseño para 50 años de tiempo de retorno, con el caudal máximo diario en la ciudad de Santa Lucía, situada aguas debajo de nuestro puente en estudio.

Dicho caudal es sacado de la página de *Sistema Nacional de información Hídrica*, en la estación 3836- Santa Lucía.

Donde data un caudal máximo de 860,80 m³/s, en el año 1997.

Esta diferencia en los caudales nos da más señales de que efectivamente la parte de la cuenca del río Santa Lucía es más activa en la zona baja, donde también se le suman caudales de otros arroyos.

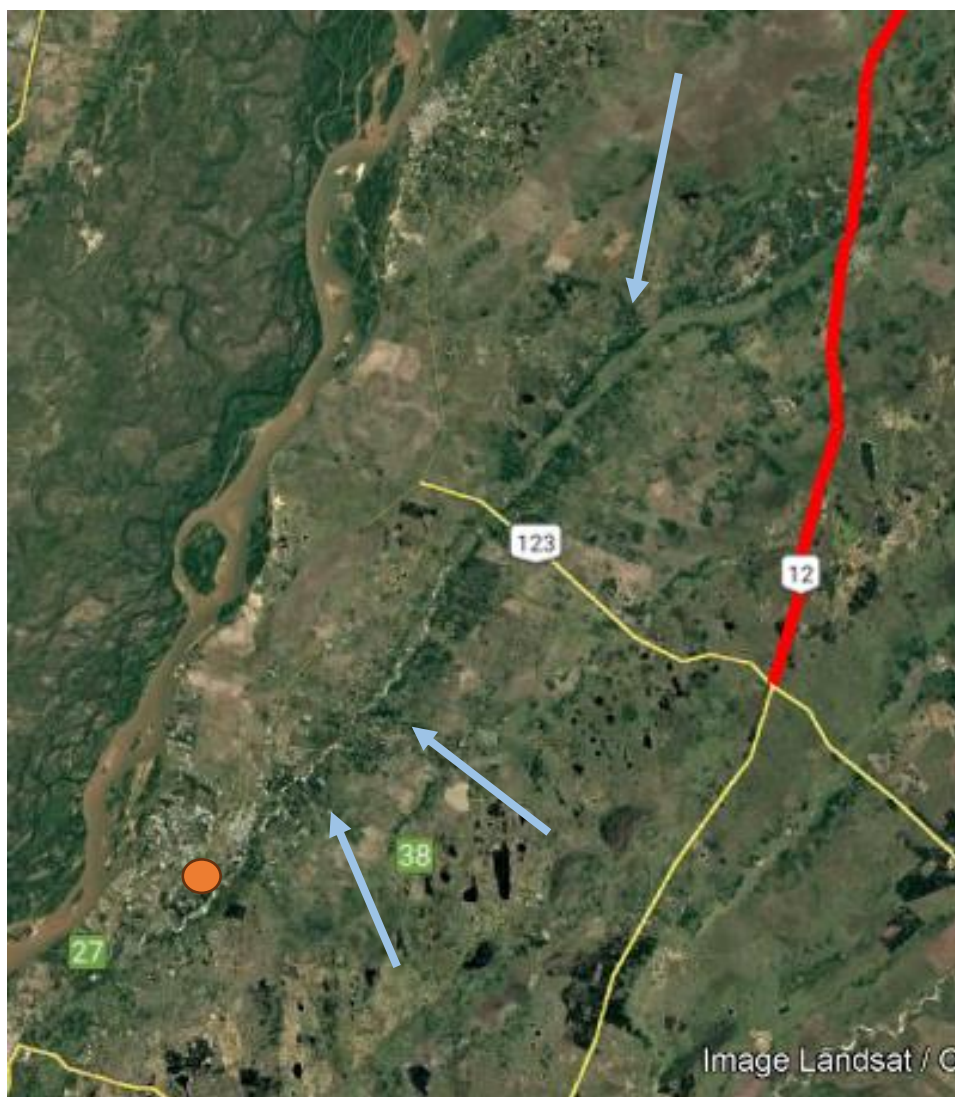


FIGURA 5.15 - Imagen Satelital y esquema aguas debajo de la cuenca
(Fuente: E. Propia).

5.11 NIVEL DE MÁXIMA CRECIENTE.

Con el valor de caudal calculado, lo siguiente se enfoca en verificar si la sección del puente, que constituye los puntos de salidas de las cuencas en estudio, cuenta con la capacidad suficiente para conducir los excesos generados por el evento de diseño de forma eficiente, dada su situación actual.

Para ello, se recurrió a documentos y planos, los mismos corresponden a la obra original, facilitados por personal de DNV, los que se exhiben en el anexo.

Se debe remarcar que, al aplicar una ecuación de flujo uniforme en el estudio de corrientes naturales, los resultados obtenidos deben ser considerados

aproximados, ya que las condiciones reales del flujo están sujetas a múltiples factores inciertos.

Como se comentó anteriormente, de los planos de la obra original se pudo obtener los datos que se utilizaron para el proyecto, ya sé cómo el área hidráulica de la sección del puente, y el tirante de máxima crecida utilizada para realizar el proyecto. Se obtuvieron los siguientes datos:

- COTAS DEL TERRENO NATURAL.
- COTAS DE TIRANTES MÁXIMOS.
- LONGITUD DE LA SECCIÓN DEL CANAL: 242 m.
- NIVEL DE MÁXIMA CRECIDA: 94,20 m.

Con estos datos y utilizando el programa H-Canales, el cual utiliza la ecuación de Manning para canales, este programa también nos permite calcular el caudal de una sección variable natural, como en este caso es el río, se obtuvo el caudal máximo que es capaz de pasar por la sección del puente.

El coeficiente de Manning se obtuvo de la siguiente tabla:

TABLA 5.15 - Tabla coeficientes de Manning (Fuente: catedra hidrología).

Superficie	Condiciones			
	Perfectas	Buenas	Regulares	Malas
Canales y Zanjaz				
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
En tierra, alineados y uniformes	0.017	0.020	0.0225	0.025*
En roca, lisos y uniformes	0.025	0.030	0.033*	0.035
En roca, con salientes y sinuosos	0.035	0.040	0.045	
Sinuosos y de escurrimiento lento	0.0225	0.025*	0.0275	0.030
Dragados en tierra	0.025	0.0275*	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordos de tierra, enhierbados	0.025	0.030	0.035*	0.040
Plantilla de tierra, taludes ásperos	0.028	0.030	0.033	0.035
Corrientes naturales				
1. Limpios, bordos rectos, llanos, sin hendiduras ni charcos profundos	0.025	0.0275	0.030	0.033
2. Igual a 1, pero con algo de hierbas y piedra	0.030	0.033	0.035	0.040
3. Sinuoso, algunos charcos y escollos limpios	0.033	0.035	0.040	0.045
4. Igual a 3, de poco tirante con pendiente y sección menos eficientes	0.040	0.045	0.050	0.055
5. Igual a 3, algo de hierba y piedras	0.035	0.040	0.045	0.050
6. Igual a 4, secciones pedregosas	0.045	0.050	0.055	0.060
7. Ríos perezosos, cauce enhierbado o con charcos profundos	0.050	0.060	0.070	0.080
8. Cauces muy enhierbados	0.075	0.100	0.125	0.150

* Valores corrientemente usados en la práctica.

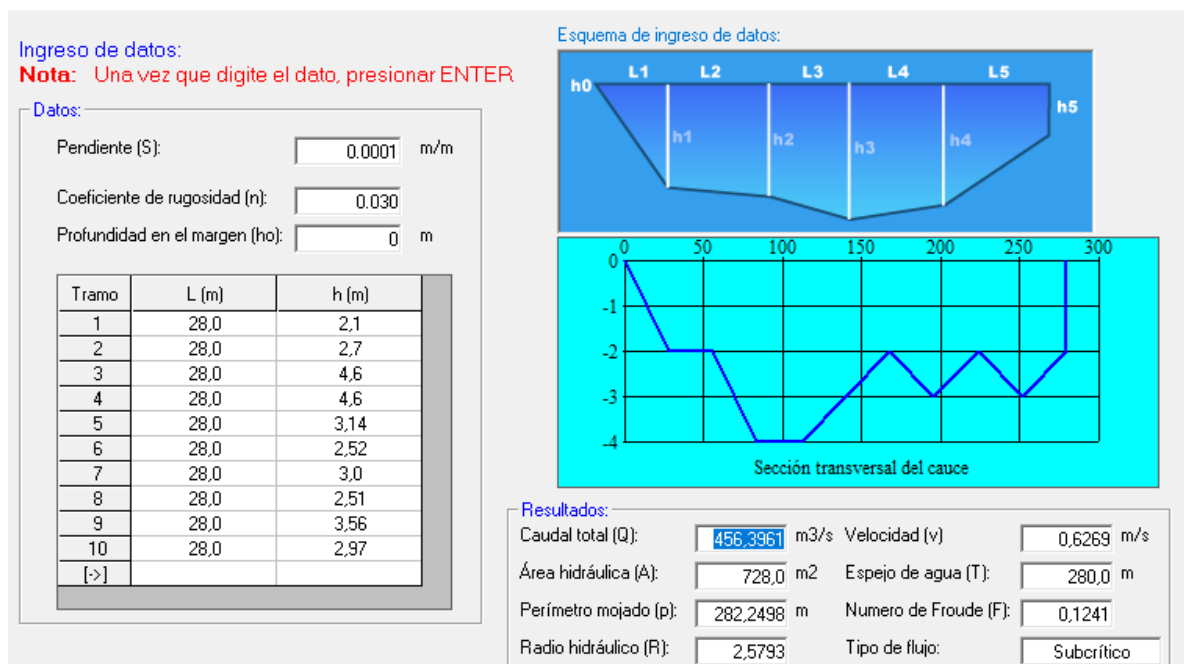
Fuente: Canales de Desviación; Ciancaglini, N. 1966, Argentina, UNESCO.

Dando como resultado $n=0.030$.

La pendiente tomamos la del cauce que en este caso es de 0,0001 m/m.

El programa nos arroja los siguientes resultados:

TABLA 5.16 - Resultados de verificación en H-canales (Fuente: E.



Propia).

Se puede ver entonces que el caudal máximo que puede pasar por la sección sin causar problemas al puente es 456,39 m³/s, es mayor al caudal de diseño que se obtuvo en el análisis del punto anterior Q_d= 350,6 m³/s.

Haciendo una media de los tirantes calculados con la cota máxima se pude saber que el tirante medio máximo es y_{max}= 3,47 m

Los datos de los tirantes se obtuvieron mediante los fondos del canal relevado y el pelo de agua utilizado para el proyecto.

También se obtuvo de manera iterativa el tirante que tendrá la sección ideal, cuando por ella pase el caudal de diseño. El mismo es de aproximadamente y=2,43 m.

5.12 VERIFICACIÓN DE ALCANTARILLAS MENORES EXISTENTES.

Como ya se expuso al principio del capítulo, el tramo de la Ruta Nacional N°12 en estudio, atraviesa tres grandes cuencas, este como en la mayoría de los casos sucede en nuestros relieves llanos, forman un parte agua de estas cuencas.

La cuenca más grande que atraviesa es la del río Santa Lucía, que fue verificada en el punto anterior su funcionamiento.

Pero, además, se relevaron la presencia de 48 alcantarillas más, la mayoría de estas funcionan como vasos comunicantes entre las depresiones que forman lagunas a los costados de la ruta, y ayuda a que el pelo de agua de estas no crezca por encima de la rasante de proyecto.

En épocas de abundantes lluvias estas lagunas se desbordan y toda el agua que cae se transforma en escurrimiento superficial sobre la cuenca fluyendo hacia la ruta con dirección Suroeste, esta orientación es la regional.

Para dicho flujo superficial ocasionado por la lluvia de diseño en épocas húmedas, existen en el tramo otras alcantarillas que sirven de desborde para las alcantarillas anteriores, que permite que el agua excedente pase de un lado al otro de la ruta sin subir su tirante y acumulándose en esas zonas de bañados o terrenos anegadizos.

Para verificar estas alcantarillas de manera aproximada, se tomarán tres casos distintos, donde en primer lugar tendremos todas las lagunas vacías, luego las lagunas con el uso de la mitad de su capacidad, y el último caso cuando las lagunas está llena y toda el agua de la cuenca busca pasar por el tramo de la ruta.

De la división de vialidad Nacional, se obtuvieron las alcantarillas por tramos, y de manera de hacer más practica esta verificación, se toma como alcantarilla tipo:

Alcantarilla Tipo O-41211 - H=1,30m - L=2,00

A partir de ello obtenemos el caudal que es capaz de pasar por dicha alcantarilla.

En cada tramo donde atraviesan las distintas cuencas hay un número de alcantarillas, para la verificación, se buscará que el total del caudal que pueda

generar cada cuenca sea menor al caudal máximo que te garantizan las alcantarillas existentes en el mismo.

Para ver las distintas cuencas vemos el siguiente esquema:



FIGURA 5.16 - Resultados de verificación en H-canales (Fuente: E. Propia).

Para mayor practicidad se separan las alcantarillas que existen para cada cuenca delimitada:

Cuenca 1:

RUTA	LATITUD	LONGITUD	KM	TIPO
12	-2.886.014.352	-5.873.466.138	871.26	1
12	-2.883.474.593	-5.872.979.915	874.06	1
12	-2.883.446.956	-5.872.974.543	874.09	1
12	-2.881.475.592	-5.872.590.906	876.23	1
12	-287.990.877	-5.872.290.887	877.93	1
12	-2.878.368.131	-5.872.435.282	879.58	1
12	-2.876.851.004	-5.872.405.558	881.21	1

Cuenca 2:

RUTA	LATITUD	LONGITUD	KM	TIPO
12	-2.871.133.406	-587.138.476	887.64	1
12	-2.868.640.678	-5.871.075.208	890.42	1
12	-2.868.507.015	-5.871.101.289	890.57	1
12	-2.867.312.958	-5.871.334.284	891.91	1
12	-2.866.306.029	-5.871.530.765	893.04	1
12	-2.865.931.775	-587.160.381	893.46	1
12	-286.562.014	-5.871.665.181	893.82	2
12	-2.864.398.751	-5.872.125.671	895.27	1
12	-2.862.949.879	-5.872.171.155	896.89	1
12	-2.862.724.794	-5.872.165.914	897.14	1
12	-28.616.173	-5.872.146.116	898.37	1

12	-2.860.005.351	-5.872.163.541	900.16	1
12	-2.858.733.534	-5.872.178.068	901.57	1
12	-2.858.679.269	-5.872.178.687	901.63	1

Cuenca 4:

RUTA	LATITUD	LONGITUD	KM	TIPO
12	-2.852.129.601	-5.871.781.511	908.95	1
12	-2.851.795.075	-5.871.781.704	909.32	1
12	-2.850.225.566	-5.871.782.913	911.06	1
12	-2.849.143.147	-5.871.782.436	912.26	1
12	-2.847.109.435	-5.871.997.895	914.53	1
12	-2.845.593.921	-5.872.142.785	915.84	1
12	-2.845.521.662	-5.872.034.766	916.65	1
12	-2.844.458.351	-5.871.921.128	917.5	2
12	-2.842.978.307	-5.871.319.023	919.26	1
12	-2.841.174.086	-5.870.705.383	920.77	1
12	-2.840.798.433	-5.870.238.041	921.92	1
12	-2.839.692.149	-5.869.689.336	923.27	1
12	-2.838.455.105	-5.869.074.883	924.78	1
12	-2.837.307.888	-5.868.505.774	926.18	1
12	-2.835.915.438	-5.867.813.506	927.88	1
12	-2.833.325.283	-5.867.856.785	931.8	1
12	-2.831.156.468	-5.868.281.679	933.37	1

Cuenca 5:

RUTA	LATITUD	LONGITUD	KM	TIPO
12	-2.829.040.985	-5.868.933.561	935.79	1
12	-2.828.367.092	-5.869.138.414	936.56	1
12	-2.827.754.264	-5.869.323.994	937.26	1
12	-2.826.406.043	-5.869.732.271	938.8	1
12	-2.825.655.374	-5.870.019.619	939.68	1
12	-2.825.646.976	-5.870.023.247	939.69	1

Entonces se realizó un cuadro resumen donde se obtienen los volúmenes de agua que cada cuenca puede acumular, y luego se le agrega la lluvia de diseño ya hallada en puntos anteriores para la verificación de la cuenca del río Santa Lucía.

Primero se realiza la verificación para épocas secas, con el almacenamiento vacío:

CUENCAS	Desde	hasta	Tramo km	AREA KM2	AREA INUNDAD	ALTURA MEDIA LAGUNA	VOLUMEN LAGUNA M3	LLUVA (mm)	VOLUMEN CAIDO M3	VOLUMEN EXCEDENTE
1	870	884	14	22,9	8,015	1	8015000	275	6297500	0
2	884	901	17	91,0	31,84727524	0,8	25477820,19	275	25022859	0
4	907	933	26	201,8	70,64587597	0,8	56516700,78	275	55507474	0
5	933	940	7	21,6	7,57507149	0,8	6060057,192	275	5951842	0

Como se puede observar en este primer caso, las cuencas tienen la capacidad de acumular toda el agua que cae sobre la misma en sus zonas deprimidas, entonces el flujo superficial excedente no existe.

Segundo caso para estaciones donde las lagunas están a medio llenar:

CUENCAS	Desde	hasta	Tramo km	AREA KM2	AREA INU	ALTURA MEDIA LAGUNA	VOLUMEN LAGUNA M3	LLUVA (mm)	VOLUMEN CAIDO M3	CAUDAL SOBRIANTE M3/S
1	870	884	14	22,9	8,015	0,5	4007500	275	6297500	8,83
2	884	901	17	91,0	31,8473	0,4	12738910,09	275	25022859	47,39
4	907	933	26	201,8	70,6459	0,4	28258350,39	275	55507474	105,13
5	933	940	7	21,6	7,57507	0,4	3030028,596	275	5951842	11,27

El tercer caso sería el análisis cuando las lagunas están completamente llenas y el agua que cae genera solamente flujo superficial que intenta cruzar la ruta:

CUENCAS	Desde	hasta	Tramo km	AREA KM2	AREA INUNDAD	ALTURA MEDIA LAGUNA	VOLUMEN LAGUNA M3	LLUVA (mm)	VOLUMEN CAIDO M3	Q EVACUAR M3/S
1	870	884	14	22,9	8,015	0	0	275	6297500	24,30
2	884	901	17	91,0	31,84727524	0	0	275	25022859	96,54
4	907	933	26	201,8	70,64587597	0	0	275	55507474	214,15
5	933	940	7	21,6	7,57507149	0	0	275	5951842	22,96

Se observa entonces que en el segundo caso y el tercer caso existen caudales de desbordes de las lagunas y zonas deprimidas de la cuenca.

Los caudales que pueden pasar por cada tramo con las alcantarillas existentes se ve en la siguiente tabla:

CUENCAS	Desde	hasta	Tramo km	N° DE ALCANTARILLAS	TIPO	SECCION	CAUDAL	CAUDAL TOTAL m3/s
1	870	884	14	8	Rectangular	2,00mx1,30m	12,72	101,76
2	884	901	17	15	Rectangular	2,00mx1,30m	12,72	190,8
4	907	933	26	18	Rectangular	2,00mx1,30m	12,72	228,96
5	933	940	7	7	Rectangular	2,00mx1,30m	12,72	89,04

Como vemos en la tabla anterior, en todos los tramos verifica el caudal calculado con una lluvia de diseño para una recurrencia de 50 años, la misma es de 275mm.

La capacidad de cada tramo según las alcantarillas existentes, en todos los casos es mayor a los caudales solicitados por las cuencas.

La mayor parte de estas alcantarillas sirven como vasos comunicantes entre las lagunas que se encuentran cerca de la ruta, haciendo que el pelo de agua de estas no suba por encima de la rasante existente.

CAPÍTULO 6 INTERSECCIONES Y ACCESOS

Las intersecciones a nivel representan puntos conflictivos desde el punto de vista del flujo vehicular. Los movimientos de los vehículos deben ser estudiados cuidadosamente para poder lograr, a través de la aplicación de las Jerarquías de control, el flujo ordenado del tránsito.

Como en el caso de este trabajo, las intersecciones se dan entre una vía de flujo continuo (Vía donde los vehículos desarrollan altas velocidades y no se esperan que frenen en la intersección) y accesos a localidades, no se espera que el NIVEL 1 (Regla Básica de paso) de la jerarquía de control se cumplan.

El Nivel 1 de las jerarquías de control establece que, en ausencia de una señal de “ALTO”, el vehículo que circula por la derecha tiene derecho de paso sobre aquel que circula por la izquierda. Es decir, que cualquier accidente ocasionado, la responsabilidad es atribuida a aquel que circula por la izquierda.

Por lo mencionado las condiciones de las intersecciones no son seguras, por lo que se recurre al Nivel 2 (Asignación directa del derecho de paso a través de la colocación de señales de CEDA EL PASO o PARE).

6.1.1 ACCESO CIUDAD SAN ROQUE KM 900,93 – RN N°12

Esta intersección pertenece al acceso de la Ciudad de San Roque, donde se puede observar que genera una intersección a 90 grados con la RN ° 12.



FIGURA 6.1 - Intersección entrada principal a San Roque (Fuente: Google Earht).



FIGURA 6.2 - Imagen de intersección (Fuente: Street view).

Según el **Manual de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (MUTCD)**, esta intersección merece la colocación de un cartel de PARE en la calle secundaria (Acceso a San Roque), según la **GARANTIA A**, que establece “una intersección entre una calle principal y una secundaria, donde los derechos de paso normales no se espera que operen con seguridad” y la **GARANTIA B**, que establece “Calles que entren a autopistas u otras calles de tránsito continuo”.

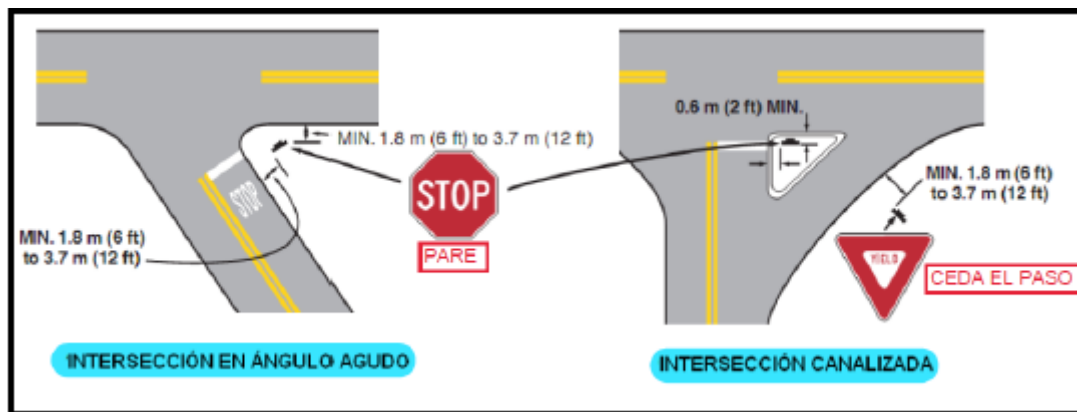


FIGURA 6.3 - Señalización en intersecciones de distinto nivel (Fuente: MUTCD).



FIGURA 6.4 - Cartelería (Fuente: MUTCD).

La colocación de esta señal de tránsito implica que los vehículos que circulan por la calle secundaria deben detener la marcha completamente cuando lleguen a la intersección.

Las intersecciones controladas por PARE no se necesitan triángulos visuales de aproximación (Según Norma de DVN) porque todos los vehículos del camino secundario, deben parar antes de entrar o cruzar el camino principal.

Procediendo a la maniobra de cruce una vez que los vehículos que circulan por la calle principal (RNN12) hayan despejado la intersección.

En cuanto a los vehículos que circulan por la Ruta Nacional N°12, sus movimientos, deben estar condicionados por cartelerías de límites de velocidad y prohibición de sobrepasos en la intersección.

A continuación, una imagen ilustrativa del camino principal y las señalizaciones correspondientes, recomendables antes de llegar a una intersección.

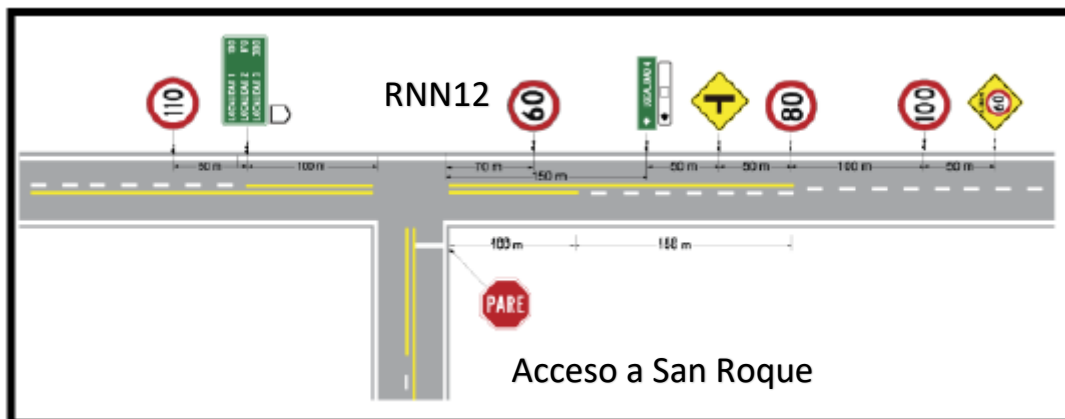


FIGURA 6.5 - Señalización intersección a 90° (Fuente: Manual de señalización Vertical DNV).

6.2 INTERSECCION RN N°12 Y RP N°19

En esta se observa una situación similar a la anterior, con la diferencia que el camino secundario puede cruzar la ruta.

La misma debe estar controlada por un cartel de **PARE** en la calle secundaria (Ruta Provincial N° 19), y aplicar las señalizaciones correspondientes en la vía principal, mencionadas anteriormente.



FIGURA 6.6 - Ruta provincial N19- cruce Ruta NN°12 (Fuente: Google earth).



FIGURA 6.7 - Ruta provincial N19- cruce Ruta NN°12 (Fuente: Street view).

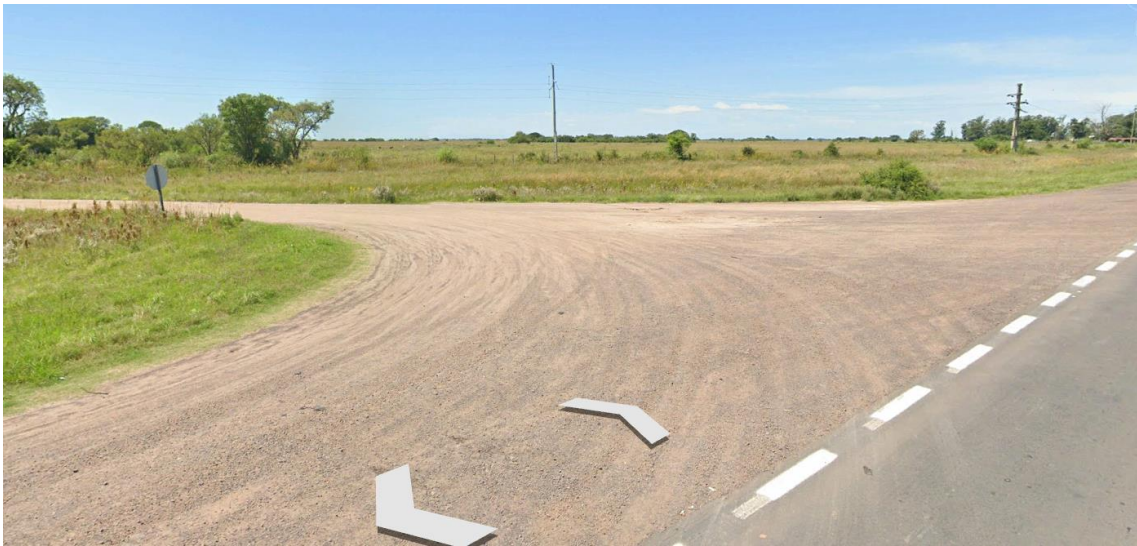


FIGURA 6.8 - Ruta provincial N19- cruce Ruta NN°12 (Fuente Street view).

6.3 ACCESO A LOCALIDAD MANTILLA KM 879,18

Este se puede observar que ya tiene un tratamiento de control de tránsito mediante un ensanche de calzada principal y las correspondientes lagrimas para separar los distintos tipos de movimientos en el camino secundario.



FIGURA 6.9 - Ingreso a Mantilla (Fuente: Google Earth).



FIGURA 6.10 - Imagen de intersección (Fuente: Street view).

Esta intersección también cumple una condición similar a la primer descrita en este capítulo.

Por lo tanto, la misma debe estar controlada también por un cartel de PARE en la calle secundaria (Acceso a Mantilla), y señalizaciones correspondientes en la vía principal (RNN 12) mencionadas anteriormente y que se muestran en el siguiente esquema:

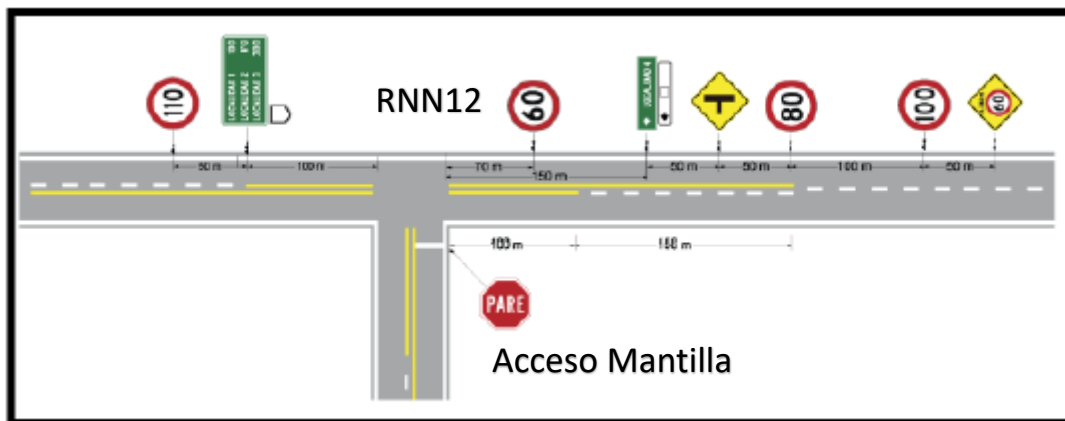


FIGURA 6.11 - Señalización intersección a 90° (Fuente: Manual de señalización vertical DNV).

CAPÍTULO 7 SEGURIDAD VIAL

7.1 INTRODUCCION

El desarrollo de una adecuada Seguridad Vial que se ajuste a nuestro anteproyecto ayudara a reducir considerablemente los siniestros viales, aquellos que se hicieron mención en el capítulo 1.5 del presente trabajo.

Para ello se recurre a realizar una solución que englobe una serie de modificaciones, obras complementarias e información suficiente capaz de asegurar correcto despliegue del tránsito.

Como anteriormente nombramos, estas soluciones son: Ensanchamiento de la calzada (de 6.70 m a 7.30 m), pavimentación de banquetas (1.80 m de ancho), que alojan motos y bicicletas, o momentáneamente vehículos de gran porte permitiendo el sobrepaso del pelotón formado detrás de los mismos y diseño de intersecciones.

Además, se complementan con señales de tránsito, tanto vertical como horizontal, iluminación de accesos, dársenas de transporte público y refugio para sus usuarios.

A lo que respecta en cuanto a la readecuación de estructura del paquete, banquetas, ensanche de calzada y diseños de intersecciones fueron tratados en capítulos anteriores.

7.2 SEÑALIZACION VERTICAL Y HORIZONTAL

Este tipo de señales ayudan al usuario a realizar un correcto desenlace por el camino, para la cual deberá tener una acertada interpretación de las señales de tránsito con un alto grado de conocimiento para la fácil interpretación que se le impone, pudiendo así efectuar la acción correspondiente según la señal.

Estas pueden ser de carácter PREVENTIVO, que establece de alguna situación fuera de lo normal en el camino. REGLAMENTARIO, que dan una orden que obligatoriamente los conductores deben cumplirla. INFORMATIVO, que orientan, informan acerca de servicios, lugares, caminos, etc.

En el CAPÍTULO ANEXOS – PLANOS, se incluyen los planos correspondientes al proyecto de señalamiento vertical y horizontal, elaborado para cumplimentar las exigencias de las obras de rehabilitación previstas.

Las formas, colores, dimensiones y emplazamientos de las distintas señales verticales y horizontales, cumplimentan la Ley Nacional de Tránsito N° 24.449, Anexo L del Decreto Reglamentario 779/95, y respetan lo indicado en el Manual de Señalamiento Vertical (s/ Resolución DNV N° 1689/17) y el Manual de Señalamiento Horizontal (s/ Resolución DNV N° 2501/2012) aprobados ambos por Vialidad Nacional.

VIALIDAD NACIONAL								Manual de Señalamiento Vertical.	
								Edición 2017.	
POR SU FORMA									
CUADRADO CON DIAGONAL EN VERTICAL			CÍRCULO			RECTÁNGULO			
									
PREVIENE			REGLAMENTA			INFORMA			
POR SU COLOR									
									
PREVIENE O ADVIERTE POTENCIAL PELIGRO	PREVIENE UN POTENCIAL PELIGRO EN ZONA DE OBRA	PROHIBE, RESTRINDE U OBLIGA	PERMITE	INFORMA INSTITUCIONAL HISTÓRICO Y DE SERVICIO	INFORMA DESTINOS O ITINERARIOS	INFORMA ANUNCIOS ESPECIALES	EDUCATIVOS		
FORMAS Y COLORES SINGULARES									
OCTÓGONO CON LEYENDA "PARE"		TRIÁNGULO EQUILÁTERO CVÉRTICE HACIA ABAJO		TRIÁNGULO EQUILÁTERO CVÉRTICE HACIA ARRIBA		RECTÁNGULO EN VERTICAL		CRUZ DE SAN ANDRÉS	
									
OBLIGA A PARAR Y A CEDER EL PASO		OBLIGA A CEDER EL PASO		ADVERTENCIA DE MÁXIMO PELIGRO		PANELES DE PREVENCIÓN		CRUCE FERROVIARIO	

FIGURA 7.1 - código de señales verticales (Fuente: Manual de Señalamiento vertical DNV).

7.2.2 Señales preventivas

Son aquellas que advierten la proximidad de una circunstancia anormal en la vía que puede resultar sorpresivo o peligroso a la circulación. Apunta a que se adopte una actitud adecuada.

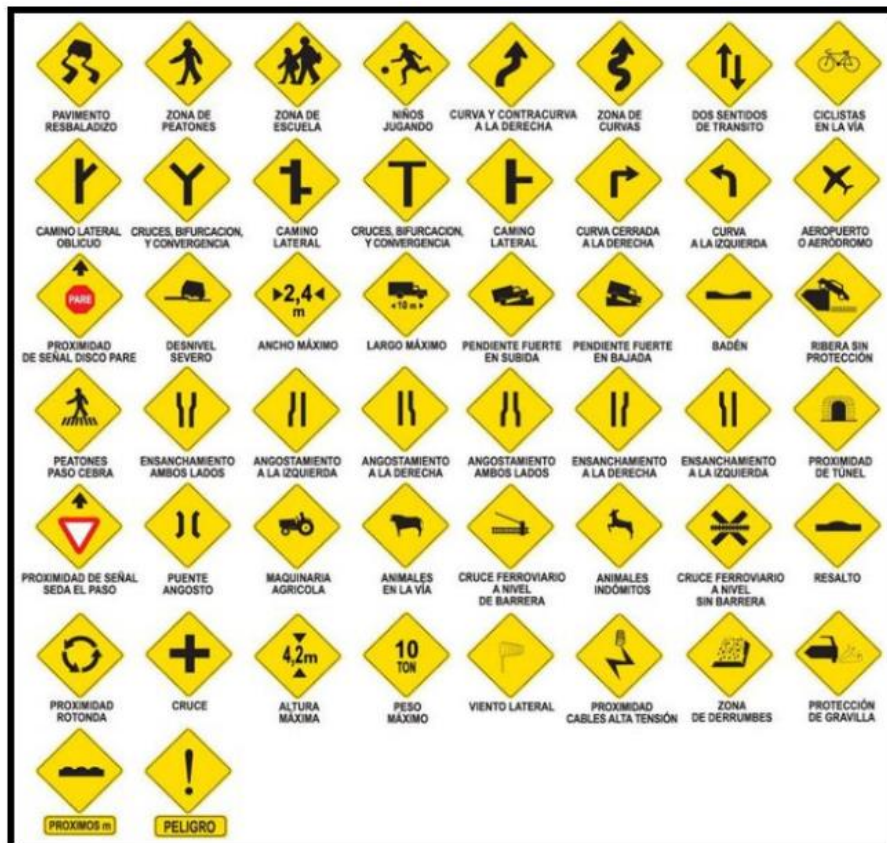


FIGURA 7.2 - Cartelería vertical señales preventivas (Fuente: <https://transito.com.ar/senales-de-transito-en-argentina/>).

7.2.3 Señales reglamentarias

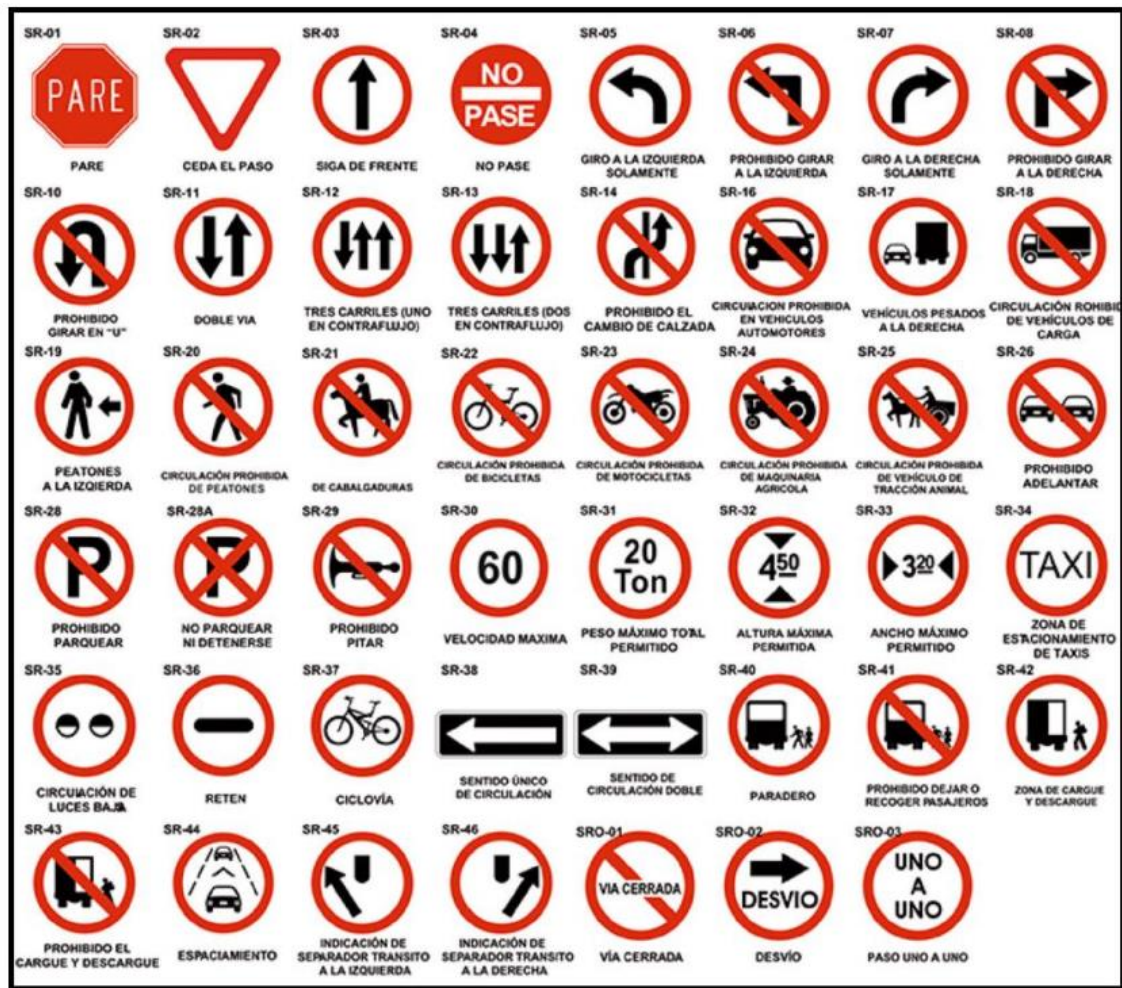


FIGURA 7.3 - Cartelería vertical señales reglamentarias (Fuente: <https://transito.com.ar/senales-de-transito-en-argentina/>).

7.3 Señales informativas

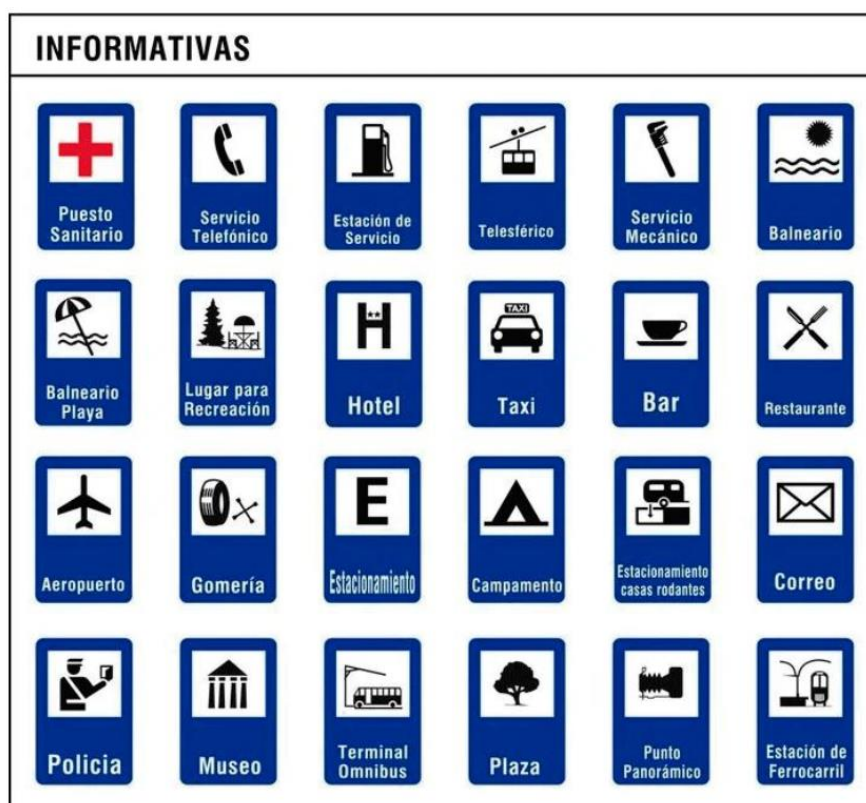


FIGURA 7.4 - Cartelería vertical señales informativas (Fuente: <https://transito.com.ar/senales-de-transito-en-argentina/>).

7.3.2 Obras de arte transversales

Para el diseño del señalamiento del eje de calzada en la zona de las obras de arte transversales, se considera el punto III.4.4 del Manual de Señalamiento Horizontal, y que el tramo presenta un TMDA mayor a 2.000 veh. /día. Según el coronamiento mantenga o no el ancho, corresponde permitir o restringir el sobrepaso en esa zona.

En cuanto al señalamiento vertical, en los inicios de la línea combinada en el eje, se implanta la señal R-6 (No adelantar), reforzando la prohibición indicada con el señalamiento horizontal en el tramo.

7.3.3 Intersecciones y accesos laterales

En cuanto a las líneas de borde y eje en los tramos con intersecciones o accesos laterales, se considera lo indicado en los puntos III.4.5 INTERSECCIONES y III-5.2. EXTENSIONES del Manual de Señalamiento Horizontal, resultando diferentes configuraciones en función de cada caso en particular. Se acompañan

con el respectivo señalamiento vertical reforzando los permisos, restricciones o prohibiciones en función de las envergaduras.

7.3.4 Líneas auxiliares para reducción de velocidad

Estas marcas transversales, y la correspondiente cartelería, se proponen en idéntica zona donde están actualmente.

7.3.5 Curvas horizontales

Se analizó la planimetría del trazado existente y se adoptó como criterio que las curvas horizontales que no necesitarían señalización serían aquellas en las cuales el radio fuera tal que el gálibo no sufriera modificaciones, es decir que la sección de bombeo fuera normal y no afectara la circulación del vehículo. Considerando la velocidad de diseño igual a 110km/h y 8% de peralte máximo (zona de llanura), dicho radio debería ser igual o superior a 7000 m. Siendo todos los radios del tramo inferiores a 7000 m, la totalidad de las curvas horizontales deben ser señalizadas en forma horizontal y vertical.

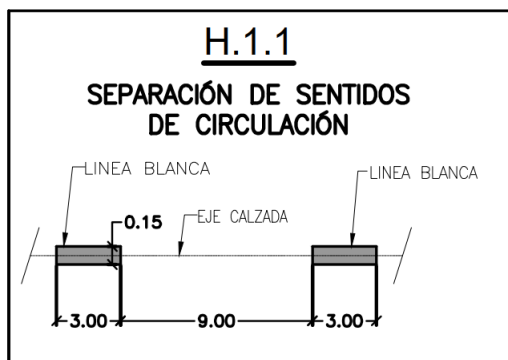
7.4 SEÑALES DEL TRAMO DE ESTUDIO

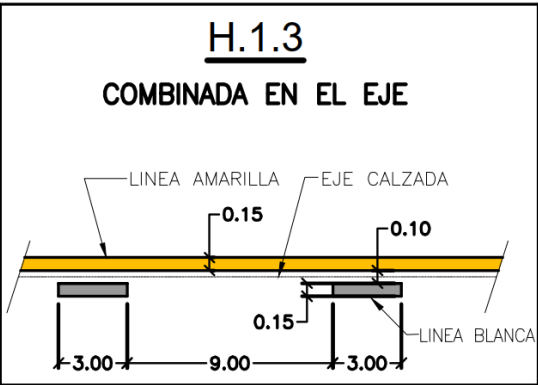
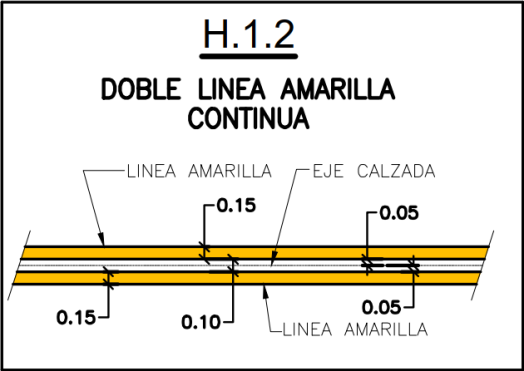
Presentadas las señales utilizadas, tanto sean horizontales o verticales y las cuales esta regidas por la DNV, a continuación, presentaremos las señales que utilizaremos en nuestro tramo de anteproyecto con sus medidas reglamentarias.

Esta información es de vital importancia para luego en uno de los últimos capítulo realizar el análisis del cómputo de nuestra obra.

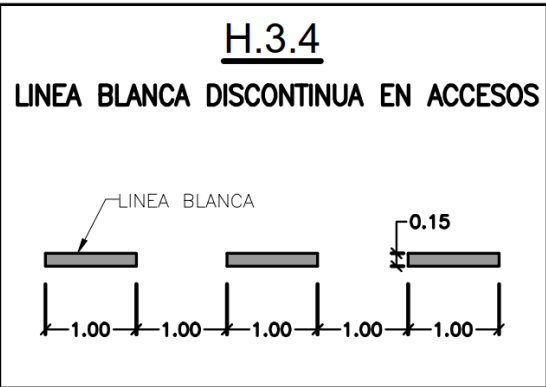
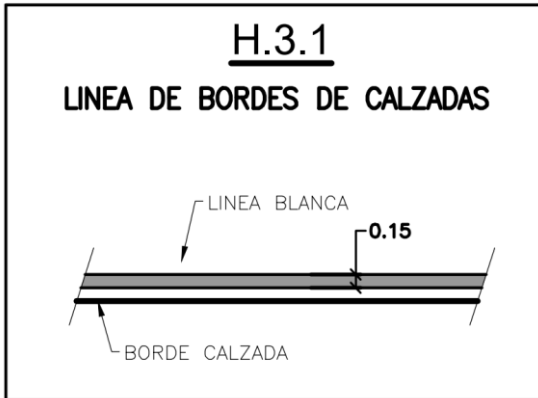
7.4.1 Líneas Longitudinales

H.1- LINEA DE EJE

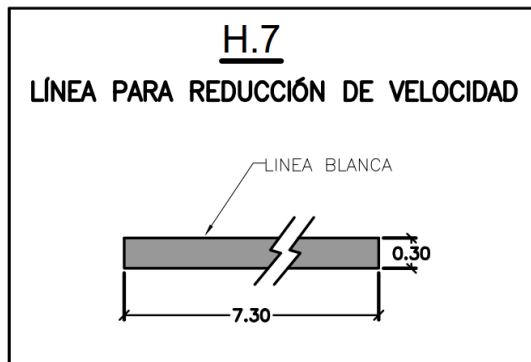




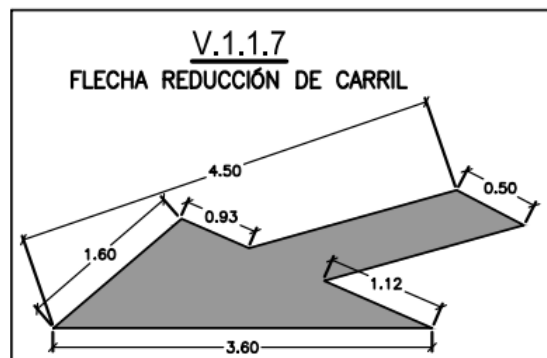
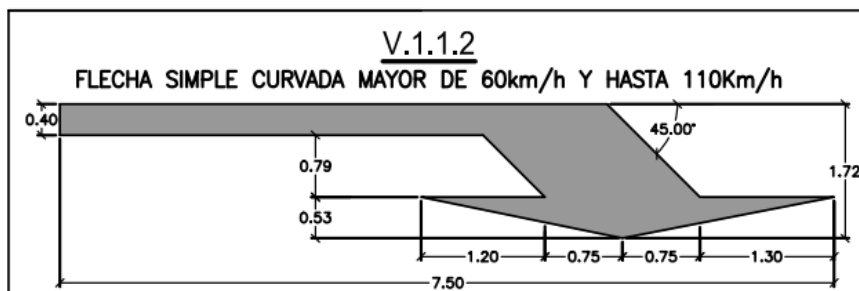
H.3- LINEA DE BORDE DE CALZADA



7.4.2 Líneas Transversal

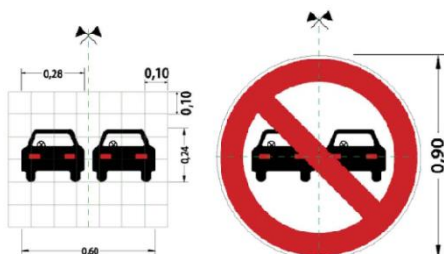


7.4.3 Marcas especiales

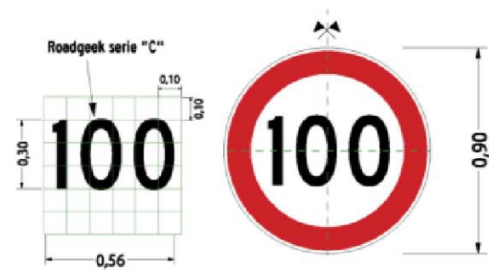


7.4.4 Señalización Vertical

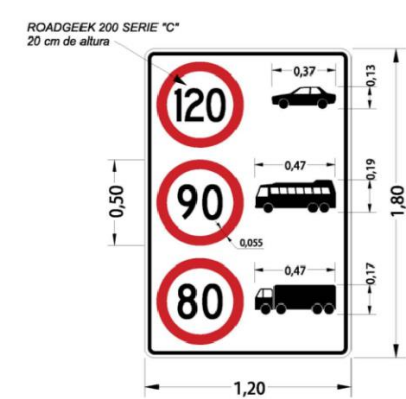
R.6 – NO ADELANTAR



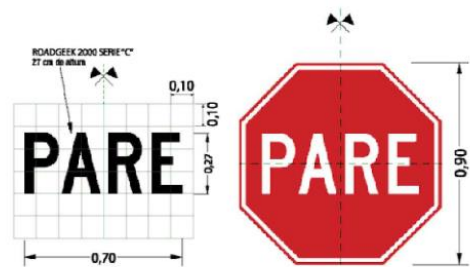
R.15 – VELOCIDAD MÁXIMA



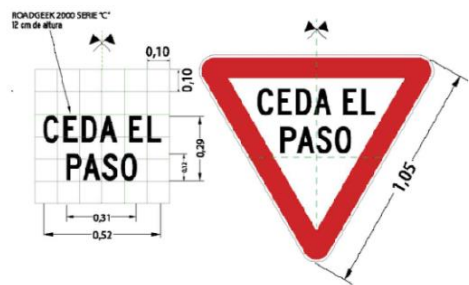
R.15 (comb) – VELOCIDADES MÁXIMAS



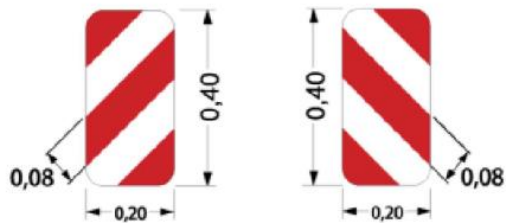
R.27 – PARE



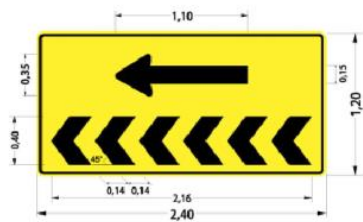
R.28 – CEDA EL PASO



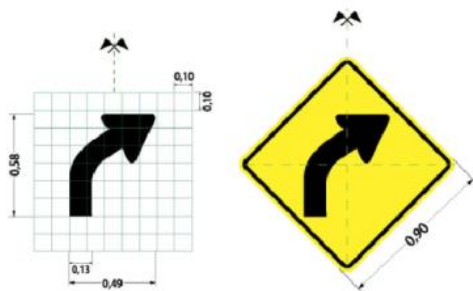
P.2 (b1) – PANELES DE PREVENCIÓN



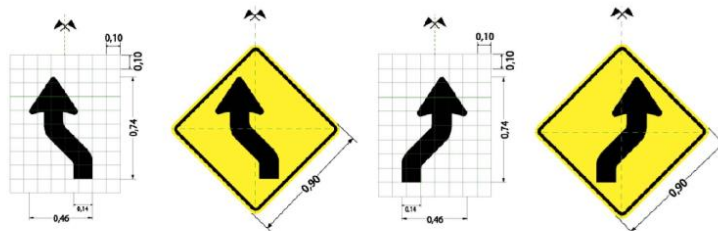
P.2 (b1) – PANELES DE PREVENCIÓN



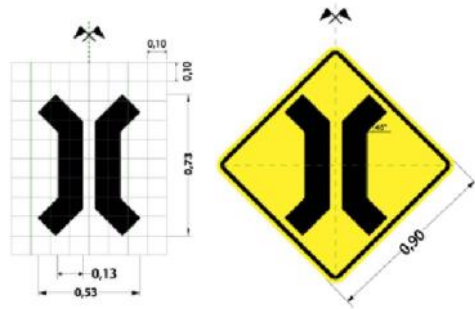
P.7 (a1) – CURVA MODERADA



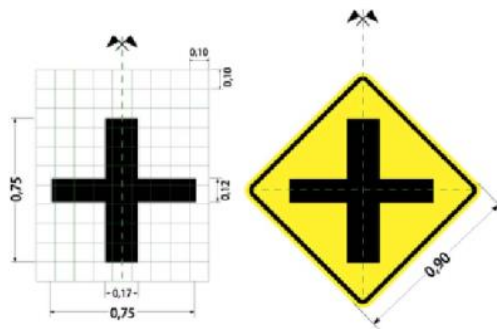
P.7 (d/e) – CURVA Y CONTACURVA (IZQUIERDA Y DERECHA)



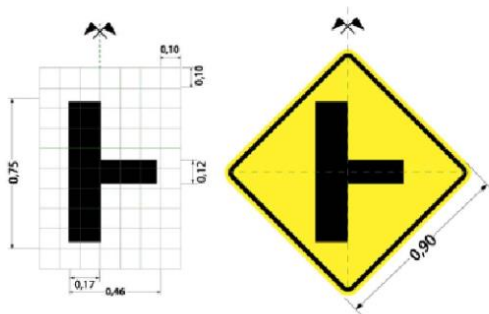
P.16 – PUENTE ANGOSTO



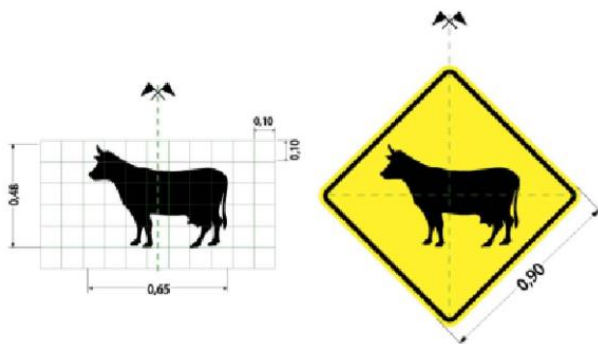
P.24 (a) – ENCRUCIJADA



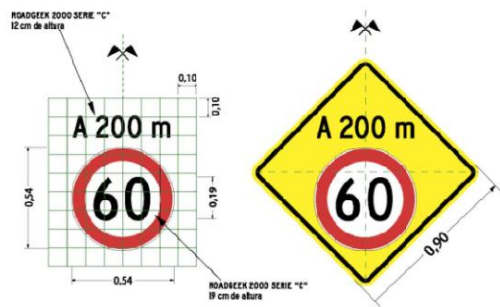
P.24 (b) – EMPALME



P.27 (a) – ANIMALES SUELTOS



P.33 (d) – PROXIMIDAD DE SEÑAL RESTRICTIVA



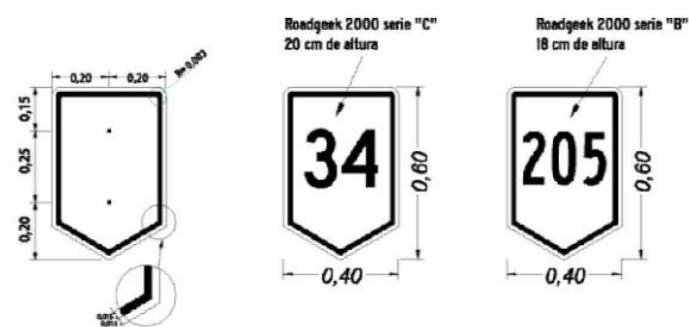
I.6 – 3 RENGLONES



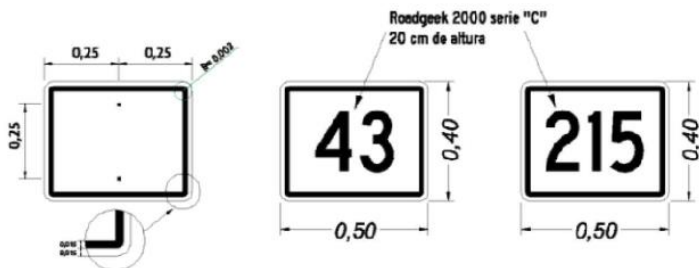
I.9 – IDENTIFICACIÓN DE ACCIDENTE GEOGRÁFICO Y JURISDICCIÓN



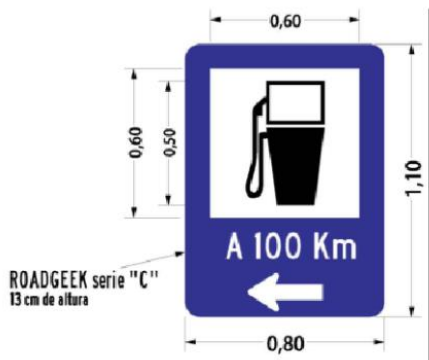
I.2 – RUTA NACIONAL



I.3 – RUTA PROVINCIAL



I.24 (e) – ESTACIÓN DE SERVICIOS



1.25 – EDUCATIVA



INFORMATIVA DE ATENCIÓN



7.5 ILUMINACION

La iluminación artificial en horarios de reducida luz natural, generan en el usuario una mayor visibilidad, seguridad y confort en aquellos tramos con intersecciones, accesos a paradas y accesos a localidades.

Este sistema lumínico debe llevarse a cabo de manera que permita al conductor una visualización adecuada posibilitando ejercer con anticipación maniobras frente al evento que se presenta, de manera segura.

Como se trabaja anteproyecto, se presenta un sistema lumínico bajo condiciones técnicas mínimas en las normativas.

7.5.1 Tipo de estructura-columna

Según Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares de DNV, se adopta columnas tubulares con costuras de distintos diámetros de acero que respeta

una altura libre mínima sobre la calzada de 12 metros y ángulo de inclinación de 10° respecto de la horizontal.

La disposición de las luminarias depende de la altura libre de las columnas (H) y el ancho de calzada a servir. Para el ancho A se tendrá en cuenta el ancho de calzada principal de 7.30 metros de ancho, y las banquetas pavimentadas de 1.80 m de ambos lados, según PETP de DNV.

$H = 12$ metros; $A = 7.30 + 2 \times 1.80 = 10.90$ m

Según la relación $A/H = 0.91 < 1$, y la siguiente tabla, se adopta una disposición UNILATERAL.

TABLA 7.1 - (Fuente: <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/calculos.html#ent>).

Disposición	Relación anchura/altura
Unilateral	≤ 1
Tresbolillo	$1 < A/H \leq 1.5$
Pareada	> 1.5

7.5.2 Separación de columnas

Para determinar la separación entre luminarias se utiliza el METODO DE LOS LUMENES O FACTOR DE UTILIZACION. Con este método se calcula la distancia de separación adecuada entre las luminarias que garantice un nivel de iluminancia medio, sabiendo que éste da valores aproximados. Consiste en un proceso iterativo, con el cual se obtienen valores, que sirven de referencia para la utilización otros métodos más precisos.

Partiendo de los datos de entrada:

TABLA 7.2 - (Fuente: NORMA IRAM- AADL J 2022-2).

Tabla 1 - Clasificación de calzadas

Clase	Carácter del tránsito	Descripción	Ejemplos
A*	MUY RÁPIDO V > 100 km/h	Calzadas de manos separadas, dos o más carriles por mano, libre de cruces a nivel, control de accesos y salidas	AUTOPISTAS
B*	RÁPIDO V ≤ 100 km/h	Calzadas para tránsito rápido, importante, sin separadores de tránsito.	TRAMOS DE RUTAS NACIONALES, PROVINCIALES
C**	SEMI -RÁPIDO V ≤ 60km/h	Calzadas de una o dos direcciones de desplazamiento, con carriles de estacionamiento o sin ellos; con intensa presencia de peatones y obstáculos.	AVENIDAS PRINCIPALES VÍAS DE ENLACE ENTRE SECTORES IMPORTANTES
D**	LENTO V ≤ 40 km/h	Calzadas con desplazamiento lento y trabado; con carriles de estacionamiento o sin ellos; con intensa presencia de peatones y obstáculos.	ARTERIAS COMERCIALES, CENTROS DE COMPRA
E**	MODERADO V ≤ 50 km/h	Acumulan y conducen el tránsito desde un barrio hacia vías de tránsito de orden superior, (clases A, B, C, D).	AVENIDAS SECUNDARIAS CALLES COLECTORAS DE TRÁNSITO
F**	LENTO V ≤ 40 km/h	Calles residenciales de una o dos manos; con tránsito exclusivamente local. Presencia de peatones y obstáculos.	CALLES RESIDENCIALES
* Sin presencia de peatones.			
** Con presencia de peatones.			

Obtenemos el tipo de vía, así sacamos la iluminación media:

TABLA 7.3 - (Fuente:<https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/calculos.html#en>).

Tipo de vía	Iluminancia media (lx)	Luminancia media (cd/m2)
A	35	2
B	35	2
C	30	1.9
D	28	1.7
E	25	1.4

Ahora debemos elegir la luminaria, la cual debe respetar las condiciones especificada en la tabla obtenida de las especificaciones de la DNV.

TABLA 7.4 - (Fuente: PETP de DNV).

Para cada luminaria propuesta	Valores límite
Vida útil de la luminaria y bloques ópticos	≥ 50.000 horas (incluidos óptica, driver y fuente luminosa con el mantenimiento del 70% del flujo inicial)
Sistema de refrigeración de la fuente de luz.	Mediante disipadores
Grado de protección grupo óptico IP	≥ 65
Grado de Protección IK	$\geq 0,8$
Índice de reproducción cromático	≥ 70
Eficiencia de la Luminaria (lm/w) El cálculo del rendimiento lumínico deberá ser realizado considerando la luminaria completa, tanto para el flujo luminoso como para el consumo (incluyendo todos los componentes: placas, driver, etc.).	≥ 70
Temperatura de Color del LED utilizado	$3800^{\circ}\text{K} \geq X \leq 4200^{\circ}\text{K}$
Flujo lumínico mínimo	≥ 17000 lm (a 530 mA)
Relación de flujo hacia el hemisferio superior	$\leq 1\%$
Tensión de alimentación eléctrica	$180 \leq V \leq 245$
Factor de potencia	≥ 0.95
Frecuencia	50-60 Hz
Garantía del producto	≥ 5 años
Montaje de la luminaria	En columna según este PET
Temperatura de funcionamiento	$-20^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$
Tecnología fotométrica de la placa LED	Multicapa
LED individual Mínimo	3,3 W
Dimensiones / Peso	Deberán ser acordes a las características constructivas de las columnas descriptas. Serán preferibles

Hecho un relevamiento de los proveedores regionales de luminarias, se sugiere:

STREET LED

300

45000LM / 72 LED CREE

ALTO RENDIMIENTO

HASTA 80% REDUCCION DE CONSUMO

5 AÑOS DE GARANTÍA

INDUSTRIA ARGENTINA

SERVICIO POST VENTA

CREE LEDs

CONTROL INALÁMBRICO

DATOS TÉCNICOS**Datos eléctricos**

Potencia nominal	300W
Flujo luminoso	45000LM
Cantidad de LEDs	72
Rendimiento lumínico	150 lm/W
Tensión de entrada	100 ~ 305 VAC
Factor de potencia	≥ 0,95
Índice de reproducción cromática (CRI)	≥ 0,70

7.5.3 Separación entre las luminarias:

Para adoptar la separación entre las luminarias, esta se obtiene a través de distintos factores que representan la exposición de la misma, como el mantenimiento, la utilización el ancho de la vía y el flujo luminoso de la misma.

Factor de mantenimiento: dependiendo de las características de la zona (contaminación, tráfico, mantenimiento...). Normalmente esto es difícil de evaluar y se recomienda tomar un valor 0.7.

TABLA 7.5 - (Fuente: <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/calculos.html#ent>).

Características de la vía	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0.75	0.80
Media	0.68	0.70
Sucia	0.65	0.68

Factor de utilización: es una medida del rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y se define como el cociente entre el flujo útil, el que llega a la calzada, y el emitido por la lámpara.

$$\eta = \frac{\theta_{util}}{\theta_L};$$

θ_{util} = flujo útil que llega a calzada.

ΘL = flujo emitido.

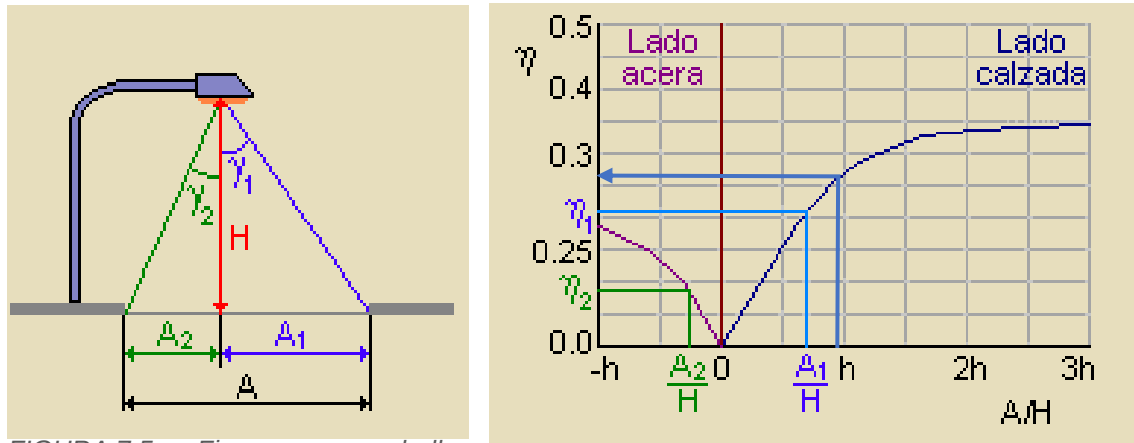


FIGURA 7.5 - Figuras para hallar

factor de utilización (Fuente <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/calculos.html#ent>).

Ayudándonos del grafico que se encuentra a la derecha, del punto 5.3.1, donde $A/H=0.91$ obtenemos $\eta= 0,2833$.

Flujo luminoso: el flujo luminoso de nuestra luminaria 45000lm.

Iluminación media sobre calzada (5.3.2): $E_m= 35\text{lux}$

Entonces la separación entre las luminarias es

$$S = \frac{\eta \times f_m \times \Theta L}{A \times E_m} = \frac{0,2833 \times 0,70 \times 45000}{10,90 \times 35} = 23,28\text{m. Adoptamos } 20\text{m de separación.}$$

Se recomienda iluminar 100 metros antes y después de cada intersección, por ende, como mínimo deberán colocarse seis (6) columnas.

7.6 DARSENA DE REFUGIO PARA TRANSPORTE PUBLICO Y PASAJEROS EN GENERAL

Las dársenas contribuyen con la seguridad, evitando posibles conflictos entre los vehículos de pasajeros que se detienen en la misma y los que, a altas velocidades, siguen su trayecto. De ésta manera se logra separarlos, dando lugar al descenso y ascenso de manera segura a los pasajeros. Los pasajeros que descienden de los vehículos y los que esperan, lo hacen al costado del camino, lo que no brinda seguridad debido al paso de vehículos a altas velocidades, ni tampoco por cuestiones climáticas (Fríos y calores extremos, lluvias, vientos, etcétera).

Las dársenas y refugios para los usuarios de transporte de larga y media distancia serán implementados en inmediaciones a las principales intersecciones y accesos a localidades.

Esto permitirá a los usuarios del transporte permanecer de manera cómoda y segura. La Norma 2010 de DNV (C8-ESPECIALES) establece que las dársenas y refugios no estén ubicados en la intersección, ni tampoco alejados de la misma, pero recomienda a no más de 50 metros de la intersección más próxima.

Las dimensiones de las dársenas a considerar se tomarán de acuerdo a lo establecido en la Norma de DNV (C8-ESPECIALES), la cual recomienda como la zona de detención una longitud de 15 metros, considerando que se aloja un ómnibus de 12 metros y ancho de la dársena 3,60 metros. La zona de abocinamiento, según Tabla 8.1 dimensiones de dársenas de ómnibus. En la práctica común, no se consideran las longitudes de aceleración y desaceleración.

TABLA 7.6 - (Fuente: Pliegos de Especificaciones Técnicas de DNV).

Velocidad Directriz km/h	Velocidad Entrada km/h	Longitud Aceleración m	Longitud Desaceleración m	Longitudes medias de abocinamiento m
50	35	60	45	45
60	45	105	70	50
70	55	200	105	60
80	65	310	45	70



FIGURA 7.6 - Medidas reglamentarias áreas de dársenas (Fuente: Pliegos de Especificaciones Técnicas de DNV).

En general, el municipio o la autoridad de tránsito local determinarán la necesidad y ubicación de los refugios de autobús. La autoridad de tránsito local determinará el diseño de la parada de ómnibus. El proyectista debe asegurarse de que el refugio no limite la distancia de visión, el flujo de peatones, la accesibilidad o movilidad.

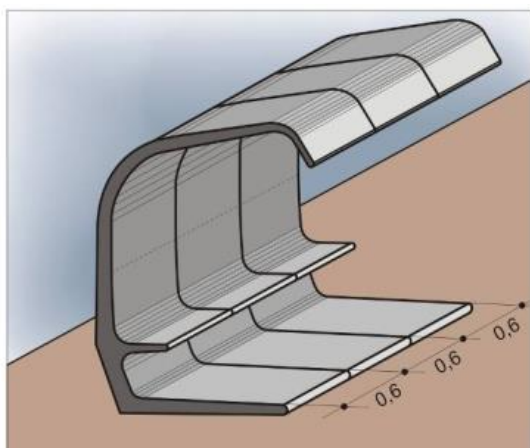


FIGURA 7.7 - Refugio modelo (Fuente: Pliegos de Especificaciones Técnicas de DNV).

Tomando como referencia las intersecciones que nombramos en el capítulo 4, son áreas de paradas de ómnibus ya sea de corta o larga distancia, transportes o zonas de espera se decidió colocar, en algunos casos renovar el refugio. Además, agregaremos uno (1) más en la ciudad de San Roque debido a que en ambas direcciones provienen constantemente trasportes, así mismo, contaremos con cuatro (4) zonas de refugios incluidos dársenas de estacionamiento.

CAPÍTULO 8 COMPUTO Y PRESUPUESTO

Teniendo en cuenta el análisis técnico y las soluciones adoptadas en nuestro anteproyecto de repavimentación y banquina pavimentada, además, de otras construcciones mencionadas en los capítulos anteriores que complementan y forman parte de una solución óptima y eficaz a esta problemática presentada.

Para la elaboración del cómputo y presupuesto se desglosa los trabajos de la obra por rubros seguido de la conformación de sus ítems respectivos siguiendo el orden lógico de materialización, y teniendo en cuenta el costo de los equipos,

materiales, mano de obra y transporte. Así también se estima un plan de trabajo y una curva de inversiones. Vale aclarar que los montos que se manejan son en costo-costo.

RUTA NACIONAL N° 12						
TRAMO: TRAMO KM 871 AL KM 940						
OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.						
PRESUPUESTO						
ITEM N°	DESIGNACION DE LAS OBRAS	Unid.	CANTIDAD	IMPORTE DE LAS OBRAS		INC.
				PRECIO UNITARIO	TOTAL	
1	MOVIMIENTO DE SUELO				\$ 3,362,494,480.82	6.05%
1.1	Excavación P/Apertura de Caja P/Ensache (Incluye preparación de Subrasante).	m3	108,760.24	\$ 6,288.75	\$ 683,965,959.30	
1.2	Suelo seleccionado e=15cm - Banquina y darsenas.	m3	50,566.16	\$ 7,682.86	\$ 388,492,728.02	
1.3	Estabilizado granular e=20cm - Banquina y darsenas.	m3	53,994.36	\$ 42,412.50	\$ 2,290,035,793.50	
2	PREPARACION DE CALZADA				\$ 957,112,074.36	1.72%
2.1	Sellado tipo puente grietas y fisuras.	ml	10,733.42	\$ 2,029.02	\$ 21,778,323.85	
2.2	Bacheo superficial de calzada con mezcla bituminosa, incluido riego liga (10 cm de espesor).	m3	346.59	\$ 444,096.81	\$ 153,919,513.38	
2.3	Bacheo profundo calzada con mezcla arena cemento espesor variable, incluido riego liga.	m3	68.95	\$ 66,168.76	\$ 4,562,336.00	
2.4	Bacheo profundo calzada mezcla bituminosa espesor variable, incluido riego liga.	m3	59.01	\$ 444,096.81	\$ 26,206,152.76	
2.5	Texturizado para corrección de deformaciones en 0,020 m. de espesor promedio.	m2	272,415.27	\$ 2,732.62	\$ 744,407,415.11	
2.6	Fresado de pavimento asfáltico, en 0,050 m de espesor promedio sector tablero puente.	m2	2,218.50	\$ 2,811.96	\$ 6,238,333.26	
3	PAVIMENTO ASFALTICO				\$ 46,590,903,934.10	83.79%
3.1	Mezcla asfáltica con polímeros calzada existente, incluido riego de liga.	m2	514,667.52	\$ 30,081.44	\$ 15,481,940,122.83	
3.2	Mezcla asfáltica con polímeros banquina existente, incluido riego de liga.	m2	4,406.40	\$ 29,788.58	\$ 131,260,398.91	
3.3	Mezcla asfáltica con polímeros banquina nueva, incluido riego de liga.	m2	248,227.20	\$ 29,053.31	\$ 7,211,821,792.03	
3.4	Mezcla asfáltica con polímeros darsena, incluido riego de liga.	m2	767,613.24	\$ 30,960.75	\$ 23,765,881,620.33	
4	RECONSTRUCCION JUNTAS PUENTE				\$ 40,781,824.11	0.07%
4.1	Reconstruccion juntas simples - RN 12 Km 903,350 - Puente s/Río Sta. Lucia.	ml	91.80	\$ 444,246.45	\$ 40,781,824.11	
5	OBRAS VARIAS				\$ 1,324,612,419.09	2.38%
5.1	Baranda metálica cincada para defensa.	ml	16,001.76	\$ 77,531.28	\$ 1,240,636,935.05	
5.2	Iluminacion.	Un	1.00	\$ 57,545,881.20	\$ 57,545,881.20	
5.3	Refugios darsenas.	Un	4.00	\$ 6,607,400.71	\$ 26,429,602.84	
6	SEÑALIZACION				\$ 682,879,473.56	1.23%
6.1	Señalización vertical.	m2	281.99	\$ 478,180.07	\$ 134,841,997.94	
6.2	Demarcación horizontal termoplástica.					
6.2.1	Por pulverización, a1) en color blanco.	m2	19,997.28	\$ 21,062.72	\$ 421,197,109.40	
6.2.2	Por pulverización, a2) en color amarillo.	m2	5,012.91	\$ 23,623.11	\$ 118,420,524.35	
6.2.3	Por extrusión, b1) en color blanco.	m2	274.37	\$ 30,687.91	\$ 8,419,841.87	
7	MOVILIZACION DE OBRA				\$ 2,647,939,210.30	4.76%
7.1	Movilización	Gl	1.00	\$ 2,647,939,210.30	\$ 2,647,939,210.30	
TOTAL					55,606,723,416.3	100.0%

FIGURA 8.1 - Cómputo y Presupuesto (Fuente: Elaboración propia).

RUTA NACIONAL N° 12
TRAMO: TRAMO KM 871 AL KM 940
OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

PLAN DE TRABAJO Y CURVA

ITEM N°	DESIGNACION DE LAS OBRAS		INC.	1	2	3	4	5
1	MOVIMIENTO DE SUELO	\$ 3,362,494,480.82	6.05%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
2	PREPARACION DE CALZADA	\$ 957,112,074.36	1.72%	5.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
3	PAVIMENTO ASFALTICO	\$ 46,590,903,934.10	83.79%				5.00%	15.00%
4	RECONSTRUCCION JUNTAS PUENTE	\$ 40,781,824.11	0.07%					
5	OBRAS VARIAS	\$ 1,324,612,419.09	2.38%					
6	SEÑALIZACION	\$ 682,879,473.56	1.23%					
7	MOVILIZACION DE OBRA	\$ 2,647,939,210.30	4.76%	6.25%	6.25%	6.25%	6.25%	6.25%
TOTAL		\$ 55,606,723,416.00	100.0%					

AVANCE MENSUAL \$	\$ 717,725,976.00	\$ 813,437,184.00	\$ 813,437,184.00	\$ 3,142,982,381.00	\$ 7,802,072,774.00
AVANCE ACUMULADO \$	\$ 717,725,976.00	\$ 1,531,163,160.00	\$ 2,344,600,344.00	\$ 5,487,582,725.00	\$ 13,289,655,499.00
AVANCE MENSUAL %	1.29%	1.46%	1.46%	5.65%	14.03%
AVANCE ACUMULADO %	1.29%	2.75%	4.21%	9.86%	23.89%

FIGURA 8.2 - Plan de trabajos (Fuente: Elaboración propia).

MES										
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
15.00%	10.00%									
15.00%	20.00%									
15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	20.00%						
			100.00%							
						40.00%	40.00%	20.00%		
				25.00%	25.00%	25.00%	25.00%			
6.25%	6.25%	6.25%	6.25%	6.25%	6.25%	6.25%	6.25%	6.25%	6.25%	6.25%

\$ 7,802,072,774.00	\$ 7,681,803,654.00	\$ 7,154,131,791.00	\$ 7,194,913,615.00	\$ 9,654,396,856.00	\$ 336,216,069.00	\$ 866,061,037.00	\$ 866,061,037.00	\$ 430,418,684.00	\$ 165,496,201.00	\$ 165,496,201.00
\$ 21,091,728,273.00	\$ 28,773,531,927.00	\$ 35,927,663,718.00	\$ 43,122,577,333.00	\$ 52,776,974,189.00	\$ 53,113,190,258.00	\$ 53,979,251,295.00	\$ 54,845,312,332.00	\$ 55,275,731,016.00	\$ 55,441,227,217.00	\$ 55,606,723,419.00
14.03%	13.81%	12.87%	12.94%	17.38%	0.60%	1.56%	1.56%	0.77%	0.30%	0.30%
37.92%	51.73%	64.60%	77.54%	94.90%	95.50%	97.06%	98.62%	99.30%	99.69%	100.0%

FIGURA 8.3 - Continuación Plan de trabajos (Fuente: Elaboración propia).

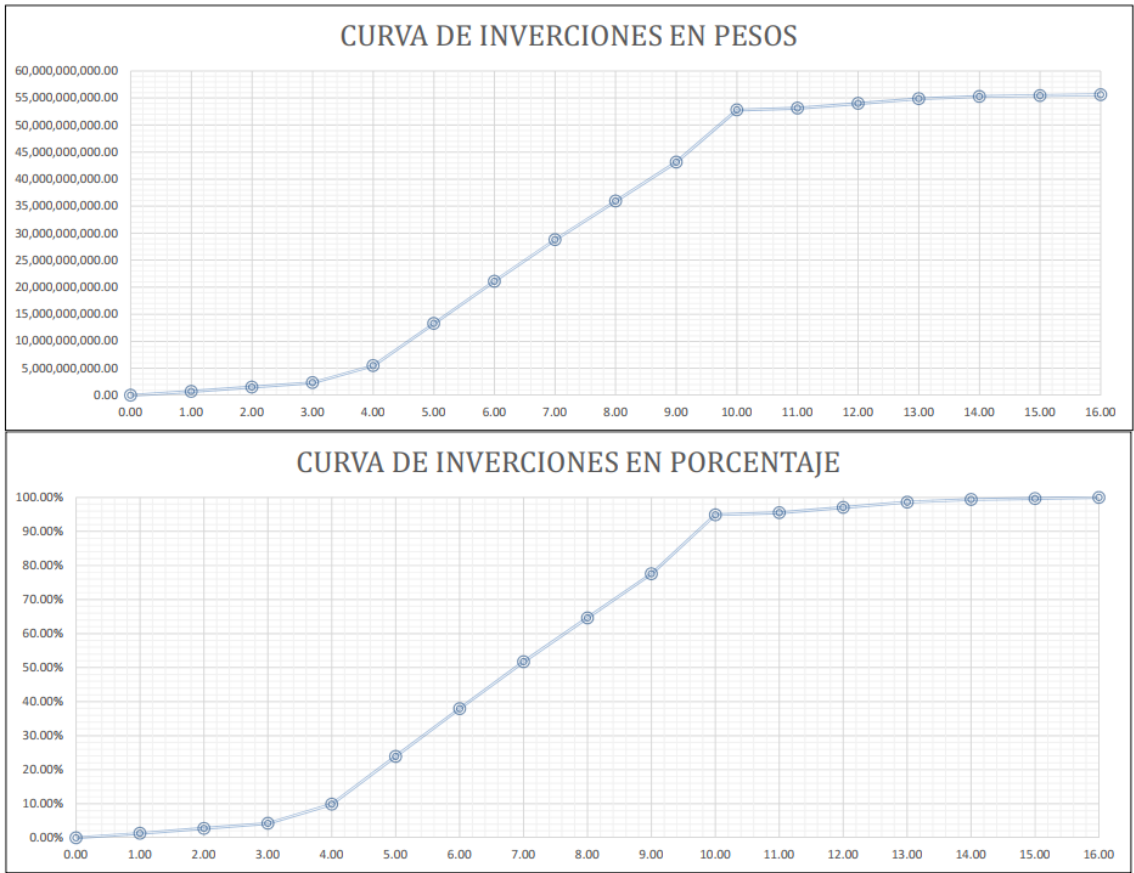


FIGURA 8.4 - Curva de inversiones en pesos y curva de inversiones en porcentaje (Fuente: Elaboración propia).

CAPÍTULO 9 MANEJO AMBIENTAL Y

RECOMENDACIONES

9.1 MANEJO AMBIENTAL

9.1.1 Obradores

Los sitios de emplazamiento del obrador u campamentos se seleccionarán de modo tal que no signifique una modificación de magnitud en la dinámica socioeconómica de la zona, evitando su instalación en las cercanías de centros poblados, debiendo estar en concordancia con lo establecido en el Programa de Control de la Contaminación y en el Programa de Protección del Patrimonio Natural. Además, se consideran las siguientes cuestiones para su ubicación y funcionamiento:

- a) Se evitará ubicarlos en áreas ambientales sensibles.
- b) Se emplazarán de forma tal que no modifique substancialmente la visibilidad ni signifique una intrusión visual importante en el paisaje local.
- c) De ubicarse el obrador en sectores anteriormente ocupados por instalaciones similares, se deberá realizar y presentar la declaración de pasivo ambiental.
- d) En la construcción de los obradores se evitará la realización de cortes y relleno del terreno, remoción de vegetación autóctona, del suelo y se preservarán árboles de gran tamaño o de valor genético, paisajístico, cultural o histórico.
- e) Se evitará situarlo en las adyacencias de las plantas asfálticas o de trituración, en zona de recarga de acuíferos, en zona que presente conflicto con el uso que le proporciona la comunidad local, aguas arriba de las fuentes de abastecimiento de agua a núcleos poblados, por los riesgos de contaminación que esto podría implicar.
- f) El obrador deberá estar sectorizado, definiéndose aquellos destinados al personal (sanitarios, dormitorios, comedor), a tareas técnicas (oficina, laboratorio) y a los vinculados con vehículos y maquinarias (zona de guarda, reparaciones, lavado, engrase, etc.).
- g) El sector del obrador en el que se realicen tareas de reparación y mantenimiento de vehículos y maquinaria deberá ser acondicionado, de modo tal, que los vuelcos involuntarios de combustibles y lubricantes y la limpieza y/o su reparación no implique modificar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, así como producir

contaminación del suelo circundante. Se deberán arbitrar las medidas que permitan la recolección de aceites y lubricantes para su posterior traslado a sitios autorizados.

h) Para los materiales o elementos contaminantes (e.j. combustibles, lubricantes, aguas servidas no tratadas), se deberá seguir la normativa de Protección de las Aguas.

i) En lo posible los campamentos serán prefabricados.

j) Todos los obradores deberán contar con las instalaciones sanitarias adecuadas, incluyendo la evacuación de los líquidos cloacales (cámara séptica, pozo absorbente, sanitarios químicos, etc.) evitando de esa manera la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Se deberá observar lo establecido en las Normas y Reglamentos sanitarios vigentes.

k) No se arrojarán residuos sólidos de los campamentos a cuerpos de agua o en las inmediaciones de ellos. Se depositarán en contenedores apropiados para su traslado periódico a un relleno sanitario o destino autorizado por la autoridad pertinente competente.

l) La Contratista deberá cumplir con toda la normativa correspondiente al transporte, almacenamiento y manejo de sustancias inflamables y combustibles y contendrán equipos de extinción de incendios.

m) Los obradores deberán cumplir con la normativa sobre seguridad e higiene laboral, incluyendo los correspondientes equipos de primeros auxilios.

n) Se deberá señalizar adecuadamente su acceso, teniendo en cuenta el movimiento de vehículos y peatones.

o) Finalizada la obra, se deberá desmontar el obrador y se restituirá el suelo de la zona afectada a su estado anterior sin dejar pasivos ambientales.

p) Con anterioridad a la emisión del acta provisoria de recepción de la obra se deberá recuperar ambientalmente y restaurar la zona ocupada a su estado preoperacional. Esta recuperación debe contar con la aprobación de la Inspección de Obra.

q) En el momento que esté previsto dismantelar el obrador, se deberá considerar la posibilidad de donar sus instalaciones a la comunidad local, quien deberá documentar adecuadamente la solicitud y destino de los materiales.

r) La Contratista cumplirá con la legislación vigente respecto a residuos peligrosos, documentar el tipo de residuos peligrosos generados y los circuitos utilizados para su eliminación y/o envío para su tratamiento (manifiestos de los residuos transportados, copia de los certificados ambientales de las empresas transportistas y de tratamiento o

disposición final), siguiendo lo establecido en el Programa de Manejo Ambiental de Residuos.

9.1.2 Planta asfáltica y planta fija de mezcla

Las instalaciones de plantas necesarias para la ejecución de este tipo de obra deberán asegurar una reducida emisión de ruido, humos, gases, residuos y particulados. Las características técnicas de la planta a instalarse aseguran una mínima emisión de contaminantes.

Los sitios de emplazamiento de las Plantas Asfálticas y Plantas Fijas de mezcla se seleccionarán de modo tal que no signifique una modificación de magnitud en la dinámica socioeconómica de la zona, evitando su instalación en las cercanías de centros poblados, debiendo estar en concordancia con lo establecido en el Programa de Control de la Contaminación y en el Programa de Protección del Patrimonio Natural.

Teniendo en cuenta que la elaboración de mezclas asfálticas, cuya producción implica la combinación de agregados secos en calientes mezclados con cemento asfáltico, puede originar un deterioro de la calidad del aire por emisión de partículas y humos, como así también la contaminación de suelos y aguas originada por derrames no controlados. Se deberán considerar los siguientes puntos:

- a) La planta asfáltica estará ubicada de manera tal que no modifica substancialmente la calidad visual del área ni significa una intrusión visual importante. La misma tiene incorporado un sistema de control para para la captación de finos.
- b) La planta se orienta de forma tal que los gases no afecten las zonas pobladas, para lo cual se ha tenido en cuenta la orientación de los vientos predominantes. La polución se controlará mediante el uso de colectores de polvo.
- c) Para su localización e instalación se deberán seguir las normativas enumeradas en Campamento/Obrador, en lo atinente a: sectores poblados, escuelas, hospitales, centros de comercialización, fabricación, distribución o depósito de sustancias peligrosas; dificultades en el acceso, visibilidad e intrusión visual; cursos de agua, humedales, recarga de acuíferos, fuentes de abastecimiento de agua; cortes de terreno, rellenos y remoción de vegetación y preservación de árboles. Asimismo, se prestará particular atención a la dirección de los vientos predominantes y a la dirección y sentido del escurrimiento superficial del agua, a fin de evitar potenciales afectaciones al medio (e.g. suelos, aguas, poblados, cultivos, fauna).

- d) La prueba del funcionamiento de los equipos empleados como los picos del camión regador, serán realizados en los sitios propuestos por el Responsable Ambiental y aprobados por la supervisión, con el fin de no contaminar cursos de agua o producir deterioros en la vegetación existente y respetando las Zonas de Restricción.
- e) El acceso a la planta estará señalizado de tal forma que se minimicen los riesgos de accidentes al momento del ingreso o salida de vehículos.
- f) Los pastones de prueba y todo material de desecho de las plantas, será trasladado hasta un vertedero adecuado. Los restos de hormigón podrán ser trasladados hasta un vertedero municipal o escombreras de acuerdo a convenio previo y con certificación de disposición final, o ser reciclados dentro de la zona de obra. Los pastones de prueba se podrán utilizar para delimitar estacionamientos en la zona de obrador.
- g) A los fines de localizar adecuadamente la planta, se llevará a cabo el correspondiente estudio en el que se deberán considerar pautas tales como el escurrimiento superficial del agua, dirección predominante del viento, proximidad de mano de obra, etc. Asimismo, se evitará que se genere una intrusión visual significativa, ni una fuente potencial de accidentes por causa del ingreso/egreso de vehículos.
- h) Si por acción de los vientos se produce un excesivo movimiento de material del acopio que afecte núcleos poblados de cualquier magnitud o emprendimientos de cualquier tipo, se mitigará mediante el uso de postes y lona la delimitación de dicho sector.
- i) La planta no deberá localizarse en las cercanías de centros poblados, guardándose como mínimo una distancia de 3 km del límite externo de los mismos. En el caso, debidamente fundamentado, de no disponerse de energía eléctrica en las cercanías, el contratista asegurará la instalación de una planta con tecnología apropiada que evite la afectación de los componentes abiótico, biótico y antrópico del ambiente y presentará para su autorización y aprobación por parte de la Inspección y la Unidad Ambiental, un Plan de Manejo Ambiental específico con medidas preventivas y de mitigación de impactos.
- j) Los sectores donde se implantarán los tanques y bomba de asfalto y tanques de combustible, deberán ser preparados convenientemente a fin de evitar que, de producirse derrames, se contaminen el suelo y los recursos hídricos.
- k) Aquellas plantas que utilicen para la recuperación de finos vía húmeda, deberán disponer de un área de decantación impermeable que evite el contacto de los finos con el recurso suelo y eventualmente las aguas superficiales.

l) Deberá asegurarse una reducida emisión de ruido, humos, gases y residuos o partículas y se evitará la caída de material de la cinta transportadora, mediante la solución que corresponda a cada caso.

m) Se documentará el tipo de residuos peligrosos generados y los circuitos utilizados para su eliminación y/o envío para su tratamiento (manifiestos de los residuos transportados, copia de los certificados ambientales de las empresas transportistas y de tratamiento o disposición final) dando cumplimiento en todos los casos a la normativa vigente.

n) En el ingreso de los áridos a la planta se deberá cuidar que lo hagan lo suficientemente limpios a fin de evitar la movilización de partículas perjudiciales al medio en el que se sitúa la planta.

o) Se deberán usar, donde sea técnicamente factible, quemadores a gas. En el caso de utilizar quemadores de petróleo, el combustible utilizado deberá ser de calidad apropiada a los fines de disminuir la contaminación atmosférica.

p) Una vez retirada la planta del lugar de emplazamiento se deberá restituir el terreno utilizado a su estado preoperacional.

q) De ser adecuado técnicamente, se procederá al reciclado de materiales del pavimento, evitando así una mayor extracción de agregados y su transporte.

9.1.3 Restauración de las áreas utilizadas en la obra

Una vez finalizadas las obras, la se procederá a restablecer las condiciones ambientales preexistentes. Se presentará oportunamente un cronograma de limpieza, remoción de residuos y estructuras.

Las tareas mínimas:

- La limpieza del sitio de obras, la restauración de las superficies, siguiendo lo establecido en el Programa de Control de la Contaminación y en el Programa de Protección del Patrimonio Natural.
- La limpieza y remoción de los desechos sólidos y líquidos remanentes, siguiendo lo establecido en el Programa de Manejo de Residuos.
- La restauración de todos los elementos dañados, siguiendo lo establecido en el Programa de Control de la Contaminación y en el Programa de Protección del Patrimonio Natural.
- El relleno, nivelación y acondicionamiento de las áreas perturbadas, siguiendo lo establecido en el Programa de Control de la Contaminación y en el Programa de Protección del Patrimonio Natural.

- El tratamiento de las áreas destinadas a préstamos para yacimientos y depósitos temporales se adecuará al uso potencial futuro de las mismas.
- Una vez concluidas las obras, las instalaciones provisionales serán retiradas y el área de emplazamiento será revegetada y restaurada paisajísticamente a satisfacción de la Inspección Ambiental, y siguiendo las pautas del Subprograma de Protección de la Flora y la Vegetación.

9.1.4 Manejo de residuos

La gestión integral de residuos es el conjunto de operaciones que tienen por objeto dar destino y tratamiento adecuado a los residuos generados en una zona, de manera ambientalmente sustentable, técnica y económicamente factible, y socialmente aceptable. El objetivo es establecer la metodología para la manipulación y disposición de los residuos sólidos, semisólidos y líquidos generados por el proyecto. Se tenderá a minimizar cualquier potencial impacto adverso sobre el medio ambiente, originado por la generación, manipulación y disposición final de los residuos generados. Se pretende lograr un adecuado manejo de dichos residuos, con los siguientes lineamientos:

- Identificar las zonas de generación de residuos.
- Minimizar la generación de residuos.
- Clasificar los residuos.
- Seleccionar las alternativas apropiadas para su tratamiento y/o disposición final.
- Documentar todos los aspectos del proceso de manejo de residuos.
- Cumplir con lo dispuesto en la legislación vigente aplicable.

Se implementará en los obradores y frentes de trabajo una adecuada gestión de los residuos sólidos, semisólidos y líquidos generados por las distintas actividades de la ejecución de la obra. Se realizará la caracterización de los residuos con el objeto de establecer su correcto almacenamiento transitorio, transporte, tratamiento y disposición final acorde a la normativa ambiental vigente.

Los objetivos y metas de una adecuada gestión de todos los residuos posibilitan, disminuir y minimizar la generación de residuos en general y de residuos especiales/peligrosos en particular; un adecuado acondicionamiento y almacenamiento transitorio de los residuos en la obra, garantizando su transporte para tratamiento y disposición adecuado.

En cuanto a la protección ambiental, posibilitará implementar técnicas simples de prevención de la contaminación y garantizar el control del consumo de recursos dando cumplimiento al marco legal ambiental, generar un aporte en la conciencia ambiental de los trabajadores, una reducción en la generación de residuos especiales/peligrosos

locales, ahorros de transporte y tratamiento de residuos por minimización; ahorros en el pago de tasas ambientales, ahorros en auditorías de seguimiento, informes de control y registros ambientales; ahorro por reducción de contingencias y en consecuencias de penalidades ambientales.

Gestión adecuada de los residuos peligrosos:

- Disminuir y minimizar la generación de residuos en general y de residuos especiales/peligrosos en particular.
- Adecuado acondicionamiento y almacenamiento transitorio en obra
- Garantizar su transporte para tratamiento y disposición.

Economía de obra:

- Posibilita generar economía de obra y reducir la emisión de residuos Especiales/Peligrosos.
- Se logra implementando técnicas simples de prevención de la contaminación y garantizan reducir el consumo de recursos y reducir el riesgo de contaminación por residuos, dando cumplimiento al marco legal ambiental.

Estas prácticas hacen su aporte sobre:

- Generación de conciencia ambiental.
- Reducción en la generación de residuos peligrosos local y en el ambiente en general.
- Ahorros de transporte y tratamiento de residuos por minimización.
- Ahorro en el pago de tasa ambiental anual.
- Ahorros de auditorías de seguimiento, informes de control y registros.
- Ahorro de espacio ante un adecuado almacenamiento transitorio de residuos.
- Reducción de contingencias y en consecuencias de penalidades ambientales.

El programa de manejo de residuos ha sido dividido en cuatro componentes para su aplicación:

1) Manejo de Residuos sólidos de tipo urbano y asimilable:

- Obradores, campamentos, puestos, viviendas, oficinas
- Limpieza de cunetas, alcantarillas, cauces
- Limpieza periódica de zonas de descanso

2) Manejo de residuos de desmalezado (Residuos verdes):

- Poda de árboles.
- Eliminación de arbustos, malezas y renovables (por medios mecánicos) y otras tareas de mantenimiento de áreas verdes en la zona de camino.
- Materiales no recuperables de la extracción de árboles.

3) Manejo de residuos propios de la actividad (Desechos provenientes de la operación de acondicionamiento de superficies, excavación, construcción y demolición):

- Fresado de crestas
- Bacheo
- Revestimiento de cunetas
- Construcción u readecuación de alcantarillas
- Construcción de desvíos provisorios
- Eventual construcción de vivienda para el personal de supervisión

4) Manejo de residuos tóxicos y peligrosos: alquitranes y elementos de desecho que los contengan (recipientes, trapos, guantes, etc.):

- Pinturas, esmaltes, barnices, solventes, y elementos de desecho que los contengan (recipientes, pinceles, trapos, guantes).
- Restos y envases vacíos de fitotóxicos y/u otros plaguicidas (articulación con el plan de manejo ambiental de plagas).

Actividades generadoras de residuos: se identifican algunas de las actividades generadoras de residuos:

TABLA 9.1 - Actividades que generan residuos (Fuente: elab propia).

ETAPAS	ACTIVIDADES	Residuos			
		Verdes / madera	Asimilables a domiciliarios	Inertes	Peligrosos
CONSTRUCCIÓN	Establecimiento del obrador	x			
	Funcionamiento del obrador (incluye taller)		x		x
	Desmalezado	x			
	Tareas en traza		x	x	x
	Acopio sustancias peligrosas				X
ABANDONO	Control de la vegetación y mantenimiento de zona de traza	x			
	Cierre del obrador y restauración del área afectada	x	x	x	X

Recuperación:

En este ítem es esencial la colaboración del municipio donde se generan los residuos. Si el mismo cuenta un sistema de separación en origen, podrían separarse los residuos reciclables en el obrador para ingresar al circuito de reciclado. En caso que el municipio no cuente con sistemas de reciclado, se solicitará colaboración para identificar potenciales reciclados urbanos o cooperativas (o cualquier otro actor análogo) que permita el reciclado de materiales, apuntado a incluir prioritariamente a actores locales.

Disposición:

Los residuos serán clasificados y colocados en su correspondiente contenedor o sector de acopio.

Se utilizarán contenedores para residuos sólidos que se ubicarán en obrador, en los accesos, y otras zonas de generación para fomentar la disposición apropiada y no disponerlos sobre el suelo. En el frente de obra se utilizarán bolsas para la generación diaria en el sitio, y luego serán dispuestas en el obrador a final de la jornada.

Los recipientes serán de material plástico o metal, con tapa, a fin de que los residuos no sean expuestos a la intemperie (lluvias y sol), evitando la generación de vectores

infeccioso que atenten contra la salud del personal de obra y población local. Presentarán colores diferentes a fin de ser fácilmente identificados.

Los contenedores estarán clasificados y diferenciados por colores, de la siguiente manera:

- Contenedores rojos y/o con bolsas rojas: corresponde a los residuos peligrosos.
- Contenedores negros: corresponden a asimilables a domiciliarios.
- Contenedores verdes: corresponden a asimilables a Reciclables
- Contenedores metálicos de tipo volquete: para material inerte de demolición, sobrantes e insumos inertes defectuosos (en función del tamaño de los mismos).



TABLA 9.2 - Ejemplo de contenedores de residuos (Fuente: google).

9.2 RECOMENDACIONES

Se enumera a continuación una serie de recomendaciones que se deben tener en cuenta llegado el momento de realizar el proyecto y construcción de obra. Estas recomendaciones parten de realizar varios estudios que tienen como finalidad descartar aquellas hipótesis o modificar aquellas adopciones que se plantearon como consecuencia de no contar con ciertos datos e información, así mismo, se acorta el rango de incertidumbres. Teniendo así una obra que pueda optimizarse, con mejores resultados.

1) TRABAJOS

Al ser una obra lineal y extensa se debería hacer hincapié antes del comienzo de obra en la planificación de sitios de obradores, avances de obras, servicios a necesitar/instalar, desvíos.

Al ser una obra lineal y extensa se debería hacer hincapié antes del comienzo de obra en la planificación de sitios de obradores, avances de obras, servicios a necesitar/instalar.

1) Bacheo superficial.

- 2) Bacheo profundo.
- 3) Bacheo ejecutado.
- 4) Texturizado para corrección de deformaciones.
- 5) Sellado de fisura tipo puente con asfalto modificado.

2) PLIEGOS

Todas las tareas de obra se ejecutarán de acuerdo a lo establecido en los siguientes Pliegos de Especificaciones Técnicas, citados en orden de prelación:

- ☐ Pliego de ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES DNV.
- ☐ PLIEGO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE LA D.N.V. - Edición 1998, con el ANEXO II MODIFICACIONES (aprobado s/ RESOL-2017-1069-APN-DNV#MTR).

3) ESTUDIO TRANSITO INTERSECCIONES

Se recomienda realizar un estudio puntual de TMDA en las intersecciones nombradas en el capítulo 7, así, se revé las soluciones de intersecciones adoptas buscando optimizarlas.

4) ESTUDIO SECCION DEL PUENTE

Se recomienda en la sección del puente realizar estudios hidrológicos de batimetría sobre el río Santa Lucía, para obtener entre otros valores, valores de caudales reales.

También se recomienda un estudio general del estado estructural del puente, partiendo desde sus fundaciones.

5) DISEÑO DE PAVIMENTO

Los refuerzos de pavimento se pueden verificar mediante la aplicación de otro método alternativo de reconocida utilización en el ámbito vial, como ser MEDIANTE UNA METODOLOGÍA MECANICISTA-EMPÍRICA (BACKVIDE).

6) CONTROL DEL ESTADO DE LAS ALCANTARILLAS

Se debería realizar un relevamiento del estado de las alcantarillas, y cerciorarse de que las posibles fallas de estas no afecten estructuralmente al paquete estructural del camino.

CAPÍTULO 10 ANEXOS

ANEXOS CAPÍTULO 2

Se anexan las tablas utilizadas para obtener el nivel de servicio de la ruta en estudio.

TABLA 10.1 - Valores del factor K.

La Tabla 2 muestra como ejemplo valores de la hora 30 de diferentes rutas. Se observa claramente como el factor k disminuye a medida que aumenta el TMDA de la ruta.

TABLA 2: VALORES DEL FACTOR k

TMDA	Factor k
0 - 2.500	0,151
2.500 - 5.000	0,136
5.000 - 10.000	0,118
10.000 - 20.000	0,116
20.000 - 50.000	0,107
50.000 - 100.000	0,091
100.000 - 200.000	0,082
> 200.000	0,067

K=0.14

TABLA 10.2 - Tablas usadas en el para la determinación del nivel de servicio

Tabla 8.1 - Niveles de Servicio para Tramos Rurales de 2 Carriles								
Terreno llano								
Nivel de servicio	% Tiempo de demora	Relación v / c						
		Velocidad promedio	% de zonas sin sobrepaso					
			0	20	40	60	80	100
A	<= 30	>= 93	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04
B	<= 45	>= 89	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16
C	<= 60	>= 84	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32
D	<= 75	>= 80	0.64	0.62	0.6	0.59	0.58	0.57
E	> 75	>= 72	1	1	1	1	1	1
F	100	< 72	-	-	-	-	-	-
Terreno ondulado								
Nivel de servicio	% Tiempo de demora	Relación v / c						
		Velocidad promedio	% de zonas sin sobrepaso					
			0	20	40	60	80	100
A	<= 30	>= 92	0.15	0.1	0.07	0.05	0.04	0.03
B	<= 45	>= 87	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13
C	<= 60	>= 82	0.42	0.39	0.35	0.32	0.3	0.28
D	<= 75	>= 79	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43
E	> 75	>= 64	0.97	0.94	0.92	0.91	0.9	0.9
F	100	< 64	-	-	-	-	-	-
Terreno montañoso								
Nivel de servicio	% Tiempo de demora	Relación v / c						
		Velocidad promedio	% de zonas sin sobrepaso					
			0	20	40	60	80	100
A	<= 30	>= 90	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
B	<= 45	>= 87	0.25	0.2	0.16	0.13	0.12	0.1
C	<= 60	>= 79	0.39	0.33	0.28	0.23	0.2	0.16
D	<= 75	>= 72	0.58	0.5	0.45	0.4	0.37	0.33
E	> 75	>= 56	0.91	0.87	0.84	0.82	0.8	0.78
F	100	< 56	-	-	-	-	-	-

TABLA 10.3 - Tablas usadas en el para la determinación del nivel de servicio.

TABLA 8.2	
Nivel de Servicio en Pendientes Específicas	
Nivel de Servicio	Velocidad Promedio en Pendiente ascendente [km / h]
A	> 88
B	> 80
C	> 72
D	> 64
E	> / = 40 - 64
F	< 40 - 64

TABLA 10.4 - Tablas usadas en el para la determinación del nivel de servicio.

TABLA 8.3 - Factores de Hora Pico para Caminos Rurales						
de 2 carriles basados en flujos de tránsito al azar						
A - Determinación del Nivel de Servicio						
Volumen horario total en los 2 sentidos [vph]		Factor de hora pico (Fhp)	Volumen horario total en los 2 sentidos [vph]		Factor de hora pico (Fhp)	
100		0.83	1100		0.94	
200		0.87	1200		0.94	
300		0.9	1300		0.94	
400		0.91	1400		0.94	
500		0.91	1500		0.95	
600		0.92	1600		0.95	
700		0.92	1700		0.95	
800		0.93	1800		0.95	
900		0.93	1900		0.96	
1000		0.93				
B - Determinación de Volúmenes de Servicio						
Nivel de Servicio		A	B	C	D	E
Factor de Hora Pico		0.91	0.92	0.94	0.95	1.00

TABLA 10.5 - Tablas usadas en el para la determinación del nivel de servicio.

TABLA 8.4 - Factores de ajuste por distribución direccional en tramos		
Distribución direccional	Capacidad total (Automóviles / h)	Relación de la capacidad con la capacidad ideal
50 / 50	2800	1.00
60 / 40	2650	0.94
70 / 30	2500	0.89
80 / 20	2300	0.83
90 / 10	2100	0.75
100 / 0	2000	0.71

TABLA 10.6 - Tablas usadas en el para la determinación del nivel de servicio.

TABLA 8.5 - Factores por efecto combinado de ancho de carriles y obstrucciones laterales " fa ".								
Ancho utilizable de banquina [m]	Carriles 3,65 m		Carriles 3,35 m		Carriles 3,05 m		Carriles 2,75 m	
	Nivel de servicio		Nivel de servicio		Nivel de servicio		Nivel de servicio	
	A - D	E	A - D	E	A - D	E	A - D	E
> 1,8	1.00	1.00	0.93	0.94	0.84	0.87	0.70	0.76
1.2	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
0.6	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
0	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

TABLA 10.7 - Tablas usadas en el para la determinación del nivel de servicio.

TABLA 8.6 - Equivalentes promedio en automóviles, para camiones, ómnibus y vehículos recreacionales en caminos de 2 carriles, para tramos de condiciones geométricas normales.				
Tipo de vehículo	Tipo de servicio	Tipo de terreno		
		Llano	Ondulado	Montañoso
	A	2	4	7
Camiones Ec	B - C	2.2	5	10
	D - E	2	5	12
	A	1.8	3	5.7
Omnibus Eo	B - C	2	3.4	6
	D - E	1.6	2.9	6.5
Vehículos recreacionales	A	2.2	3.2	5
	B - C	2.5	3.9	5.2
Er	D - E	1.6	3.3	5.2

ANEXOS CAPÍTULO 3

Se anexa estudios, imágenes y planillas que se utilizaron para el desarrollo del capítulo 3.

II.1. GENERALIDADES

II.1.1. OBJETO

El presente Capítulo tiene por objeto desarrollar la Memoria de Ingeniería de la Obra de Rehabilitación de la calzada de la Ruta Nacional Nº 12, entre el Km 880,00 y el Km 940,120, en la Provincia de Corrientes.

II.1.2. ALCANCES

Con estas consignas y a los efectos de la elaboración de este Proyecto Ejecutivo, se llevó a cabo el análisis de los antecedentes disponibles, la evaluación visual del estado de la calzada, estudios de campo para establecer la condición superficial y profunda de las capas estructurales componentes del pavimento, el análisis estructural del pavimento existente, el cálculo de las solicitaciones de diseño en términos de ejes estándar (8,16 toneladas) equivalentes en efecto destructivo, y la verificación de la vida útil de la estructura que resulta de las previsiones de rehabilitación planteadas.

De acuerdo a los requerimientos del Pliego de Especificaciones Técnicas para Elaboración de Proyectos Ejecutivos (PET) incluido en la documentación de la contratación del Servicio de Consultoría, el diseño de las obras de rehabilitación del pavimento se desarrolló siguiendo los lineamientos de la **AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993**, y se verificaron mediante una metodología mecanicista-empírica, de valoración de tensiones y deformaciones a través del software **BackViDe**, desarrollado por el Dr. O. Giovanon, en el Laboratorio Vial del IMAE, UNR.

II.2. ANTECEDENTES

II.2.1. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Como información de consulta, pudo disponerse del informe: Evaluación Estructural y Geotécnica Ruta Nacional Nº 12 Prog. 871+350 a 1023+000 y Prog. 1090+000 a Prog. 1130+000, Provincia de Corrientes, de Agosto 2010.

Se refieren allí algunos antecedentes del tramo en estudio, auscultaciones deflectométricas de entonces y propuesta para la repavimentación de sectores hasta km 905 como parte de la llamada ORI C6.1.2.

II.2.2. INFORMACIÓN DE TRÁNSITO

Se cuenta con la siguiente información, obtenida a partir de las publicaciones anuales de TMDA, de la DNV, correspondiente a los tramos que se indican a continuación:

Límites del Tramo		Inicio (Km)	Fin (Km)	2017	2018	2019	2020	2021	Autos +ctas. (%)	S/A (%)	Bus-C/A-Semi (%)
INT. RN 123	ACC. A SAN ROQUE	871,27	900,23	2.150	2.600	2.400	1.740	2.250	52,6	6,3	41,1
ACC. S.ROQUE	INT. RP 100	900,23	909,29	3.182	3.066	2.763	1.998	2.671	63,8	4,9	31,3
INT. RP 100	INT.R.N.118 (D), SALADAS	909,29	940,60	2.350	2.350	2.200	1.600	2.300	57,8	5,8	36,5

ILUSTRACIÓN II-1. TRÁNSITO MEDIO ANUAL. AÑOS 2017 A 2021

Tramo			Registro		Tipo de Vehículos												TMDM
Límites	Inicio (Km)	Fin (Km)	Año	Mes	LIV	BU1	BU2	SA1	SA2	CA1	CA2	CA3	SE1	SE2	SE3	SE4	
RN 123 – Acc. San Roque	871,27	900,34	2021	3	50,7	0,4	1,2	5,5	0,6	1,1	9,1	0,8	1,5	15,3	13,3	0,5	2.121
			2021	5	50,3	0,2	1,1	6,1	0,6	0,9	8,7	1,2	2,1	15,2	13,0	0,6	1.812
			2021	8	53,9	0,4	1,3	5,4	0,4	0,9	7,7	2,7	1,8	13,5	11,4	0,6	2.524
			2021	11	55,5	1,9	3,1	6,1	0,5	1,1	5,7	1,4	2,1	11,1	10,5	1,0	2.737
Acc. San Roque Int. RP 100	900,34	909,29	2021	3	57,7	0,3	1,2	5,1	0,6	0,8	7,7	0,7	1,0	13,4	11,0	0,5	2.524
			2021	5	54,8	0,7	1,1	5,6	0,4	0,7	7,9	1,0	2,0	13,2	12,0	0,6	2.085
			2021	8	59,0	0,5	1,4	5,1	0,3	0,7	6,6	2,2	1,2	12,2	10,2	0,6	2.945
			2021	11	60,3	0,3	1,9	4,8	0,4	0,8	6,2	1,3	1,3	12,1	9,6	1,0	3.147
Int. RP 100 Int. RN 118	909,29	940,60	2021	2	55,7	0,3	0,9	5,4	0,6	1,2	8,0	0,7	2,0	13,0	11,7	0,5	2.356
			2021	4	53,2	0,4	0,9	5,6	0,5	1,1	8,7	0,6	1,1	13,5	13,6	0,8	2.047
			2021	7	62,9	0,3	1,0	4,6	0,4	0,7	6,6	1,8	1,9	10,0	9,3	0,5	2.737
			2021	10	59,4	0,3	1,8	5,4	0,5	0,9	6,3	1,4	1,6	11,6	9,7	1,1	2.806
			2019	5	58,1	0,7	4,8	5,5	0,5	0,6	5,4	0,4	0,7	12,0	10,9	0,4	2.086
			2017	5	55,3	0,8	5,5	4,6	0,5	1,0	8,0	0,3	0,7	12,9	10,3	0,3	2.045

ILUSTRACIÓN II-2. DISTRIBUCIÓN VEHICULAR Y TMDM

Referencias:

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: camión 11 y Bus de 2 ejes; SA2: camiones 12 y 13

CA: camión con acoplado. CA1: camión 11-11; CA2: camión 11-12; CA3: camión 12-12

SE: camión con semiremolque. SE1: camión 111; SE2: camión 112; SE3: camiones 113 y 122; SE4: camión 123

TMDM: Volumen medio diario del censo

II.3. RELEVAMIENTO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

II.3.1. INSPECCIÓN VISUAL DE LA CALZADA

Los siguientes registros fotográficos muestran los principales aspectos de los deterioros de la calzada en estudio:



Carril ascendente: Bacheos por desplazamientos de borde y ahuellamiento marcado. En proximidades, bacheos asfálticos reparados de reducidas dimensiones. Diferente coloración para la carpeta de rodamiento en cada carril y con 4 / 5 cm de espesor. Algunas fisuras longitudinales con sellados asfálticos parciales.

FOTO 1. KM 880 - VISTA HACIA SAN ROQUE



En carril ascendente, bacheos asfálticos alternativamente en ambas huellas a partir de desplazamientos de la mezcla asfáltica y, por sectores, ahuellamiento marcado y finas fisuras ramificadas. En carril descendente, exudación asfáltica en ambas huellas, con continuidad.

FOTO 2. KM 886,650 – PRÓXIMO AL ACCESO A PEDRO R. FERNÁNDEZ



FOTO 3. KM 890,550

Se intensifican áreas con bacheos asfálticos y fisuras ramificadas en huellas principalmente sobre el carril ascendente. Ahuellamiento y, puntualmente, desplazamientos de borde.



FOTO 4. KM 900,250

Importantes áreas con bacheos asfálticos, algunos nuevamente con deformación hacia los bordes. Deformaciones de bordes y fisuras ramificadas especialmente lado ascendente. Banquinas sobre elevadas.



FOTO 5. KM 902 – PASO POR ZONA URBANA SAN ROQUE

Bacheos asfálticos ejecutados cubriendo la mayor parte de sitios con fisuras ramificadas, persisten algunas deformaciones en bordes. Espiras contador tránsito DNV. Banquinas estabilizadas con material granular.



FOTO 6. KM 903,400 – PUENTE SOBRE RÍO "SANTA LUCÍA"

Carpeta de desgaste con fisuras ramificadas extendidas, en parte con sellados asfálticos, desprendimientos.

Deformaciones y sitios con pérdida del material de sello en las juntas del puente.



FOTO 7. KM 910

Formación de deformaciones en zona de huella y marcas de texturizados bajo la capa de rodamiento. Sellados sobre fisuras lineales que progresan, ramificándose.



FOTO 8. KM 919,200

Fisuras ramificadas y formando mallas cerradas, extendidas y con continuidad en las huellas. Sellado asfáltico superado por el crecimiento de las fisuras y marcas para ejecutar bacheos.



FOTO 9. KM 926,200

Fisuras ramificadas extendidas en huellas y en casos, se agregan deterioros por deformaciones del borde y en huella interna y entrehuellas.

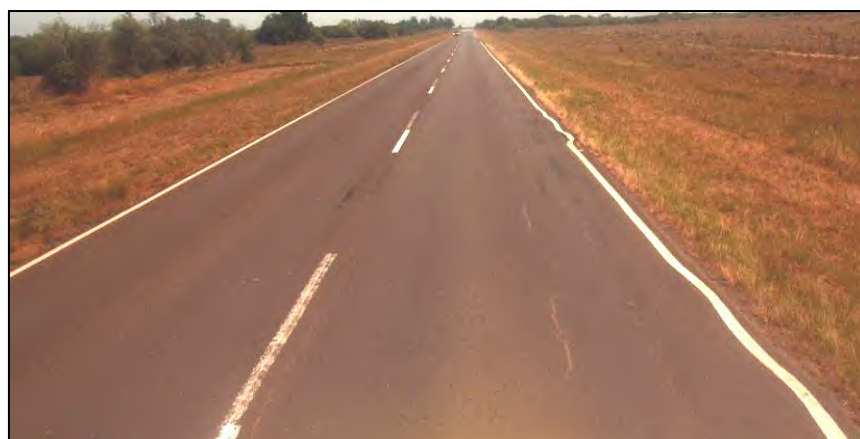


FOTO 10. KM 934,200

Ondulaciones y desplazamiento de borde, continuas por sectores y, en las huellas, fisuras que se ramifican más allá del sello asfáltico colocado. Algunos puntos con bacheos asfálticos ejecutados.

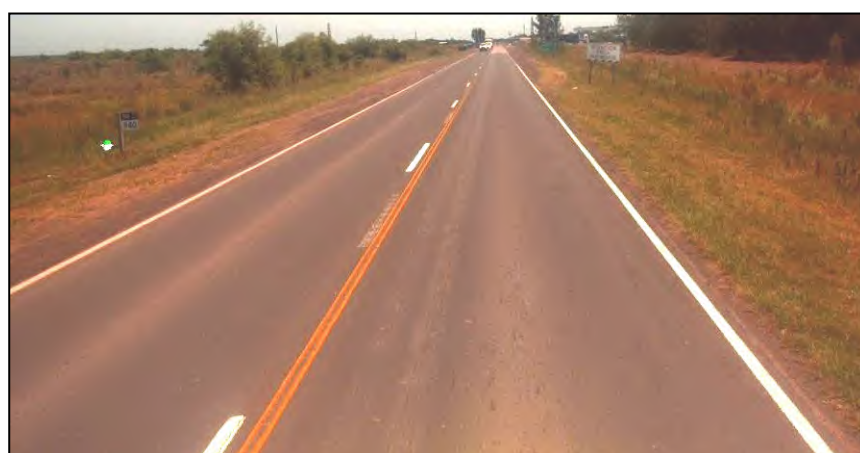


FOTO 11. KM 940+120 – FIN DEL TRAMO, INICIO CARRIL DE HORMIGÓN

Fisuras longitudinales con sello asfáltico y menores deformaciones de la carpeta de rodamiento. Hacia el fondo de la imagen, km 940,120: inicio de losas de hormigón sobre el carril derecho.

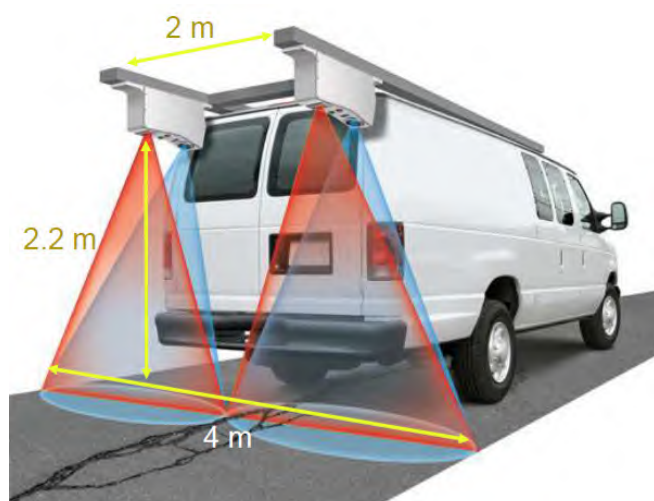
II.3.2. MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE ESTADO CON EQUIPO DE ALTO RENDIMIENTO

Para la medición de los parámetros de estado se empleó el equipo SPIDER™ Multifunción (Ilustración II-3), propiedad de ITYAC. Este equipamiento de última generación y alto rendimiento integra en un mismo vehículo múltiples subsistemas que permiten automáticamente detectar, medir y cuantificar los distintos parámetros de estado superficial del pavimento, en una única pasada por el carril. Dichos parámetros incluyen: regularidad longitudinal (rugosidad), deformaciones transversales (ahuellamiento), deterioros (fisuras, peladuras, baches), macrotextura y pendientes transversales de la calzada, como así también la obtención de imágenes 2D y 3D.



ILUSTRACIÓN II-3. EQUIPO SPIDER MULTIFUNCIÓN DURANTE LA EVALUACIÓN

En la Ilustración II-4 se muestra el esquema de medición del sistema LCMS™, donde la proyección en color rojo representa el sistema láser y la proyección en azul representa las cámaras que, integradas con la distancia de los láseres a la superficie y la intensidad de luz, generan la imagen 3D de la calzada.



**ILUSTRACIÓN II-4. ESQUEMA DE MEDICIÓN
DEL SISTEMA LCMS™**

II.3.3. MEDICIÓN DE LA REGULARIDAD LONGITUDINAL (RUGOSIDAD)

Para la medición del perfil longitudinal de la calzada con un alto grado de precisión, se incorpora una central inercial (IMU) a cada sensor láser (LCMS™). Las IMU se componen de acelerómetros y giroscopios, donde el eje vertical de las IMU se alinea cuidadosamente en el mismo plano que los láseres de los sensores 3D.

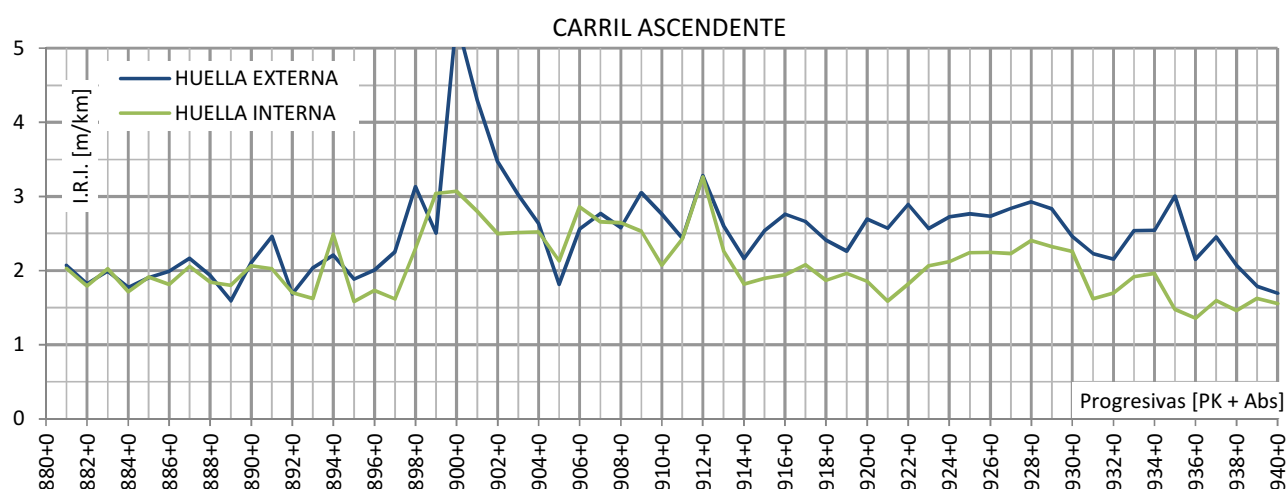
El perfil longitudinal se mide integrando la señal del acelerómetro vertical, para medir el desplazamiento vertical total, tanto del vehículo como del perfil de la ruta, al tiempo que se restan las variaciones de distancia entre el vehículo y la carretera medidas por el sensor 3D. Los sensores 3D permiten así la eliminación de las variaciones en el perfil longitudinal causadas por la suspensión del vehículo a medida que el vehículo soporta las irregularidades de la carretera.

El equipo cuenta además con un sistema de detección automática de borde, lo que permite evitar errores debido a la deriva del vehículo durante la medición del carril. Una vez obtenido el perfil longitudinal de la ruta, es posible calcular la Rugosidad en unidades IRI, mediante el programa de simulación del pasaje de un vehículo tipo por sobre las irregularidades superficiales de la ruta.

La información de Rugosidad es reportada en unidades IRI (Índice de Rugosidad Internacional), cada 100 metros. La misma se informa independientemente para cada huella, externa e interna.

Las mediciones realizadas con este equipo alcanzan los estándares de Clase I según Norma ASTM E950 “Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer-Established Inertial Profiling Reference”.

Los gráficos de las ILUSTRACIÓN II-5, muestran los valores kilométricos de Rugosidad para cada carril, ascendente y descendente, a través de los valores percentil 80, de cada huella.



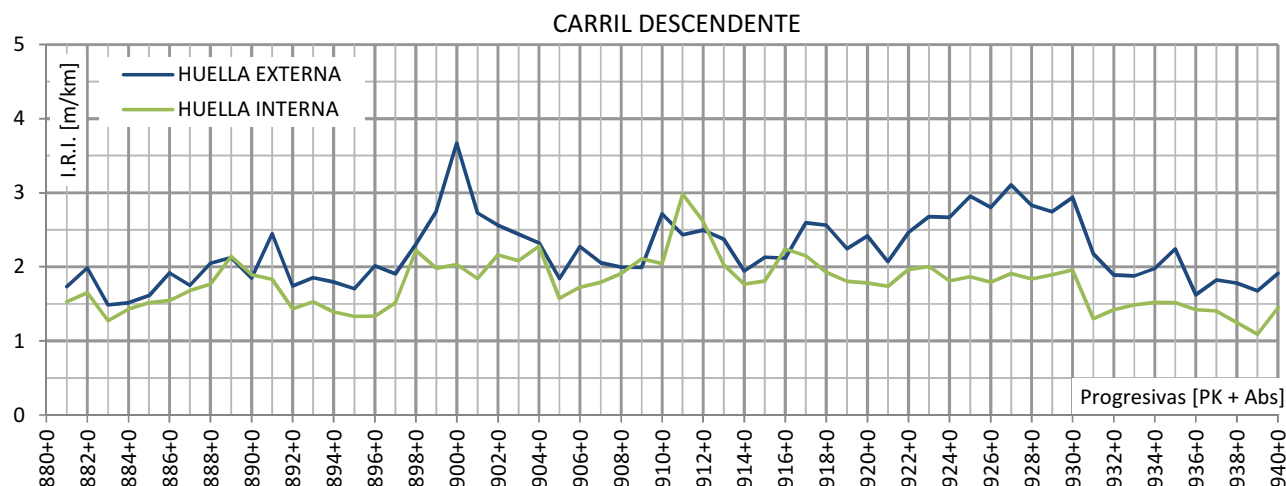
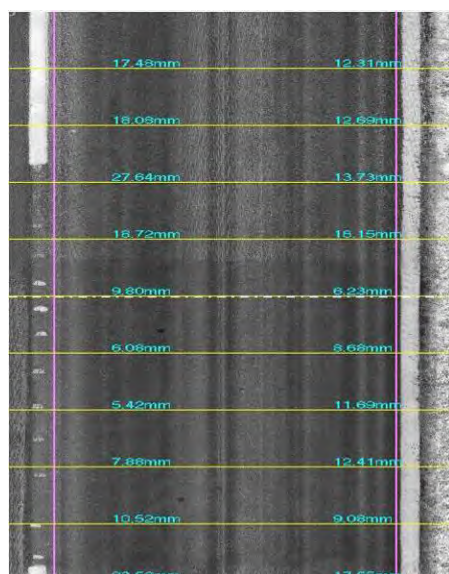


ILUSTRACIÓN II-5. RUGOSIDAD (IRI) - CARRIL ASCENDENTE Y DESCENDENTE

En el ANEXO A - MEDICIÓN DE RUGOSIDAD, se presentan planillas con los valores hectométricos y kilométricos de la medición de Rugosidad, diferenciados por carril de circulación (ascendente y descendente) y huella (externa e interna).

II.3.4. MEDICIÓN DE LA DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (AHUELLAMIENTO)

Tal como ya se describió, el sistema LCMS™ permite adquirir la geometría del pavimento y una proyección 3D de la superficie del mismo. A medida que el equipo recorre el carril, escanea un perfil de 4 metros, registrando a razón de 5.600 perfiles transversales por segundo, combinándolos para crear un perfil 3D de alta resolución de la carretera. Cada perfil transversal está compuesto por más de 4.000 puntos.

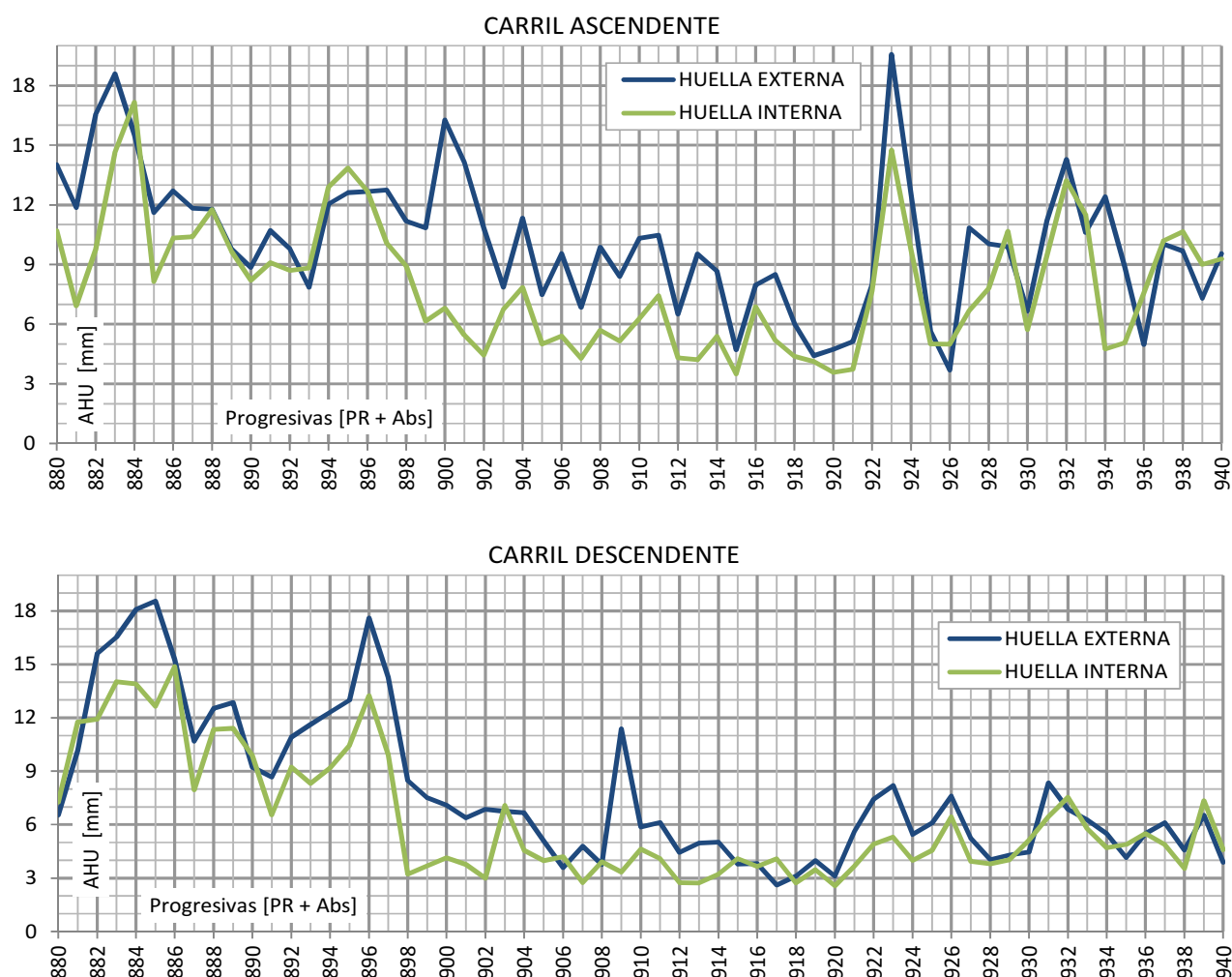


A partir de las distintas secciones transversales se obtiene el Ahuellamiento, mediante la simulación de una regla de 1,20 metros. De esta manera se presenta un valor hectométrico de Ahuellamiento, el cual resulta del promedio de valores puntuales cada 10 metros, para cada una de las huellas.

A modo de ejemplo, la ilustración II-6, muestra los registros de valores de ahuellamiento por huella, para diferentes perfiles, en intervalos configurables.

ILUSTRACIÓN II-6. REGISTRO DEL AHUELLAMIENTO

Los gráficos de las ILUSTRACIÓN II-7, muestran los valores kilométricos de Ahuellamiento para cada carril, ascendente y descendente, a través de los valores percentil 80, de cada huella.



En el ANEXO B - MEDICIÓN DE AHUELLAMIENTO se presentan planillas con los resultados hectométricos y kilométricos de la medición de Ahuellamiento, diferenciados por carril de circulación (ascendente y descendente) y huella (externa e interna).

II.3.5. RELEVAMIENTO DE LOS DETERIOROS SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO

El equipo SPIDER™ Multifunción permite la adquisición de imágenes 2D y 3D de la superficie del pavimento. Estas imágenes, captadas por las cámaras traseras (y sensores), permiten analizar los pavimentos mediante diferentes características de visualización: imagen según intensidad de luz, e imagen según profundidad (distancia entre sensor y superficie). Adicionalmente, permite combinarlas, logrando una imagen 3D.

A efectos de calificar las tareas de preparación de la superficie y poder cuantificarlas para su ejecución en el marco de la rehabilitación de la calzada existente, se llevó a cabo la evaluación de

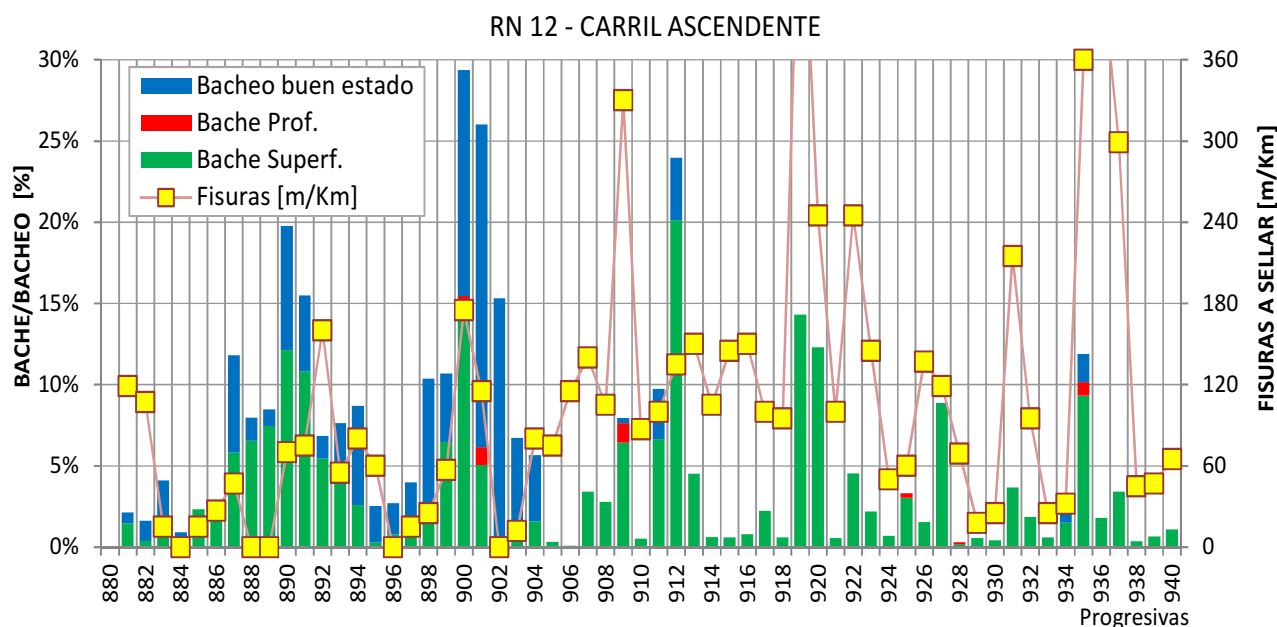
deterioros superficiales a partir de las imágenes actualizadas de la calzada, captadas por el equipo SPIDER™ Multifunción y reconocimiento mediante post-procesamiento en gabinete.

El criterio empleado para la evaluación de los deterioros está directamente vinculado al tipo de intervención planteado como preparación de superficie, a saber:

- FISURAS: con aptitud para ser selladas, sean longitudinales o transversales.
- BACHES SUPERFICIALES: Zonas afectadas por fisuración formando bloques o “malla cerrada”, o con fisuras ramificadas extendidas, sin interconectarse, con cualquier grado de severidad y sin hundimiento.
- BACHES PROFUNDOS: Cuando las características citadas anteriormente, se presentan acompañadas además con hundimientos y/o desplazamientos localizados no atribuibles exclusivamente a las mezclas asfálticas.

En el ANEXO C - RELEVAMIENTO DE DETERIOROS SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO, se presentan las planillas con el relevamiento continuo realizado a partir de las imágenes.

En la Ilustración II-8, se observan representados gráficamente en función de las progresivas, las cantidades de cada tipo de deterioro identificado para cada carril.



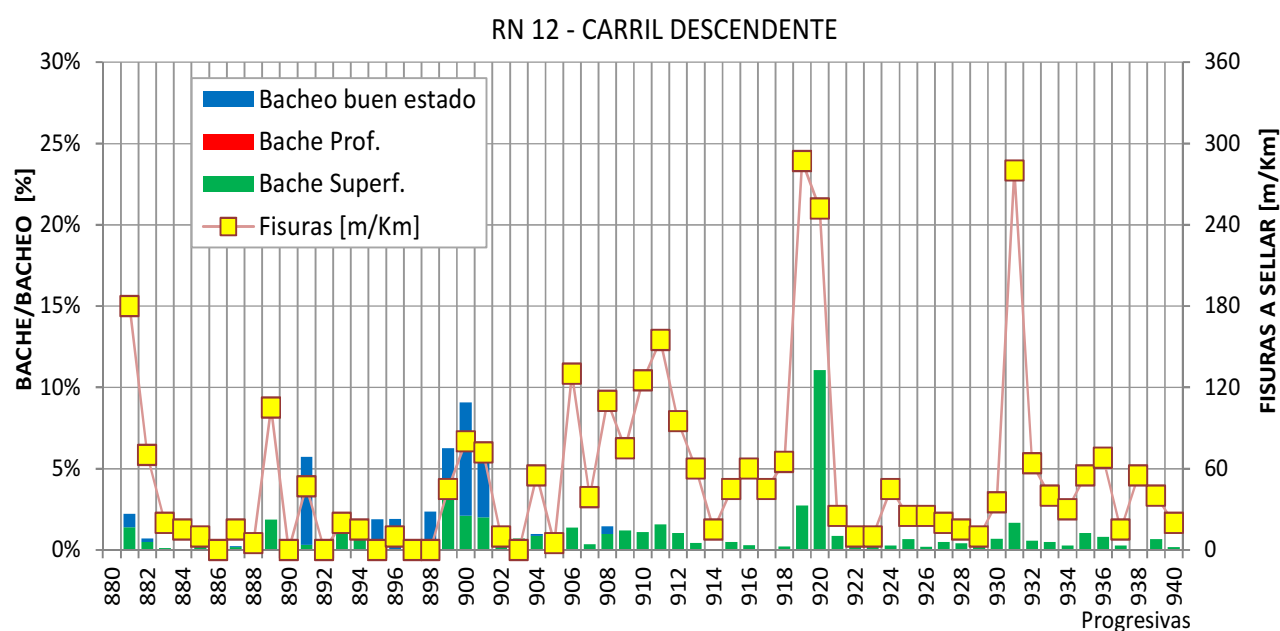


ILUSTRACIÓN II-8. DETERIOROS EN CARRIL ASCENDENTE Y DESCENDENTE

Resultan claramente diferenciadas las cantidades mayores relevadas a lo largo del carril ascendente frente a las correspondientes al carril descendente. En simultáneo pueden verse las cantidades de bacheos ejecutados (en su mayoría de ejecución bastante reciente) que presentan buen estado. Los baches (superficiales y profundos) también se suman para permitir apreciar el progresivo deterioro del tramo.

Finalmente, la Ilustración II-9 muestra los totales relevados para el tramo en estudio que permiten cuantificar, con vista a los cálculos, los alcances de la tarea previa de preparación de la calzada existente antes de la colocación de las capas de refuerzo/repavimentación.

CARRIL	DESDE Km	HASTA Km	LONG. Km	FISURAS SELLABLES		BACHES SUPERF.		BACHES PROF.		BACHEOS BUEN ESTADO	
				m	m/Km	m2	%	m2	%	m2	%
ASCENDENTE	880	940,12	60,12	6.489	110	8.055	3,7	189	0,1	4.518	2,1
DESCENDENTE	880	940,12	60,12	3.224	55	1.911	0,9	0	0,0	990	0,5

ILUSTRACIÓN II-9. DETERIOROS EN CALZADA RN Nº 12

II.3.6. MEDICIÓN DE LAS PENDIENTES TRANSVERSALES DE LA CALZADA

Adicionalmente a los parámetros descritos anteriormente, el equipo permite la determinación de la pendiente transversal de la calzada, gracias a las unidades de medición inercial (IMU) adosadas a los láseres (LCMS™).

En el ANEXO D - MEDICIÓN DE PENDIENTES TRANSVERSALES DE LA CALZADA se presentan planillas con los resultados completos de las mediciones efectuadas, con un valor de pendiente transversal cada 100 metros, que resulta del promedio de valores integrados cada 1 metro. En la Ilustración II-10, se grafican las determinaciones/Km (percentiles 20 y 80).

Los resultados de la medición de pendientes transversales consideran el siguiente convenio de signos:

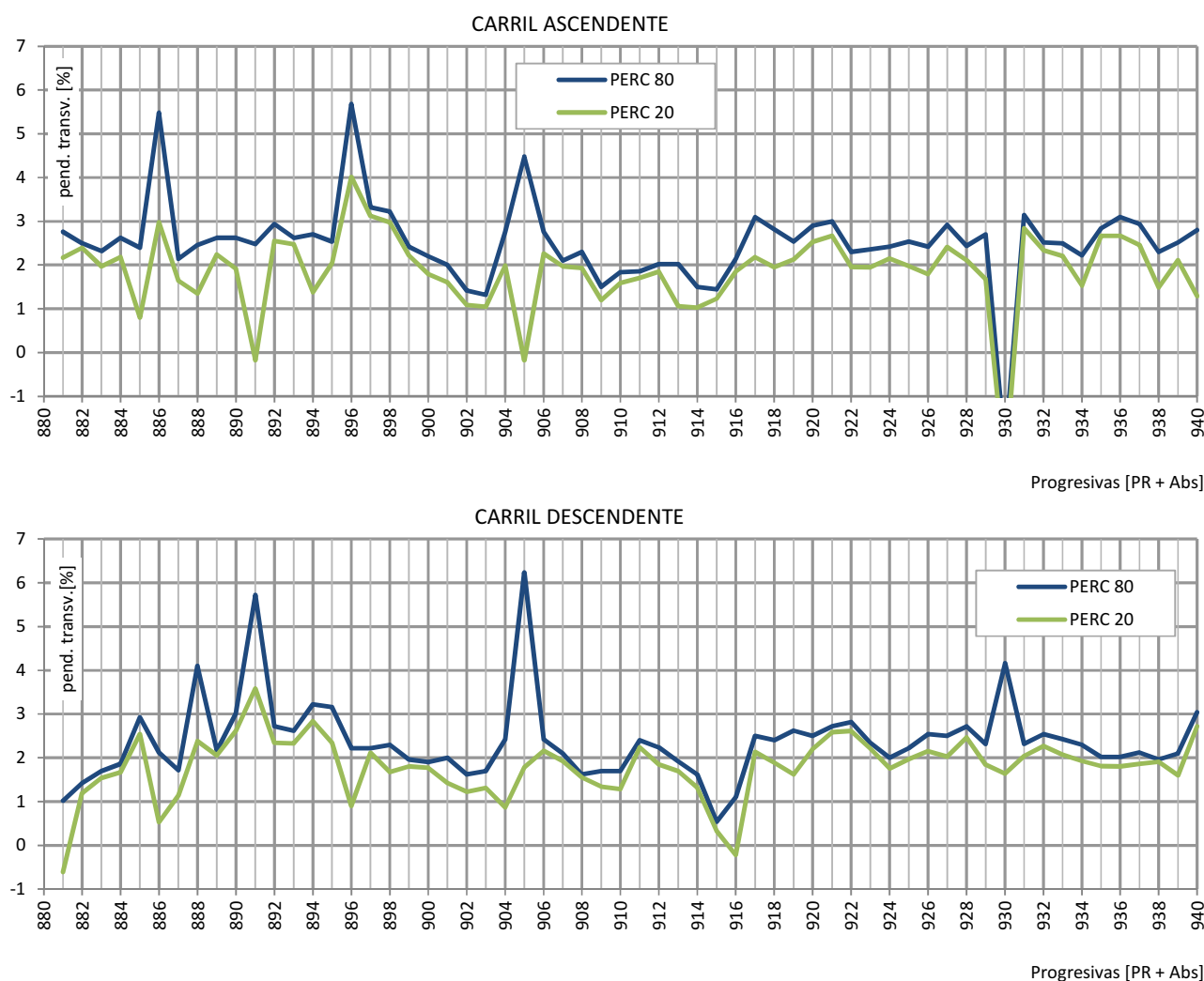
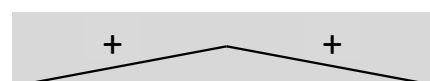


ILUSTRACIÓN II-10. PENDIENTES TRANSVERSALES EN CALZADA DE RN Nº 12

II.3.7. ANCHO DE CALZADAS

A partir del registro del equipo se procedió a la determinación del ancho de la calzada pavimentada, entre bordes de la carpeta asfáltica con registros cada 200 a 300 m, según se reporta, a continuación, en la Ilustración II-11.

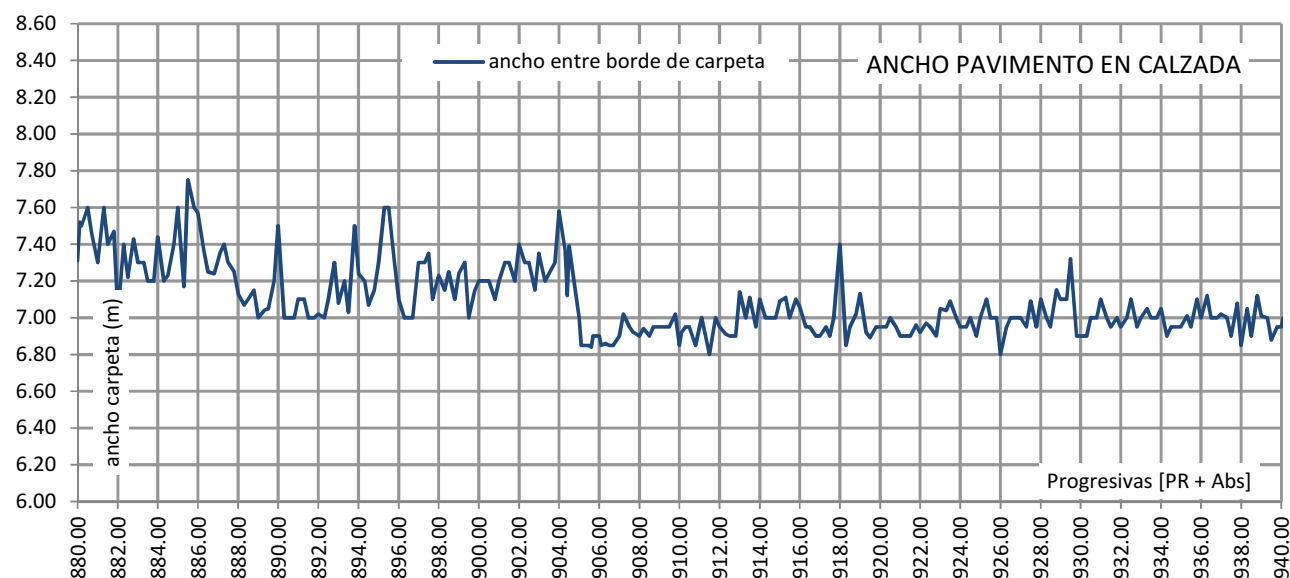


ILUSTRACIÓN II-11. ANCHOS DE LA CALZADA PAVIMENTADA DE RN Nº 12

II.4. RELEVAMIENTO DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

II.4.1. MEDICIÓN DE DEFLEXIONES

La medición de deflexiones del pavimento se realizó mediante un Deflectómetro de Impacto (Falling Weight Deflectometer, FWD), en el mes de marzo de 2022. Para la investigación de las condiciones existentes y de acuerdo con las Especificaciones Técnicas para Proyectos Ejecutivos (punto 2.2), se realizaron mediciones a razón de un punto cada 100 metros de camino, dispuestas en tresbolillo entre ambos carriles; con los registros y requerimientos especificados en dicho punto.

El FWD permite medir el cuenco de la deflexión provocada en la superficie del pavimento por la acción de una carga de impacto controlada. Simultáneamente se registra la deflexión bajo el punto de aplicación de la carga (Deflexión máxima) y en varios puntos alineados, a distancias fijas de la misma. De esta manera, queda delineada la deformada del pavimento bajo carga, según esquematiza la Ilustración II-12.

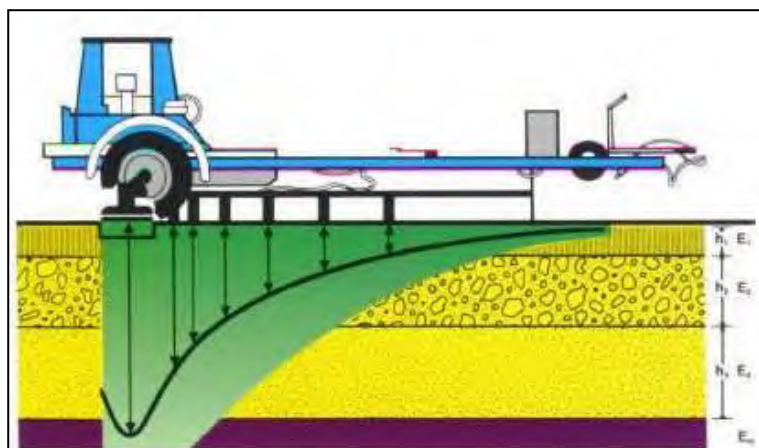


ILUSTRACIÓN II-12. REGISTRO DE LA DEFORMADA DEL PAVIMENTO BAJO CARGA

Para este ensayo se siguieron los lineamientos que estipulan las normas ASTM D4695/2003, D4694/1996 y D5858/1996 y se establecieron las siguientes condiciones:

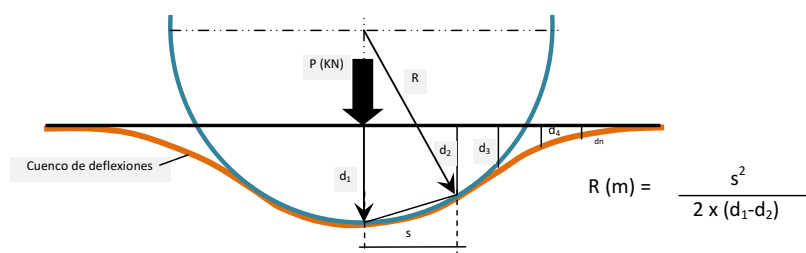
- Distancia de los sismómetros desde la carga (cm): 0 – 20 – 30 – 60 – 90 – 120 – 150
- Carga de impacto: aproximadamente 4.082 Kg = 40 KN = 9,000 libras
- Radio del plato de carga: 15 cm

Las determinaciones se ejecutaron a lo largo del tramo en estudio, sobre la huella externa, de manera sistemática y a razón de una medición cada 200 m en cada carril, en tresbolillo alternando carril ascendente y descendente.

Posteriormente, el procesamiento incluyó la normalización por carga y corrección por temperatura y por espesor asfáltico, según indica la AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Se procedió además al cálculo del Radio de Curvatura del cuenco de deflexiones (Ilustración II-13), parámetro que da cuenta del comportamiento de las capas superiores de la estructura.

La norma española NLT-338/07 define a este radio como el de la circunferencia que pasa por los extremos de las deflexiones calculadas a través de los registros de dos sensores, cuyo centro se encuentra en el eje que pasa por la deflexión máxima (D0, del sensor 1). Para este cálculo se suele adoptar los sensores 1 y 2, ó 1 y 3.



d₁ y **d₂**: deflexiones de los sensores 1 y 2 (en metros); **s**: distancia entre ambos sensores (en metros)

ILUSTRACIÓN II-13. RADIO DE CURVATURA DEL CUENCO DE LA DEFLEXIÓN

En el presente trabajo, para el cálculo de los Radios de Curvatura se adoptaron los sensores 1 y 3: en el centro de aplicación de la carga y a 30 cm de la misma, respectivamente.

En la Ilustración II-14 se representan gráficamente, en función de las progresivas, los valores de Deflexión y Radio de Curvatura determinados en cada punto de ensayo. A efectos de identificar sectores con similar respuesta estructural se aplicó el procedimiento de “Diferencias Acumuladas” establecido en el Apéndice “J” de la Guía de Diseño AASHTO 1993, lo cual se representa con los valores característicos (percentil 50) correspondientes a cada sección identificada

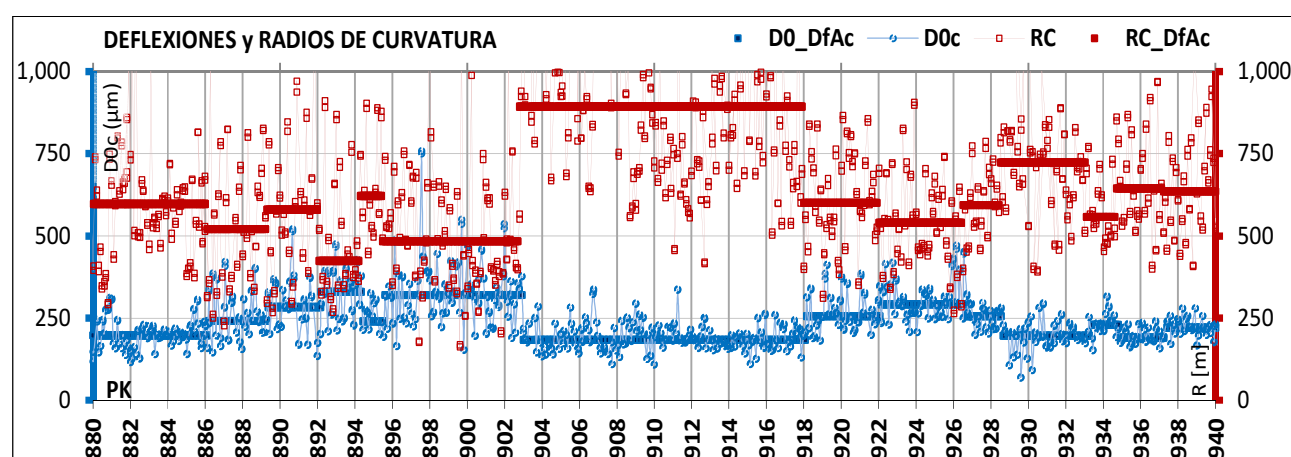
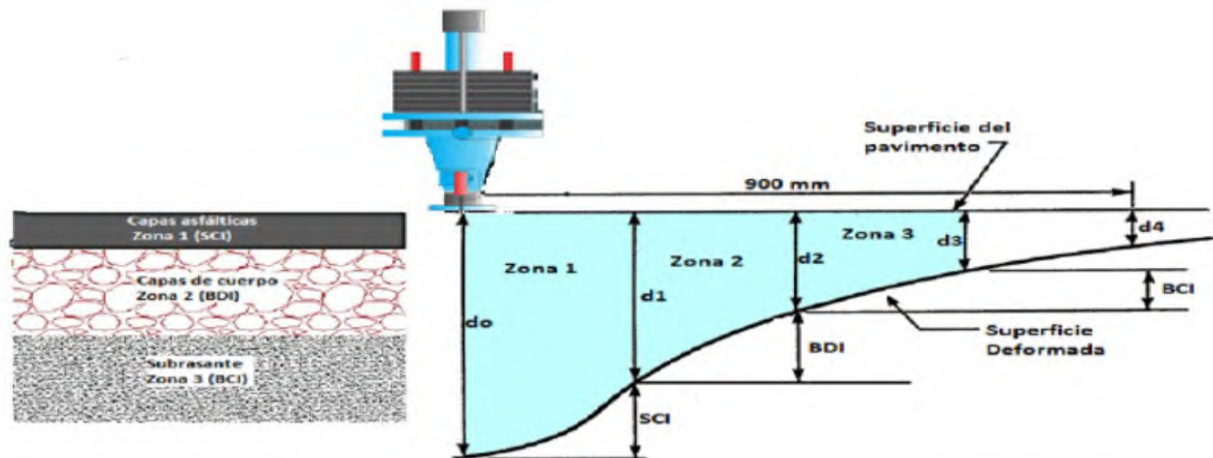


ILUSTRACIÓN II-14. DEFLEXIONES Y RADIOS DE CURVATURA

En el ANEXO E - MEDICIÓN DE DEFLEXIONES se incluyen las planillas con los resultados obtenidos en la medición.

Por otra parte, se procedió al análisis de cuatro parámetros que derivan del cuenco de deflexiones, el cual puede ser dividido en 3 zonas (Horak & Emery, 2009, Ilustración II-15), dando origen a valiosa información sobre el estado estructural del pavimento. Dichos parámetros son los siguientes:

- SCI:** Índice de curvatura de capas superficiales (indicador de la condición de las capas superficiales).
- BDI:** Índice de daño en capas intermedias (indicador de la condición de las capas intermedias).
- BCI:** Índice de curvatura de capas profundas o subrasante (indicador de la condición de las capas profundas o subrasante).
- ÁREA:** El área bajo el cuenco de deflexiones es un importante indicador estructural que orienta sobre la condición de las capas sobre la subrasante (paquete estructural).



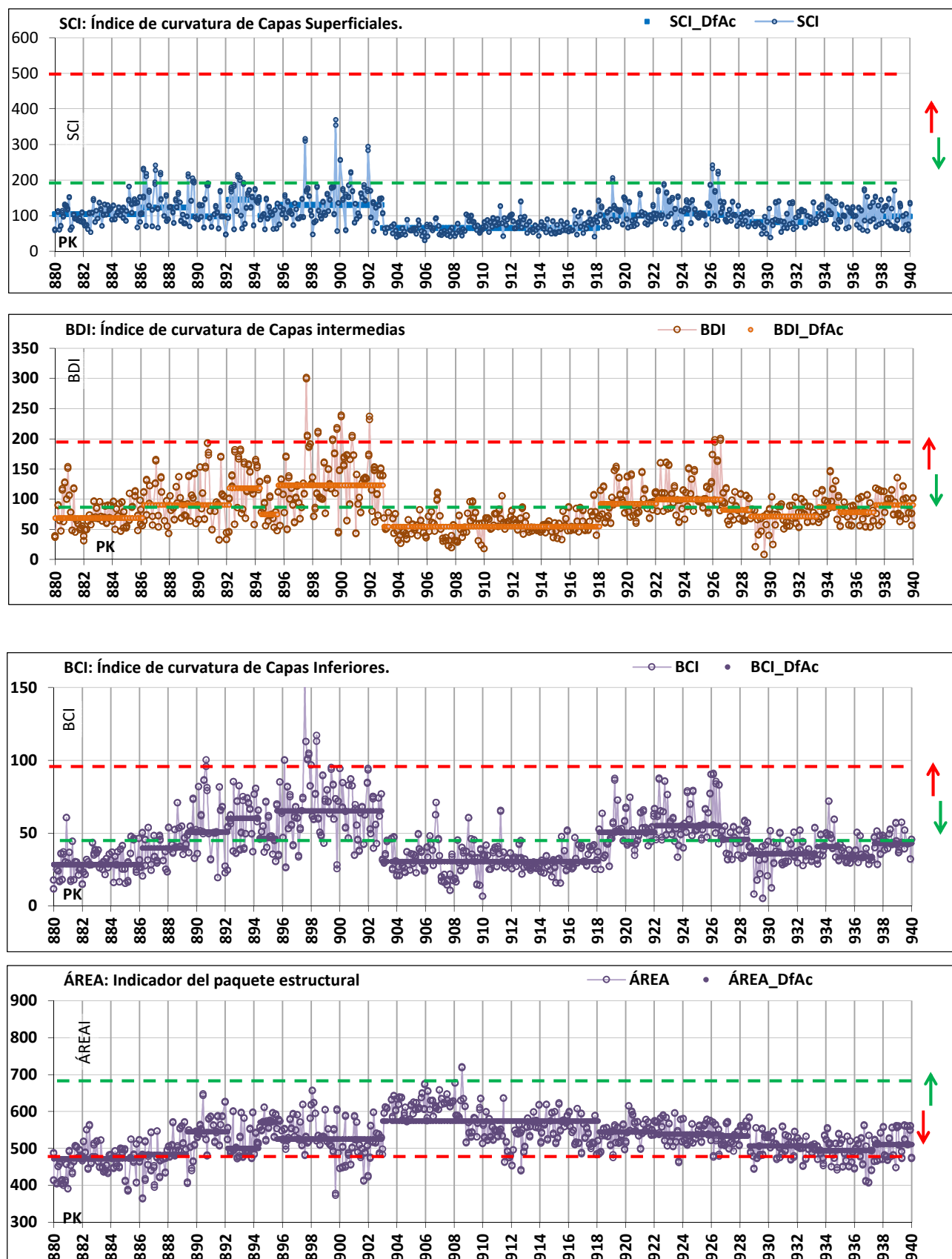
Fuente: Horak & Emery, 2009

ILUSTRACIÓN II-15. PARÁMETROS DEL CUENCO DE DEFLEXIONES

En la Ilustración II-16 se representan estos parámetros, los cuales permiten observar e interpretar la respuesta estructural del pavimento auscultado. En dichos gráficos también se representan los valores característicos (percentil 50) correspondientes a sectores con respuesta estructural homogéneas obtenidas mediante la aplicación del procedimiento de “Diferencias Acumuladas” establecido en el Apéndice “J” de la Guía de Diseño AASHTO 1993.

Bibliografía como Horak & Emery, 2009 indica los siguientes entornos indicadores de la condición estructural en función de estos parámetros.

Condición estructural	Parámetros del cuenco de deflexiones			
	d_0 (μm)	SCI (μm)	BDI (μm)	BCI (μm)
Bueno	<500	<200	<100	<50
Alarma	500-750	200-400	100-200	50-100
Grave	>750	>400	>200	>100


ILUSTRACIÓN II-16. PARÁMETROS DEL CUENCO DEFLECTOMÉTRICO. RN Nº 12

II.4.2. SONDEOS ESTRUCTURALES

II.4.2.1. Extracción de testigos de capas asfálticas

Se efectuó la extracción de testigos de las capas asfálticas en forma sistemática, a razón de un calado cada uno o dos kilómetros, alternando carril ascendente y descendente, a efectos de constatar los espesores y el estado de dichas capas. Este relevamiento se complementó con la información de calicatas y los antecedentes disponibles, a los fines de componer la disposición de las capas asfálticas del tramo en estudio.

En la Ilustración II-17, conjuntamente con los resultados de los ensayos DCP, se representan, de manera esquemática y en color negro, los espesores de las capas asfálticas de la estructura, indicándose en color gris la porción del espesor de base subyacente que se disgregó durante el proceso de extracción. En el en el ANEXO F – ESPESORES DE TESTIGOS ASFÁLTICOS, se incluyen planillas con los espesores asfálticos medidos.

II.4.2.2. Ensayos con el Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP)

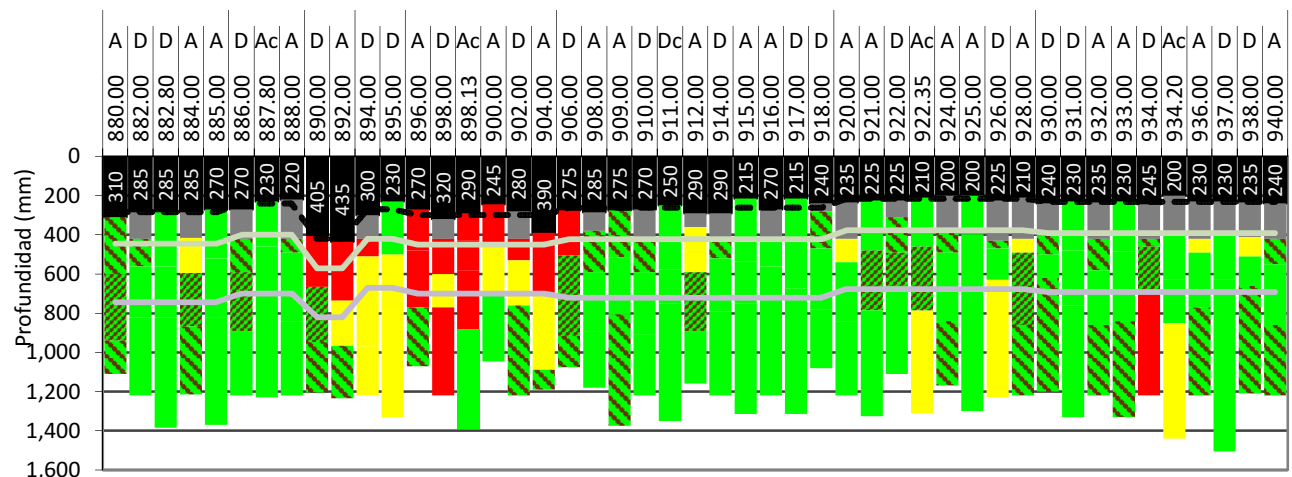
En los lugares de extracción de testigos asfálticos y de apertura de calicatas, se ejecutaron ensayos con el Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) a los efectos de valorar la capacidad portante de las capas subyacentes.

El DCP mide la penetración dinámica por golpe, a través de las distintas capas. Esta penetración es función de la resistencia al corte in situ de los materiales del paquete estructural. El perfil de resistencia en profundidad brinda, por lo tanto, una indicación de las propiedades, en el lugar, de los materiales de las diferentes capas componentes del pavimento, en las condiciones reales en que éstos se encuentran en el momento del ensayo, resultando de utilidad para estimar la capacidad estructural relativa de las distintas capas del pavimento.

En la Ilustración II-17 se resumen los resultados obtenidos, adoptando un criterio de clasificación en función de la profundidad de análisis y del Índice de Penetración DN (mm/golpe). También se indican los espesores de las capas asfálticas detectadas en los testigos extraídos.

Los resultados de los ensayos DCP, responde al siguiente criterio:

CAPA				
Base	DN < 5	5 < DN < 10	10 < DN < 15	DN > 15
Subbase	DN < 8	8 < DN < 15	15 < DN < 30	DN > 30
Subrasante	DN < 10	10 < DN < 20	20 < DN < 30	DN > 30


ILUSTRACIÓN II-17. ESPESORES ASFÁLTICOS MEDIDOS EN TESTIGOS EXTRAÍDOS - ENSAYOS DCP

En el ANEXO G - ENSAYOS CON PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO (DCP) se incluyen las planillas con los resultados de los ensayos efectuados.

Las siguientes fotos muestran los testigos de las capas asfálticas y el estado de las mismas.

Km	880 Asc	882 Desc	882,8 Desc	884 Asc	885 Asc	886 Desc	888 Asc	890 Desc	892 Asc
Testigo									
Km	894 Desc	895 Desc	896 Asc	898 Desc	900 Asc	902 Desc	904 Asc	906 Desc	908 Asc
Testigo									
Km	909 Asc	910 Desc	912 Asc	914 Desc	915 Asc	916 Asc	917 Desc	918 Desc	920 Asc
Testigo									

Km	921 Asc	922 Desc	924 Asc	925 Asc	926 Desc	928 Asc	930 Desc	931 Desc	932 Asc
Testigo									

Km	933 Asc	934 Desc	936 Asc	937 Desc	938 Desc	940 Asc
Testigo						

ILUSTRACIÓN II-18. TESTIGOS ASFÁLTICOS EXTRAÍDOS

II.4.2.3. Calicatas de auscultación

Con el fin de constatar los materiales, espesores y estado de las capas (asfálticas y no asfálticas) componentes del pavimento, y tomar muestras de los materiales de las mismas, en cantidad suficiente para ejecutar ensayos de caracterización, se planificó la ejecución de calicatas de auscultación.

Teniendo en cuenta: a) las deflexiones medidas, b) los relevamientos del estado superficial del pavimento y, c) el reconocimiento visual efectuado, se determinaron las progresivas de ubicación para la apertura de calicatas, considerando además reflejar situaciones representativas de la condición del pavimento.

En cada progresiva en la cual se ejecutó una calicata se efectuó una inspección visual para fijar el sitio adecuado para su apertura, evitando bacheos ejecutados o sitios inseguros por cuestiones geométricas y de seguridad (curvas o sectores con poca visibilidad). Luego, se procedió al marcado de la calicata, con dimensiones del orden de 1,00 m x 0,60 m (Ilustración II-19a), y al aserrado en los límites de la misma (Ilustración II-19b), para un mejor reconocimiento de las capas asfálticas y prolijo inicio de la remoción de las mismas (carpeta de rodamiento y base) Ilustración II-19c.



ILUSTRACIÓN II-19. a) DELIMITACIÓN DE LA CALICATA - b) ASERRADO - c) INICIO DE REMOCIÓN

Se procedió a retirar, una a una, las capas asfálticas, limpiando adecuadamente luego de cada remoción de material, con el fin de observar el estado de la capa inmediata inferior y, cuando existían, hacer el seguimiento de las fisuras en profundidad.



ILUSTRACIÓN II-20. a) RETIRO CAPAS ASFÁLTICAS SUPERIORES- b) PERFIL DE CAPAS PAVIMENTO

Sobre las capas no ligadas subyacentes a las capas asfálticas, se realizó el ensayo DCP, sin disturbar las mismas y hasta una profundidad del orden de los 100 cm. (Ilustr.II-21a). Luego se

determinó la densidad natural por el método del Cono de Arena (Ilustr.II-21b), y se tomaron muestras en cantidad suficiente, para los ensayos de laboratorio (Ilustr.II-21c). Finalmente se procedió al tapado de la calicata.

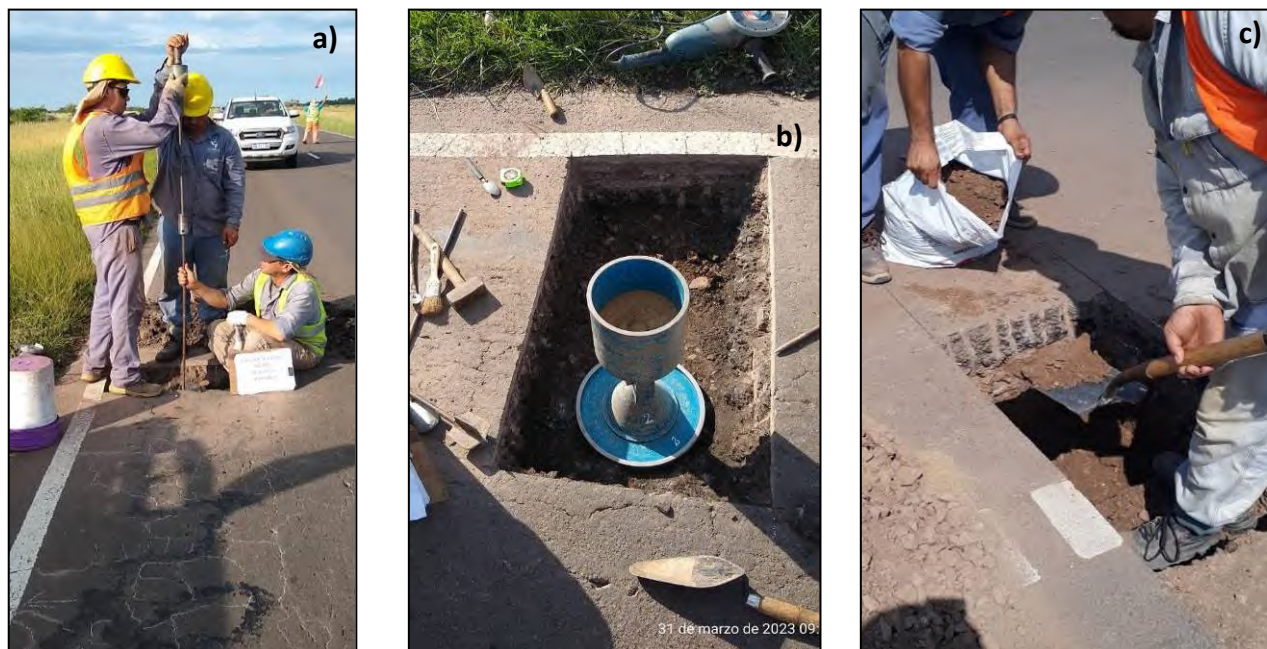


ILUSTRACIÓN II-21. a) ENSAYO DCP - b) DENSIDAD (CONO DE ARENA) - c) TOMA DE MUESTRAS

Calicata Km 887+800 - Carril Ascendente

- La calicata se ubicó dentro de una sección que se identifica por la alternancia de deflexiones moderadas y altas, en relación al conjunto de deformadas medidas del tramo en estudio. Entre Km. 886 y Km 904, se concentra la mayor cantidad de deterioros superficiales identificados a través de fisuras ramificadas, sitios con bordes deformados y bacheos ejecutados.
- El espesor asfáltico registrado fue de 23 cm; pudiéndose reconocer tres capas de 8 cm, 8 cm y 7 cm que, al ser retiradas, muestran integridad y aceptable resistencia a ser removidas dividiéndose en partes de mediano tamaño (Ilustr.II-22a y b).
- Debajo de las capas bituminosas, se observa base de estabilizado granular de 16 cm. de espesor, de color castaño rojizo con proporción de agregados gruesos y suelo areno-limoso, que muestra buena condición de humedad y aspecto compacto (Ilustr.II-22c).

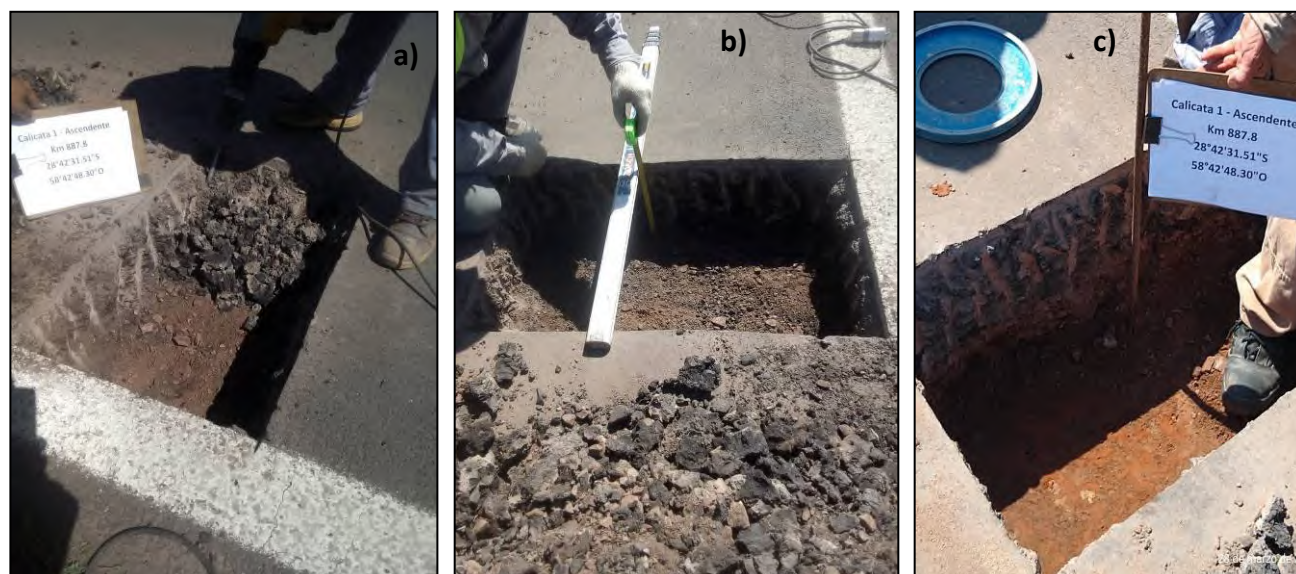


ILUSTRACIÓN II-22. CALICATA KM 887+800 - CARRIL ASCENDENTE - ESPESOR TOTAL CA = 23 cm

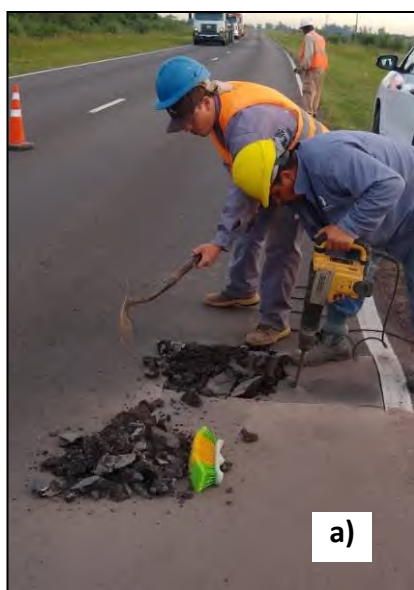
- Como apoyo de la base granular, se suceden en profundidad, capas de suelos de aspecto areno arcillosa, color rojiza de 10 cm. de espesor, y debajo, capa de suelo seleccionado arenoso (Ilustr.II-23a), de color beige claro, con 18 cm. de espesor. Todas estas capas tienen aspecto compacto, según permite ser observado a través del corte nítido de la calicata (Ilustr.II-23b).
- Por debajo y finalmente, capa de suelo compacto color gris oscuro, con cierta mayor humedad al ser descubierto, pero igualmente denso, muestreado mediante barreno.



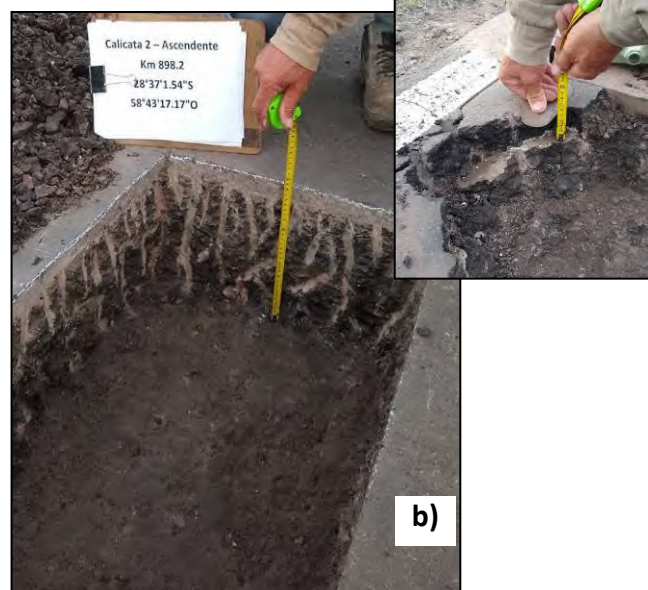
ILUSTRACIÓN II-23. PERFIL CALICATA KM 887+800 (ASC) – CAPAS INFERIORES DE SUELOS

Calicata Km 898+130 - Carril Ascendente

- En este punto, la calicata representa un sector con deflexiones altas, de las mayores del tramo en estudio que queda identificado entre km. 892 y 904 donde, al igual que en la calicata anterior, se concentra la mayor cantidad de deterioros en forma de fisuras ramificadas, sitios con bordes deformados y bacheos ejecutados.
- En la zona de ejecución de la calicata el borde se encuentra deformado (Ilustr.II-24a) y se miden allí 25 mm de desplazamiento de la capa de rodamiento. Se observan también finas fisuras ramificadas formando mallas cerradas en la huella externa.



a)



b)

ILUSTRACIÓN II-24. CALICATA KM 898+130 - CARRIL ASCENDENTE –ESPESOR TOTAL CA = 29 CM

a) DESPLAZAMIENTO DE BORDE - b) INTEGRACIÓN DEL ESPESOR TOTAL DE CAPAS ASFÁLTICAS

- Las capas asfálticas suman 29 cm de espesor total, compuestas en espesores parciales sucesivos con la actual capa de rodamiento (capa superior) de 5 cm de espesor. El conjunto muestra aspecto compacto y buena adherencia entre capas (Ilustr.II-24b). Se lo retira formando bloques medianos conformados por partes de dos o más capas.
- Debajo de las capas asfálticas, la capa de base resulta de suelo arcillo-arenoso con muestra de cierta humedad contenida, aunque en apariencia, compacto. Se lo distingue por su coloración gris-verdosa (Ilustr.II-25a y b) y registra 15 cm. de espesor. Se destaca entonces que, debajo de las capas de mezclas de concreto asfáltico, no existe una capa de base de estabilizado granular (como “a priori” se pensaba encontrar), sino que en esta posición, se encuentra esta capa de suelo con aspecto arcilloso.



ILUSTRACIÓN II-25. CALICATA KM 898+130 - CARRIL ASCENDENTE

a) ENSAYO “CONO DE ARENA” S/BASE DE SUELO - b) PERFIL DE CAPAS DE SUELOS EN PROFUNDIDAD, VISTA DE LA BASE DE SUELO GRIS VERDOSOSO

- Debajo de la base, prosiguen capas de suelos de aspecto arcillo arenoso de 15 y 20 cm. de espesor que se distinguen visualmente por su coloración beige claro y marrón oscuro (Ilustr.II-25b). Se observan compactas y sin humedad en exceso. Con barreno se retira muestra de suelo de la capa ubicada inferiormente, de aspecto más plástico y con más humedad, de color gris oscuro.

Calicata Km 911+000 - Carril Descendente

- Esta calicata es representativa del sector del tramo en estudio de deflexiones más bajas y mayores radios de curvatura. En superficie, se observan solo algunos bacheos ejecutados y sí, fisuras formando malla cerrada en huellas con necesidad de saneamiento y otras todavía lineales, principalmente en sentido transversal a la calzada (Ilustr.II-26a) con y sin sellos asfálticos.
- En el espesor total asfáltico de 25 cm, se los advierte compuesto por capas superpuestas de 4 a 6 cm. de espesor parcial (Ilustr.II-26b), con buena adherencia en las correspondientes interfaces de contacto entre las mismas. Pueden observarse indicios en cuanto a que la fisura transversal vista en la superficie de rodamiento interesa el conjunto de capas bituminosas (Ilustr.II-26c).

- Debajo, la capa de apoyo de estabilizado granular de coloración rojiza, se descubre con gálibo conservado, sin deformación apreciable (Ilustr.II-26c) y 17 cm de espesor. En su composición se detectan suelos areno limosos y agregados pétreos de hasta 1 1/2". Presenta buen aspecto visual.

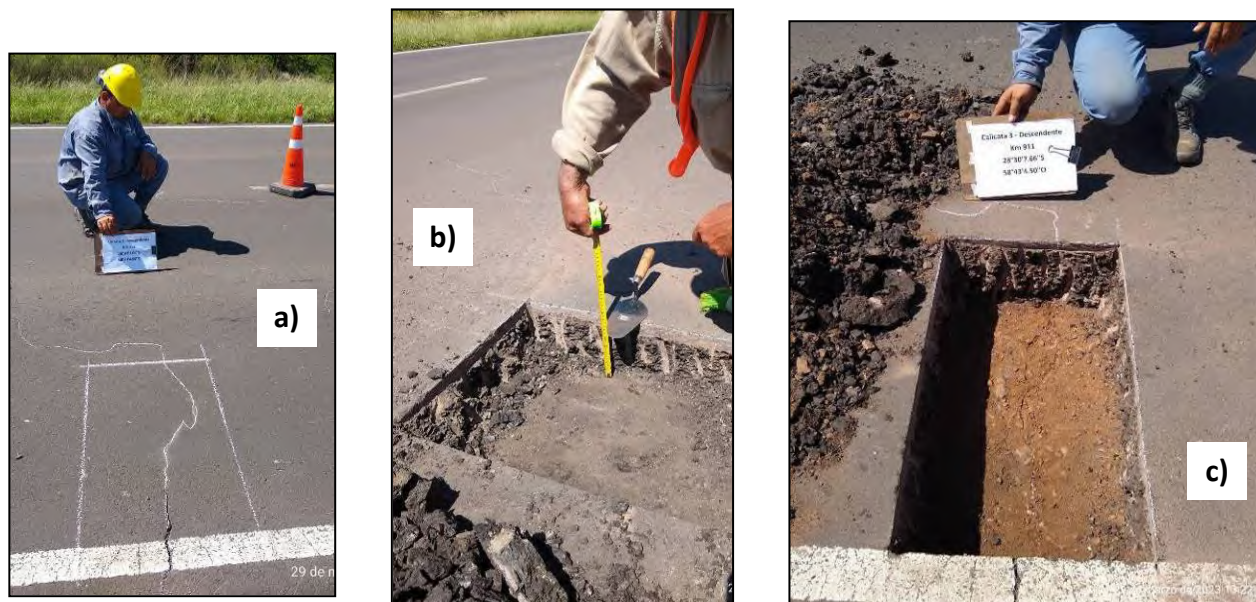


ILUSTRACIÓN II-26. CALICATA KM 911 - CARRIL DESCENDENTE

**a) FISURA EN ZONA DE CALICATA - b) ESPESOR ASFÁLTICO PARCIAL - c) ESPESOR TOTAL
ASFÁLTICO 25 CM Y BASE ESTABILIZADO GRANULAR COLORACIÓN ROJIZA**

- Debajo de la base granular, rojiza, capas de suelos de aspecto compacto y coloraciones gris verdoso y gris verdoso oscuro, conforman sub bases de 17 cm. de espesor cada una (Ilustr.II-27a). inferiormente el suelo posee color gris oscuro, y aspecto algo arcilloso (esta última capa se muestrea con barreno). En todos los casos se aprecian suelos de aspectos areno-limosos o areno-arcillosos que pueden ser observados en corte de la pared de la calicata (Ilustr.II-27b).



ILUSTRACIÓN II-27. CALICATA KM 911 - CARRIL DESCENDENTE

a) “CONO DE ARENA” S/SUB BASE DE SUELOS - b) PERFIL DE CAPAS DESCUBIERTAS

Calicata Km 922+350 - Carril Ascendente

- Se trata de un sector del tramo en estudio donde también los registros de deflexiones son de los más elevados. En superficie la calzada muestra sectores con fisuración extendida formando mallas cerradas (Tipo 6, según catálogo fallas D.N.V., con sellos asfálticos que sólo las cubren mínimamente), sitios con desplazamiento en el borde de calzada, y no se observan bacheos ejecutados.
- El lugar de la calicata resume los deterioros señalados: fisuras formando entramados tipo mallas y proximidad a un desplazamiento de borde (Ilustr.II-28a y b).
- Concreto asfáltico 21 cm
- La base es una capa de estabilizado granular compuesto por una mezcla rojiza de agregados pétreos y suelo areno-limoso, mostrando buen aspecto al ser removida durante la calicata y 15 cm de espesor total (Ilustr.II-28c y 29a).
- Debajo, se distinguen dos capas de suelos de base arenosa con algo de plasticidad que conforman dos capas de 15 cm cada una que se advierten visualmente a partir de su coloración grisácea y gris verdosa, respectivamente en profundidad. Por último, el suelo resulta arcilloso, verdoso más oscuro, moldeable con los dedos de la mano (plástico) y se toma muestra con barreno (Ilustr.II-29b).



ILUSTRACIÓN II-28. CALICATA KM 922+350 - CARRIL ASCENDENTE

**a) FISURACIÓN Y DEFORMACIÓN DE BORDE -b) FISURAS FORMANDO MALLADOS/ENSAYO D.C.P.
- c) ENSAYO DE “CONO DE ARENA” S/ BASE GRANULAR**



ILUSTRACIÓN II-29. KM 922+350 - CARRIL ASCENDENTE

a) DENSIDAD DE CAPAS DE SUELOS -b) BARRENO CON SUELO PLÁSTICO PROFUNDO.

Calicata Km 934+200 - Carril Ascendente

- Esta calicata se realiza hacia el final del tramo en estudio, sector donde las deflexiones se ubican en rango de valores moderados. En superficie, se presentan fisuras con ramificación en la zona de las huellas, desplazamientos importantes de los bordes (Ilustr.II-30a) y pocos puntos con bacheos ejecutados.
- La apertura de esta calicata muestra el espesor de total de capas asfálticas de 20 cm que apoyan sobre base de estabilizado granular de 18 cm de espesor (Ilustr.II-30b). Esta capa de base granular de coloración rojiza, se observa compuesta por agregados pétreos de hasta 1 ½" y suelo areno-limoso integrando la mezcla.
- La capa de sub base de 15 cm de suelo algo arcilloso, con humedad contenida aunque no en exceso que, en razón de ello, resalta por su brillo su coloración gris verdosa (Ilustr.II-31a y 31b). Esta condición vista en la sub base descubierta, es particularmente diferente respecto a lo observado en todas las calicatas anteriores.



ILUSTRACIÓN II-30. CALICATA KM 934+200 - CARRIL ASCENDENTE

a) DEFORMACIONES DE BORDE Y FISURAS FORMANDO MALLAS - b) ESPESOR TOTAL ASFÁLTICO 20 CM Y BASE ESTABILIZADO GRANULAR COLORACIÓN ROJIZA



ILUSTRACIÓN II-31. CALICATA KM 934+200 - CARRIL ASCENDENTE

a) SUB BASE DE SUELOS ARCILLOSOS –HUMEDAD CONTENIDA - b) PERFIL DE CAPAS PAVIMENTO

II.4.2.4. Determinaciones realizadas y ensayos de laboratorio sobre las muestras extraídas

En cada uno de los **testigos asfálticos** extraídos se efectuó la identificación y medición de los espesores de las capas asfálticas, según

En cada **calicata** se realizó:

- Medición de espesores e identificación de capas asfálticas.
- Ejecución de ensayos DCP luego de retiradas las capas asfálticas.
- Densidad “in situ” según el método del cono de arena, en las capas no asfálticas halladas.
- Obtención de muestras de capas no asfálticas (granulares y de suelos), en cantidad acorde para ensayos.

Sobre estas muestras de materiales granulares y de suelos, extraídas de cada **calicata** se efectuaron las siguientes determinaciones y ensayos de laboratorio:

- Límite Líquido y Límite Plástico / Índice Plástico (VN-E2-65 y VN-E3-65).
- Granulometría (VN-E1-65 y VN-E7-65).
- Clasificación de suelos HRB (IG) (VN-E4-84).
- Humedad natural.

- Contenido de sales solubles y sulfatos (VN-E18-89).
- Ensayo de compactación Proctor (VN-E5-93).
- Ensayo de Valor Soporte Relativo (VN-E6-84).

En las Ilustración II-32 y II-33 se presenta un resumen de los resultados de los ensayos realizados sobre las muestras granulares y de suelos, extraídas de las calicatas.

Prog. (Km)	Profundid. manto (m)	Granulometría			Plasticidad			HRB(IG)	H _{natural} (%)	D _{natural} (kg/dm ³)	Sales solubles y sulfatos
		Pasa #10 (%)	Pasa #40 (%)	Pasa #200 (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)				
887+800 Ascend.	0,23-0,39	29	21	5	-	-	NP	A-1-a(0)	2,9	2,118	NF
	0,39-0,49	99	91	22	-	-	NP	A-2-4(0)	4,6	1,833	NF
	0,49-0,67	100	94	12	-	-	NP	A-2-4(0)	5,1	1.851	NF
	0,67-1,00	100	99	77	-	-	NP	A-4(0)	15,4	-	NF
898+130 Ascend.	0,29-0,44	100	96	49	45,0	15,5	29,5	A-7-6(10)	14,7	1.,813	NF
	0,44-0,65	100	90	53	38,1	14,6	23,5	A-6(9)	15,4	1,847	NF
	0,65-0,81	100	87	53	37,1	13,0	24,1	A-6(9)	15,9	1,809	NF
	0,81-1,10	100	99	78	39,7	12,5	27,2	A-6(9)	17,5	-	NF
911+000 Descend.	0,25-0,42	39	29	9	-	-	NP	A-1-a(0)	4,3	2,255	NF
	0,42-0,59	100	87	18	-	-	NP	A-2-4(0)	7,8	1,824	NF
	0,59-0,75	98	90	24	16,9	12,2	4,7	A-2-4(0)	6,4	1,957	NF
	0,75-1,10	99	96	65	21,5	11,7	9,8	A-4(3)	11,9	-	NF
922+350 Ascend	0,21-0,36	40	18	5	-	-	NP	A-1-a(0)	4,2	2,264	NF
	0,36-0,51	100	91	20	-	-	NP	A-2-4(0)	7,0	1,980	NF
	0,51-0,66	100	84	23	-	-	NP	A-2-4(0)	7,6	1,951	NF
	0,66-1,00	99	98	95	39,5	17,3	22,2	A-6(22)	17,3	-	NF
934+200 Ascend	0,20-0,38	36	22	6	-	-	NP	A-1-a(0)	3,1	2,198	NF
	0,38-0,53	100	93	19	-	-	NP	A-2-4(0)	6,4	1,849	NF
	0,53-0,68	100	83	28	20,9	11,7	9,2	A-2-4(0)	9,1	1,833	NF
	0,68-1,10	100	99	77	33,9	13,8	20,1	A-6(13)	15,4	-	NF

ILUSTRACIÓN II-32. RESULTADOS DE ENSAYOS CAPAS GRANULARES Y SUELOS – RN 12

Debajo de las capas asfálticas se registra una capa de granular que clasifica como A-1-a, en espesores de entre 15 y 18 cm, que no acusa plasticidad. En contraposición, la calicata de km 898,130, no observa la capa de base granular citada, sino que en su lugar se encuentra una capa de suelo, que clasifica como A-7-6(10) y en consecuencia, con baja respuesta para esta posición en la estructura.

Por debajo de estas capas a nivel de base, se suceden suelos de naturaleza arenosa y limosa con plasticidades moderadas y cambiantes, según podía advertirse al manipularse las muestras, sucesivamente a lo largo de las progresivas.

Prog. (Km)	Profundid. manto (m)	Granulometría			Plasticidad			HRB(IG)	Ensayo Proctor		Ensayo VSR	
		Pasa #10 (%)	Pasa #40 (%)	Pasa #200 (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)		Hóp (%)	Dsmáx (kg/dm³)	H (%)	VSR (%)
887+800 Ascend.	0,23-0,39	29	21	5	-	-	NP	A-1-a(0)	-	-	-	-
	0,39-0,49	99	91	22	-	-	NP	A-2-4(0)	-	-	-	-
	0,49-0,67	100	94	12	-	-	NP	A-2-4(0)	-	-	-	-
	0,67-1,00	100	99	77	-	-	NP	A-4(0)	-	-	-	-
898+130 Ascend.	0,29-0,44	100	96	49	45,0	15,5	29,5	A-7-6(10)	12,8	1,865	0,04	3,4
	0,44-0,65	100	90	53	38,1	14,6	23,5	A-6(9)	21,2	1,830	0,04	4,8
	0,65-0,81	100	87	53	37,1	13,0	24,1	A-6(9)	17,2	1,856	0,11	3,5
	0,81-1,10	100	99	78	39,7	12,5	27,2	A-6(9)	-	-	-	-
911+000 Descend.	0,25-0,42	39	29	9	-	-	NP	A-1-a(0)	5,1	2,374	0,05	52,0
	0,42-0,59	100	87	18	-	-	NP	A-2-4(0)	6,5	1,956	0,04	8,3
	0,59-0,75	98	90	24	16,9	12,2	4,7	A-2-4(0)	-	-	-	-
	0,75-1,10	99	96	65	21,5	11,7	9,8	A-4(3)	-	-	-	-
922+350 Ascend	0,21-0,36	40	18	5	-	-	NP	A-1-a(0)	5,5	2,390	0,07	46,3
	0,36-0,51	100	91	20	-	-	NP	A-2-4(0)	6,6	2,017	0,04	11,1
	0,51-0,66	100	84	23	-	-	NP	A-2-4(0)	8,6	2,063	0,09	19,0
	0,66-1,00	99	98	95	39,5	17,3	22,2	A-6(22)	-	-	0,10	2,8 (*)
934+200 Ascend	0,20-0,38	36	22	6	-	-	NP	A-1-a(0)	-	-	-	-
	0,38-0,53	100	93	19	-	-	NP	A-2-4(0)	8,7	2,024	0,03	5,2
	0,53-0,68	100	83	28	20,9	11,7	9,2	A-2-4(0)	-	-	-	-
	0,68-1,10	100	99	77	33,9	13,8	20,1	A-6(13)	-	-	-	-

(*) moldeado a Humedad Natural

ILUSTRACIÓN II-33. RESULTADOS DE ENSAYOS CAPAS GRANULARES Y SUELOS – RN 12

En ANEXO H - ENSAYOS DE LABORATORIO, se incluyen las planillas de las mediciones de espesores y ensayos realizados sobre las muestras obtenidas de los testigos asfálticos y de la ejecución de las calicatas de auscultación.

II.5. REQUERIMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO EXISTENTE

II.5.1. METODOLOGÍAS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

El Pliego de Especificaciones Técnicas para Elaboración de Proyectos Ejecutivos (PET) incluido en la documentación de la contratación del Servicio de Consultoría para dicho efecto, establece en el punto 2.1. Consideraciones para el Diseño de las Estructuras de Pavimento, que *“los refuerzos de pavimento se diseñarán empleando la Guía de Diseño AASHTO 1993”* y que *“se deberán verificar mediante la aplicación de otro método alternativo de reconocida utilización en el ámbito vial”*.

Cumplimentando con dicho requerimiento el diseño de las obras de rehabilitación del pavimento se desarrolló siguiendo los lineamientos de la **AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993**, y se verificaron mediante una metodología mecanicista-empírica, de valoración de tensiones y deformaciones a través del software **BackViDe**, desarrollado por el Dr. O. Giovanon, en el Laboratorio Vial del IMAE, UNR.

II.5.2. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO EXISTENTE

En función de los resultados de los relevamientos realizados (calado de testigos asfálticos, ejecución de calicatas, ensayos DCP y ensayos de laboratorio), se adoptaron los paquetes estructurales que muestra la Ilustración II-34, para su aplicación en los cálculos estructurales.

Sectores			Espesores de capas del pavimento existente [cm]				
Desde [Km]	Hasta [Km]	Longitud [Km]	Capas asfálticas	Base de Estabilizado Granular	Base de Suelo	Subbase	Espesor total
880,00	886,11	6,110	28,5	16		20	65
886,11	889,30	3,19	24,0	16		20	60
889,30	892,20	2,90	42,0		15	15	72
892,20	895,60	3,40	27,0		15	15	57
895,60	904,00	8,40	30,0		15	15	60
904,00	918,10	14,10	26,0	16		20	62
918,10	928,60	10,50	22,0	16		20	58
928,60	940,12	11,62	23,0	16		20	59

ILUSTRACIÓN II-34. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO ADOPTADAS

II.5.3. ESTIMACIÓN DE LA SOLICITACIÓN DEL TRÁNSITO

El análisis de la solicitud del tránsito se desarrolló a partir de la información obtenida de las publicaciones anuales de TMDA de la DNV (punto II.2.2. del presente informe).

A los efectos del cálculo del **número de ejes estándar (de 8,16 tn) equivalentes en efecto destructivo** se siguió el procedimiento habitualmente empleado por la Dirección Nacional de Vialidad: considerando los Factores “C” de conversión en efecto destructivo equivalente a ejes de 10 toneladas de dicha repartición y el TMDA acumulado durante el período de diseño.

El cálculo del número de ejes estándar (de 8,16 tn) equivalentes en efecto destructivo resulta de la siguiente expresión:

$$ESAL's_{8,16\text{ tn}} = TMDA \times F_d \times L_d \times 365 \times C_{t_{10\text{ tn}}} \times 2,2$$

Siendo: **F_d**: Factor de direccionalidad del tránsito = 0,6

L_d: Factor de distribución por trocha = 1,0

C_{t_{10 tn}}: Factor combinado para ejes de 10 tn

T: Período de diseño mínimo = 7 años (2.1. Consideraciones para el Diseño de las Estructuras de Pavimento, PLIEGO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS - ELABORACIÓN DE PROYECTOS EJECUTIVOS, OBRAS DE REPAVIMENTACIÓN AÑO 2022. CVSA)

En la tabla de la siguiente Ilustración se representa, a manera de ejemplo, la determinación del Factor Combinado “C_t” para ejes de 10 toneladas, para el tramo: Intersección RN Nº 123 – Acceso a San Roque, Km 871,27 a Km 900,23; a partir de los últimos registros de la página web de DNV, correspondientes al año 2.021.

Categoría de vehículo	% por categoría de vehículo	Tipo de vehículo		% distrib. sobre 100% liv 100% pes	% distr. sobre el total de vehículos	Nº de ejes	Factor “C” (Ejes 10 tn)	Factor combinado “C _t ” (Ejes 10 tn)
		Ejes	DNV					
AUTOS CAMIONETAS	52,6	1-1	LIV	60,0	31,56	2	0,01	0,006
		1-1		40,0	21,04	2	0,01	0,004
ÓMNIBUS	2,4	1-1	BU1	1,53	0,73	2	0,07	0,001
		1-2	BU2	3,53	1,68	3	0,07	0,004
CAMIONES s/ ACOPLADO	6,3	1-1	SA1	12,18	5,78	2	0,6	0,069
		1-2	SA2	1,11	0,53	3	0,38	0,006
CAMIONES c/ ACOPLADO	10,3	1-1-1-1	CA1	2,11	1,00	4	0,6	0,024
		1-1-1-2	CA2	16,46	7,80	5	0,39	0,152
		1-2-1-1	-	-	-	5	0,47	-
		1-2-1-2	CA3	3,22	1,53	6	0,32	0,029

Categoría de vehículo	% por categoría de vehículo	Tipo de vehículo		% distrib. sobre 100% liv 100% pes	% distr. sobre el total de vehículos (1)	Nº de ejes (2)	Factor "C" (Ejes 10 tn) (3)	Factor combinado "Ct" (Ejes 10 tn) (3)=(1)x(2)
		Ejes	DNV					
CAMIONES SEMI REMOLQUE	28,4	1-1-1	SE1	3,96	1,88	3	0,54	0,030
		1-1-2	SE2	29,06	13,78	4	0,45	0,248
		1-1-3	SE3	25,42	12,05	5	0,41	0,247
		1-2-2	-	-	-	5	0,35	-
		1-2-3	SE4	1,42	0,68	6	0,40	0,016
	100			100 -100	100			0,837

ILUSTRACIÓN II-35. EJEMPLO DEL CÁLCULO DEL FACTOR COMBINADO "Ct" PARA EJES DE 10 TN

Ante la importante distorsión del TMDA y la circulación de las cargas de los últimos años, agudizada con la reciente pandemia del año 2020, se procedió al análisis de la solicitud del tránsito en términos de ejes estándar (8,16 tn) equivalentes en efecto destructivo, tanto de la evolución histórica como de su tendencia hasta la fecha.

Conforme a lo que la evolución indica, se considera la tasa mínima de crecimiento de tránsito según se propone adoptar en el punto 2.1. de las Especificaciones para la Elaboración de Proyectos Ejecutivos de Obras de Repavimentación, igual al 3% anual.

En la ilustración a continuación se representa la evolución en el tiempo y la hipótesis de proyección de la solicitud del tránsito, para cada sector de este tramo de estudio, representada en línea de trazo.

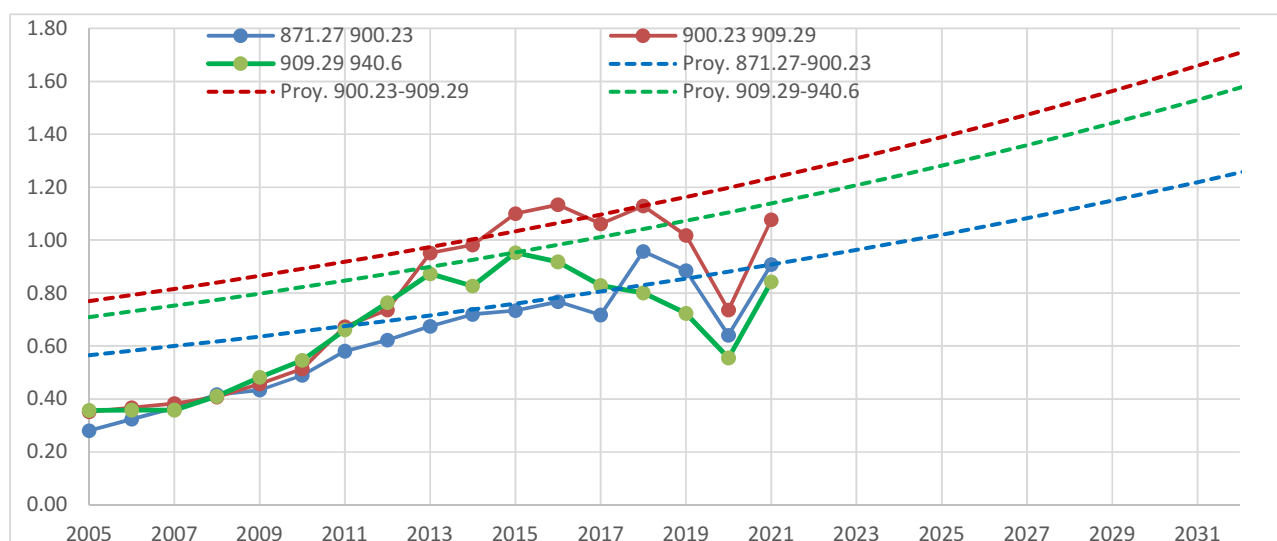


ILUSTRACIÓN II-36. EVOLUCIÓN Y PROYECCIÓN DE LA SOLICITACIÓN DEL TRÁNSITO

Finalmente, y considerando al año 2.024 como año de habilitación, se calculó la solicitud de diseño, en términos de ejes estándar (8,16 tn) equivalentes en efecto destructivo.

DESDE [Km]	HASTA [Km]	DATOS INICIALES							N _{8,2 Tn} x 10 ⁶			
		AÑO	TMDA	CT _{10 Tn}	Fd	Ld	T	i [%]	AÑO INICIO	2.024	2.030	DISEÑO
871,27	900,23	2.021	2.250	0,837	0.6	1	7	3.0	0,91	0,99	1,18	7,60
900,23	909,29	2.018	3.066	0,765	0.6	1	7	3.0	1,13	1,35	1,61	10,33
909,29	940,60	2.015	2.500	0,792	0.6	1	7	3.0	0,95	1,24	1,49	9,53

Para el período de diseño de 7 años, que debe adoptarse para este proyecto (punto 2.1., de las ETP), resultan los valores sombreados y “en negrita”, en la Tabla de la Ilustración II-37.

Vida de diseño (años)	Año calendario	ESAL's _{8,16 tn} x 10 ⁶					
		Km 871,27	Km 900,23	Km 900,23	Km 909,29	Km 909,29	Km 940,60
		Anual	Acum.	Anual	Acum.	Anual	Acum.
1	2.024	0,99	0,99	1,35	1,35	1,24	1,24
2	2.025	1,02	2,01	1,39	2,74	1,28	2,53
3	2.026	1,05	3,06	1,43	4,17	1,32	3,85
4	2.027	1,08	4,15	1,47	5,64	1,36	5,20
5	2.028	1,12	5,26	1,52	7,16	1,40	6,60
6	2.029	1,15	6,41	1,56	8,72	1,44	8,05
7	2.030	1,18	7,60	1,61	10,33	1,49	9,53
8	2.031	1,22	8,82	1,66	11,99	1,53	11,06
9	2.031	1,26	10,07	1,71	13,70	1,58	12,64
10	2.032	0,99	0,99	1,35	1,35	1,24	1,24

ILUSTRACIÓN II-37. TRÁNSITO DE DISEÑO (ESAL'S _{8,16 tn})

II.5.4. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL REFUERZO. AASHTO Guide 1993 (AGDPS93)

Para estimar el requerimiento estructural del pavimento existentes aplicando la **AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993**, Parte III, Capítulo 5, Punto 5.3.3., debe procederse a la determinación del Número Estructural Futuro o Necesario, SNfut o SNnec (necesario) del pavimento, el cual es función del Mr de la subrasante (corregido) y de la solicitud del tránsito sobre el mismo, considerando las hipótesis básicas de diseño, que se indican en la Ilustración II-38, en el punto 2.1. *Consideraciones para el Diseño de las Estructuras de Pavimento* del PET.

Confiabilidad (R)	Factor Confiabilidad (Z _R)	Desviación General Estándar (S _o)	Índice de Serviciabilidad Inicial (PSI _o)	Índice de Serviciabilidad Final [PSI _f]	Pérdida de Serviciabilidad en el período de diseño (ΔPSI)	Factor de corrección del Mr de la subrasante [C]
85 %	-1,037	0,49	4,2	2,5	1,7	0,33

ILUSTRACIÓN II-38. HIPÓTESIS BÁSICAS DE DISEÑO

El requerimiento estructural expresado en términos de espesor de concreto asfáltico requerido (e_{CA}) resulta de la siguiente ecuación:

$$e_{CA} [cm] \times a_{CA} [1/cm] = SN_{nec} - S_{neff}$$

Coefficiente de aporte estructural $a_{CA} = 0,17 \text{ cm}^{-1}$

SN_{nec} : número estructural futuro o necesario

S_{neff} : número estructural efectivo

Esto implica la caracterización previa del pavimento existente a través del **Número Estructural Efectivo (S_{neff})** y del **Módulo Resiliente de la subrasante (M_R)**, a cuyos efectos se siguieron las directivas de la **AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993**, Parte III, Capítulo 5, Punto 5.4.5, Paso 6 (1).

Resolviendo las ecuaciones del método punto a punto, se procedió a graficar el refuerzo requerido para cada lugar del ensayo de deflexión, representado en color rosa en la Ilustración II-39. Este importante muestreo de requerimiento estructural permitió arribar a una interpretación integral del pavimento y a la identificación de lugares con comportamiento diferencial.

Sobre el conjunto de puntos se aplicó el proceso de diferencias acumuladas, caracterizando al conjunto de valores en color rosa oscuro, en términos de percentil 50. Para esta tramificación se consideró como directriz a la solicitud del tránsito, considerando las estructuras que resultaron de los antecedentes y de los relevamientos estructurales; así como los relevamientos superficiales; y finalmente las auscultaciones deflectométricas llevadas a cabo.

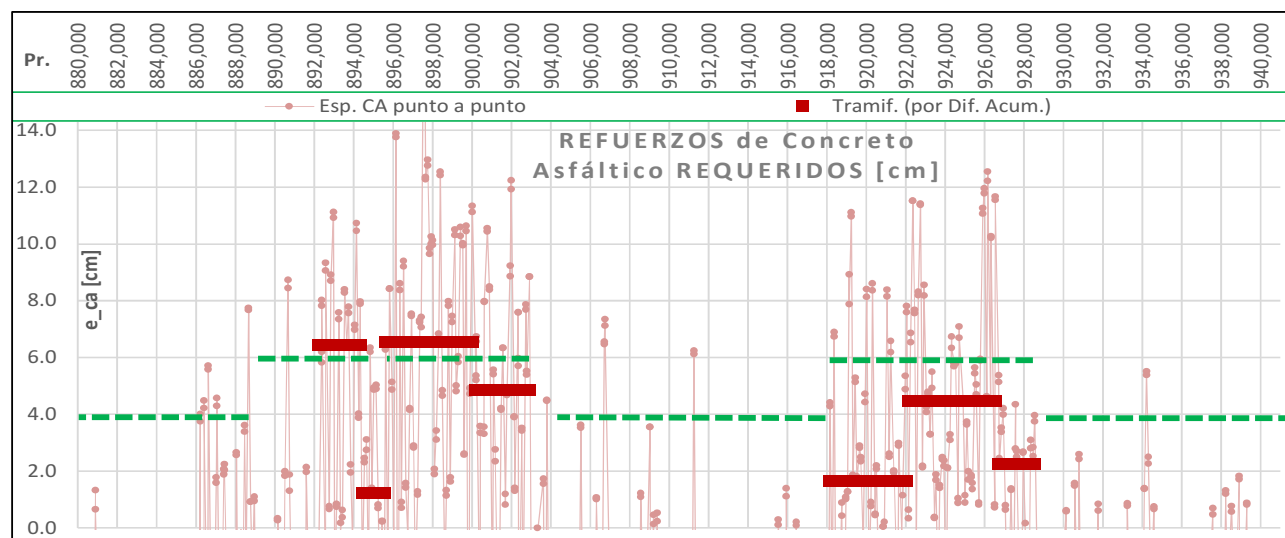


ILUSTRACIÓN II-39. REFUERZOS DE CONCRETO ASFÁLTICO REQUERIDOS PUNTO A PUNTO

Como se desprende de la Ilustración II-39, la dispersión de refuerzos requeridos es muy importante, lo que derivó en adoptar un criterio que permitiera arribar a una cobertura integral y más eficiente de las tareas de rehabilitación, aprovechando la oportunidad de la obra prevista.

De esta manera, la línea a trazos de color verde en la Ilustración II-39 representa la propuesta de espesores de refuerzo que cumpliría con esta consigna.

La Ilustración II-40 resume los parámetros del método que caracterizan a cada sector identificado y la resolución de los requerimientos estructurales en función de la solicitud de diseño.

Sectores			Parámetros característicos							Requerimiento estructural				
Desde [Km]	Hasta [Km]	Long. [Km]	D0 _{carac} [0,001 mm]	RC _{asoc} [m]	Carga aplicada [kgf]	Dn _{asoc} [0,001 mm]	Dist. Dn [cm]	Esp. estr. [cm]	Ep [MPa]	M _{Rcorr} [Mpa]	S _{Neff}	N _{DIS} x 10 ⁶	SN _{nec}	e _{ref} [cm]
880,00	886,11	6,11	199	637	4.016	95	60	65	994	55,4	5,96	7,597	4,57	-
886,11	889,30	3,19	336	380	4.015	139	60	60	568	38,0	4,60	7,597	5,19	3,45
889,30	895,60	6,30	336	364	4.110	183	60	57	670	29,6	4,62	7,597	5,62	5,89
895,60	904,00	8,40	348	393	3.986	169	60	60	598	31,0	4,68	10,334	5,78	6,46
904,00	918,10	14,10	291	661	3.917	197	60	62	865	26,2	5,47	10,334	6,09	3,65
918,10	928,60	10,50	325	475	3.980	168	60	58	680	31,1	4,72	9,532	5,71	5,81
928,60	940,12	11,52	296	391	4.126	133	60	59	665	40,9	4,77	9,532	5,23	2,71

ILUSTRACIÓN II-40. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS Y REQUERIMIENTO ESTRUCTURAL (GDA93)

Los valores seleccionados para caracterizar cada sector de análisis resultan superiores a los medios que recomienda la metodología de diseño; criterio adoptado a efectos de cubrir la dispersión que arroja el análisis del requerimiento estructural y conforme, además, con las observaciones en cuanto a las condiciones de deterioro superficial.

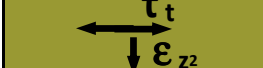
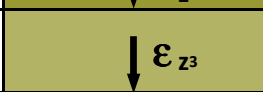
En consecuencia del análisis practicado, y a los fines de una expectativa de vida de diseño de 7 años, los requerimientos estructurales que la calzada demanda, se consignan en la siguiente tabla de espesores de refuerzo:

Sectores			Espesores de refuerzo (capas de mezcla asfáltica) [m]
Desde [Km]	Hasta [Km]	Longitud [Km]	
880,00	886,11	6,11	Espesor mínimo (0,04 m)
886,11	889,30	3,19	0,04
889,30	895,60	6,30	0,06
895,60	904,00	8,40	0,06
904,00	918,10	14,10	0,04
918,10	928,60	10,50	0,06
928,60	940,12	11,40	Espesor mínimo (0,04 m)

ILUSTRACIÓN II-41. ESPESORES DE REFUERZO PARA LA REHABILITACIÓN

II.5.5. VERIFICACIÓN MEDIANTE UNA METODOLOGÍA MECANICISTA-EMPÍRICA (BACKVIDE)

El diseño estructural en esta metodología de cálculo, considera un modelo multicapa del pavimento, en el cual cada capa queda caracterizada por sus parámetros geométricos y elásticos: espesor (h), módulo de deformación (E) y coeficiente de Poisson (μ). En la Ilustración II-42 se representa un esquema conceptual del modelo estructural de un pavimento.

Capa Asfáltica		$E_1 ; h_1$
Base (no asfáltica)		$E_2 ; h_2$
Subbase		$E_3 ; h_3$
Subrasante		E_{SUBR}

Donde: E_1, E_2, E_3, E_{SUBR} : módulos de deformación de cada capa.

h_1, h_2, h_3 : espesores de las capas.

ϵ_t : deformación específica a tracción en la fibra inferior de la capa asfáltica.

ϵ_z : deformación específica de compresión en la superficie de la sub base y la subrasante.

τ_t : tensión tracción por flexión en capas con ligantes hidráulicos.

ILUSTRACIÓN II-42. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL MODELO ESTRUCTURAL

Este esquema conceptual se relaciona con el criterio de fatiga de los materiales viales, reconociendo que el deterioro de un pavimento se produce por la acción reiterada de un número importante de cargas, de menor valor que una carga única que produzca la rotura del material.

Así definida la estructura del pavimento, el programa de cálculo permite valorar deformaciones y tensiones críticas en diferentes puntos singulares de la estructura, a saber: deformaciones de tracción en las fibras inferiores de las capas asfálticas (falla por fisuración); deformaciones de compresión sobre las capas no ligadas (fallas por deformación permanente), como así también tensiones de tracción por flexión en las capas con ligantes hidráulicos (Ilustración II-44).

Para cada uno de estos puntos singulares, el software realiza una comparación entre la tensión o deformación calculada y la que resulta de las correspondientes leyes de falla propias de cada material, obteniendo el número de reiteraciones de ejes estándar admisibles (**Nadm**), tolerables por cada capa del pavimento hasta alcanzar el deterioro límite o deterioros no admisibles.

Conocidas las solicitaciones del tránsito en términos de ejes estándar equivalentes en efecto destructivo (**ESAL's_{8,16tn}**), por comparación con la cantidad de ejes estándar admisibles (**Nadm**) se determina el espesor de refuerzo necesario o se estima la expectativa de vida o vida útil de una determinada estructura propuesta. Como el análisis se realiza para cada una de las capas que

conforman la estructura, el espesor de refuerzo o la vida útil de la estructura en su conjunto quedarán determinados por aquella capa constitutiva que demande el mayor espesor de refuerzo o que presente la menor expectativa de vida (Ilustración II-43).

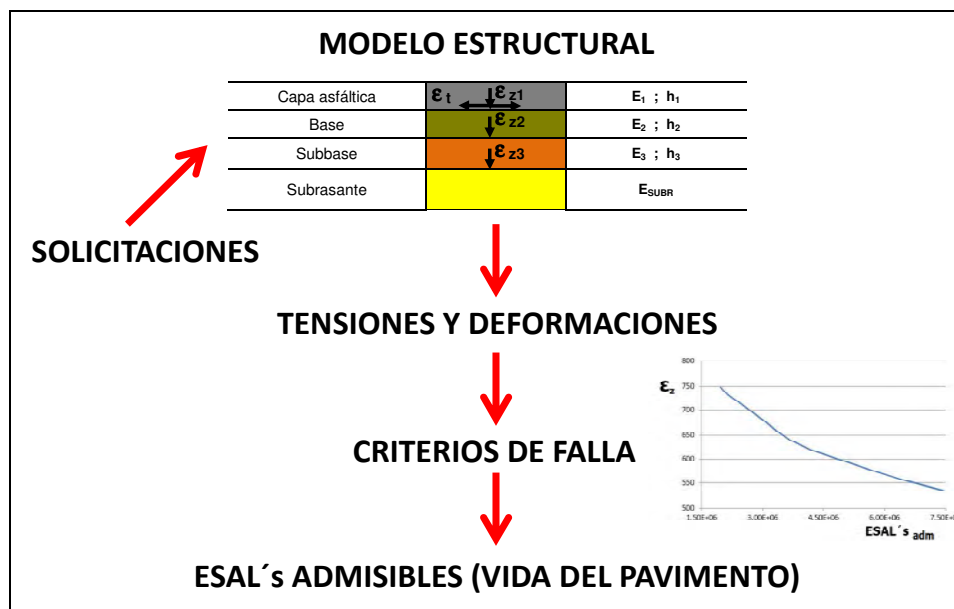


ILUSTRACIÓN II-43. ESQUEMA DE CÁLCULO MECANICISTA-EMPÍRICO

Los módulos de deformación asumidos para cada capa del pavimento se adoptaron a partir de los resultados del proceso de retrocálculo modular aplicando la funcionalidad del software BackViDe que permite efectuar retrocálculo modular, backcalculation, en sistemas elásticos multicapa

En el caso de las mezclas asfálticas se tuvieron en cuenta las curvas maestras características, las condiciones de servicio de las mismas (temperatura y frecuencia); como así también la composición volumétrica y el tipo de asfalto empleado en las mismas, para la definición de las leyes de falla.

En la Ilustración II-44, se presentan los resultados de la verificación estructural efectuada siguiendo la metodología mecanicista-empírica descripta, para cada sector de estudio.

Los resultados del proceso de retrocálculo y la sensibilidad del diseño por este método de análisis, puede verse en el ANEXO I. RESULTADOS METODOLOGÍA MECANICISTA - EMPÍRICA (BackViDe) de este documento.

ANEXO CAPITULO 4

Adjuntamos imágenes del Software para el cálculo de paquete estructural

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento

☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)

85 % Zr=-1.037

So 0.44

Serviciabilidad inicial y final

PSI inicial 4.2

PSI final 2.5

Módulo resiliente de la subrasante

Mr 4400 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 = 10500000

☐ Calcular W18

Número Estructural

SN = 5.71

Observaciones

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)									
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.									
Tipo de Pavimento ☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido	Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 85 % $Z_r = -1.037$ So 0.44								
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 4.2 PSI final 2.5	Módulo resiliente de la subrasante Mr 4400 psi								
Información adicional para pavimentos rígidos <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)</td> <td> </td> <td>Coeficiente de transmisión de carga - (J)</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)</td> <td> </td> <td>Coeficiente de drenaje - (Cd)</td> <td> </td> </tr> </table>		Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)		Coeficiente de transmisión de carga - (J)		Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)		Coeficiente de drenaje - (Cd)	
Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)		Coeficiente de transmisión de carga - (J)							
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)		Coeficiente de drenaje - (Cd)							
Tipo de Análisis ☒ Calcular SN ☐ Calcular W18 W18 = 12000000	Número Estructural SN = 5.81								
Observaciones									

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)									
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.									
Tipo de Pavimento ☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido	Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 85 % $Z_r = -1.037$ So 0.44								
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 4.2 PSI final 2.5	Módulo resiliente de la subrasante Mr 4900 psi								
Información adicional para pavimentos rígidos <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)</td> <td> </td> <td>Coeficiente de transmisión de carga - (J)</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)</td> <td> </td> <td>Coeficiente de drenaje - (Cd)</td> <td> </td> </tr> </table>		Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)		Coeficiente de transmisión de carga - (J)		Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)		Coeficiente de drenaje - (Cd)	
Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)		Coeficiente de transmisión de carga - (J)							
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)		Coeficiente de drenaje - (Cd)							
Tipo de Análisis ☒ Calcular SN ☐ Calcular W18 W18 = 10800000	Número Estructural SN = 5.54								
Observaciones									

Tablas de coeficientes para los estados de calzada

Tabla 11.1
Valores sugeridos del coeficiente estructural para capas de pavimentos deteriorados

Material	Condición de superficie	Coeficiente (pulg ⁻¹)
Concreto asfáltico	Muy poca piel de cocodrilo y/o fisuras transversales de baja severidad	0,35-0,40
	<10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <5% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,25-0,35
	>10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o 5-10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,20-0,30
	>10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,14-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de alta severidad	0,20-0,35
Base estabilizada	Muy poca piel de cocodrilo y/o fisuras transversales de baja severidad	0,20-0,35
	<10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <5% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,15-0,25
	>10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o 5-10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,15-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,10-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de alta severidad	0,08-0,15
Base o sub base granular	Sin evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos	0,10-0,14
	Alguna evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos	0,00-0,10

Cálculo de coeficiente a1

Calculo de SN necesario para la banquina

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento

☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)

85 % $Z_r=-1.037$ So 0.44

Serviciabilidad inicial y final

PSI inicial 4.2 PSI final 2.2

Módulo resiliente de la subrasante

Mr 7500 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)

Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)

Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis

☒ Calcular SN $W_{18} = 240000$
☐ Calcular w_{18}

Número Estructural

SN = 2.59

Observaciones

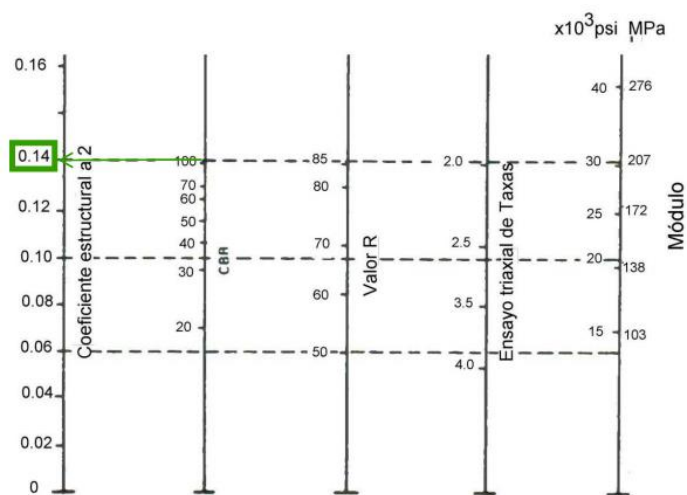
Calcular

Salir

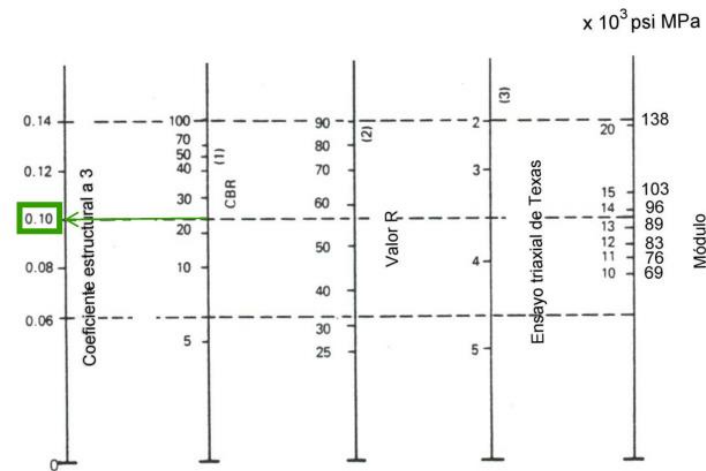
CER	MR	Ensayo triaxial de Taxis (x10 ³ psi MPa)
0.16	100	276
0.14	70	207
0.12	50	172
0.108	100	276
0.10	70	138
0.08	50	103
0.06	30	103

Relación entre el coeficiente estructural para base granular y distintos parámetros resistentes.

168



Relación entre el coeficiente estructural para base granular y distintos parámetros resistentes.



Relación entre el coeficiente estructural para subbase granular y distintos parámetros resistentes.

ANEXO CAPITULO 5

5.8 Porcentajes para conformación de hietograma.

			día 1	día 2	día 3
25/10/1978 09:00	62	119	% 52.10%	46.22%	1.68%
26/10/1978 09:00	55				
27/10/1978 09:00	2				
17/11/1978 09:00	101	112	90.18%	8.93%	0.89%
18/11/1978 09:00	10				
19/11/1978 09:00	1				
17/07/1978 09:00	44	58	75.86%	17.24%	6.90%
18/07/1978 09:00	10				
19/07/1978 09:00	4				
24/10/1979 09:00	72	153	47.06%	0.00%	52.94%
25/10/1979 09:00	0				
26/10/1979 09:00	81				
17/11/1979 09:00	142	150	94.67%	4.67%	0.67%
18/11/1979 09:00	7				
19/11/1979 09:00	1				
07/03/1979 09:00	45	94	47.87%	2.13%	50.00%
08/03/1979 09:00	2				
09/03/1979 09:00	47				
12/06/1980 09:00	190	272	69.85%	29.41%	0.74%
13/06/1980 09:00	80				
14/06/1980 09:00	2				
30/05/1980 09:00	100		96.15%	2.88%	0.96%

31/05/1980 09:00	3	104	9.00%	12.00%	79.00%
01/06/1980 09:00	1				
08/05/1980 09:00	9				
09/05/1980 09:00	12	100	94.24%	5.24%	0.52%
10/05/1980 09:00	79				
26/10/1981 09:00	180				
27/10/1981 09:00	10	191	36.67%	36.67%	26.67%
28/10/1981 09:00	1				
28/02/1981 09:00	55				
01/03/1981 09:00	55	150	90.91%	7.79%	1.30%
02/03/1981 09:00	40				
16/11/1981 09:00	70				
17/11/1981 09:00	6	77	98.59%	0.47%	0.94%
18/11/1981 09:00	1				
02/11/1982 09:00	210				
03/11/1982 09:00	1	213	88.24%	10.59%	1.18%
04/11/1982 09:00	2				
08/06/1982 09:00	75				
09/06/1982 09:00	9	85	53.01%	44.58%	2.41%
10/06/1982 09:00	1				
10/02/1982 09:00	44				
11/02/1982 09:00	37	83	98.39%	0.00%	1.61%
12/02/1982 09:00	2				
27/02/1983 09:00	122				
28/02/1983 09:00	0	124			
01/03/1983 09:00	2				

02/05/1983 09:00	97	109	88.99%	11.01%	0.00%
03/05/1983 09:00	12				
04/05/1983 09:00	0				
15/02/1983 09:00	102	106	96.23%	2.83%	0.94%
16/02/1983 09:00	3				
17/02/1983 09:00	1				
26/03/1985 09:00	50	105	47.62%	47.62%	4.76%
27/03/1985 09:00	50				
28/03/1985 09:00	5				
16/04/1985 09:00	89	96	92.71%	1.04%	6.25%
17/04/1985 09:00	1				
18/04/1985 09:00	6				
10/02/1985 09:00	87	90	96.67%	1.11%	2.22%
11/02/1985 09:00	1				
12/02/1985 09:00	2				
06/11/1986 09:00	151	236.5	63.85%	0.21%	35.94%
07/11/1986 09:00	0.5				
08/11/1986 09:00	85				
30/06/1986 09:00	199	201.5	98.76%	0.74%	0.50%
01/07/1986 09:00	1.5				
02/07/1986 09:00	1				
13/04/1986 09:00	110	112	98.21%	0.89%	0.89%
14/04/1986 09:00	1				
15/04/1986 09:00	1				
22/04/1987 09:00	129		97.73%	1.52%	0.76%
23/04/1987 09:00	2				

24/04/1987 09:00	1	132			
25/03/1987 09:00	109		96.46%	2.65%	0.88%
26/03/1987 09:00	3				
27/03/1987 09:00	1	113			
03/11/1987 09:00	70		66.04%	8.49%	25.47%
04/11/1987 09:00	9				
05/11/1987 09:00	27	106			
28/03/1988 09:00	84		60.43%	3.60%	35.97%
29/03/1988 09:00	5				
30/03/1988 09:00	50	139			
30/04/1988 09:00	19		19.59%	3.09%	77.32%
01/05/1988 09:00	3				
02/05/1988 09:00	75	97			
26/04/1988 09:00	38		46.91%	49.38%	3.70%
27/04/1988 09:00	40				
28/04/1988 09:00	3	81			
26/10/1989 10:00	182		99.18%	0.54%	0.27%
27/10/1989 10:00	1				
28/10/1989 10:00	0.5	183.5			
19/01/1989 10:00	73		55.73%	41.98%	2.29%
20/01/1989 10:00	55				
21/01/1989 10:00	3	131			
22/06/1989 09:00	85		77.27%	18.18%	4.55%
23/06/1989 09:00	20				
24/06/1989 09:00	5	110			
11/11/1990 10:00	105		60.00%	39.43%	0.57%

12/11/1990 10:00	69			
13/11/1990 10:00	1	175		
04/04/1990 09:00	62		38.75%	3.13% 58.13%
05/04/1990 09:00	5			
06/04/1990 09:00	93	160		
16/04/1990 09:00	107		97.27%	0.91% 1.82%
17/04/1990 09:00	1			
18/04/1990 09:00	2	110		
24/01/1991 10:00	95		95.00%	2.00% 3.00%
25/01/1991 10:00	2			
26/01/1991 10:00	3	100		
07/04/1991 09:00	91		95.79%	2.11% 2.11%
08/04/1991 09:00	2			
09/04/1991 09:00	2	95		
25/11/1991 10:00	70		77.78%	20.00% 2.22%
26/11/1991 10:00	18			
27/11/1991 10:00	2	90		
25/10/1992 10:00	159		96.36%	0.61% 3.03%
26/10/1992 10:00	1			
27/10/1992 10:00	5	165		
05/04/1992 09:00	115		94.26%	1.64% 4.10%
06/04/1992 09:00	2			
07/04/1992 09:00	5	122		
09/03/1992 09:00	33		28.70%	34.78% 36.52%
10/03/1992 09:00	40			
11/03/1992 09:00	42	115		

12/11/1993 09:00	90		48.65%	50.81%	0.54%
13/11/1993 09:00	94				
14/11/1993 09:00	1	185			
04/12/1993 09:00	85		48.43%	0.28%	51.28%
05/12/1993 09:00	0.5				
06/12/1993 09:00	90	175.5			
09/03/1993 09:00	26		18.44%	0.71%	80.85%
10/03/1993 09:00	1				
11/03/1993 09:00	114	141			
15/06/1994 09:00	51		41.46%	38.21%	20.33%
16/06/1994 09:00	47				
17/06/1994 09:00	25	123			
16/02/1994 09:00	60		52.17%	46.96%	0.87%
17/02/1994 09:00	54				
18/02/1994 09:00	1	115			
02/02/1994 09:00	41		50.62%	1.23%	48.15%
03/02/1994 09:00	1				
04/02/1994 09:00	39	81			
07/02/1995 09:00	53		30.64%	12.14%	57.23%
08/02/1995 09:00	21				
09/02/1995 09:00	99	173			
27/07/1995 09:00	107		76.98%	21.58%	1.44%
28/07/1995 09:00	30				
29/07/1995 09:00	2	139			
22/02/1995 09:00	29		26.13%	72.97%	0.90%
23/02/1995 09:00	81				

24/02/1995 09:00	1	111			
03/04/1996 09:00	202		92.66%	0.92%	6.42%
04/04/1996 09:00	2				
05/04/1996 09:00	14	218			
08/02/1996 09:00	75		48.08%	32.69%	19.23%
09/02/1996 09:00	51				
10/02/1996 09:00	30	156			
24/09/1996 09:00	27		18.88%	37.06%	44.06%
25/09/1996 09:00	53				
26/09/1996 09:00	63	143			
05/02/1997 09:00	157		56.27%	43.37%	0.36%
06/02/1997 09:00	121				
07/02/1997 09:00	1	279			
12/12/1997 09:00	99		57.89%	40.94%	1.17%
13/12/1997 09:00	70				
14/12/1997 09:00	2	171			
09/10/1997 09:00	56		53.33%	45.71%	0.95%
10/10/1997 09:00	48				
11/10/1997 09:00	1	105			
13/04/1998 09:00	176		54.15%	26.15%	19.69%
14/04/1998 09:00	85				
15/04/1998 09:00	64	325			
21/04/1998 09:00	260		91.07%	0.18%	8.76%
22/04/1998 09:00	0.5				
23/04/1998 09:00	25	285.5			
08/03/1998 09:00	112.5		51.25%	10.02%	38.72%

09/03/1998 09:00	22			
10/03/1998 09:00	85	219.5		
14/02/1999 09:00	99		97.06%	0.98% 1.96%
15/02/1999 09:00	1			
16/02/1999 09:00	2	102		
18/03/1999 09:00	38		42.70%	1.12% 56.18%
19/03/1999 09:00	1			
20/03/1999 09:00	50	89		
02/04/1999 09:00	65		79.27%	18.29% 2.44%
03/04/1999 09:00	15			
04/04/1999 09:00	2	82		
17/01/2000 09:00	124		80.00%	18.71% 1.29%
18/01/2000 09:00	29			
19/01/2000 09:00	2	155		
16/04/2000 09:00	85		59.86%	38.73% 1.41%
17/04/2000 09:00	55			
18/04/2000 09:00	2	142		
29/11/2000 09:00	61		55.96%	41.28% 2.75%
30/11/2000 09:00	45			
01/12/2000 09:00	3	109		
16/03/2001 09:00	21		16.28%	75.19% 8.53%
17/03/2001 09:00	97			
18/03/2001 09:00	11	129		
22/03/2001 09:00	74		60.16%	5.69% 34.15%
23/03/2001 09:00	7			
24/03/2001 09:00	42	123		

25/11/2001 09:00	72		84.71%	10.59%	4.71%
26/11/2001 09:00	9				
27/11/2001 09:00	4	85			
09/10/2002 09:00	63		28.90%	44.95%	26.15%
10/10/2002 09:00	98				
11/10/2002 09:00	57	218			
18/09/2002 09:00	104		85.25%	13.11%	1.64%
19/09/2002 09:00	16				
20/09/2002 09:00	2	122			
11/04/2002 09:00	49		45.37%	21.30%	33.33%
12/04/2002 09:00	23				
13/04/2002 09:00	36	108			
15/03/2003 09:00	27		19.42%	76.98%	3.60%
16/03/2003 09:00	107				
17/03/2003 09:00	5	139			
24/11/2003 09:00	94		74.02%	17.32%	8.66%
25/11/2003 09:00	22				
26/11/2003 09:00	11	127			
14/12/2003 09:00	20		16.95%	38.14%	44.92%
15/12/2003 09:00	45				
16/12/2003 09:00	53	118			
24/06/2004 09:00	100		91.74%	7.34%	0.92%
25/06/2004 09:00	8				
26/06/2004 09:00	1	109			
10/11/2004 09:00	105		97.22%	1.85%	0.93%
11/11/2004 09:00	2				

12/11/2004 09:00	1	108			
30/10/2004 09:00	51		53.68%	44.21%	2.11%
31/10/2004 09:00	42				
01/11/2004 09:00	2	95			
12/04/2005 09:00	115		77.70%	14.19%	8.11%
13/04/2005 09:00	21				
14/04/2005 09:00	12	148			
15/05/2005 09:00	131		98.87%	0.75%	0.38%
16/05/2005 09:00	1				
17/05/2005 09:00	0.5	132.5			
07/05/2005 09:00	26		25.24%	1.94%	72.82%
08/05/2005 09:00	2				
09/05/2005 09:00	75	103			
24/12/2006 09:00	33	0	39.29%	33.33%	27.38%
25/12/2006 09:00	28	0			
26/12/2006 09:00	23	84			
30/10/2006 09:00	6		7.50%	62.50%	30.00%
31/10/2006 09:00	50				
01/11/2006 09:00	24	80			
03/06/2006 09:00	53		67.77%	31.97%	0.26%
04/06/2006 09:00	25				
05/06/2006 09:00	0.2	78.2			
18/11/2007 09:00	104	0	68.42%	30.92%	0.66%
19/11/2007 09:00	47	0			
20/11/2007 09:00	1	152			
05/03/2007 09:00	61		46.56%	52.67%	0.76%

06/03/2007 09:00	69			
07/03/2007 09:00	1	131		
17/02/2007 09:00	97		93.27%	5.77% 0.96%
18/02/2007 09:00	6			
19/02/2007 09:00	1	104		
14/10/2008 09:00	44		41.12%	55.14% 3.74%
15/10/2008 09:00	59			
16/10/2008 09:00	4	107		
22/10/2008 09:00	86		88.66%	9.28% 2.06%
23/10/2008 09:00	9			
24/10/2008 09:00	2	97		
01/02/2008 09:00	69		94.52%	2.74% 2.74%
02/02/2008 09:00	2			
03/02/2008 09:00	2	73		
19/01/2010 09:00	159		98.76%	0.62% 0.62%
20/01/2010 09:00	1			
21/01/2010 09:00	1	161		
21/02/2010 09:00	20		15.50%	44.96% 39.53%
22/02/2010 09:00	58			
23/02/2010 09:00	51	129		
20/03/2010 09:00	52	0	46.85%	0.00% 53.15%
21/03/2010 09:00	0	0		
22/03/2010 09:00	59	111		
20/07/2011 09:00	80	0	75.12%	24.41% 0.47%
21/07/2011 09:00	26	0		
22/07/2011 09:00	0.5	106.5		

24/10/2011 09:00	22		21.26%	78.26%	0.48%
25/10/2011 09:00	81				
26/10/2011 09:00	0.5	103.5			
25/12/2011 09:00	86		96.63%	1.69%	1.69%
26/12/2011 09:00	1.5				
27/12/2011 09:00	1.5	89			
28/10/2012 09:00	48		29.63%	38.89%	31.48%
29/10/2012 09:00	63				
30/10/2012 09:00	51	162			
05/12/2012 09:00	45		45.92%	3.06%	51.02%
06/12/2012 09:00	3				
07/12/2012 09:00	50	98			
19/04/2012 09:00	42		45.16%	53.76%	1.08%
20/04/2012 09:00	50				
21/04/2012 09:00	1	93			
19/03/2013 09:00	138		50.36%	35.77%	13.87%
20/03/2013 09:00	98				
21/03/2013 09:00	38	274			
01/11/2013 09:00	99		43.81%	43.81%	12.39%
02/11/2013 09:00	99				
03/11/2013 09:00	28	226			
05/01/2013 09:00	75	0	35.21%	41.78%	23.00%
06/01/2013 09:00	89	0			
07/01/2013 09:00	49	213			
27/12/2014 09:00	81	0	30.57%	39.62%	29.81%
28/12/2014 09:00	105	0			

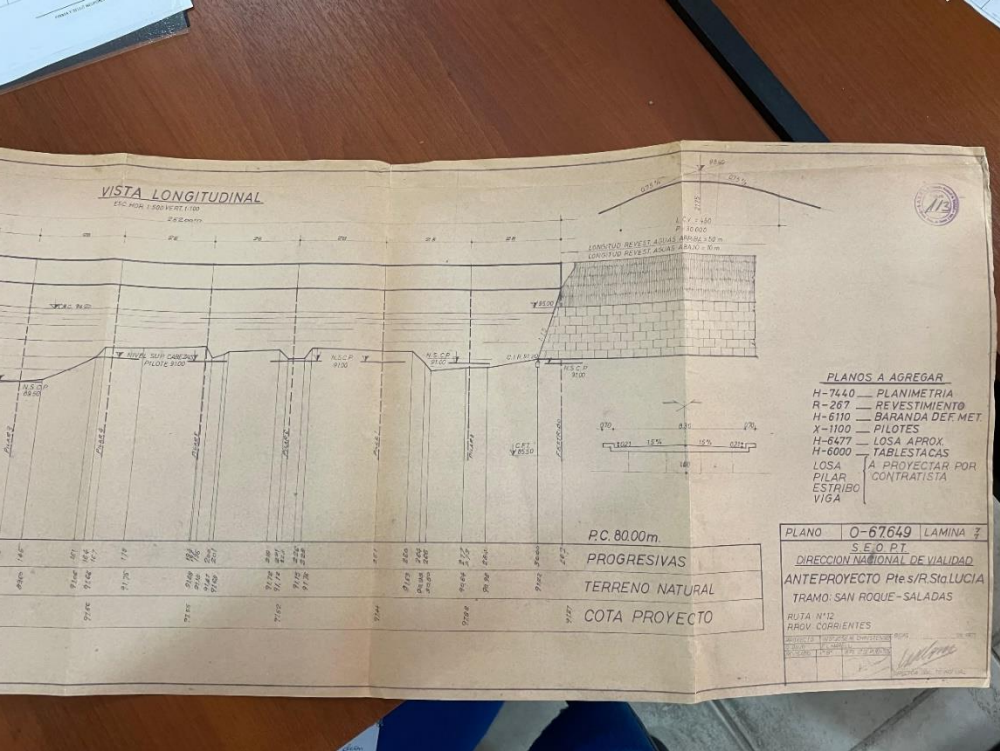
29/12/2014 09:00	79	265			
15/03/2014 09:00	120		54.55%	28.64%	16.82%
16/03/2014 09:00	63				
17/03/2014 09:00	37	220			
01/12/2014 09:00	62		49.60%	42.40%	8.00%
02/12/2014 09:00	53				
03/12/2014 09:00	10	125			
08/10/2015 09:00	18		8.11%	79.28%	12.61%
09/10/2015 09:00	176				
10/10/2015 09:00	28	222			
23/12/2015 09:00	105		60.00%	37.14%	2.86%
24/12/2015 09:00	65				
25/12/2015 09:00	5	175			
13/12/2015 09:00	47		33.57%	28.57%	37.86%
14/12/2015 09:00	40				
15/12/2015 09:00	53	140			
25/06/2016 09:00	53		18.73%	38.52%	42.76%
26/06/2016 09:00	109				
27/06/2016 09:00	121	283			
25/10/2016 09:00	85		84.16%	14.85%	0.99%
26/10/2016 09:00	15				
27/10/2016 09:00	1	101			
19/04/2016 09:00	14	0	15.38%	56.04%	28.57%
20/04/2016 09:00	51	0			
21/04/2016 09:00	26	91			
19/04/2017 09:00	95	0	47.98%	42.93%	9.09%

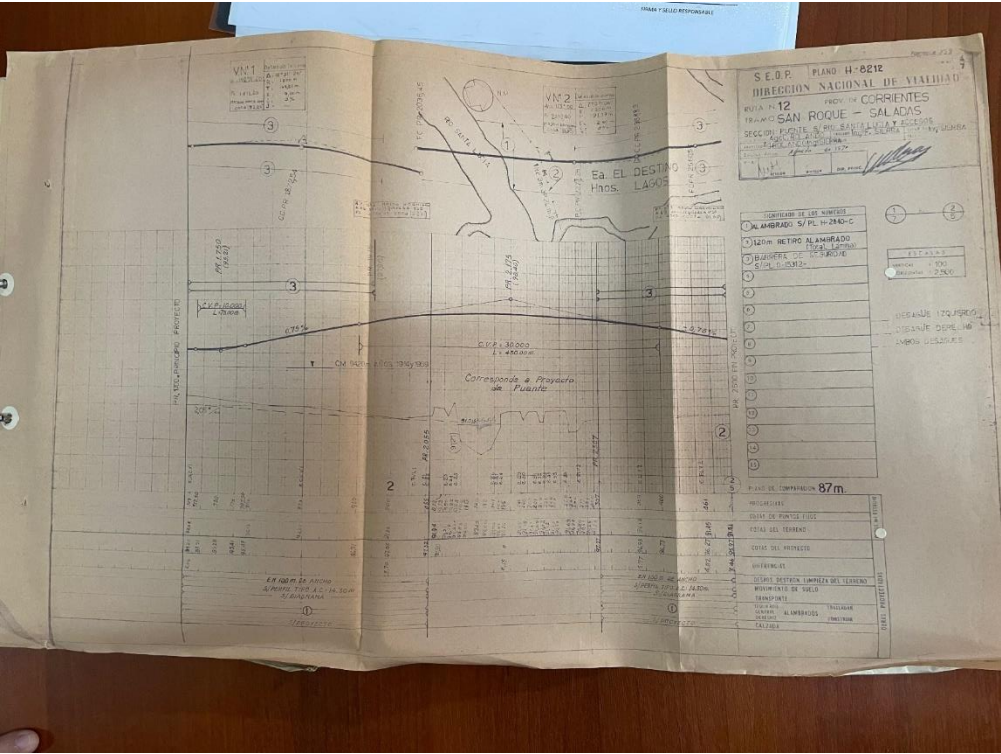
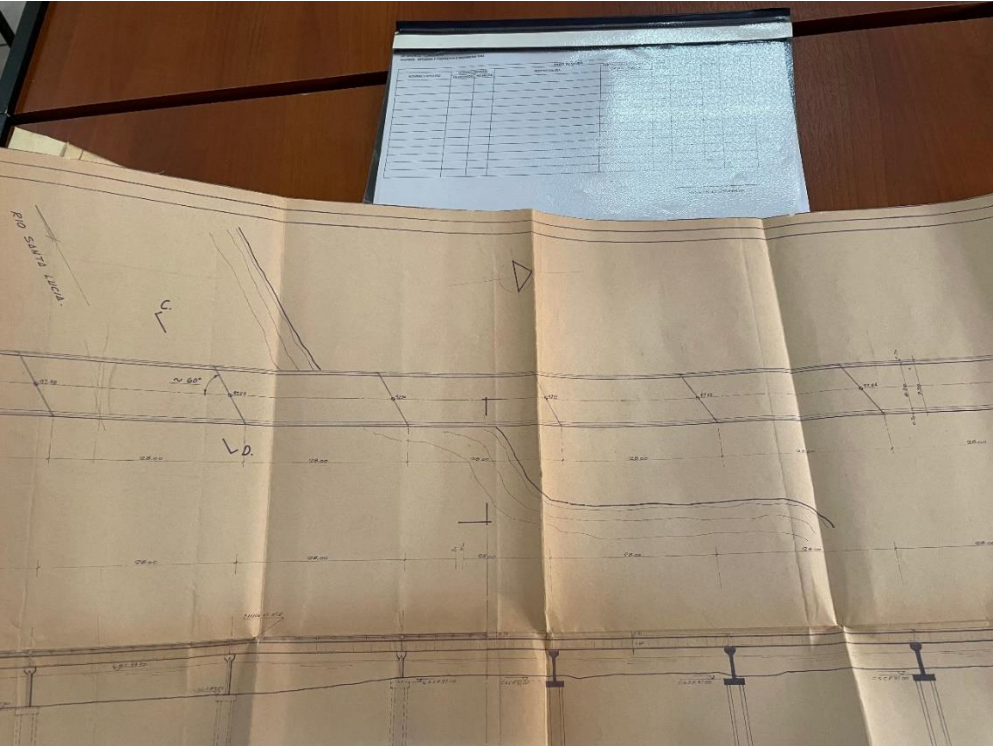
20/04/2017 09:00	85	0			
21/04/2017 09:00	18	198			
08/04/2017 09:00	72		39.34%	46.99%	13.66%
09/04/2017 09:00	86				
10/04/2017 09:00	25	183			
27/05/2017 09:00	82		46.86%	42.86%	10.29%
28/05/2017 09:00	75				
29/05/2017 09:00	18	175			
17/11/2018 09:00	95		42.22%	56.89%	0.89%
18/11/2018 09:00	128				
19/11/2018 09:00	2	225			
15/03/2018 09:00	153		73.56%	23.08%	3.37%
16/03/2018 09:00	48				
17/03/2018 09:00	7	208			
21/01/2018 09:00	71		77.17%	6.52%	16.30%
22/01/2018 09:00	6				
23/01/2018 09:00	15	92			
25/04/2019 09:00	109		45.04%	37.60%	17.36%
26/04/2019 09:00	91				
27/04/2019 09:00	42	242			
09/01/2019 09:00	132		60.55%	36.70%	2.75%
10/01/2019 09:00	80				
11/01/2019 09:00	6	218			
14/01/2019 09:00	49	0	32.67%	42.00%	25.33%
15/01/2019 09:00	63	0			
16/01/2019 09:00	38	150			

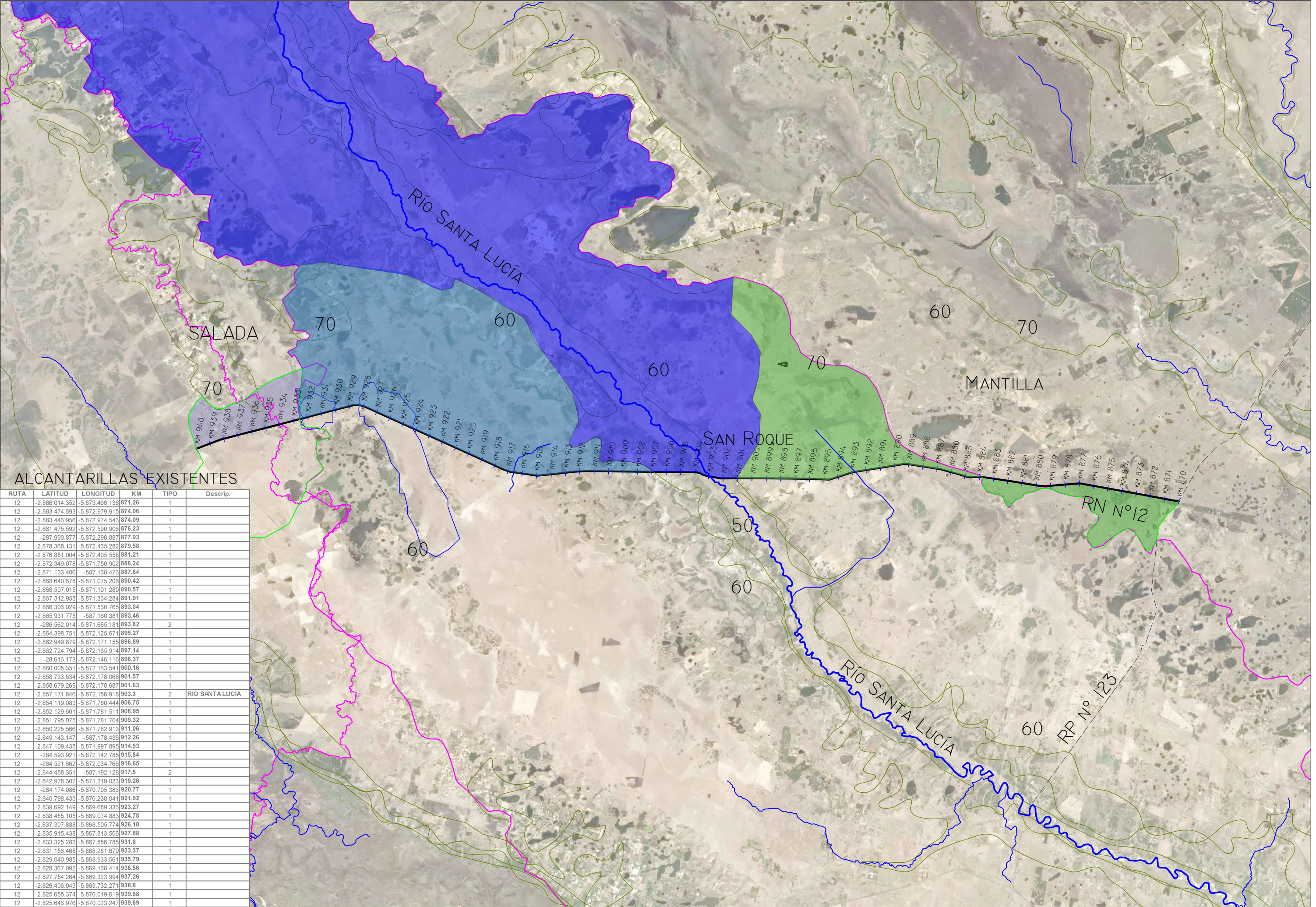
15/02/2020 09:00	85	0	47.49%	22.91%	29.61%
16/02/2020 09:00	41	0			
17/02/2020 09:00	53	179			
27/03/2021 09:00	73		79.35%	2.17%	18.48%
28/03/2021 09:00	2				
29/03/2021 09:00	17	92			
30/01/2020 09:00	71		88.75%	8.75%	2.50%
31/01/2020 09:00	7				
01/02/2020 09:00	2	80			
15/11/2021 09:00	9		7.96%	23.89%	68.14%
16/11/2021 09:00	27				
17/11/2021 09:00	77	113			
27/03/2021 09:00	75		81.52%	17.39%	1.09%
28/03/2021 09:00	16				
29/03/2021 09:00	1	92			
10/01/2021 09:00	21		26.25%	6.25%	67.50%
11/01/2021 09:00	5				
12/01/2021 09:00	54	80			
23/03/2022 09:00	61		54.46%	41.96%	3.57%
24/03/2022 09:00	47				
25/03/2022 09:00	4	112			
10/03/2022 09:00	4		4.12%	41.24%	54.64%
11/03/2022 09:00	40				
12/03/2022 09:00	53	97			
10/04/2022 09:00	25	0	30.12%	51.81%	18.07%
11/04/2022 09:00	43	0			

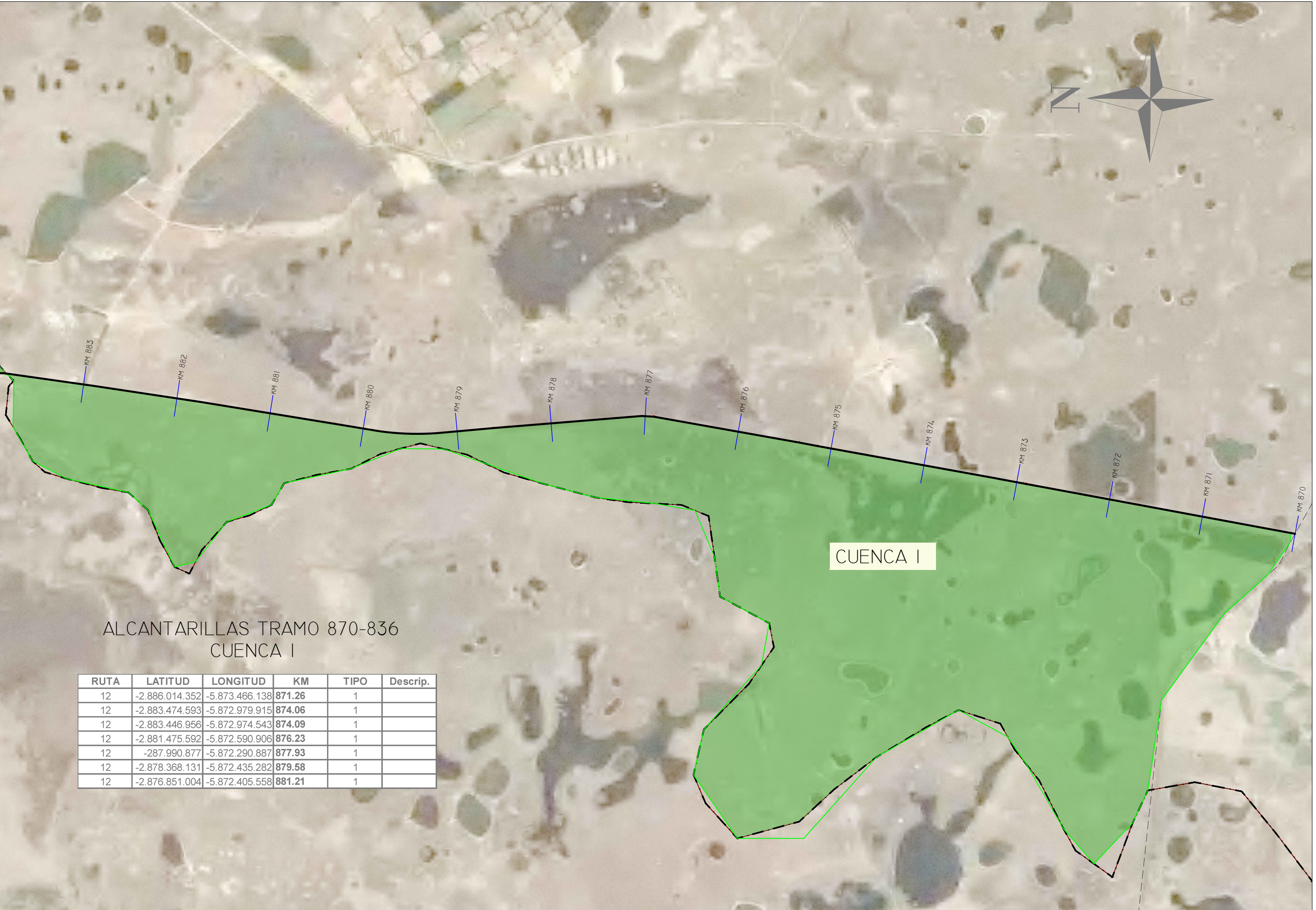
12/04/2022 09:00	15	83			
01/12/2023 09:00	88	0	70.40%	0.80%	28.80%
02/12/2023 09:00	1	0			
03/12/2023 09:00	36	125			
18/10/2023 09:00	105		88.24%	7.56%	4.20%
19/10/2023 09:00	9				
20/10/2023 09:00	5	119			
30/11/2023 09:00	16		15.24%	81.90%	2.86%
01/12/2023 09:00	86				
02/12/2023 09:00	3	105			
			7901.82%	3161.55%	2136.63%
			7.00%	23.95%	16.19%
				59.67%	40.33%

Sección del puente en San Roque:



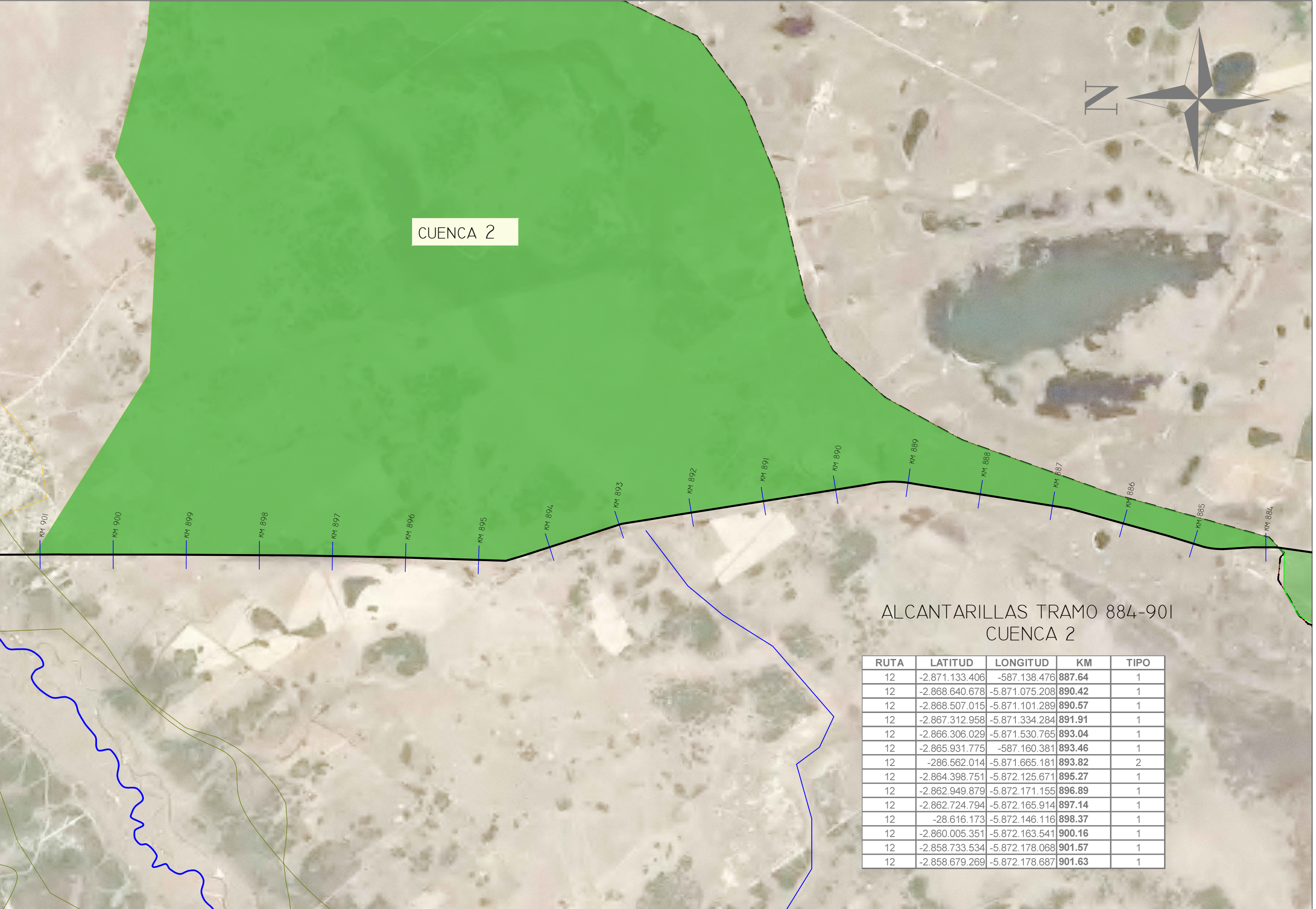






ALCANTARILLAS TRAMO 870-836
CUENCA I

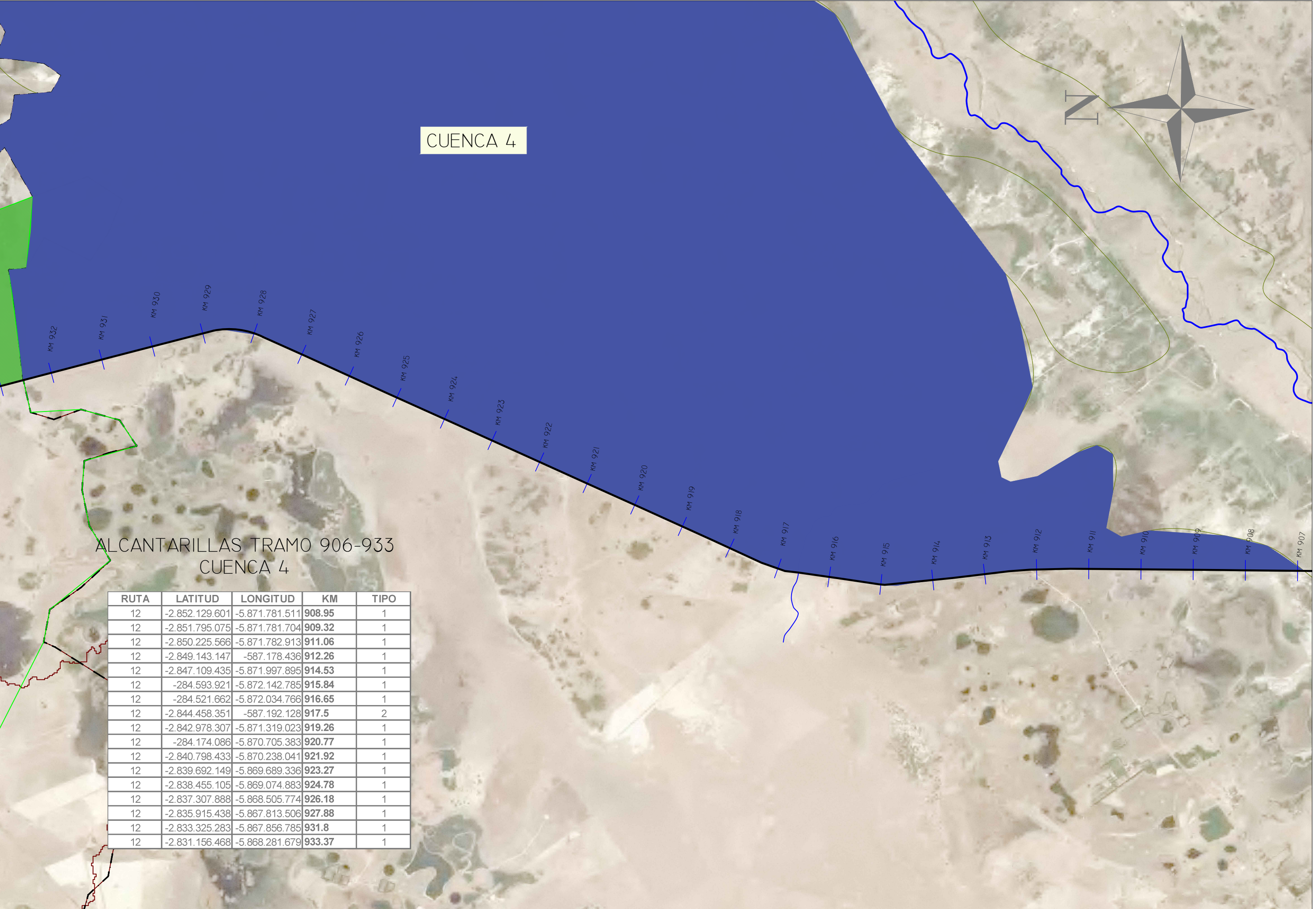
RUTA	LATITUD	LONGITUD	KM	TIPO	Descrip.
12	-2.886.014.352	-5.873.466.138	871.26	1	
12	-2.883.474.593	-5.872.979.915	874.06	1	
12	-2.883.446.956	-5.872.974.543	874.09	1	
12	-2.881.475.592	-5.872.590.906	876.23	1	
12	-287.990.877	-5.872.290.887	877.93	1	
12	-2.878.368.131	-5.872.435.282	879.58	1	
12	-2.876.851.004	-5.872.405.558	881.21	1	

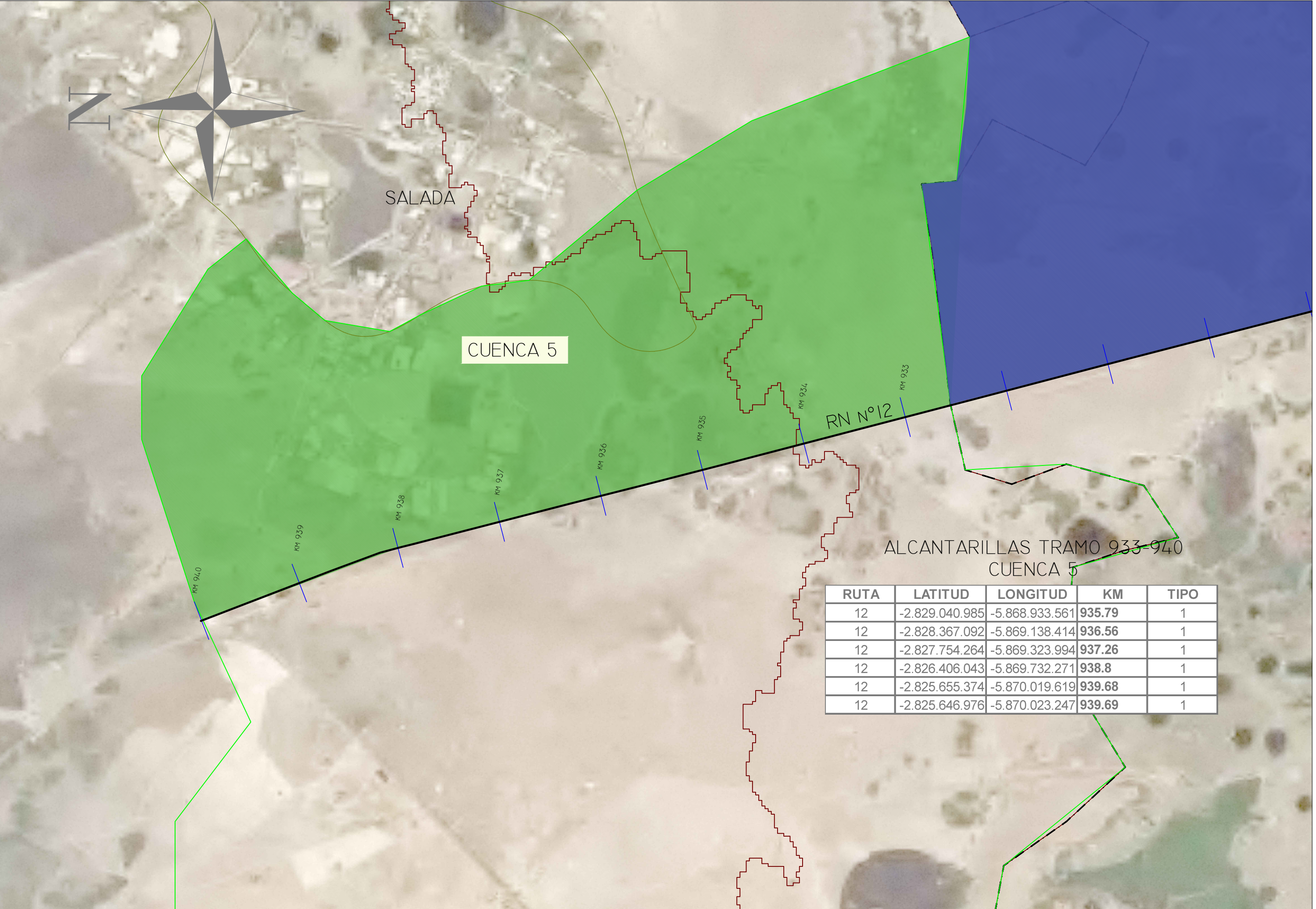


CUENCA 2

ALCANTARILLAS TRAMO 884-901
CUENCA 2

RUTA	LATITUD	LONGITUD	KM	TIPO
12	-2.871.133.406	-587.138.476	887.64	1
12	-2.868.640.678	-5.871.075.208	890.42	1
12	-2.868.507.015	-5.871.101.289	890.57	1
12	-2.867.312.958	-5.871.334.284	891.91	1
12	-2.866.306.029	-5.871.530.765	893.04	1
12	-2.865.931.775	-587.160.381	893.46	1
12	-286.562.014	-5.871.665.181	893.82	2
12	-2.864.398.751	-5.872.125.671	895.27	1
12	-2.862.949.879	-5.872.171.155	896.89	1
12	-2.862.724.794	-5.872.165.914	897.14	1
12	-28.616.173	-5.872.146.116	898.37	1
12	-2.860.005.351	-5.872.163.541	900.16	1
12	-2.858.733.534	-5.872.178.068	901.57	1
12	-2.858.679.269	-5.872.178.687	901.63	1

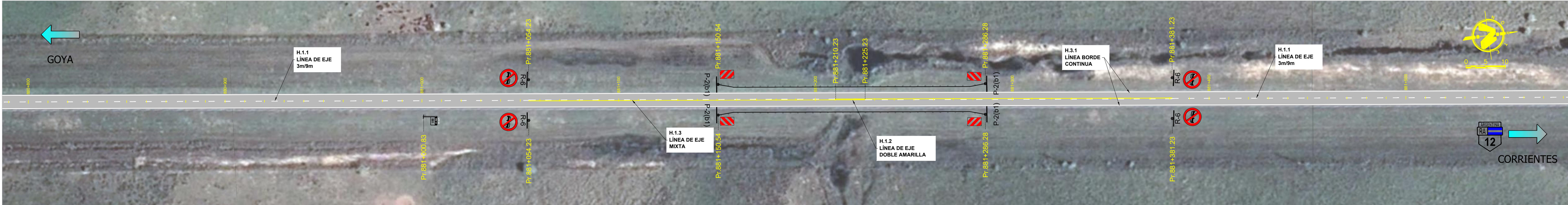


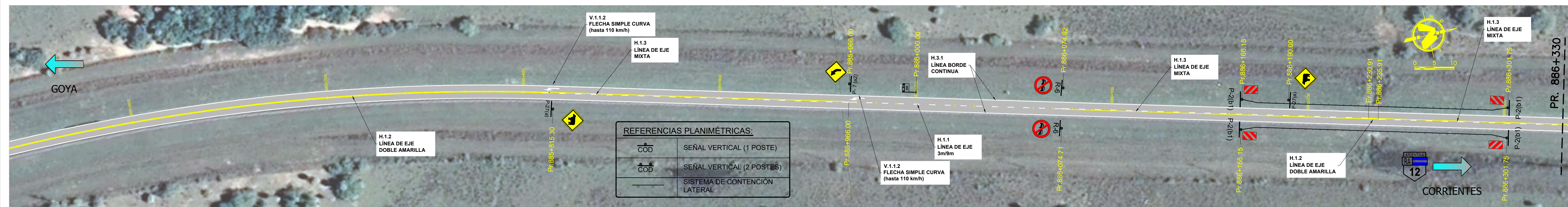


RUTA	LATITUD	LONGITUD	KM	TIPO
12	-2.829.040.985	-5.868.933.561	935.79	1
12	-2.828.367.092	-5.869.138.414	936.56	1
12	-2.827.754.264	-5.869.323.994	937.26	1
12	-2.826.406.043	-5.869.732.271	938.8	1
12	-2.825.655.374	-5.870.019.619	939.68	1
12	-2.825.646.976	-5.870.023.247	939.69	1

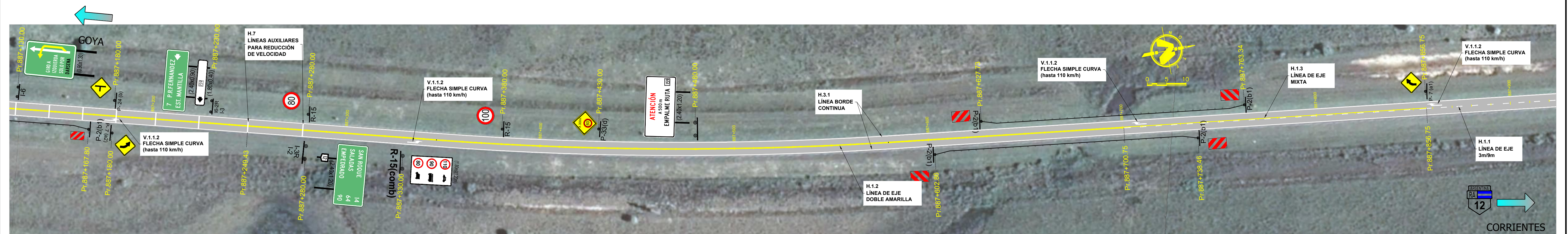
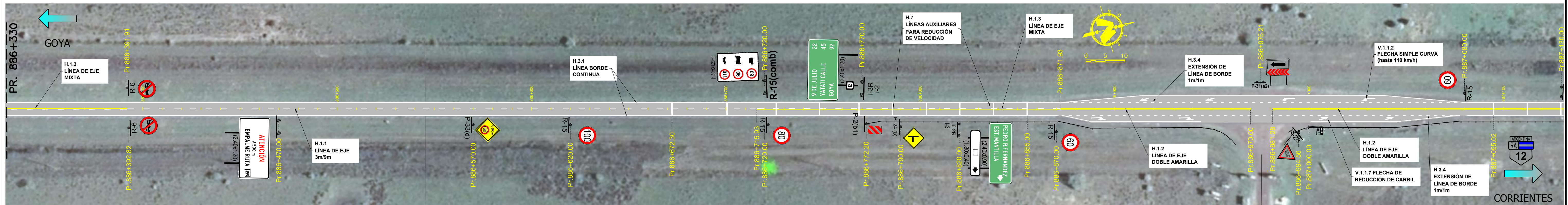
ANEXOS CAPITULO 7

Se anexa imágenes satelitales con el tipo y ubicación de señalización horizontal y vertical.

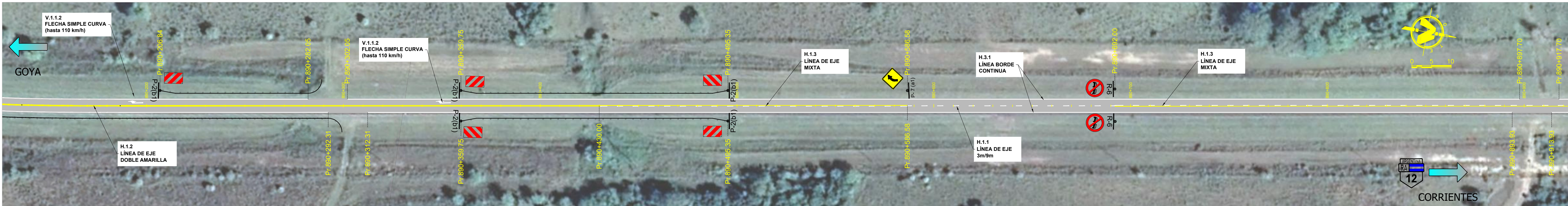


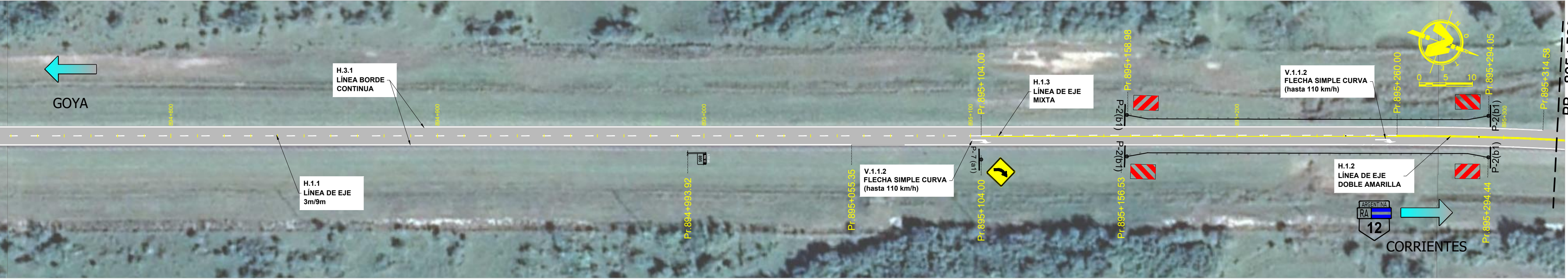
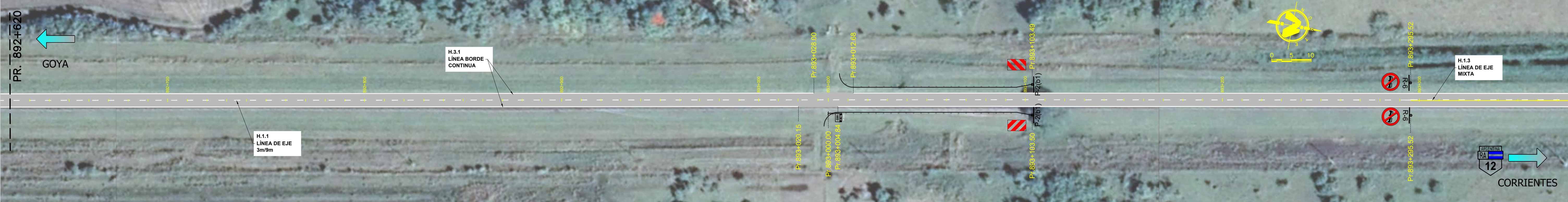


REFERENCIAS PLANIMÉTRICAS:	
	SEÑAL VERTICAL (1 POSTE)
	SEÑAL VERTICAL (2 POSTES)
	SISTEMA DE CONTENCIÓN LATERAL

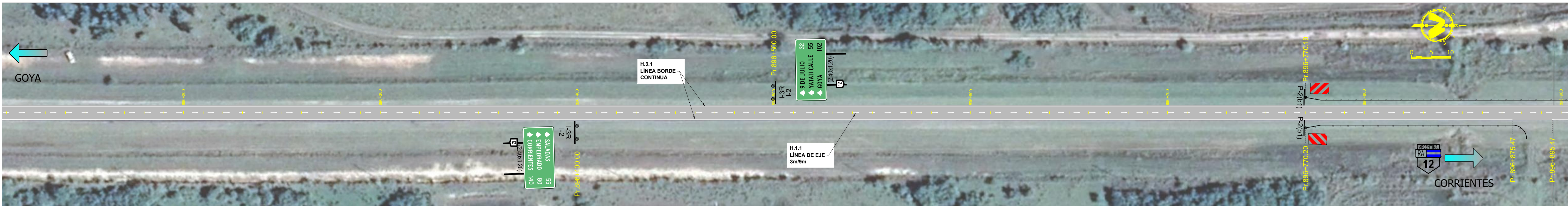


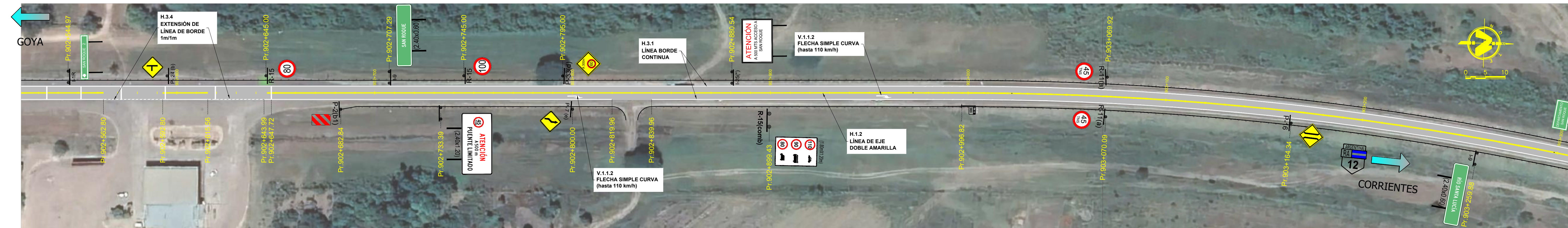
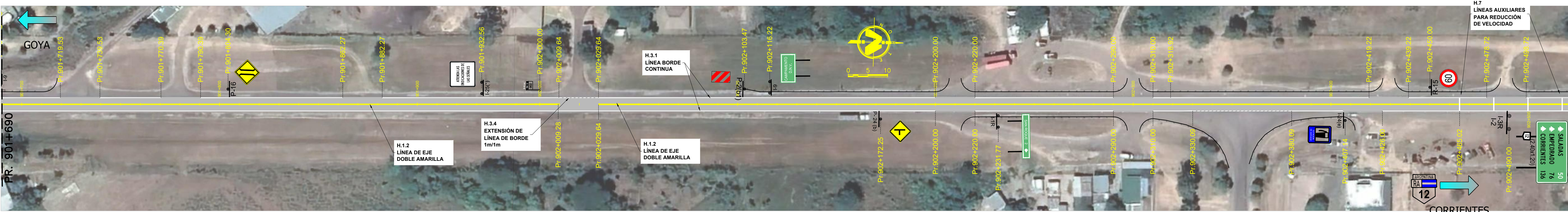
REFERENCIAS PLANIMÉTRICAS:	
	SEÑAL VERTICAL (1 POSTE)
	SEÑAL VERTICAL (2 POSTES)
	SISTEMA DE CONTENCIÓN LATERAL



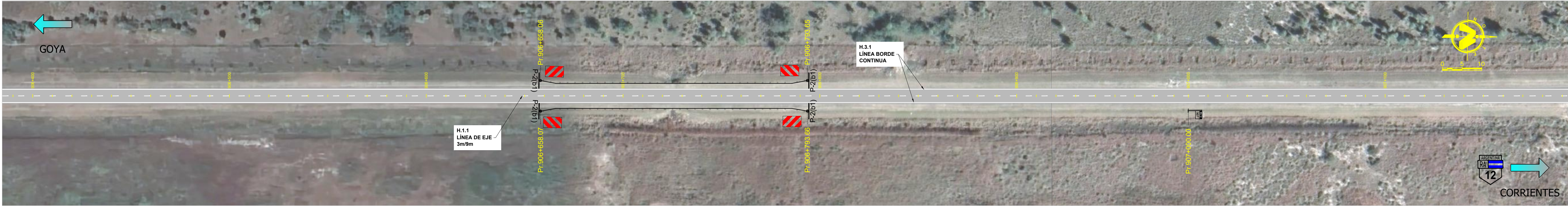


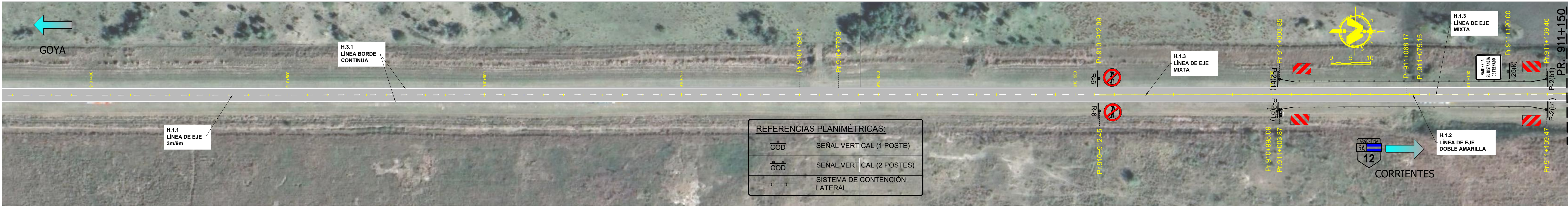
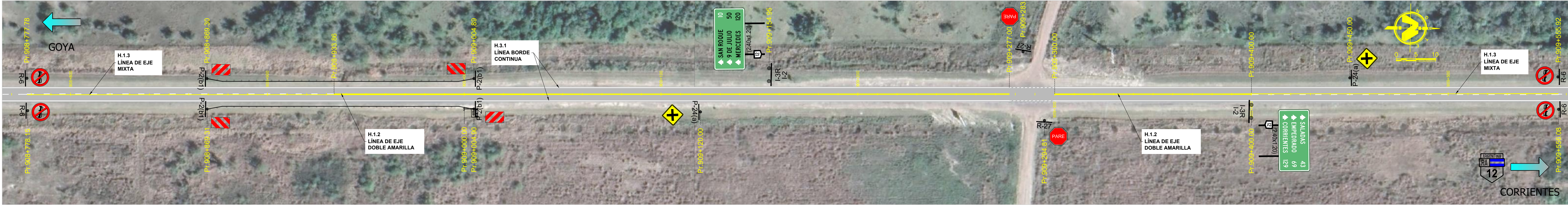
REFERENCIAS PLANIMÉTRICAS:	
	SEÑAL VERTICAL (1 POSTE)
	SEÑAL VERTICAL (2 POSTES)
	SISTEMA DE CONTENCIÓN LATERAL

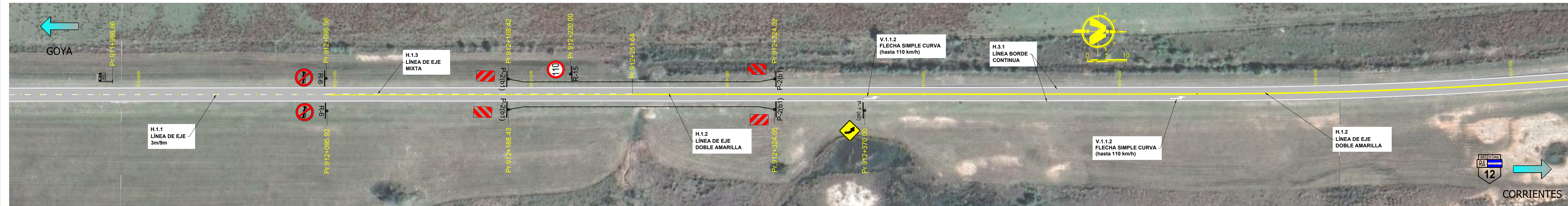
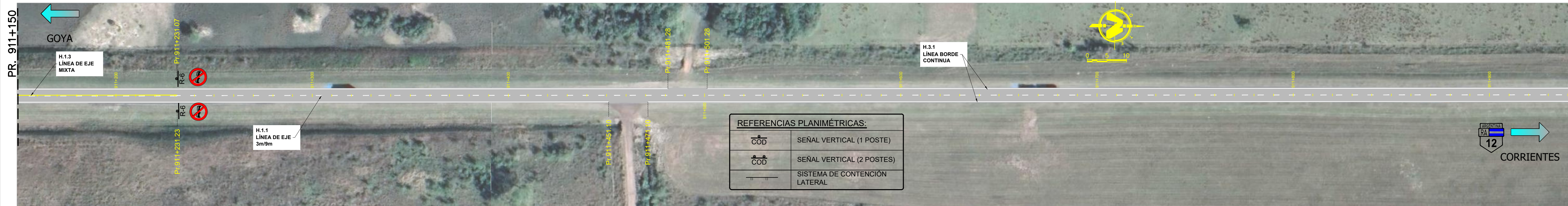


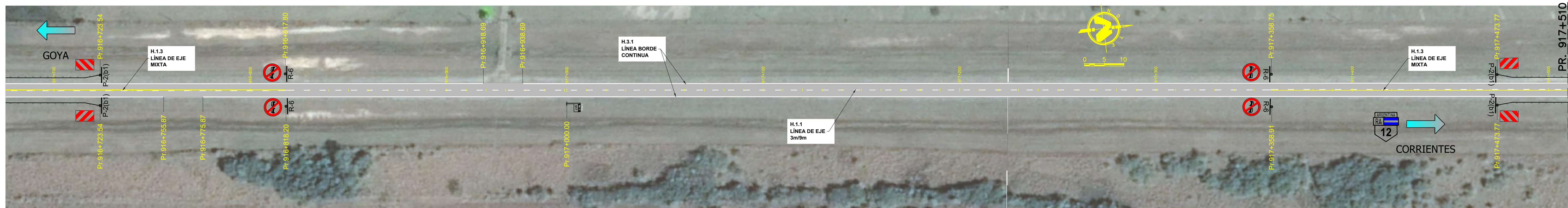
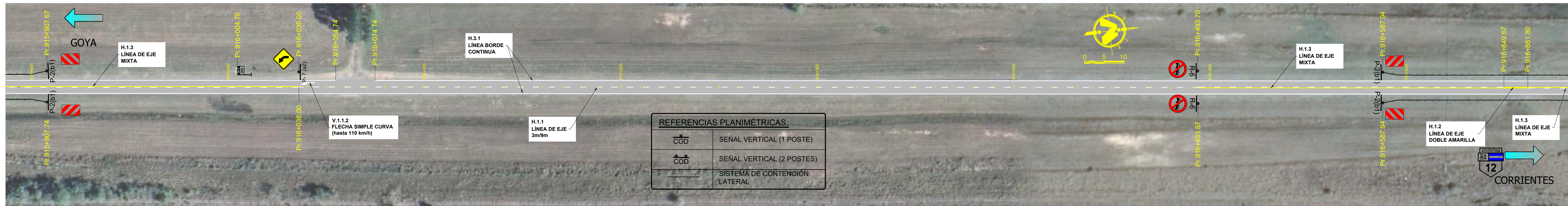
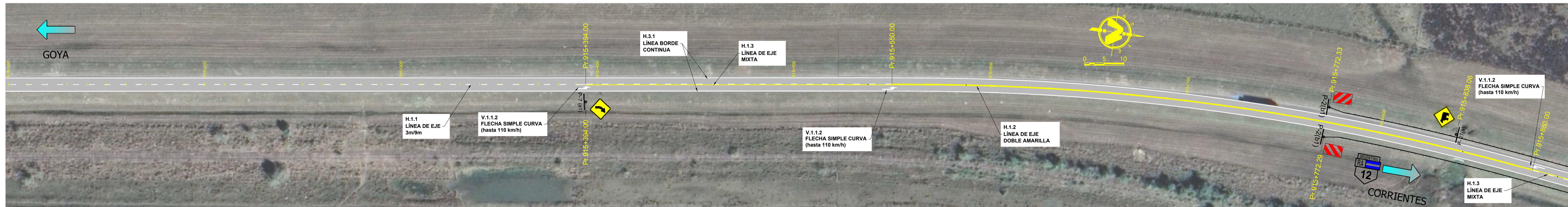
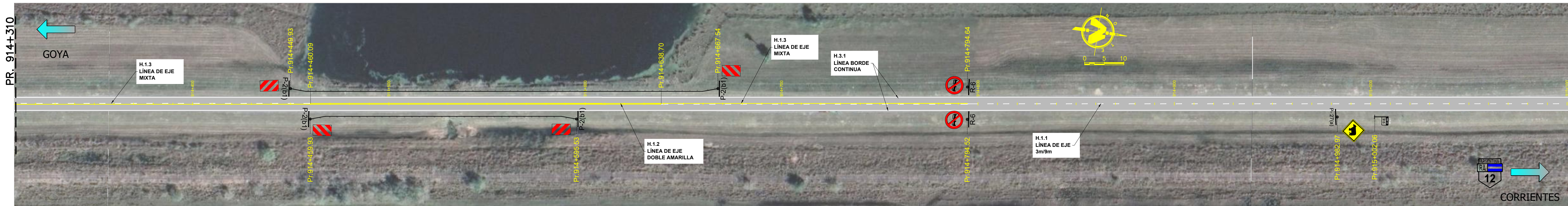


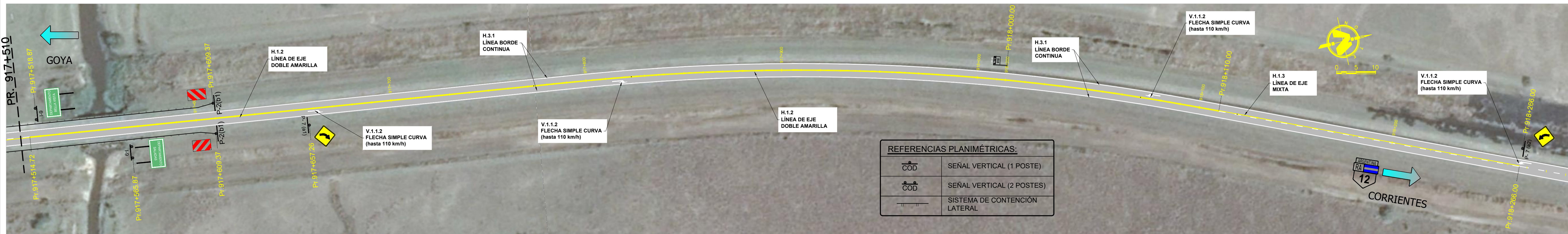
REFERENCIAS PLANIMÉTRICAS:	
	SEÑAL VERTICAL (1 POSTE)
	SEÑAL VERTICAL (2 POSTES)
	SISTEMA DE CONTENCIÓN LATERAL







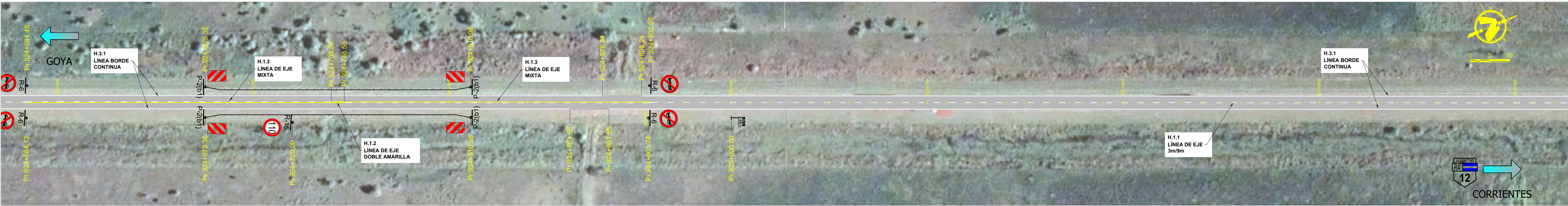


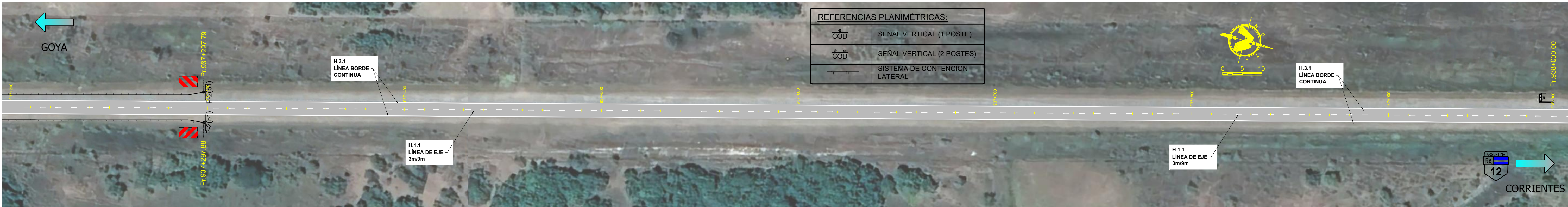






REFERENCIAS PLANIMÉTRICAS:	
CÓD	SEÑAL VERTICAL (1 POSTE)
CÓD	SEÑAL VERTICAL (2 POSTES)
—	SISTEMA DE CONTENCIÓN LATERAL







<u>REFERENCIAS PLANIMÉTRICAS:</u>	
	SEÑAL VERTICAL (1 POSTE)
	SEÑAL VERTICAL (2 POSTES)
	SISTEMA DE CONTENCIÓN LATERAL

ANEXO CAPITULO 8:

Se presentan a continuación los análisis de precios del ítem que conforman el computo.

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

[illegible]

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

[illegible]

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

[illegible]

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

[illegible]

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

[illegible]

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

[illegible]

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

[illegible]

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

[illegible]

B) MANO DE OBRA		Cantidad	Valor Unitario		
200	Oficial Especializado	1.00 x	50,003.71 \$/dia =	50,003.71 \$/dia	
201	Oficial	0.00 x	42,603.26 \$/dia =	0.00 \$/dia	
202	Medio Oficial	1.00 x	39,283.20 \$/dia =	39,283.20 \$/dia	
203	Ayudante	4.00 x	36,064.51 \$/dia =	144,258.04 \$/dia	
				233,544.95 \$/dia	
Vigilancia:		10 % x	233,544.95 \$/dia =	23,354.50 \$/dia	
				256,899.45 \$/dia	
TOTAL MANO DE OBRA:				256,899.45 \$/dia	
EQUIPOS + MANO DE OBRA:			678,292.56 \$/dia + 256,899.45 \$/dia =		
RENDIMIENTO			700.00 ml/dia		1,335.99 \$/ml

D) TRANSPORTES INTERNOS

PRECIO UNITARIO ADOPTADO:	77,531.28 \$/ml
---------------------------	-----------------

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

[illegible]

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

[illegible]

RUTA NACIONAL N° 12
TRAMO: TRAMO KM 871 AL KM 940

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

Unidad	Item:	6	SEÑALIZACION
m2	Descripción:	6.1	Señalización vertical.

Rendimiento

A) EQUIPOS

Descripción	Cantidad	Potencia	Valor
114 Equipo y Herramientas Menores	1.00	0 hp	\$ 2,045,500
108 Camion Volcador	1.00	140 hp	\$ 30,682,500
	1.00		
	1.00		

140 hp \$ 32,728,000

Parametros Amortizaciones e Intereses:

Intereses \$ 32728000 x 8 h/d + $\frac{\$ 32728000 \times 0.08/\text{año} \times 8 \text{ hs}/\text{dia}}{2 \times 2.000 \text{ hs}/\text{año}} = 31,418.88 \text{ $/dia}$

Reparaciones y Repuestos:
70 % de la amortización:

26,182.40 \$/dia x 70% = 18,327.68 \$/dia

Combustible Combustibles:

Gas-Oil: 0.16 lts/hp hs x 140 hp x 8 hs/dia x 1400 \$/lt = 250,880.00 \$/dia

Precio GO Lubricantes:

20 % del combustible: 250,880.00 \$/dia x 20% = 50,176.00 \$/dia

Lubricantes
20

TOTAL EQUIPOS: 350,802.56 \$/dia

B) MANO DE OBRA

Cantidad	Valor Unitario	
200 Oficial Especializado	1.00 x 50,003.71 \$/dia =	50,003.71 \$/dia
201 Oficial	0.00 x 42,603.26 \$/dia =	0.00 \$/dia
202 Medio Oficial	1.00 x 39,283.20 \$/dia =	39,283.20 \$/dia
203 Ayudante	4.00 x 36,064.51 \$/dia =	144,258.04 \$/dia
		233,544.95 \$/dia
Vigilancia:	10 % x 233,544.95 \$/dia =	23,354.50 \$/dia
		256,899.45 \$/dia

TOTAL MANO DE OBRA: 256,899.45 \$/dia

EQUIPOS + MANO DE OBRA:
RENDIMIENTO

$\frac{350,802.56 \text{ $/dia} + 256,899.45 \text{ $/dia}}{300.00 \text{ m2}/\text{dia}} = 2,025.67 \text{ $/m2}$

C) MATERIALES

Unidad	Cantidad	Valor Unitario	
414 Laminas reflectivas	m2 1.00	\$ 424,960.00	\$ 424,960.00
415 Postes P/Carteles	nro 1.00	\$ 33,200.00	\$ 33,200.00
416 Boloneria P/Carteles	nro 1.00	\$ 13,280.00	\$ 13,280.00
			-
			-
			-

Sub-Total Materiales: 471,440.00 \$/m2

Materiales Menores: 1% = 4,714.40 \$/m2

TOTAL MATERIALES: 476,154.40 \$/m2

D) TRANSPORTES INTERNOS

SUB-TOTAL: 478,180.07 \$/m2

Pérdidas: 0% = 0.00 \$/m2

TOTAL COSTO UNITARIO: 478,180.07 \$/m2

COEFICIENTE DE PASO: 1.00

PRECIO UNITARIO CALCULADO: 478,180.07 \$/m2

PRECIO UNITARIO ADOPTADO: 478,180.07 \$/m2

RUTA NACIONAL N° 12
TRAMO: TRAMO KM 871 AL KM 940

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

Unidad	Item:	6	SEÑALIZACION
m2	Descripción:	6.2.1	Por pulverización,a1) en color blanco.

Rendimiento

600.00

A) EQUIPOS

Descripción	Cantidad	Potencia	Valor
151 Fusor de Material Termoplastico	1.00	220 hp	\$ 176,935,750
152 Aplicador de Pintura Termoplástica	1.00	170 hp	\$ 203,527,250
153 Aplicador de Impacto Movil	1.00	0 hp	\$ 26,591,500
108 Camion Volcador	1.00	140 hp	\$ 30,682,500

530 hp \$ 437,737,000

Parametros Amortizaciones e Intereses:

Intereses \$ 437737000 x 8 h/d + $\frac{\$ 437737000 \times 0.08/\text{año} \times 8 \text{ hs}/\text{dia}}{2 \times 2.000 \text{ hs}/\text{año}} = 420,227.52 \text{ \$/dia}$

0.08 10,000 hs

Reparaciones y Repuestos:

70 % de la amortización: 350,189.60 \$/dia x 70% = 245,132.72 \$/dia

Combustible Combustibles:

0.16 Gas-Oil: 0.16 lts/hp hs x 530 hp x 8 hs/dia x 1400 \$/lt = 949,760.00 \$/dia

Precio GO Lubricantes:

1400.00 20 % del combustible: 949,760.00 \$/dia x 20% = 189,952.00 \$/dia

Lubricantes

20

TOTAL EQUIPOS: 1,805,072.24 \$/dia

B) MANO DE OBRA

	Cantidad	Valor Unitario	
200 Oficial Especializado	3.00 x	50,003.71 \$/dia =	150,011.13 \$/dia
201 Oficial	2.00 x	42,603.26 \$/dia =	85,206.52 \$/dia
202 Medio Oficial	3.00 x	39,283.20 \$/dia =	117,849.60 \$/dia
203 Ayudante	3.00 x	36,064.51 \$/dia =	108,193.53 \$/dia
			461,260.78 \$/dia
Vigilancia:	10 % x	461,260.78 \$/dia =	46,126.08 \$/dia
			507,386.86 \$/dia

TOTAL MANO DE OBRA: 507,386.86 \$/dia

EQUIPOS + MANO DE OBRA:
RENDIMIENTO

$\frac{1,805,072.24 \text{ \$/dia} + 507,386.86 \text{ \$/dia}}{600.00 \text{ m2}/\text{dia}} = 3,854.10 \text{ \$/m2}$

C) MATERIALES

	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	
411 Pintura Termoplástica	kg	4.20	\$ 3,452.80	\$ 14,501.76
412 Esferas de Vidrio	kg	0.70	\$ 1,726.40	\$ 1,208.48
413 Imprimación P/Señalización Horizo	lts	0.20	\$ 6,640.00	\$ 1,328.00
				-
				-
				-
				-

Sub-Total Materiales: 17,038.24 \$/m2

Materiales Menores: 1% = 170.38 \$/m2

TOTAL MATERIALES: 17,208.62 \$/m2

D) TRANSPORTES INTERNOS

SUB-TOTAL: 21,062.72 \$/m2
Pérdidas: 0% = 0.00 \$/m2

TOTAL COSTO UNITARIO: 21,062.72 \$/m2

COEFICIENTE DE PASO: 1.00

PRECIO UNITARIO CALCULADO: 21,062.72 \$/m2

PRECIO UNITARIO ADOPTADO: 21,062.72 \$/m2

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

[illegible]

RUTA NACIONAL N° 12
TRAMO: TRAMO KM 871 AL KM 940

OBRA: OBRA DE REACONDICIONAMIENTO DE CALZADA Y BANQUINA PAVIMENTADA.

Unidad	Item:	6.2	Demarcación horizontal termoplástica.
m2	Descripción:	6.2.1	Por pulverización,a1) en color blanco.

Rendimiento

300.00 A) EQUIPOS

Descripción	Cantidad	Potencia	Valor
151 Fusor de Material Termoplastico	1.00	220 hp	\$ 176,935,750
153 Aplicador de Impacto Movil	1.00	0 hp	\$ 26,591,500
108 Camion Volcador	1.00	140 hp	\$ 30,682,500

360 hp \$ 234,209,750

Parametros Amortizaciones e Intereses:

Intereses \$ 234209750 x 8 h/d + \$ 234209750 x 0.08/año x 8 hs/dia = 224,841.36 \$/dia
0.08 10,000 hs 2 x 2.000 hs/año

Reparaciones y Repuestos:

70 % de la amortización: 187,367.80 \$/dia x 70% = 131,157.46 \$/dia

Combustible Combustibles:

0.16 Gas-Oil: 0.16 lts/hp hs x 360 hp x 8 hs/dia x 1400 \$/lt = 645,120.00 \$/dia

Precio GO Lubricantes:

1400.00 20 % del combustible: 645,120.00 \$/dia x 20% = 129,024.00 \$/dia

Lubricantes

20 **TOTAL EQUIPOS: 1,130,142.82 \$/dia**

B) MANO DE OBRA

	Cantidad	Valor Unitario
200 Oficial Especializado	3.00 x	50,003.71 \$/dia = 150,011.13 \$/dia
201 Oficial	2.00 x	42,603.26 \$/dia = 85,206.52 \$/dia
202 Medio Oficial	3.00 x	39,283.20 \$/dia = 117,849.60 \$/dia
203 Ayudante	3.00 x	36,064.51 \$/dia = 108,193.53 \$/dia

Vigilancia: 10 % x 461,260.78 \$/dia = 46,126.08 \$/dia
507,386.86 \$/dia

TOTAL MANO DE OBRA: 507,386.86 \$/dia

EQUIPOS + MANO DE OBRA: 1,130,142.82 \$/dia + 507,386.86 \$/dia = 5,458.43 \$/m
RENDIMIENTO 300.00 m/dia

C) MATERIALES

	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
411 Pintura Termoplástica	kg	6.50	\$ 3,452.80 \$ 22,443.20
412 Esferas de Vidrio	kg	0.700	\$ 1,726.40 \$ 1,208.48
413 Imprimación P/Señalización Horizc	lts	0.20000	\$ 6,640.00 \$ 1,328.00

Sub-Total Materiales: 24,979.68 \$/m

Materiales Menores: 1% = 249.80 \$/m

TOTAL MATERIALES: 25,229.48 \$/m

D) TRANSPORTES INTERNOS

SUB-TOTAL: 30,687.91 \$/m

Pérdidas: 0% = 0.00 \$/m

TOTAL COSTO UNITARIO: 30,687.91 \$/m

COEFICIENTE DE PASO: 1.00

PRECIO UNITARIO CALCULADO: 30,687.91 \$/m

PRECIO UNITARIO ADOPTADO: 30,687.91 \$/m