

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS

KM 50 - KM 525 Y ACCESOS A COLONIAS MENONITAS



MEMORIA DE INGENIERÍA

KM 50 - KM 326



Ing. Fabián Schvartzer

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 2	UBICACIÓN DEL PROYECTO	6
CAPÍTULO 3	ANTECEDENTES	7
CAPÍTULO 4	ESTUDIOS DE INGENIERÍA	7
4.1	ESTUDIOS DEL PAVIMENTO	7
4.1.1	MEDICIONES DEFLECTOMÉTRICAS	7
4.1.2	MEDICIONES DE RUGOSIDAD	9
4.1.3	RELEVAMIENTO VISUAL.....	12
4.1.3.1	Estado del Pavimento	12
4.1.4	ENSAYOS GEOTÉCNICOS.....	23
4.1.4.1	Ubicación de estudios	24
4.1.4.2	Perfil edafológico.....	26
4.1.4.3	Ensayos de Laboratorio.....	27
4.1.4.4	Resumen de Resultados de los Ensayos Realizados	28
4.2	ACCESO A INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA	29
4.2.1	INSTRUCTIVO	29
4.3	ESTUDIOS DE TRÁNSITO	32
4.3.1	OBTENCIÓN DEL TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL (TMDA)	33
4.4	ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS	35
4.5	ESTUDIOS DE PUENTES	36
4.6	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRAÚLICOS	36
CAPÍTULO 5	DISEÑOS DE INGENIERÍA.....	37
5.1	DISEÑO DEL PAVIMENTO	37
5.1.1	TRÁNSITO DE DISEÑO	37
5.1.2	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ACTUAL	39
5.1.3	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	39
5.1.3.1	Normalización de las deflexiones.....	39

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

5.1.3.2	Definición de Secciones Homogéneas	40
5.1.3.3	Retro-Ajuste Modular.....	41
5.1.3.4	Parámetros de Diseño.....	45
5.1.3.5	Número Estructural Necesario	45
5.1.3.6	Necesidad de Refuerzo Estructural	47
5.1.3.7	Análisis del Cuenco de Deflexiones	49
5.1.4	ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO PROPUESTAS.....	52
5.1.4.1	Obras propuestas en calzada	52
5.1.4.2	Obras propuestas en calzada para ensanche	54
5.1.4.3	Obras propuestas en banquetas.....	55
5.1.4.4	Verificación Estructural.....	57
5.2	DISEÑO DE OBRAS DE ARTE Y DRENAJE.....	59
5.3	DISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	60
5.3.1	ÁREAS DE DESCANSO.....	60
CAPÍTULO 6 CANTIDADES Y COSTOS.....		61
6.1	CÓMPUTO MÉTRICO.....	61
6.2	PRECIOS UNITARIOS	62
6.3	PRESUPUESTOS.....	62

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

ANEXOS

Anexo I – Mediciones Deflectométricas

Anexo II – Mediciones de Rugosidad

Anexo III - Catálogo de Fallas

Anexo III.1 - Relevamiento Visual – Planillas de Campo

Anexo III.2 - Relevamiento Visual – Catálogo Fotográfico

Anexo IV – Geotecnia

Anexo V – Puentes

Anexo VI – Hidrología e Hidráulica

Anexo VII – Tránsito

Anexo VIII – Secciones Homogéneas

Anexo IX – Análisis Estructural

Anexo X – Análisis del Cuenco de Deflexiones

Anexo XI – Documentación Gráfica

Anexo XII – Cómputo

Anexo XIII – Presupuesto

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

El “*Estudio de Prefactibilidad Avanzada de la Ruta N° 9 y Accesos*” tiene por objeto actualizar los estudios técnicos a lo largo de la traza de la Ruta N° 9, entre Km 50,0 (Cerrito) hasta el Km 525,0 (Mariscal Estigarribia) incluyendo los accesos a Loma Plata, Neuland y Filadelfia así como la “Línea 1” que une los accesos de Loma Plata y Filadelfia; y proponer obras tipo Cre.Ma. (Contratos de Rehabilitación y Mantenimiento).

Para ello, se tendrán en cuenta los antecedentes técnicos de estudios anteriores efectuados por diversos consultores y la información obtenida de los estudios básicos (deflectometría, relevamiento, tránsito, topografía, geotecnia, hidrología) que se desarrollarán en los capítulos posteriores.

La documentación se complementará con los correspondientes cómputos, presupuestos, planos y especificaciones técnicas.

Asimismo, se realizará una evaluación económica del proyecto mediante el programa HDM-IV (Highway Development Management).

De acuerdo a los Términos de Referencia, el estudio del corredor se ha dividido en 4 tramos:

- Tramo 1: Km 50 – Km 173
- Tramo 2: Km 173 – Km 326
- Tramo 3: Km 326 – Km 450
- Tramo 4: Km 450 – Km 525, Accesos y Línea 1

El presente documento contiene la memoria de ingeniería correspondiente a:

- **Tramo 1: Km 50 – Km 173**
- **Tramo 2: Km 173 – Km 326**

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

CAPÍTULO 2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

La Ruta Nacional N° 9 “Dr. Carlos Antonio López”, más conocida como Ruta Transchaco, es una ruta nacional de Paraguay que atraviesa todo el chaco paraguayo. Nace en la ciudad de Asunción y termina en la frontera con Bolivia.

Debido a su ubicación estratégica constituye una importante vía de comunicación internacional y posibilita el progreso de las colonias menonitas de la Región Occidental gracias a su conexión con las mismas a través de los accesos.

A continuación se muestra un mapa con la ubicación del proyecto y se resaltan los tramos en estudio:



Figura 1 – Ubicación del Proyecto

El tramo 1 se encuentra comprendido entre el km 50 (localidad de Cerrito) y el km 173, con una longitud de 123 km.

El tramo 2 se inicia en el Km 173 y finaliza en el Km 326, atravesando la localidad de Pozo Colorado. Tiene una longitud de 153 Km.

Ambos tramos pertenecientes al Departamento de Presidente Hayes.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

CAPÍTULO 3 ANTECEDENTES

Se ha consultado el proyecto ejecutivo realizado por la Consultora Servingci S.R.L. en el año 2.015. El mismo presenta los estudios de ingeniería y el diseño ejecutivo de las intervenciones propuestas para la rehabilitación de la Ruta N° 9, entre las localidades de Puente Remanso (Km 21) y Mariscal Estigarribia (Km 525), y los accesos a Loma Plata, Filadelfia y Neuland.

CAPÍTULO 4 ESTUDIOS DE INGENIERÍA

4.1 ESTUDIOS DEL PAVIMENTO

4.1.1 MEDICIONES DEFLECTOMÉTRICAS

El Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) ha suministrado las mediciones deflectométricas con las siguientes características:

- Tramo 1, 2: mediciones cada 200 m en Noviembre 2.016, ambos carriles.

La auscultación deflectométrica consiste en la aplicación de cargas en la superficie del pavimento, midiendo la respuesta estructural del mismo en términos de deflexiones verticales.



Figura 2 – Equipo de mediciones deflectométricas KUAB

Para este estudio, se ha utilizado un deflectómetro de impacto tipo Falling Weight Deflectometer (FWD), propiedad del Ministerio de Obras Públicas de la República del Paraguay, que aplica en la superficie del pavimento una carga dinámica en forma de impulso similar, tanto en duración como en magnitud, a la producida por los vehículos que la circulan. Es un método de ensayo no destructivo.

El equipo utilizado fue un KUAB, con un plato de 15 cm de diámetro y siete sensores ubicados a 0, 20, 30, 45, 60, 90 y 120 cm del centro del plato de carga, aplicando una carga en el entorno de los 4.086 Kg (9.000 lbs).

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

El equipo mencionado utiliza sensores basados en LVDT, denominados sismómetros, los cuales efectúan las determinaciones de deflexiones producidas por la carga.

El plato de carga garantiza una distribución uniforme de la carga sobre la superficie y responde a las especificaciones FHERL Report 1996/1.

La figura siguiente muestra el concepto de medición mediante deflectómetro de impacto:

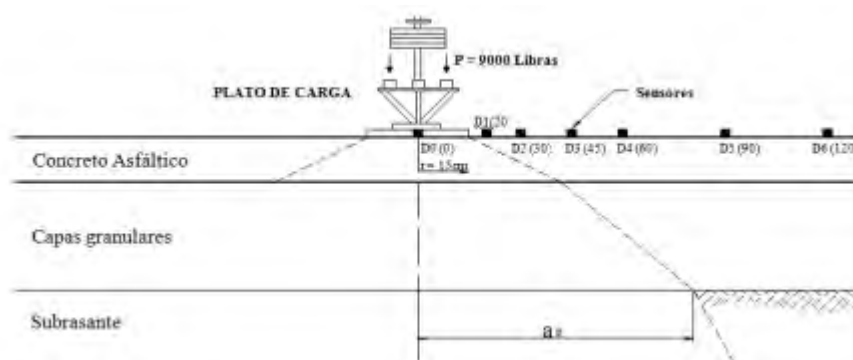


Figura 3 – Concepto de medición del Equipo KUAB

El equipo para las mediciones está montado sobre un remolque tirado por un vehículo que le permite un movimiento ágil y adecuado para liberar el área de manera inmediata.

El equipo dispone de un sistema de medición simultánea de temperaturas del aire y de la superficie del pavimento, para cada punto de ensayo.

Además, se mide la temperatura realizando perforaciones en las capas asfálticas de manera de determinar la temperatura en el interior de las mismas. A partir de estos registros y con las temperaturas registradas por el deflectómetro en la superficie del pavimento, es posible determinar los factores de corrección.

La carga standard y el diámetro del plato de carga son tales que permiten obtener sobre el pavimento condiciones de sollicitación similares a las producidas por la presión de los vehículos de carga.

Las mediciones se realizaron en ambos carriles (ascendente y descendente) a 90 cm del borde externo de cada carril, de manera que coincidan con la huella externa.

En el **Anexo I** se presentan los archivos de las mediciones deflectométricas.

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

4.1.2 MEDICIONES DE RUGOSIDAD

Por otra parte, el MOPC ha medido el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) en ambos carriles de los tramos en estudio.

Las mediciones fueron realizadas a fines del año 2.015 y principios de 2.016.

A continuación se resumen los valores estadísticos obtenidos para la totalidad de mediciones y se presenta un gráfico ilustrativo que permite observar la dispersión en los valores encontrados.

TRAMO 1:

Carril Ascendente

PROGRESIVA		IRI [m/Km]			
INICIO	FIN	MEDIA	DESVIO	COV	P95
50+000	173+000	3,06	0,65	21,3%	4,33

Tabla 1 – Rugosidad Ascendente Km 50 – km 173

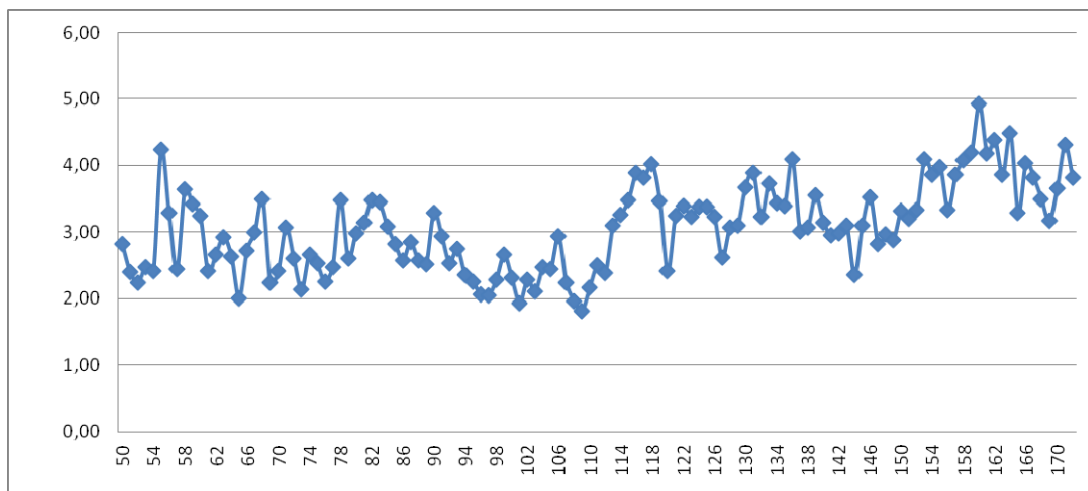


Gráfico 1 – Rugosidad Ascendente Km 50 – km 173

Carril Descendente

PROGRESIVA		IRI [m/Km]			
INICIO	FIN	MEDIA	DESVIO	COV	P95
173+000	50+000	3,28	0,60	18,2%	4,44

Tabla 2 – Rugosidad Descendente Km 173 – km 50

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

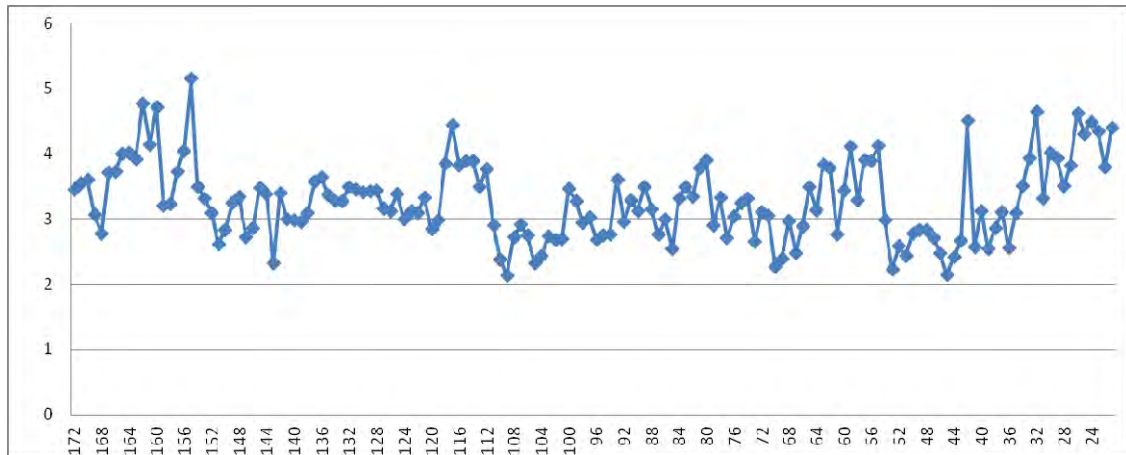


Gráfico 2 – Rugosidad Descendente Km 173 – km 50

TRAMO 2:

Carril Ascendente

PROGRESIVA		IRI [m/Km]			
INICIO	FIN	MEDIA	DESVIO	COV	P95
173+000	326+000	3,90	0,83	21,2%	5,51

Tabla 3 – Rugosidad Ascendente Km 173 – km 326

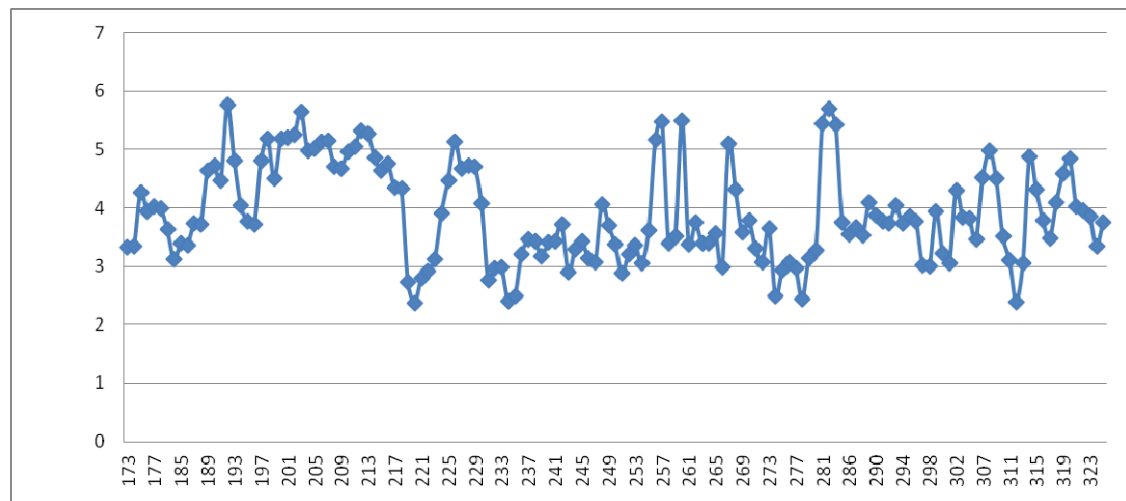


Gráfico 3 – Rugosidad Ascendente Km 173 – km 326

Carril Descendente

PROGRESIVA		IRI [m/Km]			
INICIO	FIN	MEDIA	DESVIO	COV	P95
326+000	173+000	4,00	1,00	25,1%	5,95

Tabla 4 – Rugosidad Descendente Km 326 – km 173

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

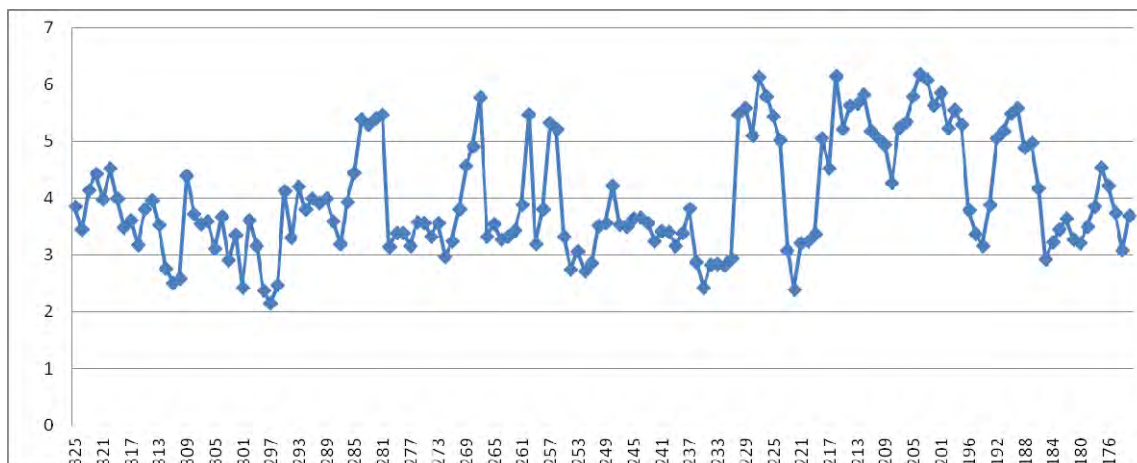


Gráfico 4 – Rugosidad Descendente Km 326 – km 173

De las mediciones precedentes se desprende que el promedio de los valores de rugosidad se mantienen cercanos a 3 para el tramo 1, mientras que para el tramo 2 aumentan a 4.

En el **Anexo II** se presentan las rugosidades kilométricas en unidades IRI (m/Km) para ambos tramos.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

4.1.3 RELEVAMIENTO VISUAL

En el Mes de Junio de 2.017 se ha procedido al recorrido de los tramos en estudio a fin de conocer el estado superficial que presenta actualmente la calzada.

El relevamiento del pavimento consistió en evaluar las características superficiales del mismo, observando diferentes tipos de fallas tales como ahuellamiento, fisuración (tipo y densidad), desprendimientos, superficie bacheada, baches abiertos, etc. conforme a lo establecido en el catálogo requerido para la metodología empleada. El mismo se encuentra adjunto en **Anexo III**.

A su vez, se realizaron mediciones en cada kilómetro de los anchos de calzada y banquetas existentes; y el relevamiento de la ubicación de dársenas de detención y su estado.

Complementariamente, se tomaron fotografías tanto en sectores representativos, como en cada kilómetro de manera sistemática.

4.1.3.1 Estado del Pavimento

A continuación se presenta una breve descripción de las condiciones superficiales de la calzada.

Las planillas de campo con el detalle de las fallas y cantidades relevadas, como así también las fotografías tomadas, se encuentran adjuntas en **Anexo III. 1** y **Anexo III. 2** respectivamente.

KM 050 – KM 080

La calzada se encuentra en buenas condiciones generales, presenta un grado medio de fisuración tipo 2 y 4 en coincidencia con las huellas, se observaron también algunos sectores con ahuellamiento bajo, desprendimientos ocasionales y exudación.

Las banquetas pavimentadas se observan en mal estado y las banquetas de suelo con vegetación creciente.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

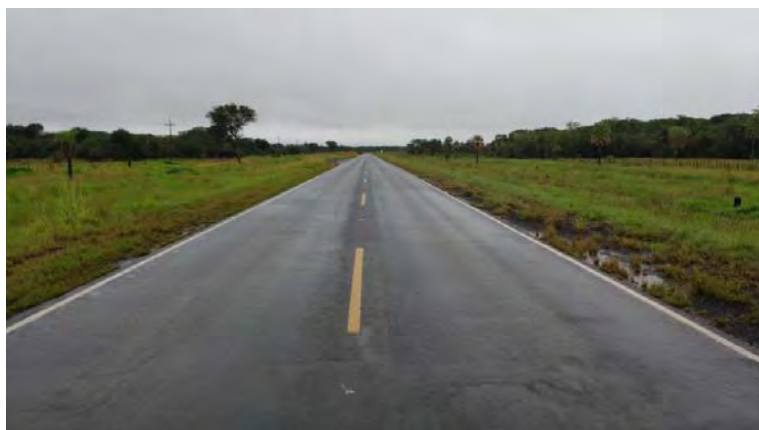


Imagen 1 – Km 59



Imagen 2 – Km 64



Imagen 3 – Km 73

KM 080 – KM 168

Se observa mayor presencia de fisuras tipo 6 y 8 así como también un ahuellamiento de mayor grado. Se destaca la presencia de baches, bacheos y rotura de borde.

Las banquetas se encuentran en las mismas condiciones que en el tramo previo.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01



Imagen 4 - Km 82



Imagen 5 - Km 91



Imagen 6 - Km 114

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01



Imagen 7 - Km 133



Imagen 8 - Km 159

KM 168 – KM 173

El estado de la calzada es muy bueno, presenta fisuras mínimas y ahuellamiento prácticamente nulo.

Se advirtieron trabajos de bacheo en distintos tramos, los cuales se encuentran en buenas condiciones.

Se repite la misma situación que en las secciones anteriores en lo relativo a las condiciones de las banquetas.



Imagen 9 - Km 170

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01



Imagen 10 - Km 171

KM 173 – KM 285

En algunos sectores se detectaron desprendimientos en la carpeta de rodamiento, baches, ahuellamiento, sellado de fisuras y fisuras en coincidencia con las huellas.

Las banquetas pavimentadas se observan en mal estado y las banquetas de suelo con vegetación creciente.



Imagen 11 - Km 175



Imagen 12 - Km 179

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01



Imagen 13 - Km 184



Imagen 14 - Km 192

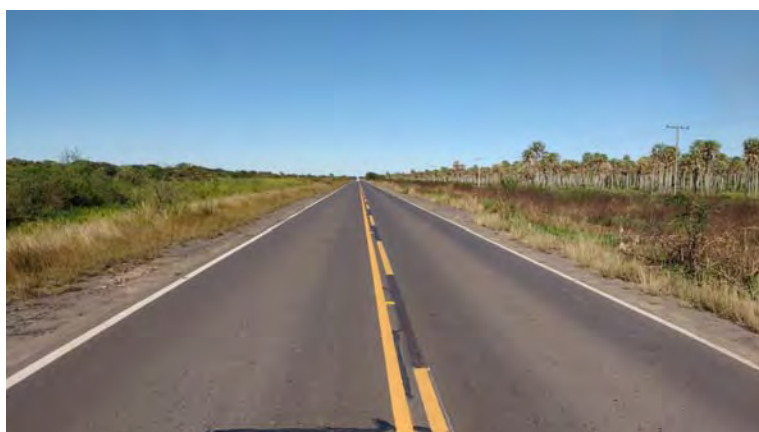


Imagen 15 - Km 197

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01



Imagen 16 - Km 202



Imagen 17 - Km 260

KM 285 – KM 319

El estado de la calzada es regular, presenta ahuellamiento, deformación de bordes, exudación frecuente, fisuras en coincidencia con las huellas y bacheos ocupando gran superficie de la calzada.

Las condiciones de las banquetas son similares a las del tramo previo.



Imagen 18 - Km 286

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

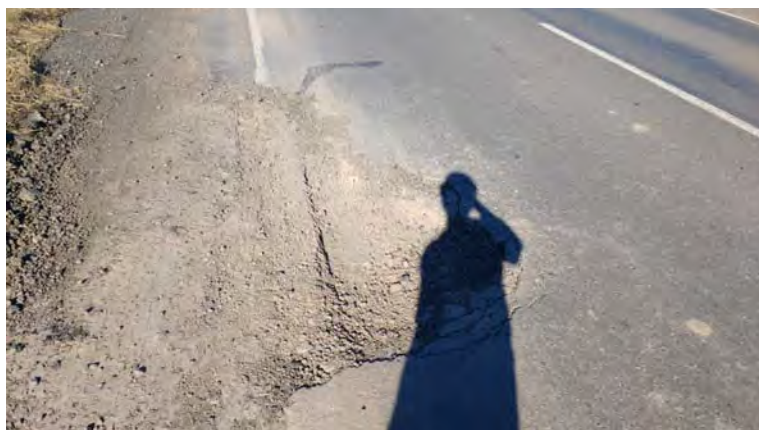


Imagen 19 - Km 289



Imagen 20 - Km 294



Imagen 21 - Km 309

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01



Imagen 22 - Km 315

KM 319 – KM 323

La calzada se encuentra en mal estado, donde se observan fisuras tipo 8 y 10, denominadas “Piel de cocodrilo”, gran cantidad de trabajos de bacheo que ocupan un sector importante de la calzada, roturas y deformaciones de borde.

La superficie de las banquetas pavimentadas se observan en mal estado.



Imagen 23 - Km 320



Imagen 24 - Km 322

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01



Imagen 25 - Km 322



Imagen 26 - Km 322

KM 323 – KM 326

Presenta fisuras en coincidencia con las huellas, bacheos ocupando gran superficie de los carriles y rotura de borde.

Las banquetas pavimentadas se observan en mal estado.



Imagen 27 - Km 323

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01



Imagen 28 - Km 325



Imagen 29 - Km 325

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

4.1.4 ENSAYOS GEOTÉCNICOS

Con el objeto de contar con información de las estructuras existentes en los tramos se proyectaron cateos a lo largo de toda la traza.

A partir de las últimas mediciones deflectométricas realizadas por el MOPC y del relevamiento general del proyecto realizado en Marzo del presente año; se definieron las cantidades y ubicaciones de los cateos a ejecutar.

Particularmente para el tramo 1 y 2 (Km 50 a Km 326) se ejecutaron 9 calicatas y 33 sondeos. Dichos cateos fueron ejecutados por la empresa **Métrica S.A.**, bajo el permanente asesoramiento por parte de este Coordinador.

En cada cateo, se midieron los espesores de las capas componentes y se analizaron las características principales de cada capa discriminadas por textura, composición, color, humedad, etc. Asimismo y donde pudo determinarse, se identificó el nivel de la napa freática.

Adicionalmente, en todos los cateos donde fue factible se realizaron ensayos de Penetración Dinámica de Cono (DCP) y se determinaron las Densidades In Situ mediante la utilización del Cono de Arena.

Las muestras de cada una de las capas componentes se transportaron al laboratorio en bolsas plásticas cerradas para minimizar la pérdida de humedad.

A lo largo de todo el proceso se llevo un registro fotográfico.

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

4.1.4.1 Ubicación de estudios

A continuación se presenta la ubicación de los sondeos y calicatas:

N° Ensayo	Tipo de Ensayo	Ubicación [Km]	Carril
1	Sondeo	52,0	Desc.
2	Sondeo	56,0	Asc.
3	Sondeo	62,0	Desc.
4	Calicata	65,5	Asc.
5	Sondeo	72,0	Desc.
6	Sondeo	79,0	Asc.
7	Calicata	85,0	Asc.
8	Sondeo	91,0	Desc.
9	Calicata	97,0	Asc.
10	Sondeo	105,0	Desc.
11	Sondeo	113,0	Asc.
12	Sondeo	120,0	Desc.
13	Sondeo	129,0	Asc.
14	Sondeo	147,0	Asc.
15	Sondeo	154,0	Desc.
16	Sondeo	165,0	Desc.
17	Sondeo	170,0	Asc.
18	Sondeo	175,0	Asc.
19	Sondeo	182,0	Desc.
20	Sondeo	188,0	Asc.
21	Sondeo	195,0	Desc.
22	Sondeo	201,0	Asc.
23	Sondeo	208,0	Desc.
24	Calicata	213,0	Asc.
25	Sondeo	218,0	Desc.
26	Sondeo	226,0	Asc.
27	Sondeo	234,0	Desc.
28	Sondeo	242,0	Asc.
29	Sondeo	250,0	Desc.
30	Sondeo	258,0	Asc.
31	Calicata	260,0	Desc.
32	Sondeo	267,0	Asc.
33	Sondeo	273,0	Desc.
34	Calicata	278,0	Asc.
35	Sondeo	283,0	Desc.
36	Sondeo	295,0	Asc.
37	Calicata	305,0	Desc.
38	Sondeo	310,0	Asc.

N° Ensayo	Tipo de Ensayo	Ubicación [Km]	Carril
39	Sondeo	318,0	Desc.
40	Calicata	321,0	Asc.
41	Sondeo	323,0	Desc.
42	Calicata	325,0	Desc.

**Tabla 5 – Ubicación Calicatas y Sondeos
(Km 50 – Km 326)**



Imagen 30 - Replanteo de calicata



Imagen 31 – Medición descalce



Imagen 32 – Ejecución de calicata

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01



Imagen 33 – Muestra



Imagen 35 - Medición de espesores



Imagen 34 – Ensayo Cono de Arena



Imagen 36 - DCP



Imagen 37 - DCP

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

4.1.4.2 Perfil edafológico

Los espesores encontrados en las calicatas y sondeos han sido graficado de manera de permitir una mayor visualización de las estructuras presentes en los tramos.

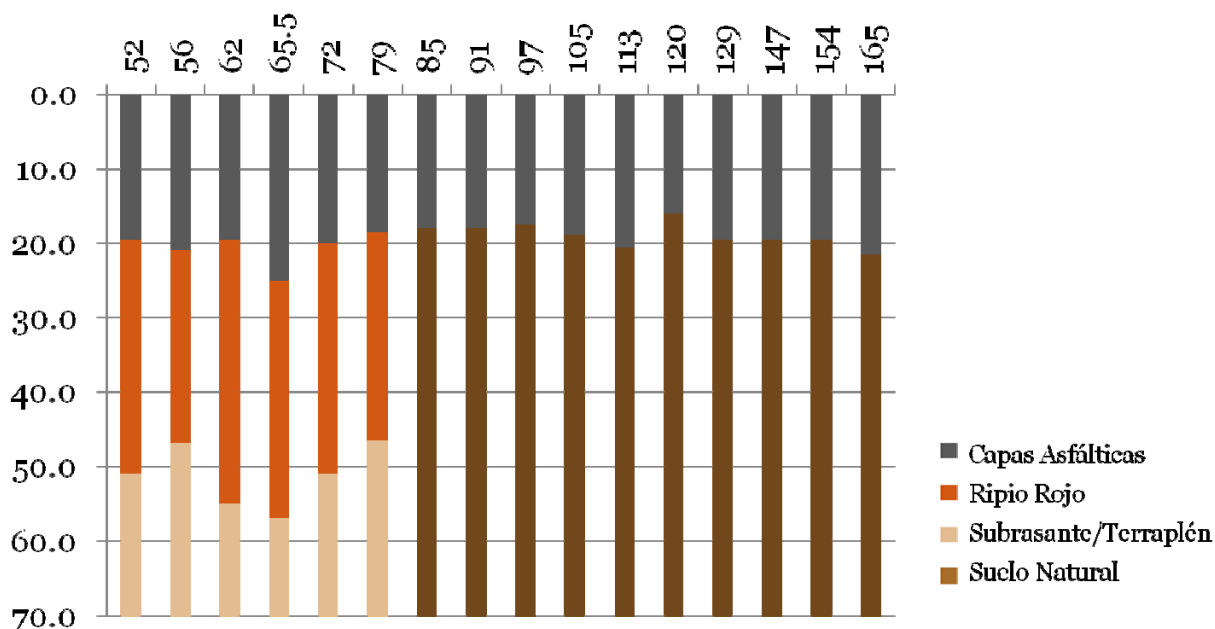


Gráfico 5 – Km 50 – km 173

Entre el Km 50 al Km 80 se observa que la estructura del pavimento está compuesta por mezcla asfáltica y Ripio Rojo.

A partir del Km 80 se observa una estructura del tipo “full depth”.

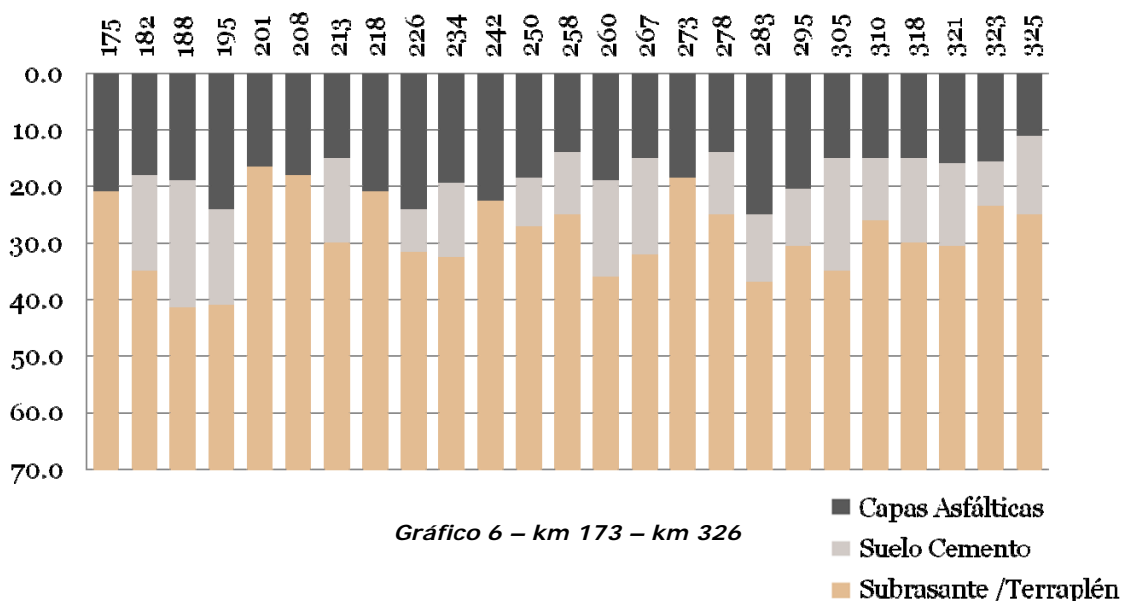


Gráfico 6 – km 173 – km 326

Entre el Km 175 al Km 325 se ha detectado la presencia de suelo cemento por debajo de las capas asfálticas en la mayoría de los cateos ejecutados.

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

4.1.4.3 Ensayos de Laboratorio

A las muestras obtenidas en las calicatas y sondeos se le realizaron las siguientes determinaciones:

- Granulometría
- Límites de Consistencia: Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad
- Clasificación e Índice de grupo según el sistema del Highway Research Board

Complementariamente a los suelos característicos se le realizaron los siguientes ensayos:

- Ensayo de compactación Proctor
- Ensayo de Valor Soporte e Hinchamiento



Imagen 38 – Muestras en Laboratorio

Por otro lado, la evidencia de suelo lateralmente al camino hizo necesaria el estudio de la dispersividad de los suelos mediante el ensayo “Crumb Test”.

Mediante el “Crumb Test” se ensayaron 7 muestras, cuya prueba consiste en observar la dispersividad (turbiedad o no) de los suelos una vez sumergidos en agua destilada.

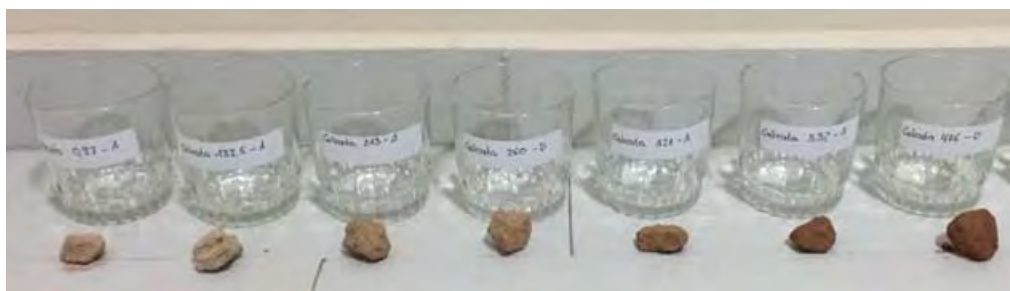


Imagen 39 – Crumb Test

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

4.1.4.4 Resumen de Resultados de los Ensayos Realizados

De los ensayos realizados se desprenden las siguientes conclusiones:

- Por debajo de las capas asfálticas los suelos presentes son del tipo A-6 y A-7-6 en su mayoría, con plasticidades altas, según la Clasificación H.R.B.
- Los ensayos de Compactación y Valor Soporte Relativo dieron resultados acordes a los tipos de suelos.
- De las determinaciones realizadas con el Penetrómetro Dinámico de Cono, se aprecia que los resultados obtenidos guardan relación con las distintas capas encontradas en las calicatas.
- Los resultados de Densidad In Situ obtenidos indican que el grado de compactación actual de los suelos es adecuado.
- La dispersividad de los suelos resultó casi nula.

En el **Anexo IV** se adjunta el informe geotécnico realizado por **Métrica S.A.** que incluye los gráficos representativos y cuadro de valores con los resultados de todos los estudios geotécnicos mencionados.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

4.2 ACCESO A INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA

Con el objeto de contar con un material de consulta que sirva de apoyo para las tareas de gabinete y, especialmente, para los Contratistas, la empresa **Métrica S.A.** generó una base de datos disponible en forma on-line.

La misma incluye:

- Filmación de toda la longitud del proyecto con una cámara digital que permite georeferenciar todas las imágenes.
- Ubicación precisa de todos los cateos junto con fotografías donde se indican los espesores y materiales de las estructuras existentes.

4.2.1 INSTRUCTIVO

A continuación se detallan los pasos a seguir para poder acceder a la información.

PASO 1: Acceso Página Web

Ingresar al link: <http://www.metrica.com.py/ruta09>



El usuario y contraseña para su uso serán proporcionados al contratante, cuando éste así lo requiera.

Se requiere autenticación

http://www.metrica.com.py necesita un nombre de usuario y una contraseña.
Tu conexión con este sitio no es privada.

Nombre de usuario:

Contraseña:

Iniciar sesión
Cancelar

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

PASO 2: Acceso Ruta 9

Al dirigirse al botón Ruta 9 se despliega un menú con los tramos y variantes (accesos).



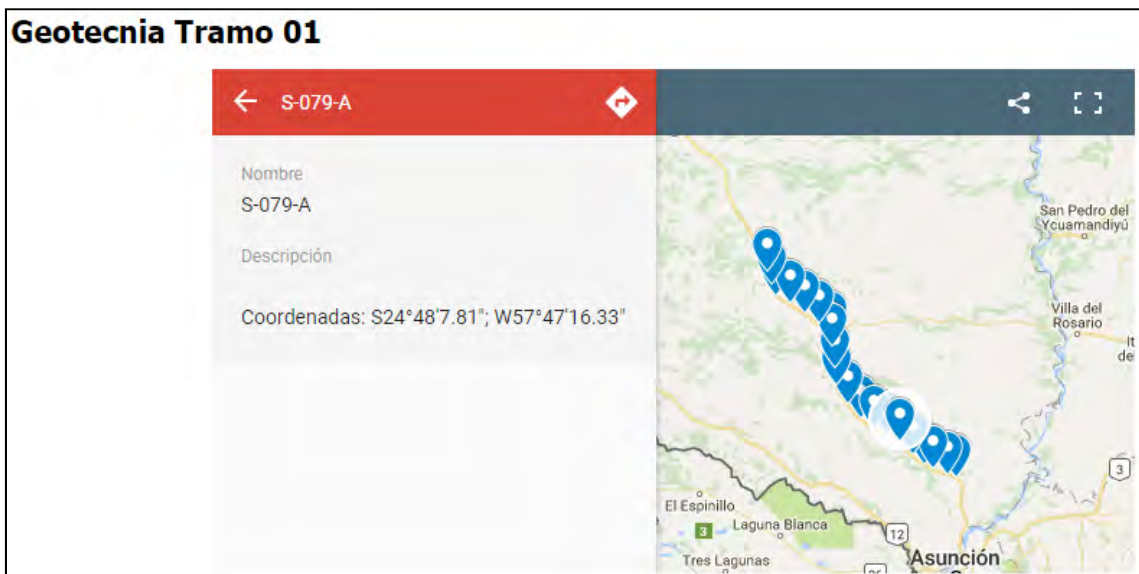
PASO 3: Acceso a Información

Para cada uno de los tramos y variantes se puede acceder a la siguiente información:

- Geotecnia: Se indica la posición en que se ejecutó cada cateo y los datos obtenidos junto con fotografías. Se puede descargar en formatos kmz y pdf.
- Video: a través de una cámara se puede visualizar el tramo en toda su longitud.



Geotecnia Tramo 01



ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Video Tramo 01 Km 50 al 173



<p align="center">ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA</p>		
<p align="center">PY09-MIC1-01.docx</p>	<p align="center">Fecha 21/09/2017</p>	<p align="center">REV. 01</p>

PY09-MIC1-01.docx

<p align="center">Fecha 21/09/2017</p>
--

REV. 01

4.3 ESTUDIOS DE TRÁNSITO

Para estimar el volumen y cargas del tránsito que circulan por los tramos en estudio, se han realizado censos volumétricos y de clasificación.

La ubicación específica de los sitios de conteo fueron determinados a partir de una recorrida previa de los tramos y de los caminos en los que pudiera derivarse el tránsito en estudio.

A continuación se muestra un mapa con la localización de los conteos para los tramos 1 y 2:

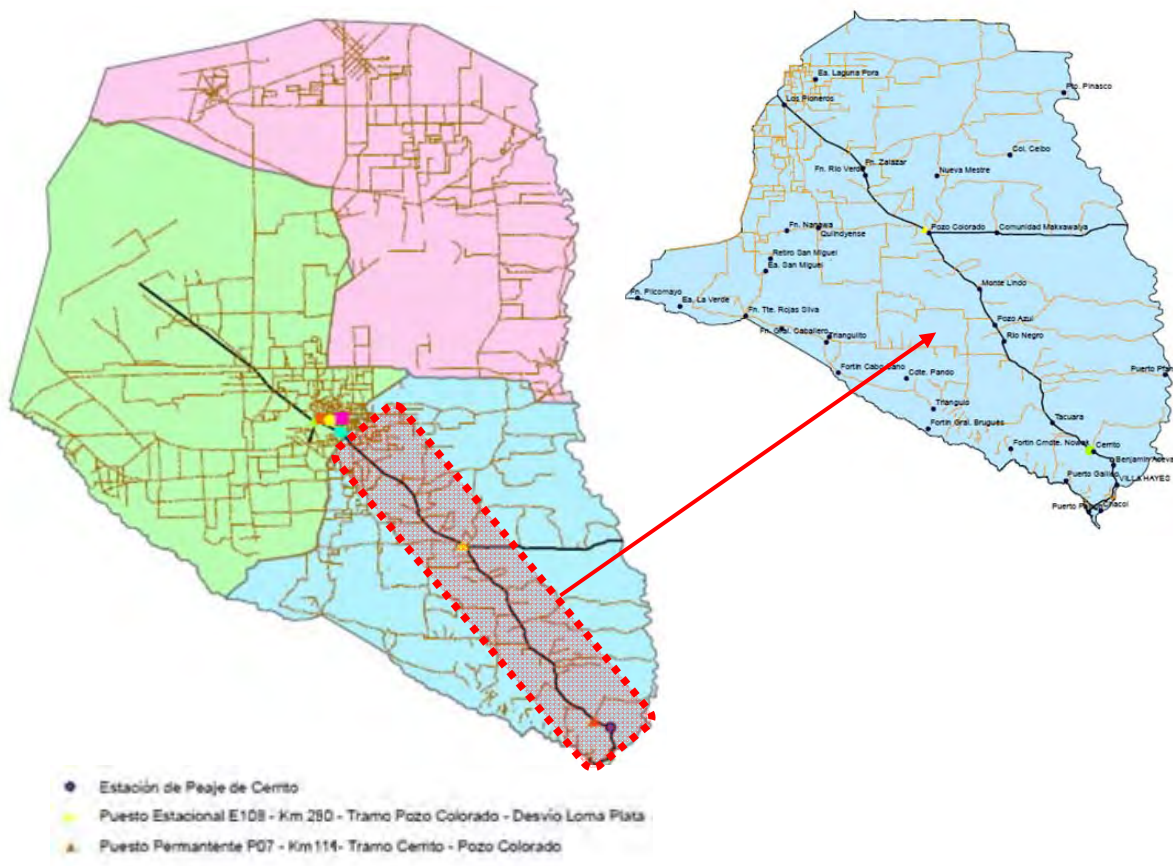


Figura 4 – Ubicación Conteos

La campaña de conteos se efectuó entre los meses de Abril y Mayo. Los conteos fueron realizados durante una semana, 24 horas por día. Para ellos se utilizaron equipos electrónicos (Modelo Apollo de la marca Diamond Traffic, de origen estadounidense).

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01



Figura 5 – Equipos Apollo de Diamond Traffic

4.3.1 OBTENCIÓN DEL TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL (TMDA)

Teniendo en cuenta que el período de conteo fue de una semana completa durante 24 hs. cada día, se pudo estimar directamente el tránsito medio diario semanal (TMDS).

Para obtener el tránsito medio diario mensual (TMDM) se ha considerado la semana de relevamientos como una semana “tipo” del mes de conteo, por lo que los valores de TMDM se consideraron equivalentes a los del TMDS.

Con el TMDS y aplicando el factor de corrección por estacionalidad a partir de la información proporcionada por el peaje de Cerrito, se calculó el tránsito medio diario anual (TMDA).

El TMDA ha sido obtenido para vehículos livianos, ómnibus y camiones.

Los gráficos y la tabla presentados a continuación muestran los valores del TMDA según tipo de vehículo para los puestos correspondientes a los tramos 1 y 2:

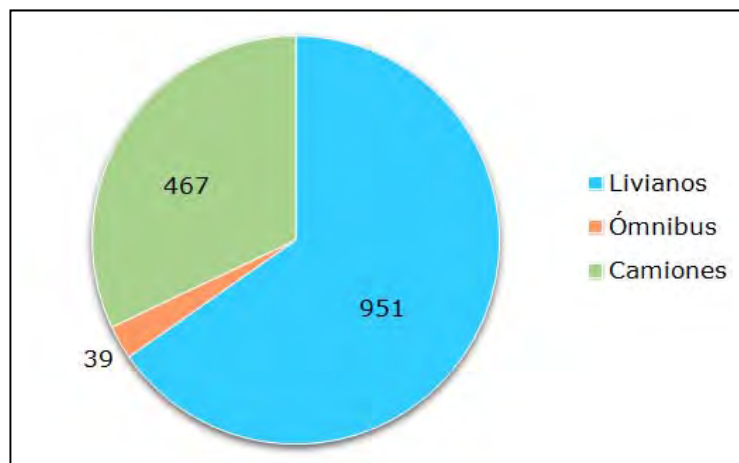


Gráfico 7 – Puesto PP07

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

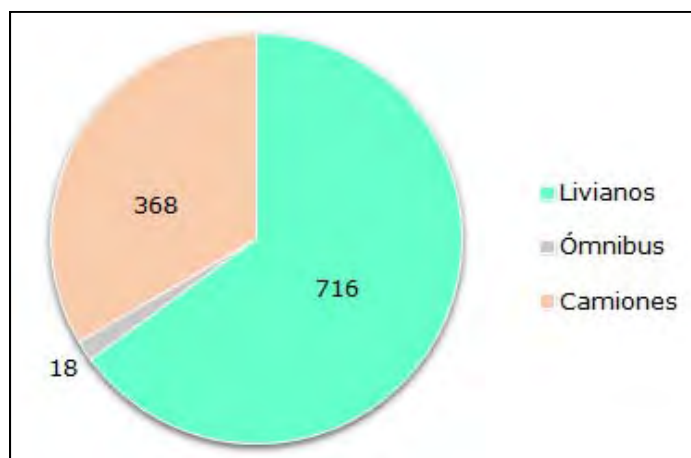


Gráfico 8 – Puesto PE108

Puesto	TMDA			TMDA Total
	Livianos	Ómnibus	Camiones	
Puesto Permanente PP07 (Km 114)	951	39	467	1.457
Puesto Estacional E108 (Km 280)	716	18	368	1.102

Tabla 6 – TMDA (2.017)

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

4.4 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Como parte del proyecto de rehabilitación de la Ruta 9, se han estudiado 3 escenarios de ensanche para la calzada de actualmente 6,0 m de ancho.

- **Escenario 1:** Ensanche de calzada 7,0 m y banquetas de 2,50 m.
- **Escenario 2:** Ensanche de calzada 7,0 m y banquetas de 1,50 m.
- **Escenario 3:** Ensanche de calzada 7,3 m y banquetas de 1,35 m.

Dicho estudio se realizó en base a la información técnica provista por el MOPC, particularmente a la topografía del Proyecto Ejecutivo realizado por la Consultora Servingci S.R.L en el año 2014.

Esta documentación se empleó para generar, mediante Autocad Civil, el modelo digital de la superficie a partir del cual se ha calculado el movimiento de suelos para las distintas soluciones de pavimento proyectadas en el presente informe.

No obstante, del resultado de la modelación, se notó que el relevamiento topográfico desde la progresiva 50+000 hasta 326+000 tiene un faltante de 150 metros aprox., lo que incide en la longitud total de la modelación.

Esta contrariedad se ha contemplado en el cómputo mediante un ligero incremento en los coeficientes de imprevistos adoptados para el cálculo de las cantidades de movimiento de suelos: limpieza, excavación y terraplén.

Por otra parte, dada la cantidad de escenarios proyectados, se ha planteado la modelación completa de toda la topografía únicamente para la Escenario 1; mientras que para las dos opciones restantes se estableció un análisis comparativo.

Dicho análisis consistió en la evaluación de un número de Secciones Transversales representativas de las distintas soluciones de obra, las cuales fueron seleccionadas convenientemente cada aproximadamente 10 km, de forma de tener perfiles de comparación regularmente que brinden información significativa de la totalidad del movimiento de suelos de la traza.

Con las progresivas de las Secciones definidas, se ubicó el perfil (en coincidencia con el perfil del Escenario 1) de la obra proyectada en las dimensiones geométricas de cada uno de los Escenarios restantes a evaluar; y se determinaron las áreas de limpieza, excavación y terraplén.

De esta manera, en cada una de las Secciones (progresivas), se compararon las áreas de los ítems anteriores respecto de las cantidades obtenidas para esa misma Sección en la modelación del Escenario 1; y se definieron coeficientes para cada ítem y tramo de análisis, que permitieran extrapolar los volúmenes de movimiento de suelos del Escenario 1 a los Escenarios 2 y 3 para, posteriormente, computar y presupuestar la totalidad de los escenarios.

Los volúmenes obtenidos se muestran en los cálculos correspondientes a cada una de los escenarios.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

4.5 ESTUDIOS DE PUENTES

Dentro del marco de la presente evaluación de prefactibilidad, se efectuó un relevamiento visual de los puentes existentes en los tramos en estudio, con el objeto de caracterizar el estado de los mismos y analizar posibles intervenciones a realizar en el ensanche a ambos lados de calzada. Dicho relevamiento fue llevado a cabo por el **Ing. Tomás Alberto del Carril**.

Durante la recorrida de los tramos se inventariaron en total 82 puentes, considerando dentro de esta categoría a los pontillones de 6 m de luz.

A los fines prácticos, se clasificó la totalidad de los puentes observados, en 4 grupos que presentan características similares: Puentes Largos, Puentes de 2 tramos, Puentes de 1 tramo, Pontillones.

En el **Anexo V** pueden observarse mayores detalles sobre las características de los puentes en cuestión.

4.6 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRAÚLICOS

Con el objeto de actualizar los estudios hidrológicos e hidráulicos del proyecto a lo largo de toda la traza a un nivel de prefactibilidad y verificar que tanto los puentes y obras de drenaje, como la cota del terraplén de la carretera existente resultan adecuados a potenciales fenómenos climáticos y meteorológicos asociados con el cambio climático, la **Ing. María del Carmen Álvarez Enciso** ha llevado a cabo un estudio que se adjunta en el **Anexo VI**.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

CAPÍTULO 5 DISEÑOS DE INGENIERÍA

5.1 DISEÑO DEL PAVIMENTO

5.1.1 TRÁNSITO DE DISEÑO

A los efectos de calcular los ejes equivalentes de 8,16 toneladas a partir del TMDA obtenido de los conteos realizados, se siguió la metodología indicada en la Guía AASHTO '93.

En el capítulo de Tránsito de la versión 1993, AASHTO utiliza el número de repeticiones de ejes equivalentes de 18 kips (80 kN u 8,16 toneladas) denominados ESALs (equivalent simple axial load - carga axial simple equivalente). La conversión de ejes de configuración variable, a ejes de carga axial equivalente, implica el cálculo de factores de carga equivalente, que permiten trabajar considerando el efecto destructivo que cada tipo de eje puede producir en el pavimento.

Los FEC (Factores Equivalentes de Carga), representan la proporción del número de repeticiones de cualquier configuración de ejes (simple, tandem, tridem) necesaria para causar la reducción equivalente del PSI que produciría la aplicación de una carga de 18 kips de un eje simple.

Para calcular el factor equivalente de cargas producido por la flota vehicular en conjunto se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- La composición vehicular obtenida a partir de los censos volumétricos y de clasificación (tipo, configuración, cantidad).
- Porcentaje de cargas: 70% cargados, 30% vacíos.
- Cargas máximas por eje permitidas por la legislación vigente:

Eje	Rodado	Límite (ton)
Simple	Simple	6
Simple	Doble	10,5
Doble	Simple	10
Doble	Doble y Simple	14
Doble	Doble	18
Triple	Doble y Simple	21
Triple	Doble	25,5

Tabla 7 – Límites de Pesos para la red vial del Paraguay

En el **Anexo VII** se detalla el cálculo del factor de carga equivalente para los distintos tramos en estudio.

Una vez obtenido el FEC se procedió al cálculo de los ejes equivalentes utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Ejes equivalentes} = \text{TMDA} \cdot 365 \cdot F_d \cdot F_c \cdot \text{FEC}$$

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

Para ello, se han considerado los siguientes parámetros:

- Tasa de crecimiento:

Buses = 3,52%

Camiones = 3,90%

Tasas extraídas de *"Proyecto Ejecutivo de Rehabilitación de la Ruta N° 9 y Accesos - Informe Final Noviembre 2015"*

- Año de habilitación de las mejoras: 2.022.
- Factores de direccionalidad (Fd): según datos obtenidos del censo.
- Factor de distribución por carril (Fc): 1 debido a que se trata de una ruta con un carril por sentido de circulación.

En la siguiente tabla se resume el tránsito previsto en ejes equivalentes para una vida útil de 10 y 20 años:

Carril Ascendente:

Desde	Hasta	Ejes Equivalentes	
		10 años	20 años
50,0	270,0	4.574.473	11.263.524
270,0	326,0	4.293.085	10.575.179

Tabla 8 – Ejes Equivalentes Carril Ascendente

Carril Descendente:

Desde	Hasta	Ejes Equivalentes	
		10 años	20 años
50,0	270,0	4.593.350	11.310.003
270,0	326,0	4.231.203	10.422.744

Tabla 9 – Ejes Equivalentes Carril Descendente

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

5.1.2 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ACTUAL

A partir de la información obtenida en las calicatas y sondeos extraídos a lo largo de los tramos en estudio, se definieron los espesores de las capas asfálticas y los espesores totales del paquete estructural.

Los espesores adoptados se muestran a continuación:

TRAMO 1:

Desde	Hasta	Long. km	Espesores	
			C°A° cm	Total (*) cm
50,0	71,0	21,0	21,0	51,0
71,0	80,0	9,0	21,0	51,0
80,0	91,5	11,5	19,0	19,0
91,5	102,0	10,5	19,0	19,0
102,0	168,0	66,0	19,0	19,0
168,0	173,0	5,0	32,0	32,0

Tabla 10 – Espesores Tramo 1

TRAMO 2:

Desde	Hasta	Long. km	Espesores	
			C°A° cm	Total (*) cm
173,0	215,0	42,0	18,0	35,0
215,0	236,5	21,5	21,0	31,0
236,5	250,0	13,5	21,0	31,0
250,0	270,0	20,0	17,0	30,0
270,0	280,0	10,0	17,0	30,0
280,0	285,0	5,0	17,0	30,0
285,0	319,0	34,0	17,0	30,0
319,0	323,0	4,0	17,0	30,0
323,0	326,0	3,0	17,0	30,0

Tabla 11 – Espesores Tramo 2

(*) El espesor total de estructura adoptado surge de las mediciones realizadas en las calicatas y sondeos. Se considera que la estructura está compuesta por las capas que aportan resistencia a la misma.

5.1.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

5.1.3.1 Normalización de las deflexiones

Las deflexiones fueron normalizadas a 20° C de temperatura y para una carga estándar de 9.000 lbs (4.086 kg), de acuerdo a lo recomendado por el Método AASHTO.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

5.1.3.2 Definición de Secciones Homogéneas

Se definieron unidades homogéneas de análisis utilizando la metodología AASHTO (AASHTO Guide for Design of Pavement Structures – 1993) Apéndice J Analysis Unit Delineation by Cumulative Differences y tratando de cumplir con un coeficiente de variación de DO' menor a 35%.

Estas unidades homogéneas han sido utilizadas para el cálculo de los parámetros estructurales del pavimento (M_r , E_p , SN efectivo y radio de curvatura R_c).

En base a lo anterior, se presentan a continuación las secciones definidas y los valores estadísticos obtenidos para la deflexión máxima corregida por carga y temperatura (DO'):

TRAMO 1:

Carril Ascendente

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA μm	DESVÍO μm	COV %	P80 μm
50,0	71,0	21,0	251	57	23	295
71,0	80,0	9,0	294	84	29	341
80,0	91,5	11,5	483	117	24	585
91,5	102,0	10,5	332	77	23	389
102,0	168,0	66,0	481	152	32	591
168,0	173,0	5,0	304	81	27	346

Tabla 12 – SH Tramo 1 Carril Ascendente

Carril Descendente

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA μm	DESVÍO μm	COV %	P80 μm
50,0	71,0	21,0	224	55	24	266
71,0	80,0	9,0	282	67	24	330
80,0	91,5	11,5	332	80	24	408
91,5	102,0	10,5	263	54	21	309
102,0	168,0	66,0	411	142	34	511
168,0	173,0	5,0	246	77	31	298

Tabla 13 – SH Tramo 1 Carril Descendente

TRAMO 2:

Carril Ascendente

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA μm	DESVÍO μm	COV %	P80 μm
173,0	215,0	42,0	293	99	34	362
215,0	236,5	21,5	248	83	34	290

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA μm	DESVÍO μm	COV %	P80 μm
236,5	250,0	13,5	302	96	32	380
250,0	270,0	20,0	355	117	33	436
270,0	280,0	10,0	265	72	27	306
280,0	285,0	5,0	387	121	31	478
285,0	319,0	34,0	482	159	33	600
319,0	323,0	4,0	905	302	33	1140
323,0	326,0	3,0	385	124	32	493

Tabla 14 – SH Tramo 2 Carril Ascendente

Carril Descendente

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA μm	DESVÍO μm	COV %	P80 μm
173,0	215,0	42,0	277	83	30	331
215,0	236,5	21,5	243	78	32	299
236,5	250,0	13,5	259	86	33	309
250,0	270,0	20,0	288	78	27	328
270,0	280,0	10,0	282	71	25	328
280,0	285,0	5,0	288	89	31	378
285,0	319,0	34,0	376	130	35	477
319,0	323,0	4,0	672	231	34	855
323,0	326,0	3,0	382	103	27	489

Tabla 15 – SH Tramo 2 Carril Descendente

Estas unidades homogéneas han sido utilizadas para el cálculo de los parámetros estructurales del pavimento (M_r , E_p , SN efectivo y radio de curvatura R_c).

En el **Anexo VIII** se presentan los cálculos realizados.

5.1.3.3 Retro-Ajuste Modular

Siguiendo la metodología definida en la Guía AASHTO (AASHTO Guide for Design of Pavement Structures – 1993), se realizó el retroajuste modular, a partir de los ensayos deflectométricos y los espesores de capas adoptados. De esta manera se obtuvieron los módulos de la estructura E_p y M_r , el radio de curvatura (R_c), y el número estructural efectivo (S_{Neff}) para cada sección homogénea.

A continuación se indica la metodología y las expresiones seguidas para la obtención de los parámetros estructurales:

Módulo Resiliente (M_r): a distancias suficientemente grandes del plato de carga, la deflexión medida en la superficie del pavimento responde solamente a la

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

deformación de la subrasante. Esto permite retrocalcular el módulo resiliente de la subrasante a partir del valor de una deflexión y la magnitud de la carga aplicada, a partir de la siguiente expresión:

$$Mr = 0,24 \cdot P / (d_r \cdot r)$$

donde: **P** es la magnitud de la carga aplicada, en libras

dr es la deflexión medida a una distancia r del centro de aplicación de la carga, en pulgadas

r es la distancia del centro de aplicación de la carga, en pulgadas

La deflexión usada para el cálculo de Mr debe estar lo suficientemente alejada del centro de aplicación de la carga de manera de independizarla del efecto de las capas superiores, pero lo suficientemente cerca como para que su valor no sea demasiado pequeño y permita calcular el módulo con precisión. La distancia mínima se determina a partir de la siguiente relación:

$$r \geq 0,7 \cdot a_e$$

donde:

$$a_e = \sqrt{a^2 + \left(D \cdot \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}$$

ae es el radio del bulbo de tensiones en la interface subrasante-pavimento, en pulgadas

a es el radio del plato de cargas del equipo FWD, en pulgadas

D es el espesor total de las capas de pavimento sobre la subrasante, en pulgadas

Ep es el módulo efectivo de todas las capas del pavimento, en psi

Antes de utilizar el Mr retrocalculado en el diseño del pavimento, debe ser ajustado para ser consistente con el valor medido en laboratorio usado por la ecuación AASHTO de pavimentos flexibles. El valor de Mr retrocalculado debe ser multiplicado por un factor de corrección C, el cual varía en función del tipo de suelo de subrasante.

$$Mrc = C \cdot Mr$$

donde:

Mr = Módulo resiliente de la subrasante obtenida por retrocálculo (psi)

C = Factor de ajuste o corrección

Mrc corresponde entonces al valor de Mr corregido mediante el factor en cuestión. Para el presente estudio se ha adoptado un C=0,33 siguiendo los criterios

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

desarrollados en la metodología AASHTO'93, y teniendo en cuenta las características de los suelos de la subrasante, de acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación geotécnica.

Módulo efectivo del pavimento (Ep): conocidos el espesor del pavimento (D) y el módulo resiliente de la subrasante (Mr), el módulo efectivo del pavimento se determina a partir de la deflexión medida en el centro de aplicación de la carga usando la siguiente expresión:

$$d_0 = 1,5 \cdot pa \left\{ \frac{1}{M_R \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \sqrt{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}} + \frac{\left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \right)^2}} \right]}{E_p} \right\}$$

Donde **d0** es la deflexión medida en el centro de aplicación de la carga, ajustada a una temperatura estándar de 68 °F, en pulgadas

p es la presión aplicada por el plato de carga

Como se observa, el proceso de cálculo de Mr y Ep es iterativo, dado que el valor de Ep tiene influencia en la determinación del sensor utilizado para el cálculo de Mr, y a su vez este valor influye en la determinación del Ep.

Número estructural efectivo (SNeff): se determina a partir de la siguiente expresión:

$$SN_{eff} = 0,0045 \cdot D \cdot \sqrt[3]{E_p}$$

donde D es el espesor de las capas de pavimento expresado en pulgadas y Ep es el módulo efectivo retrocalculado, en psi.

Radio de curvatura (Rc): el radio de curvatura expresado en metros se determina a partir de la siguiente expresión:

$$Rc = \frac{6250}{2 \left(\frac{d_0}{10} - \frac{d_{30}}{20} - \frac{d_{20}}{20} \right)}$$

donde d0, d20 y d30 son las deflexiones medidas a 0, 20 y 30 cm respectivamente del punto de aplicación de la carga, corregidas a la carga y temperatura estándar, en micrones.

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

En la tabla siguiente se resumen los valores promedio de cada uno de los parámetros mencionados. Los cálculos y demás indicadores estadísticos se indican en el **Anexo IX**.

TRAMO 1:

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
50,0	71,0	21,0	5.246	163.895	4,90	561,37
71,0	80,0	9,0	5.145	131.232	4,53	395,72
80,0	91,5	11,5	3.413	372.547	2,36	260,10
91,5	102,0	10,5	4.601	572.726	2,72	353,29
102,0	168,0	66,0	3.544	402.819	2,35	266,51
168,0	173,0	5,0	3.493	357.057	3,95	738,29

Tabla 16 – Análisis Estructural Tramo 1 Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
50,0	71,0	21,0	5.243	209.883	5,29	602,17
71,0	80,0	9,0	5.022	138.644	4,63	401,53
80,0	91,5	11,5	3.939	769.178	3,02	354,89
91,5	102,0	10,5	4.630	1.064.194	3,37	457,95
102,0	168,0	66,0	3.855	537.681	2,61	333,10
168,0	173,0	5,0	4.069	501.233	4,42	854,80

Tabla 17 – Análisis Estructural Tramo 1 Carril Descendente

TRAMO 2:

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
173,0	215,0	42,0	3.947	345.921	4,13	544,41
215,0	236,5	21,5	4.274	539.660	4,29	762,40
236,5	250,0	13,5	3.837	374.232	3,83	592,21
250,0	270,0	20,0	4.001	328.633	3,35	505,96
270,0	280,0	10,0	4.336	420.828	3,89	708,32
280,0	285,0	5,0	3.577	237.287	3,18	458,18
285,0	319,0	34,0	3.391	155.091	2,77	331,85
319,0	323,0	4,0	2.076	75.081	2,18	159,22
323,0	326,0	3,0	4.110	191.005	3,00	425,08

Tabla 18 – Análisis Estructural Tramo 2 Carril Ascendente

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	S _{Neff}	Rc m
173,0	215,0	42,0	3.964	371.725	4,23	556,77
215,0	236,5	21,5	4.294	594.707	4,38	784,25
236,5	250,0	13,5	4.230	471.865	4,14	788,01
250,0	270,0	20,0	3.940	396.586	3,81	484,56
270,0	280,0	10,0	3.774	436.840	3,95	541,79
280,0	285,0	5,0	3.685	496.208	4,04	620,22
285,0	319,0	34,0	3.093	346.380	3,56	392,57
319,0	323,0	4,0	2.301	118.882	2,54	186,07
323,0	326,0	3,0	3.391	248.261	3,27	395,42

Tabla 19 – Análisis Estructural Tramo 2 Carril Descendente

Cabe aclarar que para el retrocálculo han sido eliminados puntos que presentan valores fuera de la media de la sección. Estos puntos, pueden deberse a valores de deflexiones elevadas si fueron realizados sobre baches, bacheos, etc. o bien bajas, por ejemplo sobre alcantarillas, puentes, etc.

5.1.3.4 Parámetros de Diseño

Los parámetros de diseño necesarios para la aplicación del método AASHTO '93 son los siguientes:

- **Confiabilidad:** es la probabilidad de que el sistema estructural que conforma el pavimento cumpla con la función prevista dentro de su vida útil, bajo las condiciones de diseño. Se adopta un valor de 80%.
- **Desvío Estándar:** se adopta un valor de 0,49 de acuerdo a lo indicado en el Método, para evaluación de obras de refuerzo.
- **Índice de serviciabilidad inicial y final:** la serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito. Se adopta un $\Delta PSI = PSI_i - PSI_f = 4,2 - 2 = 2,2$.

5.1.3.5 Número Estructural Necesario

Con los parámetros de diseño enunciados y el Módulo Resiliente de Subrasante (M_r) corregido, se procedió al cálculo del Número Estructural Necesario para la cantidad de Ejes Equivalentes acumulados en el período de diseño de 10 años:

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

TRAMO 1:

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
50,0	71,0	21,0	5.246	4,57E+06	80%	0,49	2,2	4,42
71,0	80,0	9,0	5.145	4,57E+06	80%	0,49	2,2	4,44
80,0	91,5	11,5	3.413	4,57E+06	80%	0,49	2,2	5,05
91,5	102,0	10,5	4.601	4,57E+06	80%	0,49	2,2	4,60
102,0	168,0	66,0	3.544	4,57E+06	80%	0,49	2,2	4,99
168,0	173,0	5,0	3.493	4,57E+06	80%	0,49	2,2	5,02

Tabla 20 – Número Estructural Necesario Tramo 1 Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
50,0	71,0	21,0	5.243	4,59E+06	80%	0,49	2,2	4,42
71,0	80,0	9,0	5.022	4,59E+06	80%	0,49	2,2	4,49
80,0	91,5	11,5	3.939	4,59E+06	80%	0,49	2,2	4,84
91,5	102,0	10,5	4.630	4,59E+06	80%	0,49	2,2	4,60
102,0	168,0	66,0	3.855	4,59E+06	80%	0,49	2,2	4,89
168,0	173,0	5,0	4.069	4,59E+06	80%	0,49	2,2	4,82

Tabla 21 – Número Estructural Necesario Tramo 1 Carril Descendente

TRAMO 2:

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
173,0	215,0	42,0	3.947	4,57E+06	80%	0,49	2,2	4,1
215,0	236,5	21,5	4.274	4,57E+06	80%	0,49	2,2	2,5
236,5	250,0	13,5	3.837	4,57E+06	80%	0,49	2,2	6,2
250,0	270,0	20,0	4.001	4,57E+06	80%	0,49	2,2	8,6
270,0	280,0	10,0	4.336	4,29E+06	80%	0,49	2,2	4,5
280,0	285,0	5,0	3.577	4,29E+06	80%	0,49	2,2	10,4
285,0	319,0	34,0	3.391	4,29E+06	80%	0,49	2,2	13,2
319,0	323,0	4,0	2.076	4,29E+06	80%	0,49	2,2	21,3
323,0	326,0	3,0	4.110	4,29E+06	80%	0,49	2,2	10,2

Tabla 22 – Número Estructural Necesario Tramo 2 Carril Ascendente

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
173,0	215,0	42,0	3.964	4,59E+06	80%	0,49	2,2	3,5
215,0	236,5	21,5	4.294	4,59E+06	80%	0,49	2,2	2,0
236,5	250,0	13,5	4.230	4,59E+06	80%	0,49	2,2	3,5
250,0	270,0	20,0	3.940	4,59E+06	80%	0,49	2,2	6,0
270,0	280,0	10,0	3.774	4,23E+06	80%	0,49	2,2	5,4
280,0	285,0	5,0	3.685	4,23E+06	80%	0,49	2,2	5,2
285,0	319,0	34,0	3.093	4,23E+06	80%	0,49	2,2	9,6
319,0	323,0	4,0	2.301	4,23E+06	80%	0,49	2,2	18,6
323,0	326,0	3,0	3.391	4,23E+06	80%	0,49	2,2	10,6

Tabla 23 – Número Estructural Necesario Tramo 1 Carril Descendente

5.1.3.6 Necesidad de Refuerzo Estructural

De la comparación del SN necesario con el efectivo, se calculó el espesor de refuerzo necesario, utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Refuerzo } C^{\circ}A^{\circ} \text{ (cm)} = (SN_{nec} - S_{Neff}) / 0,17$$

Conforme a la heterogeneidad de condiciones observadas en los tramos, el cálculo de refuerzo fue realizado para cada sección en forma particular.

En las tablas siguientes se indican las necesidades de refuerzo estructural para cada sección:

TRAMO 1:

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	SN _{nec}	REFUERZO C°A° cm
50,0	71,0	21,0	4,90	4,42	-
71,0	80,0	9,0	4,53	4,44	-
80,0	91,5	11,5	2,36	5,05	15,8
91,5	102,0	10,5	2,72	4,60	11,1
102,0	168,0	66,0	2,35	4,99	15,5
168,0	173,0	5,0	3,95	5,02	6,3

Tabla 24 – Refuerzo Necesario Tramo 1 Carril Ascendente

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	S _{Nnec}	REFUERZO C°A° cm
50,0	71,0	21,0	5,29	4,42	-
71,0	80,0	9,0	4,63	4,49	-
80,0	91,5	11,5	3,02	4,84	10,7
91,5	102,0	10,5	3,37	4,60	7,2
102,0	168,0	66,0	2,61	4,89	13,4
168,0	173,0	5,0	4,42	4,82	2,4

Tabla 25 – Refuerzo Necesario Tramo 1 Carril Descendente

TRAMO 2:

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	S _{Nnec}	REFUERZO C°A° cm
173,0	215,0	42,0	4,13	4,83	4,1
215,0	236,5	21,5	4,29	4,71	2,5
236,5	250,0	13,5	3,83	4,87	6,2
250,0	270,0	20,0	3,35	4,81	8,6
270,0	280,0	10,0	3,89	4,65	4,5
280,0	285,0	5,0	3,18	4,94	10,4
285,0	319,0	34,0	2,77	5,01	13,2
319,0	323,0	4,0	2,18	5,81	21,3
323,0	326,0	3,0	3,00	4,74	10,2

Tabla 26 – Refuerzo Necesario Tramo 2 Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	S _{Nnec}	REFUERZO C°A° cm
173,0	215,0	42,0	4,23	4,83	3,5
215,0	236,5	21,5	4,38	4,71	2,0
236,5	250,0	13,5	4,14	4,74	3,5
250,0	270,0	20,0	3,81	4,84	6,0
270,0	280,0	10,0	3,95	4,87	5,4
280,0	285,0	5,0	4,04	4,92	5,2
285,0	319,0	34,0	3,56	5,19	9,6
319,0	323,0	4,0	2,54	5,71	18,6
323,0	326,0	3,0	3,27	5,08	10,6

Tabla 27 – Refuerzo Necesario Tramo 2 Carril Descendente

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

5.1.3.7 Análisis del Cuenco de Deflexiones

Se ha analizado el cuenco de las deflexiones medidas.

Para ello fueron calculados dos indicadores, siguiendo la metodología del manual del Modulus 5.0 del Instituto de Transporte de Texas.

SCI: (Surface Condition Index): Permite determinar el estado de los 20 cm superiores de la estructura.

$$SCI \text{ (mils)} = (D0 - D2) / 25,4$$

BCI: (Base Condition Index) Permite determinar el estado entre los 20 cm y los 40 cm de la estructura.

$$BCI \text{ (mils)} = (D2 - D4) / 25,4$$

Para los espesores de concreto asfáltico existentes la bibliografía consultada indica que:

Indicador	Estado de la estructura	Valor para CA > 12,5 cm
SCI	Muy Buena	< 4
	Buena	4 - 6
	Moderada	6 - 8
	Pobre	8 - 10
	Muy Pobre	> 10
BCI	Muy Buena	< 2
	Buena	2 - 3
	Moderada	3 - 4
	Pobre	4 - 5
	Muy Pobre	> 5

Tabla 28 – Estado Estructura según SCI, BCI

(Se exponen únicamente los rangos de espesores que corresponden a las secciones en estudio)

El ajuste por temperatura no se aplica en su totalidad en todos los sensores, reduciéndose a medida que se alejan del plato de carga.

La siguiente tabla muestra el porcentaje de aplicación del Ajuste de Temperatura en función del espesor de Concreto Asfáltico y del Tipo de Sensor:

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

	Espesor de CA	> 12,5 cm
% de aplicación del Factor de Ajuste por Temperatura	W1 = D0	100
	W2 = D2	62
	W3 = D3	34
	W4 = D4	10

Tabla 29 – Factor de Temperatura

(Se exponen únicamente los rangos de espesores que corresponden a las secciones en estudio)

Las tablas siguientes detallan los valores obtenidos:

TRAMO 1:

Carril Ascendente

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
50,0	71,0	2,1	0,8	35,7	2,5	Muy Bueno	2,4	0,7	29,8	3,0	Bueno
71,0	80,0	2,9	0,9	30,2	3,6	Muy Bueno	3,0	1,3	43,1	3,9	Moderado
80,0	91,5	4,9	1,8	36,9	6,3	Bueno	5,5	1,8	32,8	7,3	Muy Pobre
91,5	102,0	3,5	1,4	40,5	4,5	Muy Bueno	3,4	1,1	32,3	4,2	Moderado
102,0	168,0	5,3	2,4	46,1	7,2	Bueno	5,8	2,4	41,7	7,6	Muy Pobre
168,0	173,0	1,1	1,0	90,8	1,7	Muy Bueno	3,0	0,9	30,7	3,7	Moderado

Tabla 30 – Análisis del Cuenco Tramo 1 Carril Ascendente

Carril Descendente

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
50,0	71,0	1,6	0,6	37,9	2,1	Muy Bueno	2,0	0,7	34,1	2,4	Muy Bueno
71,0	80,0	2,7	0,7	24,6	3,2	Muy Bueno	2,7	1,0	36,0	3,4	Bueno
80,0	91,5	2,7	1,0	35,5	3,7	Muy Bueno	3,4	1,2	36,9	4,5	Moderado
91,5	102,0	2,0	0,7	35,1	2,6	Muy Bueno	2,5	0,9	34,7	3,1	Bueno
102,0	168,0	4,0	2,1	52,1	5,5	Bueno	4,8	2,2	46,6	6,4	Pobre
168,0	173,0	1,0	0,9	86,8	1,4	Muy Bueno	2,1	1,0	47,4	2,5	Bueno

Tabla 31 – Análisis del Cuenco Tramo 1 Carril Descendente

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

TRAMO 2:

Carril Ascendente

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
173,0	215,0	2,2	1,2	54,6	3,0	Muy Bueno	2,5	1,3	53,2	3,4	Bueno
215,0	236,5	1,6	1,1	69,9	2,1	Muy Bueno	2,0	1,1	53,8	2,6	Bueno
236,5	250,0	2,2	1,2	55,2	3,0	Muy Bueno	2,6	1,2	47,4	3,7	Bueno
250,0	270,0	3,3	1,5	44,6	4,5	Muy Bueno	3,3	1,6	46,9	4,5	Moderado
270,0	280,0	2,0	0,8	39,8	2,6	Muy Bueno	2,1	0,9	40,5	2,6	Bueno
280,0	285,0	3,5	1,7	48,0	5,2	Muy Bueno	3,7	1,7	45,2	5,1	Moderado
285,0	319,0	5,1	2,5	48,5	6,8	Bueno	4,8	2,1	44,9	6,2	Pobre
319,0	323,0	10,6	4,7	44,5	14,3	Muy Pobre	10,0	4,1	41,4	13,6	Muy Pobre
323,0	326,0	3,6	1,9	52,5	5,4	Muy Bueno	4,1	1,8	43,5	5,5	Pobre

Tabla 32 – Análisis del Cuenco Tramo 2 Carril Ascendente

Carril Descendente

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
173,0	215,0	1,9	1,0	52,3	2,7	Muy Bueno	2,3	1,1	46,9	3,0	Bueno
215,0	236,5	1,4	0,7	52,5	1,8	Muy Bueno	2,0	1,0	48,7	2,8	Bueno
236,5	250,0	1,7	1,0	59,7	2,1	Muy Bueno	2,2	1,2	54,2	2,8	Bueno
250,0	270,0	2,1	1,1	52,2	2,7	Muy Bueno	2,5	1,1	42,6	3,3	Bueno
270,0	280,0	1,6	0,9	57,8	2,3	Muy Bueno	2,5	1,0	39,8	3,3	Bueno
280,0	285,0	1,7	1,1	65,3	2,5	Muy Bueno	2,6	1,2	44,0	3,9	Bueno
285,0	319,0	2,7	2,0	72,1	4,2	Muy Bueno	3,5	1,9	56,0	4,9	Moderado
319,0	323,0	6,8	4,1	60,5	9,2	Moderado	7,6	3,3	43,8	10,7	Muy Pobre
323,0	326,0	2,4	1,1	43,8	3,4	Muy Bueno	4,2	1,6	39,1	5,9	Pobre

Tabla 33 – Análisis del Cuenco Tramo 2 Carril Descendente

Como se puede observar, los resultados obtenidos del cuenco de deflexiones se corresponden con lo reflejado en el Análisis Estructural y el Relevamiento Visual.

Los cálculos efectuados se presentan en el **Anexo X**.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

5.1.4 ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO PROPUESTAS

5.1.4.1 Obras propuestas en calzada

Analizando los espesores de refuerzo estructural necesarios para cada sección a partir del cálculo y a efectos de optimizar la ejecución de las obras desde el punto de vista constructivo, las secciones fueron agrupadas adoptando soluciones generalizadas para trechos similares.

Se indican a continuación las obras propuestas:

TRAMO 1:

DESDE	HASTA	LONG Km	OBRAS PROPUESTAS
50,0	80,0	30,0	Refuerzo en 5,0 cm
168,0	173,0	5,0	Refuerzo en 6,0 cm

Tabla 34 – Obras Tramo 1

El refuerzo consiste en la ejecución de una carpeta de concreto asfáltico con polímeros en 5 cm de espesor.

DESDE	HASTA	LONG Km	OBRAS PROPUESTAS
80,0	168,0	88,0	Reclamado

Tabla 35 – Obras Tramo 1

Las obras de reclamado consisten en:

1. Reclamado in-situ de la mezcla asfáltica y parte del suelo natural con incorporación de agregado virgen y cemento de manera de conformar una capa de espesor 25 cm.
2. Ejecución de una capa de base granular estabilizada en espesor 20 cm.
3. Ejecución de dos capas de concreto asfáltico con polímeros en 7 cm y 8 cm de espesor respectivamente.

Capa	Espesor
Carpeta de Concreto Asfáltico con polímeros	7 cm
Base de Concreto Asfáltico con polímeros	8 cm
Base Granular Estabilizada	20 cm
Reclamado	25 cm

Tabla 36 – Estructura Reclamado Tramo 1

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

TRAMO 2:

DESDE	HASTA	LONG Km	OBRAS PROPUESTAS
173,0	236,5	63,5	Refuerzo en 5,0 cm
236,5	250	13,5	Refuerzo en 6,0 cm
250,0	270,0	20,0	Refuerzo en 8,0 cm
270,0	280,0	10,0	Refuerzo en 5,0 cm
280,0	285,0	5,0	Refuerzo en 10,0 cm

Tabla 37 – Obras Tramo 2

El refuerzo consiste en la ejecución de una carpeta de concreto asfáltico con polímeros en 5/6/8/10 cm de espesor según el caso.

DESDE	HASTA	LONG Km	OBRAS PROPUESTAS
285,0	319,0	34,0	Reclamado
323,0	326,0	3,0	Reclamado

Tabla 38 – Obras Tramo 2

Las obras de reclamado consisten en:

1. Reclamado in-situ de la mezcla asfáltica y parte del suelo natural con incorporación de agregado virgen y cemento de manera de conformar una capa de espesor 25 cm.
2. Ejecución de una capa de base granular estabilizada en espesor 20 cm.
3. Ejecución de dos capas de concreto asfáltico con polímeros en 8 cm de espesor cada una.

Capa	Espesor
Carpeta de Concreto Asfáltico con polímeros	8 cm
Base de Concreto Asfáltico con polímeros	8 cm
Base Granular Estabilizada	20 cm
Reclamado	25 cm

Tabla 39 – Estructura Reclamado Tramo 2

DESDE	HASTA	LONG km	OBRAS PROPUESTAS
319,0	323,0	4,0	Reconstrucción

Tabla 40 – Obras Reconstrucción Tramo 2

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

Entre el Km 319 al Km 323 se plantea una obra de reconstrucción para un período de diseño de 10 años.

La obra de reconstrucción consiste en:

1. Fresado de las capas asfálticas existentes.
2. Apertura de caja incluyendo las capas estructurales existentes hasta una profundidad de 40 cm.
3. Base de asiento: reprocesamiento y recompactación de la superficie en un espesor de 20 cm de la subrasante con agregado de cal ($\text{CBR} \geq 5\%$).
4. Ejecución de una capa de suelo cemento en 20 cm de espesor.
5. Ejecución de una capa de base granular estabilizada en espesor 18 cm.
6. Ejecución de dos capas de concreto asfáltico con polímeros en 5 cm de espesor cada una.

Capa	Espesor
Carpeta de Concreto Asfáltico con polímeros	5 cm
Base de Concreto Asfáltico con polímeros	5 cm
Base Granular Estabilizada	18 cm
Subbase de Suelo Cemento	20 cm

Tabla 41 – Estructura Reconstrucción Tramo 2

Cumplido dicho período se proponen tareas de fresado, reposición y refuerzos de manera de extender la vida útil del pavimento 10 años más.

Las obras son:

1. Fresado de la carpeta de concreto asfáltico (5 cm de espesor).
2. Reposición con concreto asfáltico con polímeros en 5 cm de espesor.
3. Ejecución de una capa de concreto asfáltico con polímeros en 5 cm de espesor.

5.1.4.2 Obras propuestas en calzada para ensanche

A los efectos de aumentar el ancho de la calzada existente, se proponen las siguientes tareas para los casos de obras de refuerzo:

1. Fresado de la primera capa asfáltica en el espesor y ancho existentes.
2. Fresado de la segunda capa asfáltica en el espesor existente y en un ancho de 0,50 m medido desde los bordes de la capa.
3. Excavación para la ejecución de la base en espesor 15/17 cm.
4. Reprocesamiento y recompactación de la superficie de asiento en un espesor de 20 cm de la subrasante con agregado de cal ($\text{CBR} \geq 5\%$).

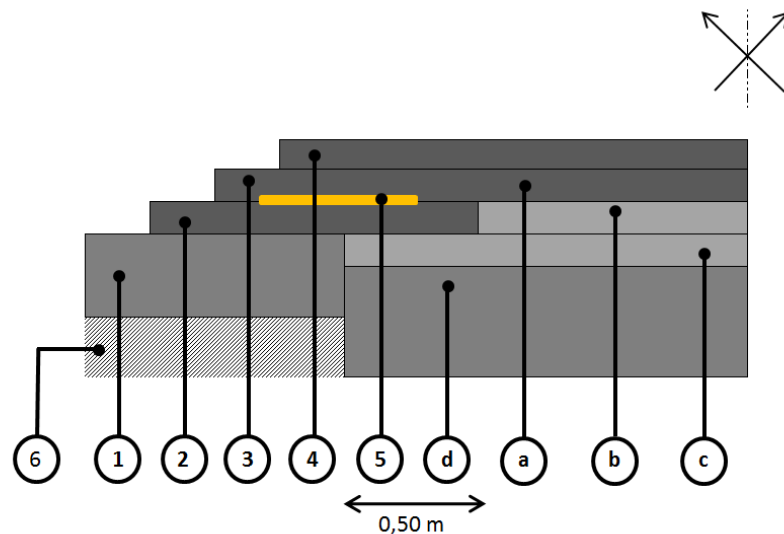
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

5. Reposición de la segunda capa en el mismo espesor de fresado y en el ancho mínimo que permita la ejecución del sobreancho correcto y las tareas de compactación.
6. Reposición de la primera capa en el mismo espesor de fresado y en el ancho necesario que permita la ejecución del sobreancho correcto.
7. Colocación del refuerzo indicado en 5.1.4.1 *Obras propuestas en calzada*, en el ancho deseable.



Referencias:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| a) Primera capa de asfalto existente. | 1) Base a ejecutar. |
| b) Segunda capa de asfalto existente. | 2) Reposición segunda capa existente. |
| c) Asfalto existente restante. | 3) Reposición primera capa existente. |
| d) Base existente. | 4) Refuerzo. |
| | 5) Geogrilla. |
| | 6) Mejoramiento de subrasante. |

Notas:

1. Se deberá colocar una geogrilla entre las capas asfálticas con el objeto de evitar el reflejo de fisuras en coincidencia con el ensanche.

5.1.4.3 Obras propuestas en banquetas

Para la estructura de las banquetas se plantean las siguientes obras:

Capa	Espesor
Carpeta de Concreto Asfáltico convencional	3 cm
Base RAP tratada con cemento	Variable ⁽¹⁾

Tabla 42 – Estructura Banquetas

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

(1) El espesor de la base dependerá de la obra ejecutada en calzada. El mismo se encuentra indicado en los planos.

La documentación gráfica con las obras propuestas para los tramos 1 y 2 se presenta en el **Anexo XI**.

Cabe aclarar que los perfiles tipo de pavimento graficados se corresponden con el escenario 1.

Nota:

Consideraciones a tener en cuenta para la ejecución de todas las obras mencionadas precedentemente:

- I. En los casos que se realicen obras de fresado, el material producto del mismo deberá ser acopiado para su posterior uso en banquetas, ensanche, etc.
- II. Al fresar se deberá asegurar que no queden espesores remanentes que constituyan una interfase débil en el futuro paquete estructural.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

5.1.4.4 Verificación Estructural

Para la verificación de las obras de reclamado y reconstrucción se ha utilizado la metodología indicada en el Método AASHTO '93 como *"SN efectivo por condición superficial del pavimento"*.

De acuerdo a esta metodología, el Número Estructural Efectivo (S_{Neff}) se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$S_{Neff} = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$

Donde:

D1, D2, D3 son los espesores de las diferentes capas del pavimento

a1, a2, a3 son los coeficientes de aporte de cada capa

m2, m3 son los coeficientes de drenaje

y, luego, se compara con el Número Estructural Necesario (S_{Nnec}).

a) Cálculo del S_{Nnec}:

TRAMO 1:

Obra	Sección	Parámetros		SNnec
Reclamado	80 - 91,5	N_{8,2}⁽¹⁾	4.574.473	5,01
		R	80%	
		S	0,45	
		ΔPSI	2,2	
		Mr⁽³⁾	3.413	
Reclamado	91,5 - 102	N_{8,2}⁽¹⁾	4.574.473	4,52
		R	80%	
		S	0,45	
		ΔPSI	2,2	
		Mr⁽³⁾	4.601	
Reclamado	102 - 168	N_{8,2}⁽¹⁾	4.574.473	4,93
		R	80%	
		S	0,45	
		ΔPSI	2,2	
		Mr⁽³⁾	3.493	

Tabla 43 – Cálculo S_{Nnec} Tramo 1

TRAMO 2:

Obra	Sección	Parámetros		SNnec
Reclamado	285 - 319	N_{8,2}⁽¹⁾	4.231.203	5,12
		R	80%	
		S	0,45	
		ΔPSI	2,2	
		Mr⁽³⁾	3.093	

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

Obra	Sección	Parámetros		SN _{nec}
Reclamado	323 - 326	N8,2 ⁽¹⁾	4.231.203	4,97
		R	80%	
		S	0,45	
		ΔPSI	2,2	
		Mr ⁽³⁾	3.391	
Reconstrucción	319 - 323	N8,2 ⁽²⁾	4.293.085	3,85
		R	80%	
		S	0,45	
		ΔPSI	2,2	
		Mr ⁽⁴⁾	7.500	

Tabla 44 – Cálculo SN_{nec} Tramo 2

- (1) N8,2: ejes en función del menor módulo (Mr).
- (2) N8,2: el valor mayor entre ejes obtenidos por carril para un período de 10 años.
- (3) Mr: el valor menor entre módulos obtenidos por carril a partir del análisis estructural.
- (4) Mr: módulo obtenido a partir del mejoramiento de la subrasante CBR ≥ 5%.

b) Cálculo del S_{Neff}:

TRAMO 1:

Obra	Sección	S _{Neff}					
Reclamado	80 - 168	Capas	e	ai	mi	SN _i	S _{Neff}
		Carpeta de C.A. c/polímeros	7	0,17		1,19	5,03
		Base de C.A. c/polímeros	8	0,17		1,36	
		Base Granular Estabilizada	20	0,055	1	1,1	
		Reclamado	25	0,055	1	1,375	

Tabla 45 – Cálculo S_{Neff} Tramo 1

TRAMO 2:

Obra	Sección	S _{Neff}					
Reclamado	285 - 319 323 - 326	Capas	e	ai	mi	SN _i	S _{Neff}
		Carpeta de C.A. c/polímeros	8	0,17		1,36	5,2
		Base de C.A. c/polímeros	8	0,17		1,36	
		Base Granular Estabilizada	20	0,055	1	1,1	
		Reclamado	25	0,055	1	1,375	
Reconstrucción	319-323	Capas	e	ai	mi	SN _i	S _{Neff}
		Carpeta de C.A. c/polímeros	5	0,17		0,85	3,9
		Base de C.A. c/polímeros	5	0,17		0,85	
		Base Granular Estabilizada	18	0,055	1	0,99	
		Suelo Cemento	20	0,06	1	1,2	

Tabla 46 – Cálculo S_{Neff} Tramo 2

Los S_{Neff} resultan mayores a los SN_{nec}, por lo cual las obras propuestas verifican los requerimientos estructurales para el período de diseño adoptado en cada caso.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

5.2 DISEÑO DE OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

Se proponen como soluciones de proyecto el ensanche hacia ambos lados de los puentes existentes.

Para el análisis y evaluación de dichas propuestas, se contempló el informe confeccionado por el Ing. Tomás Alberto del Carril.

No obstante lo expuesto, y no solo teniendo en cuenta los costos asociados al proyecto, sino también su adaptabilidad para futuras obras a llevarse a cabo, dada la importancia de la Ruta 9; para los casos de puentes largos, surge el escenario de emplazamiento de un nuevo puente, contiguo al existente.

En estos casos, la construcción de una nueva estructura adyacente a la existente involucraría costos menores al ensanche de estructura existente. El costo de construcción de este tipo de estructuras asciende aproximadamente a U\$s 20.000/m (aun contemplando los costos de terraplenado), mientras que los costos de ensanche superan dicha cifra (ver costos en el Anexo correspondiente).

En complemento a ello, se incluye el aumento de capacidad que otorga una configuración de calzada 2+2 frente al actual 1+1; que teniendo en cuenta la importancia de la Ruta en cuestión, parece tangible en un futuro.

Con respecto al informe realizado por la Ing. María del Carmen Álvarez Enciso, se prevén diferentes alternativas de obra para los escenarios considerados.

En lo que respecta al presupuesto de las obras a considerar, se ha optado por incluir los costos relativos a la alternativa "A", puesto que esta alternativa logra aumentar la capacidad hidráulica a lo largo de la ruta mediante la ejecución exclusiva de alcantarillas.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

5.3 DISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS

5.3.1 ÁREAS DE DESCANSO

Se deberán proyectar áreas de descanso que servirán para la ubicación voluntaria de cualquier comerciante afectado por las obras del Proyecto así como para el descanso de vehículos (de pequeño, mediano o gran porte).

Estas áreas contarán con amplios espacios para el estacionamiento de vehículos, el establecimiento de los comercios (tipo casillas) y servicios básicos tales como electricidad, agua, sanitarios y adecuado sistema de tratamiento de desechos líquidos y sólidos.

En la Tabla siguiente se indica la ubicación de las áreas de descanso:

Lugar	Km
Km 134	134
Pozo Colorado	271
Tte. Irala	386
Mcal. Estigarribia	524

Tabla 47 – Ubicación Áreas de descanso

A los fines de incluir estas áreas de descanso en el presupuesto se ha considerado un costo global por cada una.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

CAPÍTULO 6 CANTIDADES Y COSTOS

6.1 CÓMPUTO MÉTRICO

Conforme a lo detallado en el Item 4.4 *ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS*, para el presente estudio se han computado los 3 escenarios geométricos estudiados.

Los cálculos métricos de los ítems, que componen la planilla de cantidades de las obras proyectadas, fueron realizados en correspondencia con los diversos sectores y etapas de intervención, en base a los paquetes estructurales del pavimento detallados en 5.1.4 *ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO PROPUESTAS*.

Como ya se ha mencionado en puntos anteriores del Informe, en el caso de las obras pertinentes a puentes, se han mantenido las cantidades proyectadas por los Consultores específicos en materia de Estructuras e Hidrología, respectivamente.

En cuanto a las tareas de rehabilitación, como ser sellado de fisuras y grietas, bacheos superficiales y bacheos profundos, dado que las obras previstas implican un fresado de la carpeta existente (ya sea para realizar el ensanche o una reconstrucción), o la ejecución de una capa reclamada; únicamente se han computado los bacheos profundos en aquellos sectores donde se ha proyectado refuerzo.

El criterio adoptado para el cálculo de esos trabajos fue evaluado a partir del relevamiento visual con las siguientes consideraciones:

- Bacheos en mal estado (M) = 100%
- Baches = 100%
- Fisuras Tipo 10 = 100%
- Fisuras Tipo 8 = 40%
- Rotura de Borde = 100%

Escenario 1: Imprevistos generales, resultado de aplicar un 2% para la totalidad de los ítems, excepto los relativos a movimiento de suelos y la ejecución de dársenas, para los cuales se consideró un 15%.

Análogamente para los Escenarios 2 y 3: El Imprevisto general ha sido resultado de aplicar un 2% para la totalidad de los ítems, excepto para los volúmenes de movimiento de suelos para los cuales se consideró un 30% como consecuencia de la metodología empleada para su determinación; y un 15% para la ejecución de dársenas.

El cálculo para los distintos escenarios se presenta en el **Anexo XII**.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC1-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

6.2 PRECIOS UNITARIOS

Los precios unitarios propuestos han sido conservadores, puesto que la ejecución de la obra está prevista que inicie en 2.019, lo cual puede traer aparejado un incremento en los precios como consecuencia del proceso inflacionario existente en Paraguay de aproximadamente un 5% anual en los últimos años.

Además de las obras de puesta a punto, se contempló un costo anual por kilómetro para obras de mantenimiento rutinario. Dicho precio implica las siguientes tareas:

- 1) Limpieza de Franja de Dominio
- 2) Bacheo Profundo
- 3) Bacheo Superficial
- 4) Sellado de Fisuras
- 5) Reposición de Señalización Vertical
- 6) Reposición de Señalización Horizontal
- 7) Reposición de barandas flex-beam
- 8) Mantenimiento de Puentes
- 9) Reposición de Mojones

6.3 PRESUPUESTOS

Los Presupuestos se obtuvieron, en correspondencia con los diversos sectores y etapas de intervención, por multiplicación de los precios unitarios con las cantidades de obra correspondientes. En ellos, se incluyen las inversiones relacionadas con la estructura del pavimento, movimiento de suelo, obras complementarias y señalización.

A continuación se presenta el cuadro de resumen de los presupuestos para cada una de los escenarios analizados:

Escenarios	Costo total en USD (*)	
	Tramo 1	Tramo 2
1	118.126.933,4	156.497.957,3
2	109.190.460,04	145.436.609,00
3	111.484.144,63	148.627.579,06

Tabla 48 – Costo total por Escenario

El detalle de las Planillas de Presupuesto de las obras proyectadas para los diversos Sectores se encuentra en el **Anexo XIII**. Los presupuestos presentan el resumen de cantidades de obra computadas y el Precio Unitario de cada ítem.

La tasa de cambio utilizada ha sido 1U\$ = 5.570 GS.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC1-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

(*) Los costos informados incluyen:

- Costo Total de la Obra:
 - Costo Total Inversión (incluido imprevisto general)
 - Costo Total Mantenimiento (5 años)
- Total Fiscalización
- Pagos por Servicios Ambientales
- Plan de Gestión Socio-Ambiental
- Administración de Programa
- Evaluaciones, Estudios, Auditorías
- Escalamiento e Imprevistos
- Comisión Financiamiento (CAF)
- Gastos Evaluación (CAF)

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS

KM 50 - KM 525 Y ACCESOS A COLONIAS MENONITAS



MEMORIA DE INGENIERÍA

KM 326 - KM 525, ACCESOS y LÍNEA 1



Ing. Alejandro Iregui

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 2	UBICACIÓN DEL PROYECTO	6
CAPÍTULO 3	ANTECEDENTES	7
CAPÍTULO 4	ESTUDIOS DE INGENIERÍA	7
4.1	ESTUDIOS DEL PAVIMENTO	7
4.1.1	MEDICIONES DEFLECTOMÉTRICAS	7
4.1.2	MEDICIONES DE RUGOSIDAD	9
4.1.3	RELEVAMIENTO VISUAL.....	15
4.1.3.1	Estado del Pavimento	15
4.1.4	ENSAYOS GEOTÉCNICOS.....	25
4.1.4.1	Ubicación de estudios	26
4.1.4.2	Perfil edafológico.....	29
4.1.4.3	Ensayos de Laboratorio.....	31
4.1.4.4	Resumen de Resultados de los Ensayos Realizados	32
4.2	ACCESO A INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA	33
4.2.1	INSTRUCTIVO	33
4.3	ESTUDIOS DE TRÁNSITO	36
4.3.1	OBTENCIÓN DEL TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL (TMDA)	37
4.4	ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS	40
4.5	ESTUDIOS DE PUENTES	42
4.6	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS	42
CAPÍTULO 5	DISEÑOS DE INGENIERÍA.....	43
5.1	DISEÑO DEL PAVIMENTO	43
5.1.1	TRÁNSITO DE DISEÑO	43
5.1.2	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ACTUAL	45
5.1.3	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	46
5.1.3.1	Normalización de las deflexiones.....	46
5.1.3.2	Definición de Secciones Homogéneas	46

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

5.1.3.3	Retro-Ajuste Modular.....	50
5.1.3.4	Parámetros de Diseño.....	56
5.1.3.5	Número Estructural Necesario	57
5.1.3.6	Necesidad de Refuerzo Estructural	61
5.1.3.7	Análisis del Cuenco de Deflexiones	65
5.1.4	ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO PROPUESTAS.....	71
5.1.4.1	Obras propuestas en calzada	71
5.1.4.2	Obras propuestas en calzada para ensanche	76
5.1.4.3	Obras propuestas en banquetas.....	77
5.1.4.4	Verificación Estructural.....	78
5.2	DISEÑO DE OBRAS DE ARTE Y DRENAJE.....	82
5.3	DISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS	83
5.3.1	ÁREAS DE DESCANSO.....	83
 CAPÍTULO 6 CANTIDADES Y COSTOS.....		84
6.1	CÓMPUTO MÉTRICO.....	84
6.2	PRECIOS UNITARIOS	85
6.3	PRESUPUESTOS.....	85

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

ANEXOS

Anexo I – Mediciones Deflectométricas

Anexo II – Mediciones de Rugosidad

Anexo III - Catálogo de Fallas

Anexo III.1 - Relevamiento Visual – Planillas de Campo

Anexo III.2 - Relevamiento Visual – Catálogo Fotográfico

Anexo IV – Geotecnia

Anexo V – Puentes

Anexo VI – Hidrología e Hidráulica

Anexo VII – Tránsito

Anexo VIII – Secciones Homogéneas

Anexo IX – Análisis Estructural

Anexo X – Análisis del Cuenco de Deflexiones

Anexo XI – Documentación Gráfica

Anexo XII – Cómputo

Anexo XIII – Presupuesto

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

El *“Estudio de Prefactibilidad Avanzada de la Ruta N° 9 y Accesos”* tiene por objeto actualizar los estudios técnicos a lo largo de la traza de la Ruta N° 9, entre Km 50,0 (Cerrito) hasta el Km 525,0 (Mariscal Estigarribia) incluyendo los accesos a Loma Plata, Neuland y Filadelfia así como la “Línea 1” que une los accesos de Loma Plata y Filadelfia; y proponer obras tipo Cre.Ma. (Contratos de Rehabilitación y Mantenimiento).

Para ello, se tendrán en cuenta los antecedentes técnicos de estudios anteriores efectuados por diversos consultores y la información obtenida de los estudios básicos (deflectometría, relevamiento, tránsito, topografía, geotecnia, hidrología) que se desarrollarán en los capítulos posteriores.

La documentación se complementará con los correspondientes cómputos, presupuestos, planos y especificaciones técnicas.

Asimismo, se realizará una evaluación económica del proyecto mediante el programa HDM-IV (Highway Development Management).

De acuerdo a los Términos de Referencia, el estudio del corredor se ha dividido en 4 tramos:

- Tramo 1: Km 50 – Km 173
- Tramo 2: Km 173 – Km 326
- Tramo 3: Km 326 – Km 450
- Tramo 4: Km 450 – Km 525, Accesos y Línea 1

El presente documento contiene la memoria de ingeniería correspondiente a:

- **Tramo 3: Km 326 – Km 450**
- **Tramo 4: Km 450 – Km 525, Accesos y Línea 1**

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

CAPÍTULO 2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

La Ruta Nacional N° 9 “Dr. Carlos Antonio López”, más conocida como Ruta Transchaco, es una ruta nacional de Paraguay que atraviesa todo el chaco paraguayo. Nace en la ciudad de Asunción y termina en la frontera con Bolivia.

Debido a su ubicación estratégica constituye una importante vía de comunicación internacional y posibilita el progreso de las colonias menonitas de la Región Occidental gracias a su conexión con las mismas a través de los accesos.

A continuación se muestra un mapa con la ubicación del proyecto y se resaltan los tramos en estudio:

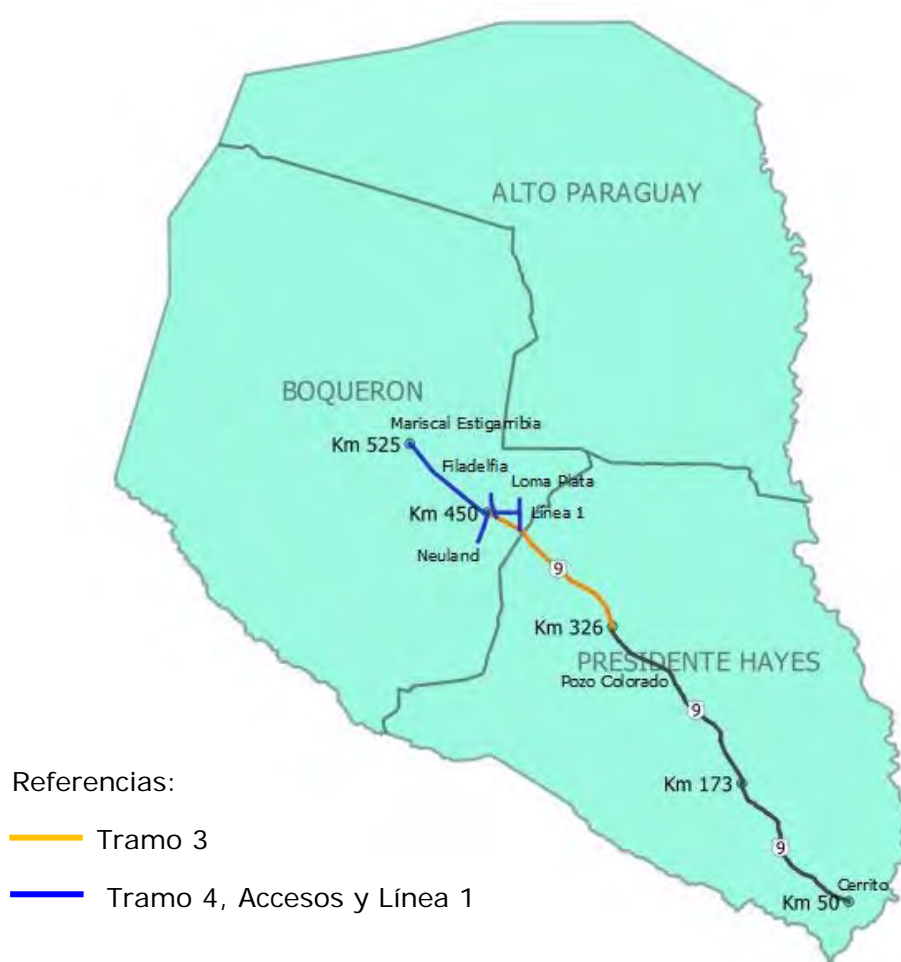


Figura 1 – Ubicación del Proyecto

El tramo 3 se encuentra comprendido entre el km 326 y el km 450, desarrollándose entre los Departamentos de Presidente Hayes y Boquerón, con una longitud de 124 km. Al final del tramo se encuentra el inicio de los accesos a las colonias.

El tramo 4 incluye la Ruta N° 9 entre el Km 450 y el Km 525 en la localidad de Mariscal Estigarribia con una longitud de 75 Km; los accesos a Loma Plata, Filadelfia y Neuland con una longitud total de 56 km y la Línea 1 que se desarrolla en 22 km.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

CAPÍTULO 3 ANTECEDENTES

Se ha consultado el proyecto ejecutivo realizado por la Consultora Servingci S.R.L. en el año 2.015. El mismo presenta los estudios de ingeniería y el diseño ejecutivo de las intervenciones propuestas para la rehabilitación de la Ruta N° 9, entre las localidades de Puente Remanso (Km 21) y Mariscal Estigarribia (Km 525), y los accesos a Loma Plata, Filadelfia y Neuland.

CAPÍTULO 4 ESTUDIOS DE INGENIERÍA

4.1 ESTUDIOS DEL PAVIMENTO

4.1.1 MEDICIONES DEFLECTOMÉTRICAS

El Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) ha suministrado las mediciones deflectométricas con las siguientes características:

- Tramo 3 y 4 (Accesos): Mediciones cada 200 m en Noviembre 2.016, ambos carriles.
- Tramo 4 (Km 450 – Km 525): Mediciones cada 200 m en Noviembre 2.016, carril ascendente.
- Tramo 4 (Km 450 – Km 525): Mediciones cada 500 m en Enero 2.016, carril descendente.

La auscultación deflectométrica consiste en la aplicación de cargas en la superficie del pavimento, midiendo la respuesta estructural del mismo en términos de deflexiones verticales.



Figura 2 – Equipo de mediciones deflectométricas KUAB

Para este estudio, se ha utilizado un deflectómetro de impacto tipo Falling Weight Deflectometer (FWD), propiedad del Ministerio de Obras Públicas de la República del Paraguay, que aplica en la superficie del pavimento una carga dinámica en forma de impulso similar, tanto en duración como en magnitud, a la producida por los vehículos que la circulan. Es un método de ensayo no destructivo.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

El equipo utilizado fue un KUAB, con un plato de 15 cm de diámetro y siete sensores ubicados a 0, 20, 30, 45, 60, 90 y 120 cm del centro del plato de carga, aplicando una carga en el entorno de los 4.086 Kg (9.000 lbs).

El equipo mencionado utiliza sensores basados en LVDT, denominados sismómetros, los cuales efectúan las determinaciones de deflexiones producidas por la carga.

El plato de carga garantiza una distribución uniforme de la carga sobre la superficie y responde a las especificaciones FHERL Report 1996/1.

La figura siguiente muestra el concepto de medición mediante deflectómetro de impacto:



Figura 3 – Concepto de medición del Equipo KUAB

El equipo para las mediciones está montado sobre un remolque tirado por un vehículo que le permite un movimiento ágil y adecuado para liberar el área de manera inmediata.

El equipo dispone de un sistema de medición simultánea de temperaturas del aire y de la superficie del pavimento, para cada punto de ensayo.

Además, se mide la temperatura realizando perforaciones en las capas asfálticas de manera de determinar la temperatura en el interior de las mismas. A partir de estos registros y con las temperaturas registradas por el deflectómetro en la superficie del pavimento, es posible determinar los factores de corrección.

La carga standard y el diámetro del plato de carga son tales que permiten obtener sobre el pavimento condiciones de sollicitación similares a las producidas por la presión de los vehículos de carga.

Las mediciones se realizaron en ambos carriles (ascendente y descendente) a 90 cm del borde externo de cada carril, de manera que coincidan con la huella externa.

En el **Anexo I** se presentan los archivos de las mediciones deflectométricas.

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

4.1.2 MEDICIONES DE RUGOSIDAD

Por otra parte, el MOPC ha medido el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) en ambos carriles de los tramos en estudio.

Las mediciones fueron realizadas a fines del año 2.015 y principios de 2.016.

No se cuenta con valores de rugosidad entre el Km 326 al Km 443.

A continuación se resumen los valores estadísticos obtenidos para la totalidad de mediciones y se presenta un gráfico ilustrativo que permite observar la dispersión en los valores encontrados.

TRAMO 3:

Carril Ascendente

PROGRESIVA		IRI [m/Km]			
INICIO	FIN	MEDIA	DESVIO	COV	P95
443+000	450+000	3,78	0,75	19,9%	5,25

Tabla 1 – Rugosidad Ascendente Km 443 – km 450

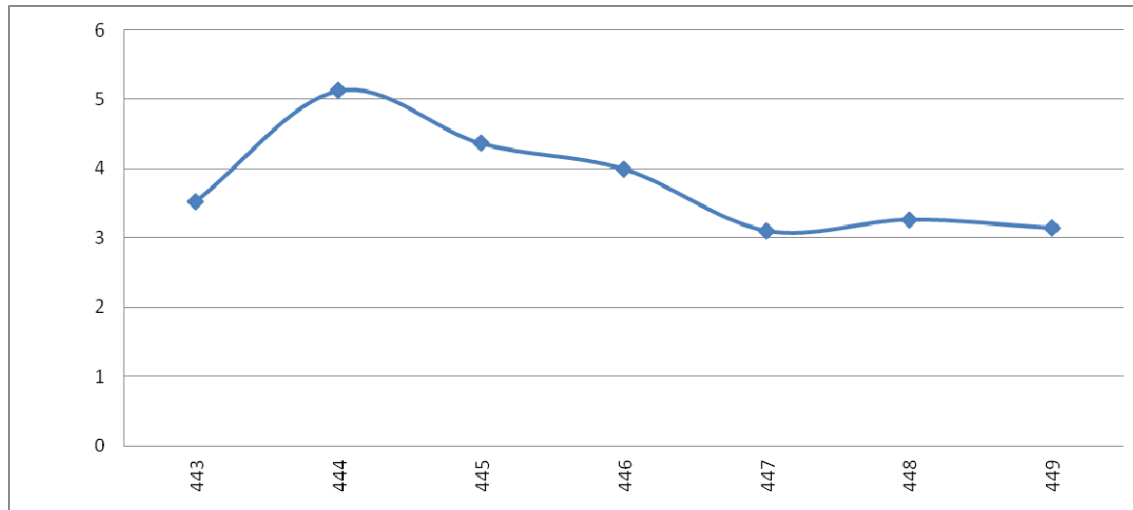


Gráfico 1 – Rugosidad Ascendente Km 443 – km 450

Carril Descendente

PROGRESIVA		IRI [m/Km]			
INICIO	FIN	MEDIA	DESVIO	COV	P95
450+000	443+000	3,93	0,62	15,8%	5,14

Tabla 2 – Rugosidad Descendente Km 450 – km 443

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

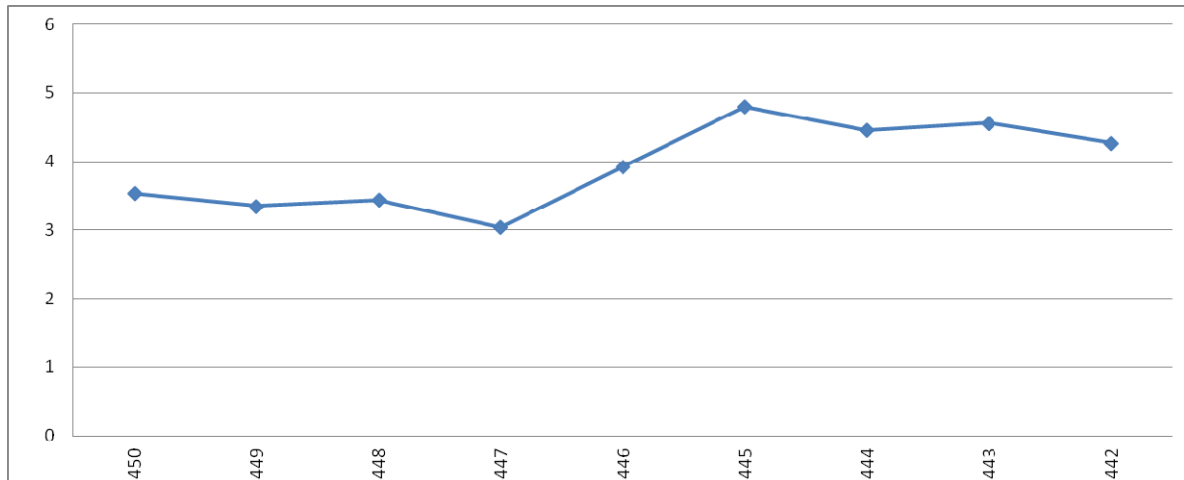


Gráfico 2 – Rugosidad Descendente Km 450 – km 443

TRAMO 4:

Carril Ascendente

PROGRESIVA		IRI [m/Km]			
INICIO	FIN	MEDIA	DESVIO	COV	P95
450+000	525+000	4,10	0,37	9,0%	4,82

Tabla 3 – Rugosidad Ascendente Km 450 – km 525

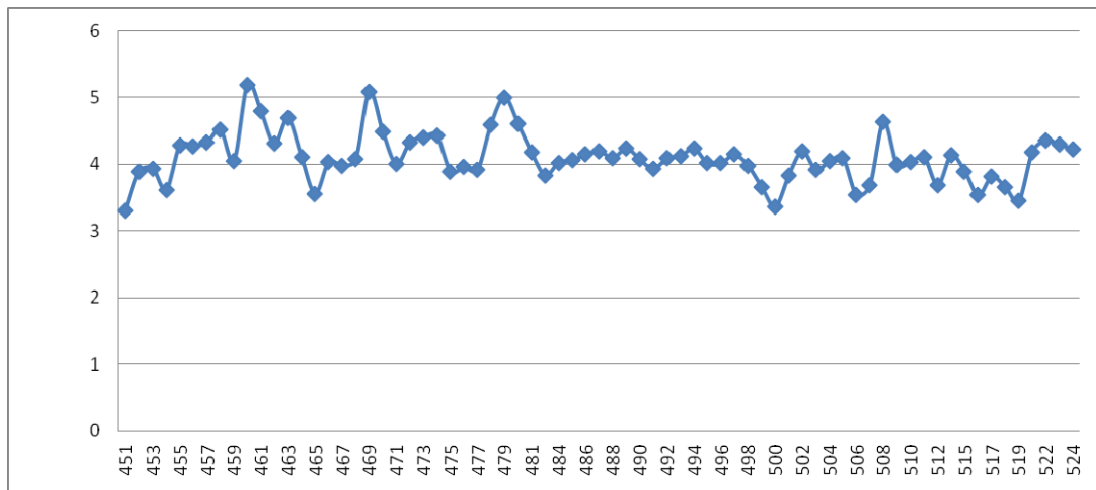


Gráfico 3 – Rugosidad Ascendente Km 450 – km 525

Carril Descendente

PROGRESIVA		IRI [m/Km]			
INICIO	FIN	MEDIA	DESVIO	COV	P95
525+000	450+000	4,08	0,37	9,1%	4,80

Tabla 4 – Rugosidad Descendente Km 525 – km 450

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

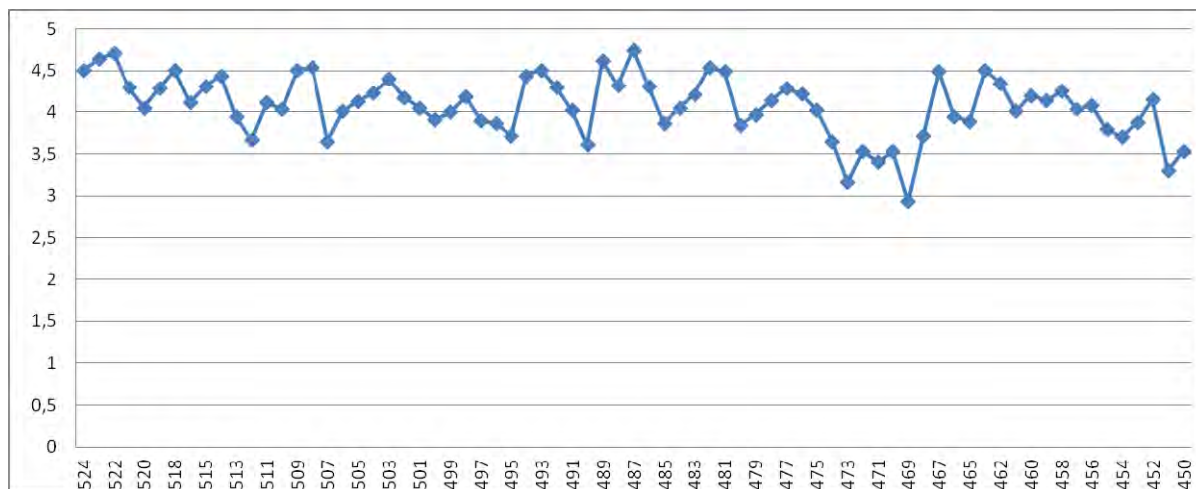


Gráfico 4 – Rugosidad Descendente Km 525 – km 450

TRAMO 4:

Acceso a Loma Plata

Carril Ascendente

PROGRESIVA		IRI [m/Km]			
INICIO	FIN	MEDIA	DESVIO	COV	P95
0+000	21+000	3,23	0,53	16,5%	4,26

Tabla 5 – Rugosidad Ascendente Loma Plata

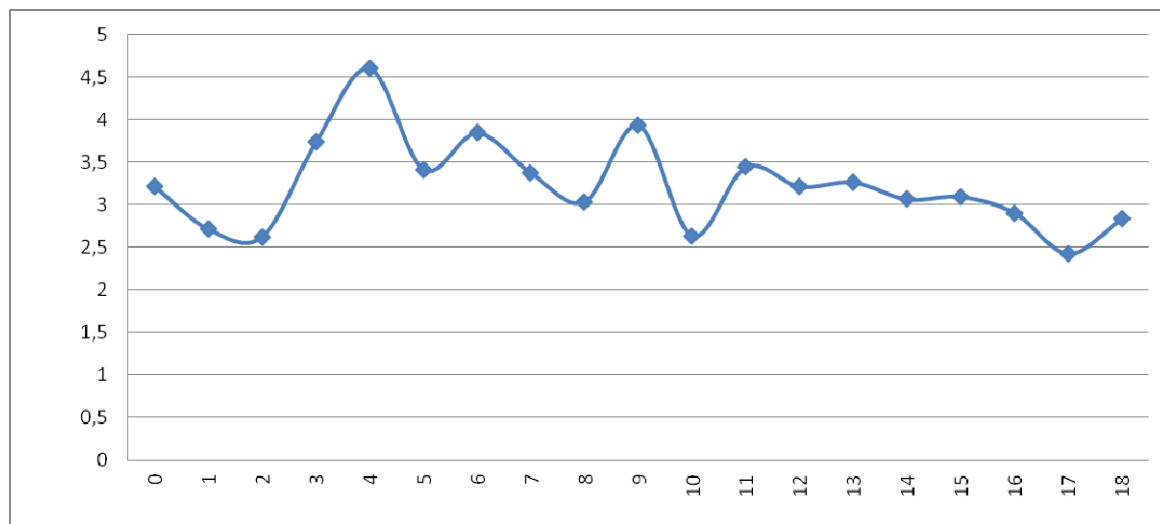


Gráfico 5 – Rugosidad Ascendente Loma Plata

Carril Descendente

PROGRESIVA		IRI [m/Km]			
INICIO	FIN	MEDIA	DESVIO	COV	P95
21+000	0+000	3,26	0,56	17,3%	4,36

Tabla 6 – Rugosidad Descendente Loma Plata

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

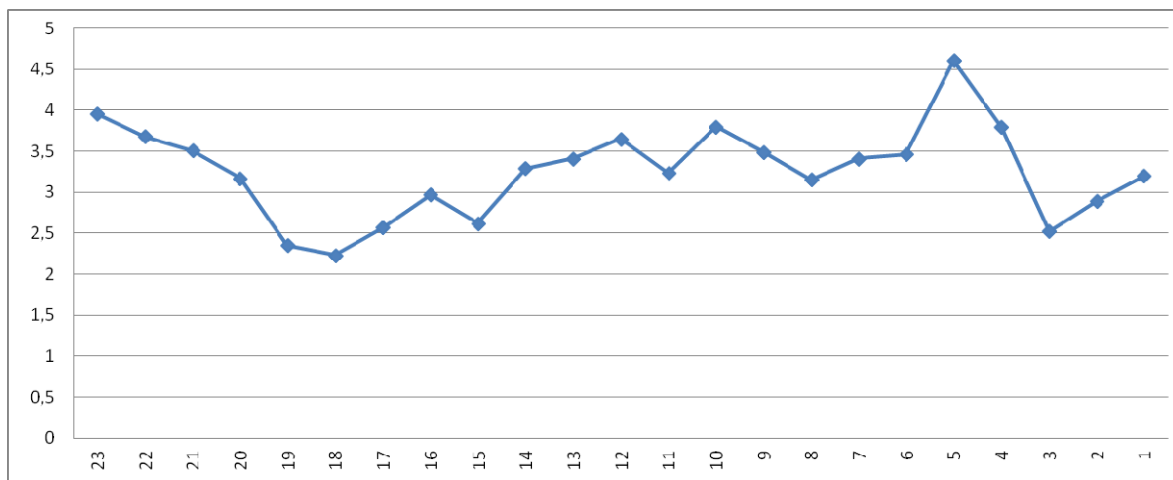


Gráfico 6 – Rugosidad Descendente Loma Plata

Acceso a Filadelfia

Carril Ascendente

PROGRESIVA		IRI [m/Km]			
INICIO	FIN	MEDIA	DESUDIO	COV	P95
0+000	15+000	3,88	0,67	17,2%	5,18

Tabla 7 – Rugosidad Ascendente Filadelfia

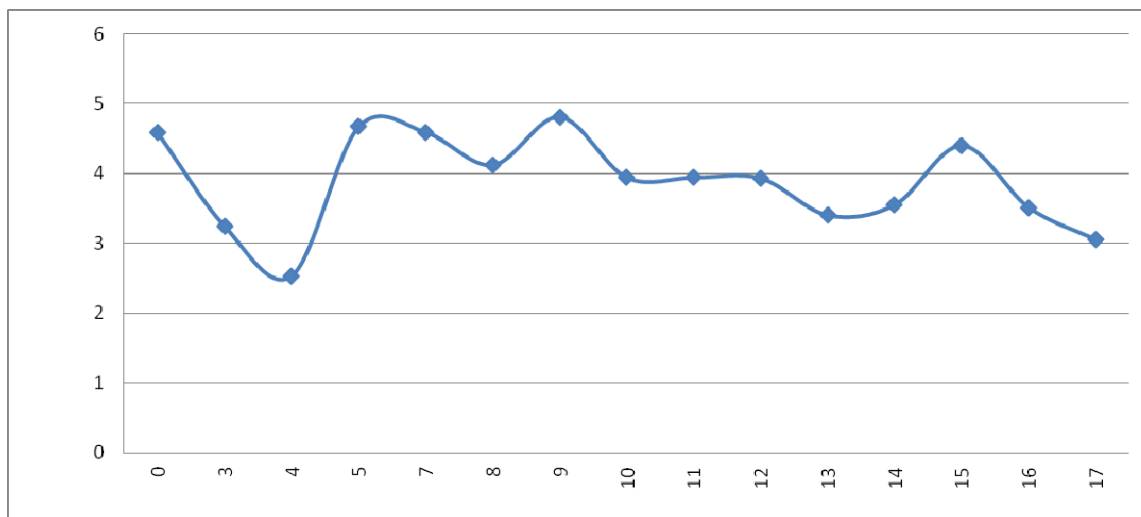


Gráfico 7 – Rugosidad Ascendente Filadelfia

Carril Descendente

PROGRESIVA		IRI [m/Km]			
INICIO	FIN	MEDIA	DESUDIO	COV	P95
15+000	0+000	3,64	0,57	15,6%	4,76

Tabla 8 – Rugosidad Descendente Filadelfia

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

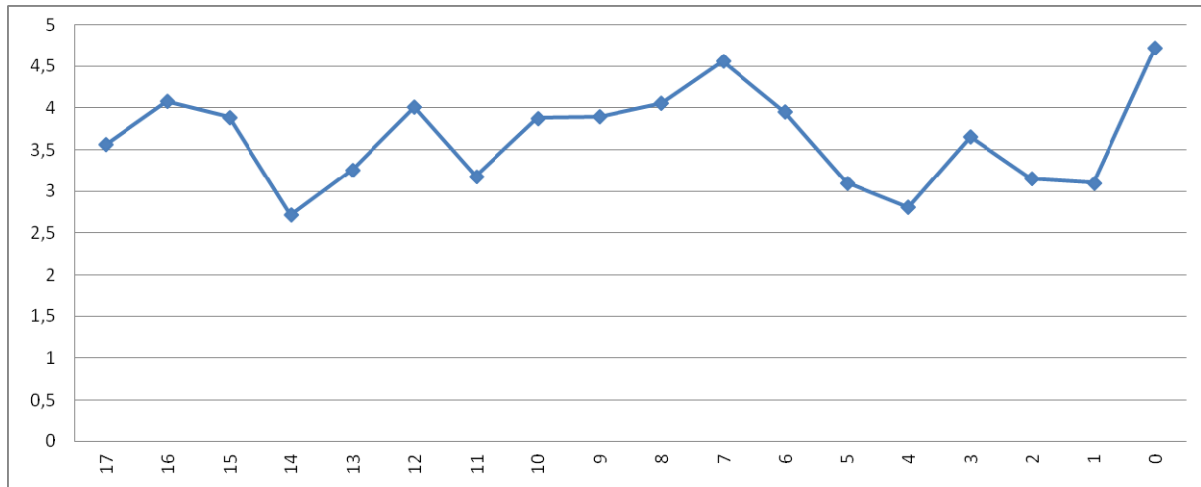


Gráfico 8 – Rugosidad Descendente Filadelfia

Acceso a Neuland

Carril Ascendente

PROGRESIVA		IRI [m/Km]			
INICIO	FIN	MEDIA	DESVIO	COV	P95
0+000	20+000	3,08	0,44	14,4%	3,95

Tabla 9 – Rugosidad Ascendente Neuland

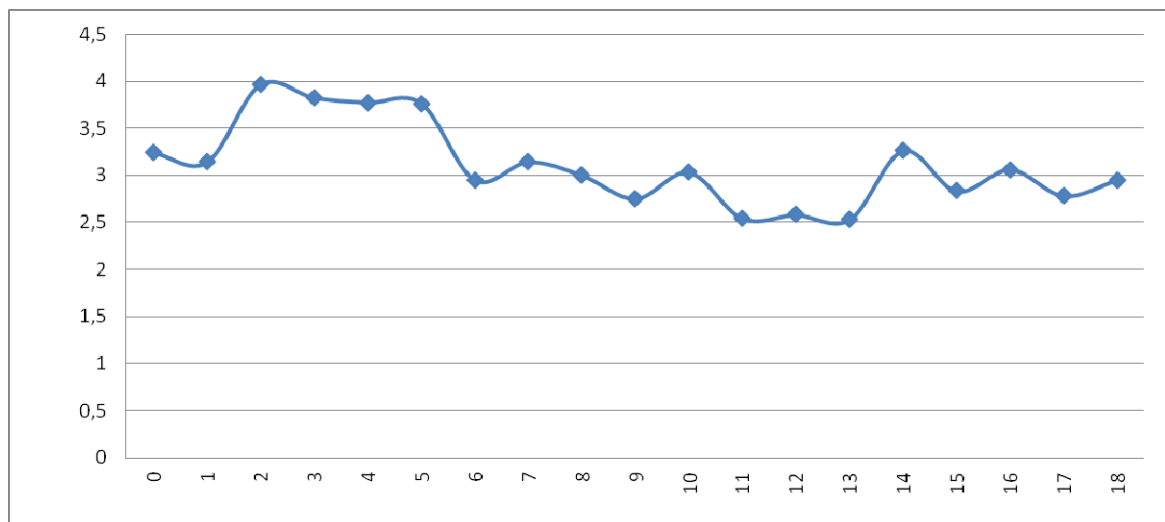


Gráfico 9 – Rugosidad Ascendente Neuland

Carril Descendente

PROGRESIVA		IRI [m/Km]			
INICIO	FIN	MEDIA	DESVIO	COV	P95
20+000	0+000	3,02	0,62	20,6%	4,23

Tabla 10 – Rugosidad Descendente Neuland

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

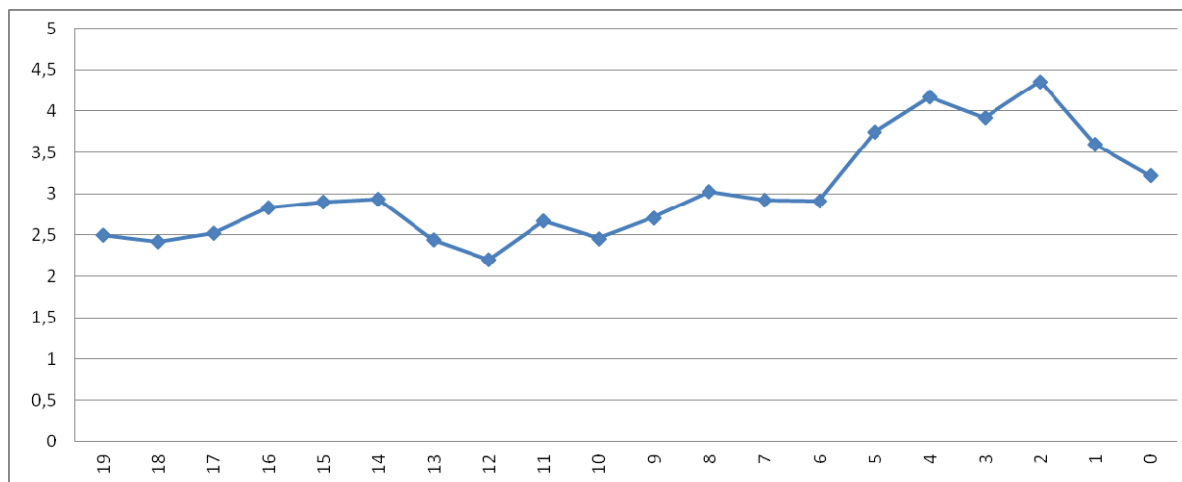


Gráfico 10 – Rugosidad Descendente Neuland

De las mediciones precedentes se desprende que el promedio de los valores de rugosidad en la Ruta 09 se acercan a 4 al igual que en el acceso a Filadelfia. En los restantes accesos la rugosidad disminuye.

En el **Anexo II** se presentan las rugosidades kilométricas en unidades IRI (m/Km) para ambos tramos.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

4.1.3 RELEVAMIENTO VISUAL

En el Mes de Junio de 2.017 se ha procedido al recorrido de los tramos en estudio a fin de conocer el estado superficial que presenta actualmente la calzada.

El relevamiento del pavimento consistió en evaluar las características superficiales del mismo, observando diferentes tipos de fallas tales como ahuellamiento, fisuración (tipo y densidad), desprendimientos, superficie bacheada, baches abiertos, etc. conforme a lo establecido en el catálogo requerido para la metodología empleada. El mismo se encuentra adjunto en **Anexo III**.

A su vez, se realizaron mediciones en cada kilómetro de los anchos de calzada y banquetas existentes; y el relevamiento de la ubicación de dársenas de detención y su estado.

Complementariamente, se tomaron fotografías tanto en sectores representativos, como en cada kilómetro de manera sistemática.

4.1.3.1 Estado del Pavimento

A continuación se presenta una breve descripción de las condiciones superficiales de la calzada.

Las planillas de campo con el detalle de las fallas y cantidades relevadas, como así también las fotografías tomadas, se encuentran adjuntas en **Anexo III. 1** y **Anexo III. 2** respectivamente.

KM 326 – KM 400

La calzada presenta un nivel de deterioro significativo.

Se destacan las fisuras tipo piel de cocodrilo (6, 8 y 10) las cuales se desarrollan en buena parte de la superficie. Se han observado además, bacheos en mal estado y baches de dimensiones importantes que llegan a ocupar gran parte de la calzada.

Inclusive, el grado de deterioro que presentan ciertos tramos impide la normal circulación de los vehículos, obligándolos a circular por fuera de la calzada.

Con respecto a las banquetas, las mismas se observan en mal estado. Mientras que los sectores con banquetas pavimentadas poseen las mismas fallas que la calzada, las banquetas de suelo presentan vegetación creciente.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01



Imagen 1 - Km 352



Imagen 2 - Km 353



Imagen 3 - Km 377

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01



Imagen 4 - Km 377



Imagen 5 - Km 378

KM 400 – KM 403

A diferencia del resto del tramo de ruta estudiado, se destaca esta sección de 3 km, en los cuales el pavimento de la calzada se encuentra en muy buen estado, presentando únicamente algunas pocas fisuras lineales tipo 2.

Las banquetas pavimentadas se observan en estado regular y las banquetas de suelo con vegetación creciente.



Imagen 6 - Km 402

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

KM 403 – KM 450

La superficie de la calzada se encuentra, al igual que en los primeros 74 km del tramo, en malas condiciones. Si bien se observa una menor cantidad de baches que en dicho sector, estos siguen siendo de gran importancia y dificultan notoriamente la circulación de vehículos.

También es significativo el grado de fisuración de la superficie en todo el largo de la sección.

Las banquetas pavimentadas se observan en mal estado y las banquetas de suelo con vegetación creciente.



Imagen 7 – Km 443



Imagen 8 - Km 447

KM 450 – KM 525

Nuevamente, la condición general del pavimento es muy pobre. Se observa gran parte de la superficie con fisuras del tipo piel de cocodrilo, existencia de baches de tamaño considerable, roturas de borde, etc.

Cabe destacar, la existencia de sectores de la calzada, donde la carpeta es prácticamente inexistente.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

Coincidentemente con el estado de la calzada, las banquetas presentan las mismas condiciones precarias que ésta. Este deterioro se atribuye, en parte, al uso continuo de las banquetas en aquellos sectores donde se imposibilita circular por la calzada.



Imagen 9 - Km 460



Imagen 10 - Km 470



Imagen 11 - Km 499

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01



Imagen 12 - Km 505

ACCESO A LOMA PLATA

La calzada se encuentra en mal estado, presentando una gran cantidad de fisuras lineales tipo 2 y 4, fisuras tipo “piel de cocodrilo” (tipo 6, 8 y 10). Asimismo, se observaron algunos desprendimientos sectorizados de la capa de rodamiento; baches profundos de grandes dimensiones; bacheos en estado mal/regular y roturas de borde.

En cuanto a las banquetas, las mismas se encuentran también bastante deterioradas. En muchos casos el tratamiento superficial se ha desprendido casi en su totalidad, dando lugar al crecimiento de vegetación.



Imagen 13 – Acceso a Loma Plata, Km 6

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01



Imagen 14 - Acceso a Loma Plata, Km 6



Imagen 15 - Acceso a Loma Plata, Km 12



Imagen 16 - Acceso a Loma Plata, Km 15

ACCESO A FILADELFIA

Principalmente se observan gran cantidad de fisuras tipo “piel de cocodrilo” severas en coincidencia con hundimientos importantes. La mayoría de estas fallas se encuentran en la huella externa y el borde de la calzada.

Además se observan algunos bacheos en mal estado y roturas de borde.

Las banquetas se encuentran prácticamente todas cubiertas por vegetación.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01



Imagen 17 - Acceso a Filadelfia, Km 3



Imagen 18 - Acceso a Filadelfia, Km 5



Imagen 19 - Acceso a Filadelfia, Km 8

ACCESO A NEULAND

El estado de la calzada es variable, se pueden distinguir algunos sectores mejores que otros. Tanto el primer kilómetro y medio inicial, como casi los últimos cinco kilómetros finales, se encuentran en buenas condiciones con algunas pocas fisuras lineales selladas.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

El resto del acceso presenta un deterioro mucho mayor, tanto en la densidad de fallas como en la gravedad de las mismas; en estos sectores además de las fisuras lineales, se observaron algunos baches grandes y roturas de borde.

Al igual que en el acceso a Filadelfia, las banquetas en este tramo se encuentran cubiertas casi en su totalidad por vegetación.



Imagen 20 - Acceso a Neuland, Km 1



Imagen 21 - Acceso a Neuland, Km 3

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01



Imagen 22 - Acceso a Neuland, Km 7



Imagen 23 - Acceso a Neuland, Km 16

LÍNEA 1

La línea 1 que une los accesos de Filadelfia y Loma Plata se encuentra recién concluida y presenta un estado muy bueno en la calzada y sus banquetas.



Imagen 24 – Línea 1

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

4.1.4 ENSAYOS GEOTÉCNICOS

Con el objeto de contar con información de las estructuras existentes en los tramos se proyectaron cateos a lo largo de toda la traza.

A partir de las últimas mediciones deflectométricas realizadas por el MOPC y del relevamiento general del proyecto realizado en Marzo del presente año; se definieron las cantidades y ubicaciones de los cateos a ejecutar.

Particularmente para el tramo comprendido entre los Km 326 – Km 525 se ejecutaron 28 calicatas y 18 sondeos; y 8 calicatas y 8 sondeos en los Accesos a las colonias. Dichos cateos fueron ejecutados por la empresa **Métrica S.A.**, bajo el permanente asesoramiento por parte de este Coordinador.

En cada cateo, se midieron los espesores de las capas componentes y se analizaron las características principales de cada capa discriminadas por textura, composición, color, humedad, etc. Asimismo y donde pudo determinarse, se identificó el nivel de la napa freática.

Adicionalmente, en todos los cateos donde fue factible se realizaron ensayos de Penetración Dinámica de Cono (DCP) y se determinaron las Densidades In Situ mediante la utilización del Cono de Arena.

Las muestras de cada una de las capas componentes se transportaron al laboratorio en bolsas plásticas cerradas para minimizar la pérdida de humedad.

A lo largo de todo el proceso se llevo un registro fotográfico.

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

4.1.4.1 Ubicación de estudios

A continuación se presenta la ubicación de los sondeos y calicatas:

N° Ensayo	Tipo de Ensayo	Ubicación [Km]	Carril
1	Calicata	327,0	Asc.
2	Calicata	328,5	Desc.
3	Calicata	332,0	Asc.
4	Sondeo	334,0	Desc.
5	Calicata	337,0	Desc.
6	Calicata	340,5	Asc.
7	Sondeo	346,0	Asc.
8	Calicata	352,0	Desc.
9	Sondeo	355,0	Desc.
10	Calicata	364,0	Asc.
11	Sondeo	368,5	Desc.
12	Sondeo	372,5	Asc.
13	Calicata	385,0	Asc.
14	Sondeo	389,5	Desc.
15	Sondeo	396,0	Asc.
16	Calicata	399,0	Asc.
17	Calicata	402,0	Desc.
18	Calicata	406,0	Asc.
19	Calicata	410,0	Desc.
20	Calicata	415,0	Asc.
21	Calicata	421,0	Desc.
22	Calicata	423,0	Asc.
23	Sondeo	429,0	Asc.
24	Calicata	432,0	Asc.
25	Calicata	439,0	Desc.
26	Calicata	444,0	Desc.
27	Calicata	446,0	Asc.
28	Sondeo	449,0	Desc.
29	Sondeo	450,5	Asc.
30	Calicata	454,0	Asc.
31	Sondeo	459,0	Desc.
32	Calicata	465,0	Desc.
33	Calicata	470,0	Asc.
34	Sondeo	473,0	Desc.
35	Calicata	476,0	Desc.
36	Sondeo	479,0	Asc.
37	Calicata	481,5	Asc.
38	Sondeo	489,0	Desc.
39	Calicata	496,0	Asc.

N° Ensayo	Tipo de Ensayo	Ubicación [Km]	Carril
40	Sondeo	500,0	Asc.
41	Calicata	508,0	Desc.
42	Sondeo	510,5	Asc.
43	Calicata	513,0	Asc.
44	Sondeo	517,0	Desc.
45	Calicata	521,0	Desc.
46	Sondeo	523,5	Asc.

Tabla 11 – Ubicación Calicatas y Sondeos (Km 326 – Km 525)

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA KM 326 - KM 525 Y ACCESOS**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Acceso a Filadelfia:

N° Ensayo	Tipo de Ensayo	Ubicación [Km]	Carril
1	Sondeo	3,5	Desc.
2	Calicata	7,5	Asc.
3	Sondeo	10,0	Desc.

**Tabla 12 – Ubicación Calicatas y Sondeos
(Acceso a Filadelfia)**



Imagen 25 - Replanteo de calicata

Acceso a Neuland:

N° Ensayo	Tipo de Ensayo	Ubicación [Km]	Carril
1	Sondeo	0,5	Asc.
2	Calicata	2,5	Asc.
3	Sondeo	7,5	Desc.
4	Calicata	11,0	Desc.
5	Sondeo	14,0	Asc.
6	Calicata	18,0	Asc.

**Tabla 13 – Ubicación Calicatas y Sondeos
(Acceso a Neuland)**



Imagen 26 – Medición descalce

Acceso a Loma Plata:

N° Ensayo	Tipo de Ensayo	Ubicación [Km]	Carril
1	Sondeo	0,50	Desc.
2	Calicata	2,00	Asc.
3	Calicata	5,50	Desc.
4	Sondeo	9,50	Asc.
5	Calicata	13,50	Asc.
6	Sondeo	17,00	Desc.
7	Calicata	19,50	Desc.

**Tabla 14 – Ubicación Calicatas y Sondeos
(Acceso a Loma Plata)**



Imagen 27 - Ejecución de calicata

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01



Imagen 28 – Muestra



Imagen 30 - Medición de espesores



Imagen 29 – Ensayo Cono de Arena



Imagen 31 - DCP



Imagen 32 - DCP

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

4.1.4.2 Perfil edafológico

Los espesores encontrados en las calicatas y sondeos han sido graficado de manera de permitir una mayor visualización de las estructuras presentes en los tramos.

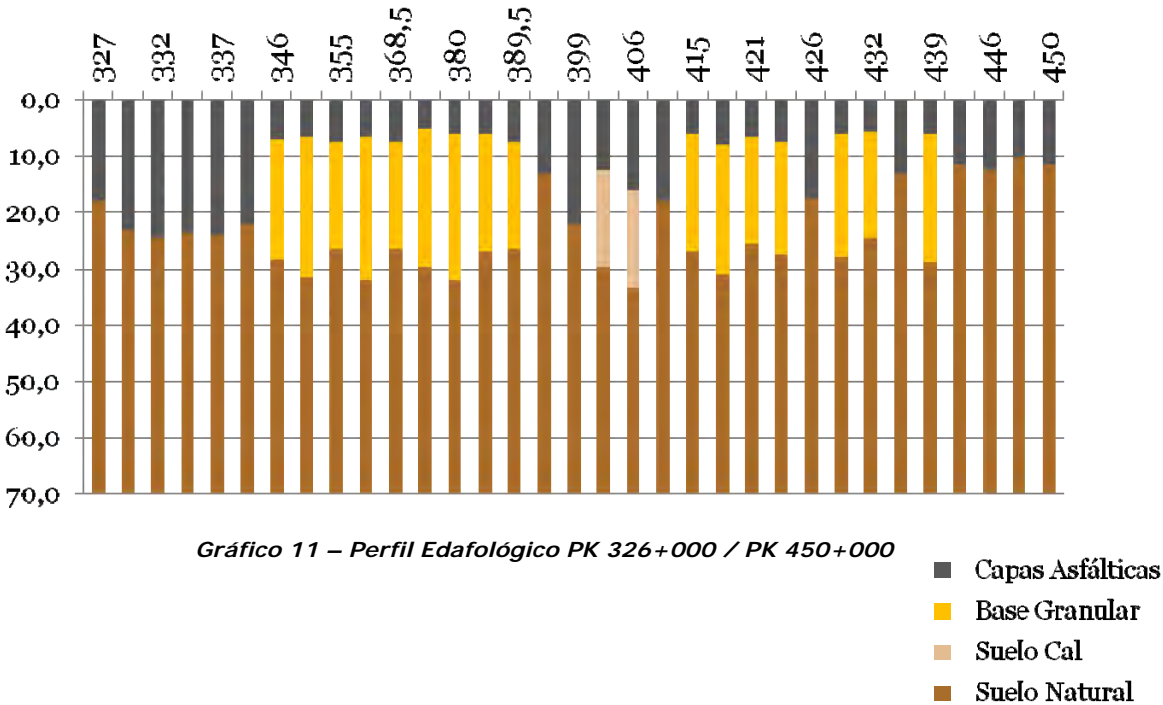


Gráfico 11 – Perfil Edafológico PK 326+000 / PK 450+000

Entre el Km 326 al Km 343, el Km 390 al Km 411 y el Km 445 al Km 450 se observa una estructura del tipo “full depth”.

Entre el Km 343 al Km 390 y el Km 411 al Km 445 se ha detectado la presencia de suelo granular por debajo de las capas asfálticas en la mayoría de los cateos ejecutados.

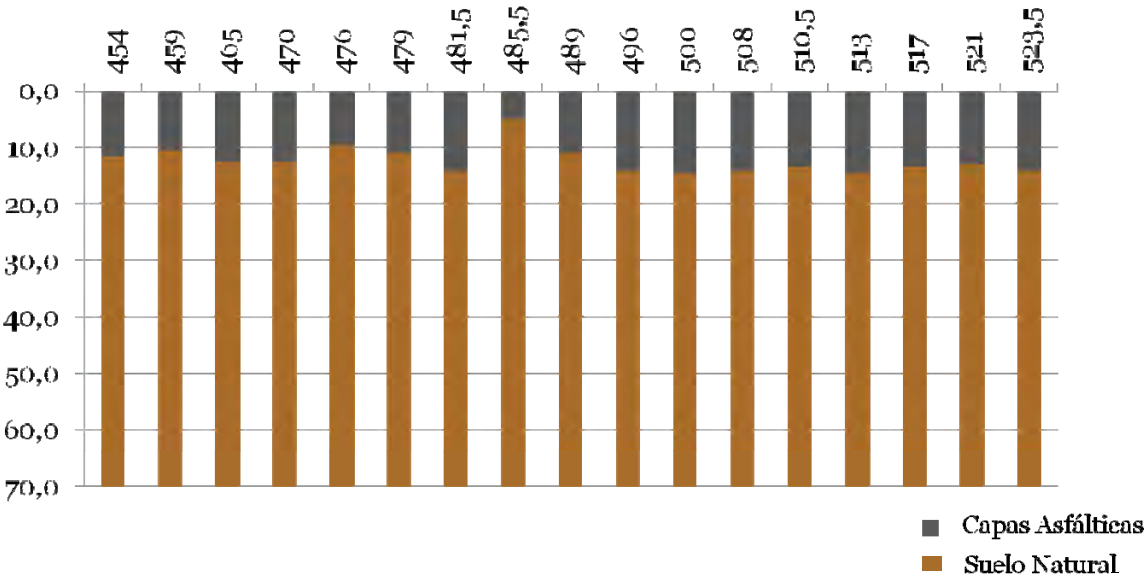


Gráfico 12 – Perfil Edafológico PK 450+000 / PK 525+000

Entre el Km 450 al Km 525 se observa una estructura del tipo “full depth”.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

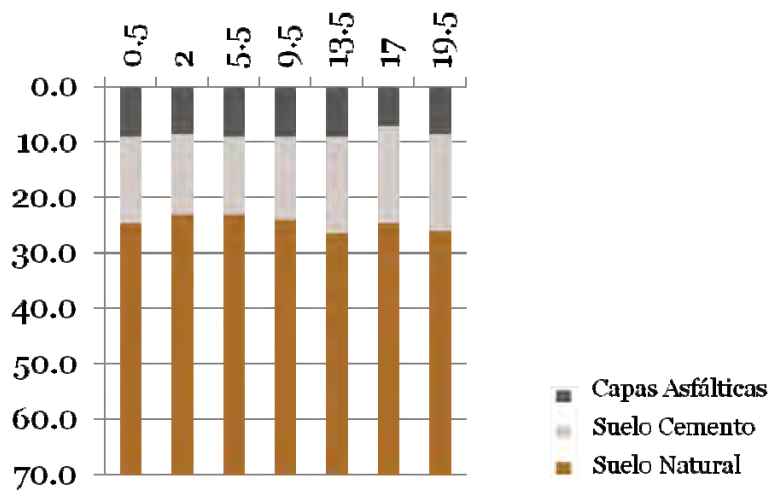


Gráfico 13 – Perfil Edafológico Acceso a Loma Plata

En el Acceso a Loma Plata se observa la presencia de suelo cemento por debajo de las capas asfálticas.

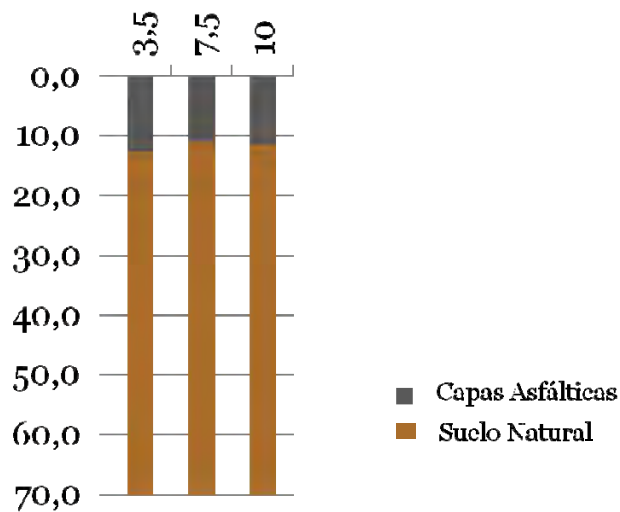


Gráfico 14 – Perfil Edafológico Acceso a Filadelfia

El Acceso a Filadelfia presenta una estructura del tipo “full depth”.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

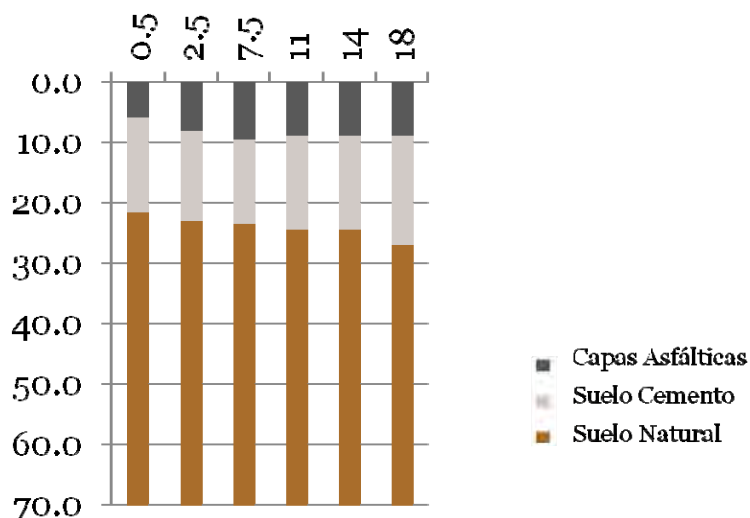


Gráfico 15 – Perfil Edafológico Acceso a Neuland

En el Acceso a Neuland se observa la presencia de suelo cemento por debajo de las capas asfálticas.

4.1.4.3 Ensayos de Laboratorio

A las muestras obtenidas en las calicatas y sondeos se le realizaron las siguientes determinaciones:

- Granulometría
- Límites de Consistencia: Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad
- Clasificación e Índice de grupo según el sistema del Highway Research Board

Complementariamente a los suelos característicos se le realizaron los siguientes ensayos:

- Ensayo de compactación Proctor
- Ensayo de Valor Soporte e Hinchamiento



Imagen 33 – Muestras en Laboratorio

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

Por otro lado, la evidencia de suelo lateralmente al camino hizo necesaria el estudio de la dispersividad de los suelos mediante el ensayo “Crumb Test”.

Mediante el “Crumb Test” se ensayaron 7 muestras, cuya prueba consiste en observar la dispersividad (turbiedad o no) de los suelos una vez sumergidos en agua destilada.

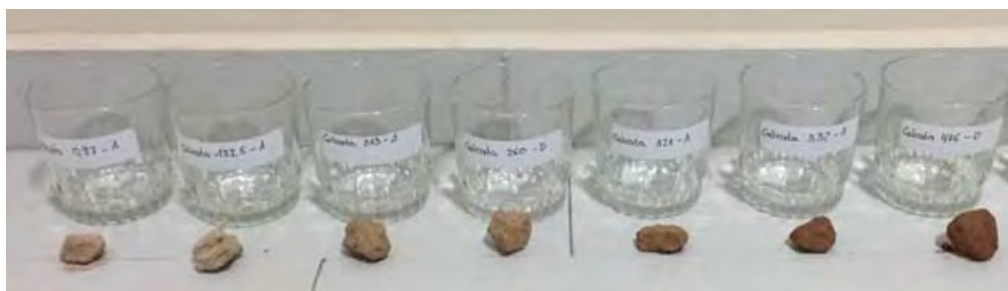


Imagen 34 – Crumb Test

4.1.4.4 Resumen de Resultados de los Ensayos Realizados

De los ensayos realizados se desprenden las siguientes conclusiones:

- Por debajo de las capas asfálticas los suelos presentes son del tipo A-4, A-6 y A-1-b en su mayoría, con plasticidades altas, según la Clasificación H.R.B.
- Los ensayos de Compactación y Valor Soporte Relativo dieron resultados acordes a los tipos de suelos.
- De las determinaciones realizadas con el Penetrómetro Dinámico de Cono, se aprecia que los resultados obtenidos guardan relación con las distintas capas encontradas en las calicatas.
- Los resultados de Densidad In Situ obtenidos indican que el grado de compactación actual de los suelos es adecuado.
- La dispersividad de los suelos resultó casi nula.

En el **Anexo IV** se adjunta el informe geotécnico realizado por **Métrica S.A.** que incluye los gráficos representativos y cuadro de valores con los resultados de todos los estudios geotécnicos mencionados.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

4.2 ACCESO A INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA

Con el objeto de contar con un material de consulta que sirva de apoyo para las tareas de gabinete y, especialmente, para los Contratistas, la empresa **Métrica S.A.** generó una base de datos disponible en forma on-line.

La misma incluye:

- Filmación de toda la longitud del proyecto con una cámara digital que permite georeferenciar todas las imágenes.
- Ubicación precisa de todos los cateos junto con fotografías donde se indican los espesores y materiales de las estructuras existentes.

4.2.1 INSTRUCTIVO

A continuación se detallan los pasos a seguir para poder acceder a la información.

PASO 1: Acceso Página Web

Ingresar al link: <http://www.metrica.com.py/ruta09>



El usuario y contraseña para su uso serán proporcionados al contratante, cuando éste así lo requiera.

Se requiere autenticación

http://www.metrica.com.py necesita un nombre de usuario y una contraseña.
Tu conexión con este sitio no es privada.

Nombre de usuario:
Contraseña:

Iniciar sesión Cancelar

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

PASO 2: Acceso Ruta 9

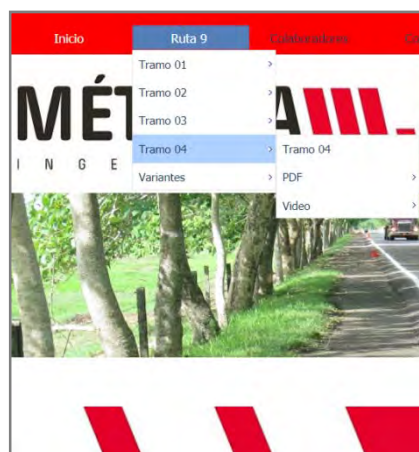
Al dirigirse al botón Ruta 9 se despliega un menú con los tramos y variantes (accesos).



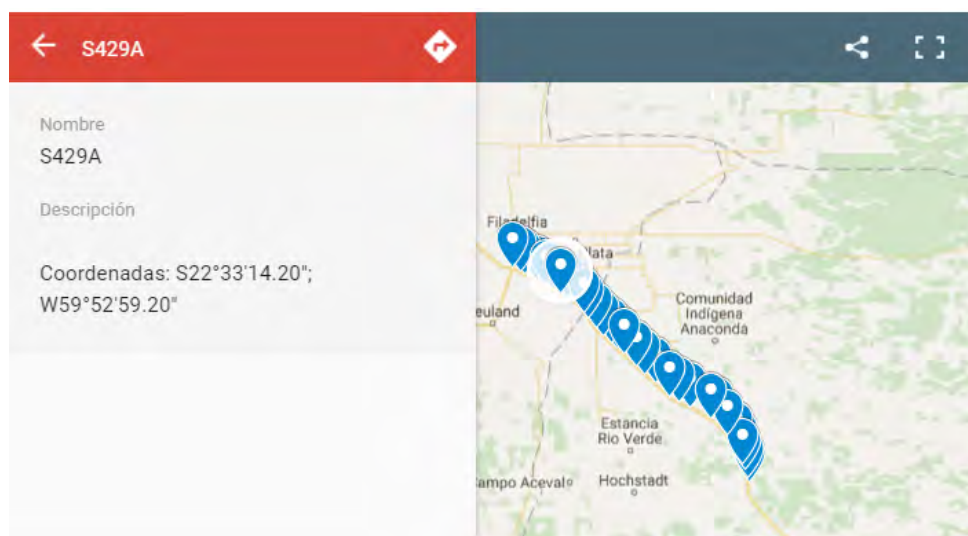
PASO 3: Acceso a Información

Para cada uno de los tramos y variantes se puede acceder a la siguiente información:

- Geotecnia: Se indica la posición en que se ejecutó cada cateo y los datos obtenidos junto con fotografías. Se puede descargar en formatos kmz y pdf.
- Video: a través de una cámara se puede visualizar el tramo en toda su longitud.



Geotecnia Tramo 03



ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Ruta 9 Tramo 4 km 450 al km 525



**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

4.3 ESTUDIOS DE TRÁNSITO

Para estimar el volumen y cargas del tránsito que circulan por los tramos en estudio, se han realizado censos volumétricos y de clasificación.

La ubicación específica de los sitios de conteo fueron determinados a partir de una recorrida previa de los tramos y de los caminos en los que pudiera derivarse el tránsito en estudio.

A continuación se muestra un mapa con la localización de los conteos para los tramos 3 y 4:

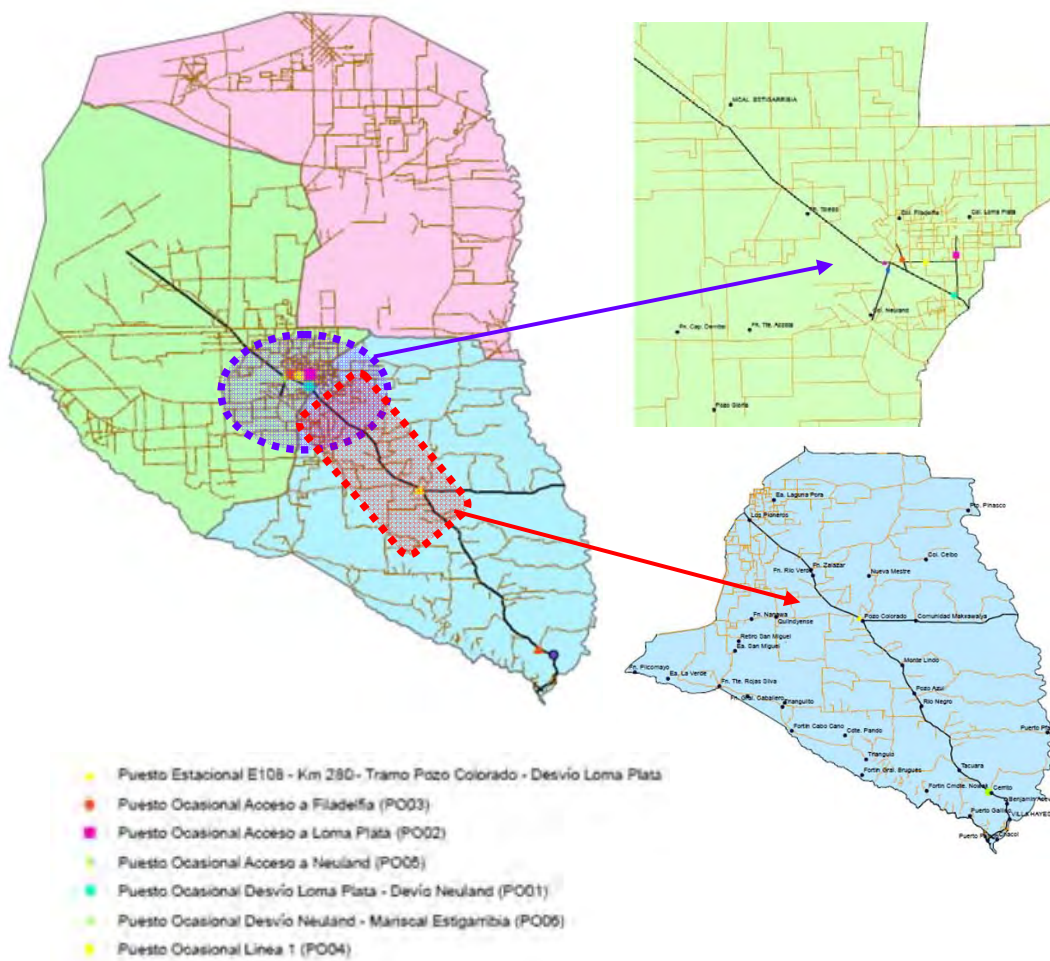


Figura 4 – Ubicación Conteos

La campaña de conteos se efectuó entre los meses de Abril y Mayo. Los conteos fueron realizados durante una semana, 24 horas por día. Para ellos se utilizaron equipos electrónicos (Modelo Apollo de la marca Diamond Traffic, de origen estadounidense).

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01



Figura 5 – Equipos Apollo de Diamond Traffic

4.3.1 OBTENCIÓN DEL TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL (TMDA)

Teniendo en cuenta que el período de conteo fue de una semana completa durante 24 hs. cada día, se pudo estimar directamente el tránsito medio diario semanal (TMDS).

Para obtener el tránsito medio diario mensual (TMDM) se ha considerado la semana de relevamientos como una semana “tipo” del mes de conteo, por lo que los valores de TMDM se consideraron equivalentes a los del TMDS.

Con el TMDS y aplicando el factor de corrección por estacionalidad a partir de la información proporcionada por el peaje de Cerrito, se calculó el tránsito medio diario anual (TMDA).

El TMDA ha sido obtenido para vehículos livianos, ómnibus y camiones.

Los gráficos y la tabla presentados a continuación muestran los valores del TMDA según tipo de vehículo para los puestos correspondientes a los tramos 3 y 4:

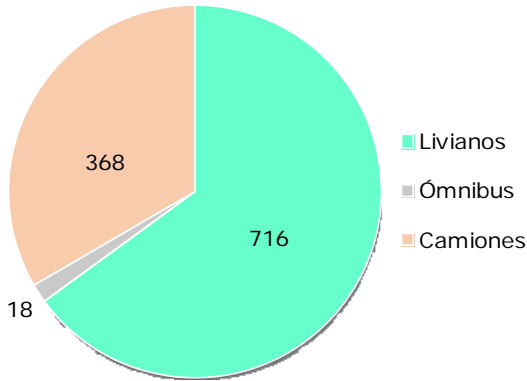


Gráfico 16 – Puesto PE108

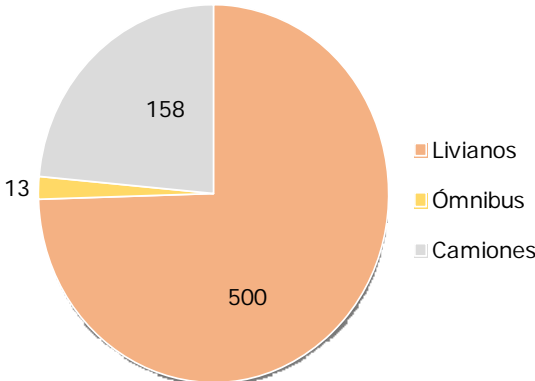


Gráfico 17 – Puesto P001

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

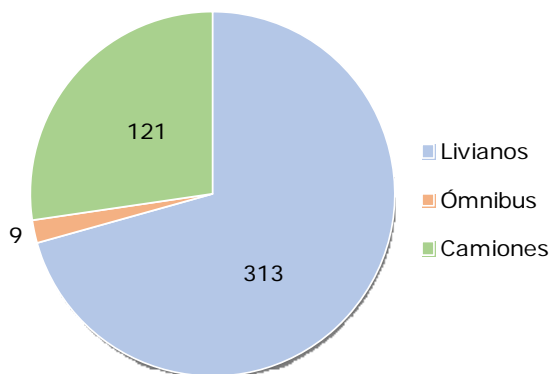


Gráfico 18 – Puesto PO06

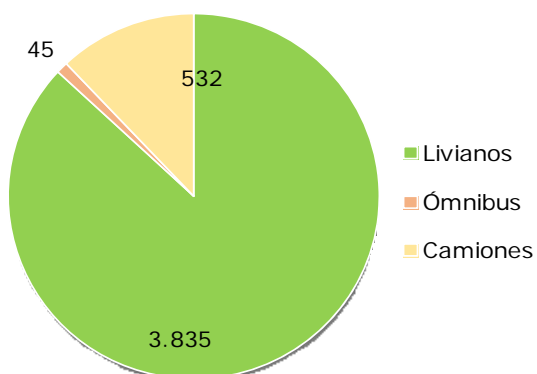


Gráfico 19 – Puesto PO02

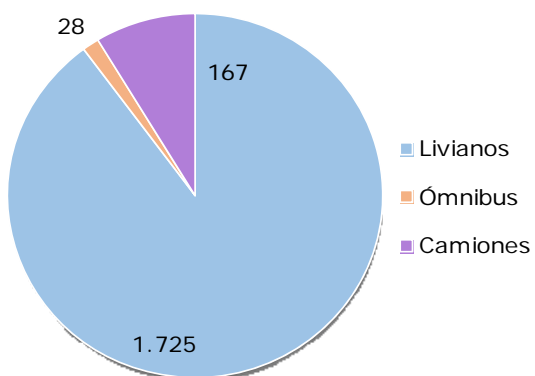


Gráfico 20 – Puesto PO03

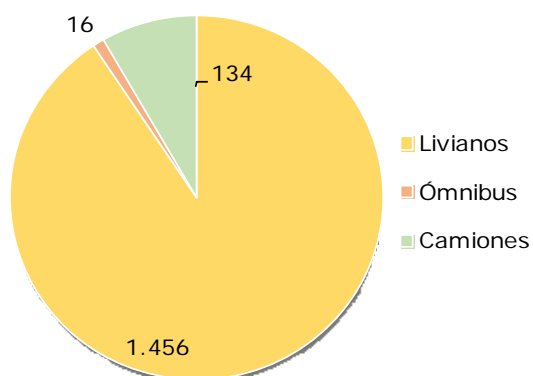


Gráfico 21 – Puesto PO05

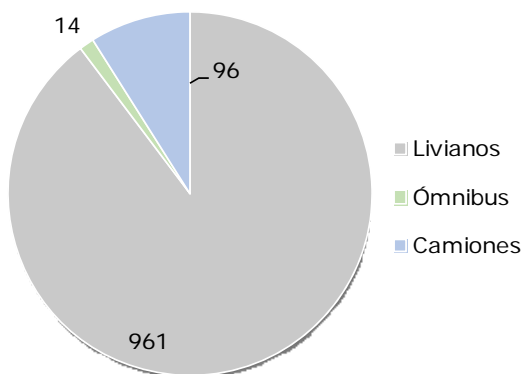


Gráfico 22 – Puesto PO04

Puesto	TMDA			TMDA Total
	Livianos	Ómnibus	Camiones	
Puesto Estacional E108 (Km 280)	716	18	368	1.102
Puesto Ocasional PO01 (Desvío Loma Plata – Desvío Neuland)	500	13	158	671

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Puesto	TMDA			TMDA Total
	Livianos	Ómnibus	Camiones	
Puesto Ocasional PO06 (Desvío Neuland – Mariscal Estigarribia)	313	9	121	443
Puesto Ocasional PO02 (Acceso a Loma Plata)	3.835	45	532	4.412
Puesto Ocasional PO03 (Acceso a Filadelfia)	1.725	28	167	1.920
Puesto Ocasional PO05 (Acceso a Neuland)	1.456	16	134	1.606
Puesto Ocasional PO04 (Línea 1)	961	14	96	1.071

Tabla 15 – TMDA (2.017)

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

4.4 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Como parte del proyecto de rehabilitación de la Ruta 9, se han estudiado 3 escenarios de ensanche para la calzada de actualmente 6,0 m de ancho.

- **Escenario 1:** Ensanche de calzada 7,0 m y banquetas de 2,50 m.
- **Escenario 2:** Ensanche de calzada 7,0 m y banquetas de 1,50 m.
- **Escenario 3:** Ensanche de calzada 7,3 m y banquetas de 1,35 m.

Dicho estudio se realizó en base a la información técnica provista por el MOPC, particularmente a la topografía del Proyecto Ejecutivo realizado por la Consultora Servingci S.R.L en el año 2014.

Esta documentación se empleó para generar, mediante Autocad Civil, el modelo digital de la superficie a partir del cual se ha calculado el movimiento de suelos para las distintas soluciones de pavimento proyectadas en el presente informe.

No obstante, del resultado de la modelación, se notaron ciertas particularidades:

1. El relevamiento topográfico desde la progresiva 326+000 hasta 423+000 tiene un faltante de 150 metros aprox., lo que incide en la longitud total de la modelación.
2. El relevamiento topográfico desde la progresiva 423+000 hasta 524+950 tiene un faltante de 180 metros aprox., lo que incide en la longitud total de la modelación.

Dichas contrariedades, se han contemplado en el presente cómputo mediante un ligero incremento en los coeficientes de imprevistos adoptados para el cálculo de las cantidades de movimiento de suelos: limpieza, excavación y terraplén.

Por otra parte, dada la cantidad de escenarios proyectados, se ha planteado la modelación completa de toda la topografía únicamente para el Escenario 1; mientras que para las dos opciones restantes se estableció un análisis comparativo.

Dicho análisis consistió en la evaluación de un número de Secciones Transversales representativas de las distintas soluciones de obra, las cuales fueron seleccionadas convenientemente cada aproximadamente 10 km, de forma de tener perfiles de comparación regularmente que brinden información significativa de la totalidad del movimiento de suelos de la traza.

Con las progresivas de las Secciones definidas, se ubicó el perfil (en coincidencia con el perfil del Escenario 1) de la obra proyectada en las dimensiones geométricas de cada uno de los Escenarios restantes a evaluar; y se determinaron las áreas de limpieza, excavación y terraplén.

De esta manera, en cada una de las Secciones (progresivas), se compararon las áreas de los ítems anteriores respecto de las cantidades obtenidas para esa misma Sección en la modelación del Escenario 1; y se definieron coeficientes para cada ítem y tramo de análisis, que permitieran extrapolar los volúmenes de movimiento

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

de suelos del Escenario 1 a los Escenarios 2 y 3 para, posteriormente, computar y presupuestar la totalidad de los escenarios.

Los volúmenes obtenidos se muestran en los cálculos correspondientes a cada una de los escenarios.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

4.5 ESTUDIOS DE PUENTES

Dentro del marco de la presente evaluación de prefactibilidad, se efectuó un relevamiento visual de los puentes existentes en los tramos en estudio, con el objeto de caracterizar el estado de los mismos y analizar posibles intervenciones a realizar en el ensanche a ambos lados de calzada. Dicho relevamiento fue llevado a cabo por el **Ing. Tomás Alberto del Carril**.

Durante la recorrida de los tramos se inventariaron en total 82 puentes, considerando dentro de esta categoría a los pontillones de 6 m de luz.

A los fines prácticos, se clasificó la totalidad de los puentes observados, en 4 grupos que presentan características similares: Puentes Largos, Puentes de 2 tramos, Puentes de 1 tramo, Pontillones.

En el **Anexo V** pueden observarse mayores detalles sobre las características de los puentes en cuestión.

4.6 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

Con el objeto de actualizar los estudios hidrológicos e hidráulicos del proyecto a lo largo de toda la traza a un nivel de prefactibilidad y verificar que tanto los puentes y obras de drenaje, como la cota del terraplén de la carretera existente resultan adecuados a potenciales fenómenos climáticos y meteorológicos asociados con el cambio climático, la **Ing. María del Carmen Álvarez Enciso** ha llevado a cabo un estudio que se adjunta en el **Anexo VI**.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

CAPÍTULO 5 DISEÑOS DE INGENIERÍA

5.1 DISEÑO DEL PAVIMENTO

5.1.1 TRÁNSITO DE DISEÑO

A los efectos de calcular los ejes equivalentes de 8,16 toneladas a partir del TMDA obtenido de los conteos realizados, se siguió la metodología indicada en la Guía AASHTO '93.

En el capítulo de Tránsito de la versión 1993, AASHTO utiliza el número de repeticiones de ejes equivalentes de 18 kips (80 kN u 8,16 toneladas) denominados ESALs (equivalent simple axial load - carga axial simple equivalente). La conversión de ejes de configuración variable, a ejes de carga axial equivalente, implica el cálculo de factores de carga equivalente, que permiten trabajar considerando el efecto destructivo que cada tipo de eje puede producir en el pavimento.

Los FEC (Factores Equivalentes de Carga), representan la proporción del número de repeticiones de cualquier configuración de ejes (simple, tandem, tridem) necesaria para causar la reducción equivalente del PSI que produciría la aplicación de una carga de 18 kips de un eje simple.

Para calcular el factor equivalente de cargas producido por la flota vehicular en conjunto se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- La composición vehicular obtenida a partir de los censos volumétricos y de clasificación (tipo, configuración, cantidad).
- Porcentaje de cargas: 70% cargados, 30% vacíos.
- Cargas máximas por eje permitidas por la legislación vigente:

Eje	Rodado	Límite (ton)
Simple	Simple	6
Simple	Doble	10,5
Doble	Simple	10
Doble	Doble y Simple	14
Doble	Doble	18
Triple	Doble y Simple	21
Triple	Doble	25,5

Tabla 16 – Límites de Pesos para la red vial del Paraguay

En el **Anexo VII** se detalla el cálculo del factor de carga equivalente para los distintos tramos en estudio.

Una vez obtenido el FEC se procedió al cálculo de los ejes equivalentes utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Ejes equivalentes} = \text{TMDA} \cdot 365 \cdot F_d \cdot F_c \cdot \text{FEC}$$

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

Para ello, se han considerado los siguientes parámetros:

- Tasa de crecimiento:

Buses = 3,52%

Camiones = 3,90%

Tasas extraídas de *"Proyecto Ejecutivo de Rehabilitación de la Ruta N° 9 y Accesos - Informe Final Noviembre 2015"*

- Año de habilitación de las mejoras: 2.022.
- Factores de direccionalidad (Fd): según datos obtenidos del censo.
- Factor de distribución por carril (Fc): 1 debido a que se trata de una ruta con un carril por sentido de circulación.

En la siguiente tabla se resume el tránsito previsto en ejes equivalentes para una vida útil de 10 y 20 años:

Carril Ascendente:

Desde	Hasta	Ejes Equivalentes	
		10 años	20 años
326,0	423,5	4.293.085	10.575.179
423,5	450,0	1.817.998	4.477.084
450,0	525,0	1.658.806	4.084.860
Acceso a Loma Plata		5.225.530	12.862.807
Acceso a Filadelfia		1.812.038	4.451.919
Acceso a Neuland		1.369.889	3.370.501

Tabla 17 – Ejes Equivalentes Carril Ascendente

Carril Descendente:

Desde	Hasta	Ejes Equivalentes	
		10 años	20 años
326,0	423,5	4.231.203	10.422.744
423,5	450,0	1.801.814	4.437.228
450,0	525,0	1.415.884	3.486.659
Acceso a Loma Plata		5.039.403	12.404.648
Acceso a Filadelfia		1.973.721	4.849.152
Acceso a Neuland		1.356.308	3.337.089

Tabla 18 – Ejes Equivalentes Carril Descendente

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

5.1.2 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ACTUAL

A partir de la información obtenida en las calicatas y sondeos extraídos a lo largo de los tramos en estudio, se definieron los espesores de las capas asfálticas y los espesores totales del paquete estructural.

Los espesores adoptados se muestran a continuación:

TRAMO 3:

Desde	Hasta	Long. km	Espesores	
			C°A° cm	Total (*) cm
326,0	343,0	17,0	22,5	22,5
343,0	390,0	47,0	7,0	22,0
390,0	400,0	10,0	17,0	17,0
400,0	403,0	3,0	12,5	12,5
403,0	411,0	8,0	17,0	17,0
411,0	445,5	34,5	6,0	21,0
445,5	450,0	4,5	11,0	11,0

Tabla 19 – Espesores Tramo 3

TRAMO 4:

Desde	Hasta	Long. km	Espesores	
			C°A° cm	Total (*) cm
450,0	479,5	29,5	11,0	11,0
479,5	525,0	45,5	14,0	14,0

Tabla 20 – Espesores Tramo 4 (Ruta 9)

Desde	Hasta	Long. km	Espesores	
			C°A° cm	Total (*) cm
0,0	21,0	21,0	9,0	24,0

Tabla 21 – Espesores Tramo 4 (Acceso a Loma Plata)

Desde	Hasta	Long. km	Espesores	
			C°A° cm	Total (*) cm
0,0	10,0	10,0	12,0	12,0

Tabla 22 – Espesores Tramo 4 (Acceso a Filadelfia)

Desde	Hasta	Long. km	Espesores	
			C°A° cm	Total (*) cm
0,0	1,5	1,5	6,0	21,5
1,5	8,0	6,5	9,0	24,0

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Desde	Hasta	Long. km	Espesores	
			C°A° cm	Total (*) cm
8,0	15,5	7,5	9,0	24,0
15,5	20,0	4,5	8	26,0

Tabla 23 – Espesores Tramo 4 (Acceso a Neuland)

(*) El espesor total de estructura adoptado surge de las mediciones realizadas en las calicatas y sondeos. Se considera que la estructura está compuesta por las capas que aportan resistencia a la misma.

5.1.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

5.1.3.1 Normalización de las deflexiones

Las deflexiones fueron normalizadas a 20° C de temperatura y para una carga estándar de 9.000 lbs (4.086 kg), de acuerdo a lo recomendado por el Método AASHTO.

5.1.3.2 Definición de Secciones Homogéneas

Se definieron unidades homogéneas de análisis utilizando la metodología AASHTO (AASHTO Guide for Design of Pavement Structures – 1993) Apéndice J Analysis Unit Delineation by Cumulative Differences y tratando de cumplir con un coeficiente de variación de D0' menor a 35%.

Estas unidades homogéneas han sido utilizadas para el cálculo de los parámetros estructurales del pavimento (Mr, Ep, SN efectivo y radio de curvatura Rc).

En base a lo anterior, se presentan a continuación las secciones definidas y los valores estadísticos obtenidos para la deflexión máxima corregida por carga y temperatura (D0'):

TRAMO 3:

Carril Ascendente

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA µm	DESVÍO µm	COV %	P80 µm
326,0	328,0	2,0	441	151	34	573
328,0	329,5	1,5	1.261	388	31	1.521
329,5	335,0	5,5	446	153	34	622
335,0	339,0	4,0	605	207	34	787
339,0	343,0	4,0	350	120	34	449
343,0	360,0	17,0	899	312	35	1.168
360,0	364,5	4,5	801	278	35	1.027

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA µm	DESVÍO µm	COV %	P80 µm
364,5	377,0	12,5	797	271	34	993
377,0	382,0	5,0	422	141	33	555
382,0	390,0	8,0	758	253	33	1.019
390,0	400,0	10,0	528	178	34	694
400,0	403,0	3,0	138	32	23	166
403,0	409,0	6,0	869	328	38	1.148
409,0	411,0	2,0	287	40	14	297
411,0	419,5	8,5	608	204	34	803
419,5	422,5	3,0	291	86	30	348
422,5	423,5	1,0	930	221	24	1.082
423,5	428,5	5,0	434	150	35	549
428,5	435,0	6,5	1.035	355	34	1.444
435,0	445,5	10,5	687	224	33	859
445,5	448,0	2,5	1.337	443	33	1.796
448,0	450,0	2,0	596	182	31	762

Tabla 24 – SH Tramo 3 Carril Ascendente

Carril Descendente

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA µm	DESVÍO µm	COV %	P80 µm
326,0	328,0	2,0	488	162	33	606
328,0	329,5	1,5	829	299	36	1.096
329,5	335,0	5,5	634	215	34	816
335,0	339,0	4,0	457	150	33	569
339,0	343,0	4,0	321	108	33	380
343,0	360,0	17,0	849	302	36	1.115
360,0	364,5	4,5	367	145	40	532
364,5	377,0	12,5	804	269	33	1.031
377,0	382,0	5,0	577	179	31	667
382,0	390,0	8,0	621	219	35	871
390,0	400,0	10,0	543	190	35	708
400,0	403,0	3,0	142	31	22	160
403,0	409,0	6,0	604	204	34	711
409,0	411,0	2,0	255	48	19	296
411,0	419,5	8,5	546	184	34	705
419,5	422,5	3,0	386	126	33	484
422,5	423,5	1,0	855	299	35	1.029
423,5	428,5	5,0	513	178	35	705
428,5	435,0	6,5	762	256	34	913
435,0	445,5	10,5	594	204	34	732

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA µm	DESVÍO µm	COV %	P80 µm
445,5	448,0	2,5	1.156	405	35	1.373
448,0	450,0	2,0	655	232	35	821

Tabla 25 – SH Tramo 3 Carril Descendente

TRAMO 4:

Carril Ascendente

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA µm	DESVÍO µm	COV %	P80 µm
450,0	462,5	12,5	853	280	33	934
462,5	468,0	5,5	546	169	31	745
468,0	472,0	4,0	1220	411	34	1551
472,0	479,5	7,5	689	200	29	882
479,5	483,5	4,0	386	114	30	508
483,5	486,5	3,0	869	277	32	943
486,5	505,5	19,0	422	147	35	543
505,5	510,0	4,5	827	279	34	1024
510,0	516,0	6,0	649	226	35	857
516,0	525,0	9,0	404	129	32	498

Tabla 26 – SH Tramo 4 (Ruta 9) Carril Ascendente

Carril Descendente

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA µm	DESVÍO µm	COV %	P80 µm
450,0	462,5	12,5	869	313	36	1149
462,5	468,0	5,5	534	125	23	642
468,0	472,0	4,0	624	179	29	713
472,0	479,5	7,5	579	163	28	666
479,5	483,5	4,0	349	78	22	386
483,5	486,5	3,0	355	94	26	405
486,5	505,5	19,0	390	126	32	476
505,5	510,0	4,5	631	219	35	797
510,0	516,0	6,0	410	116	28	464
516,0	525,0	9,0	324	82	25	365

Tabla 27 – SH Tramo 4 (Ruta 9) Carril Descendente

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Carril Ascendente

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA μm	DESVÍO μm	COV %	P80 μm
0,0	1,5	1,5	335	91	27	410
1,5	4,0	2,5	323	99	31	412
4,0	7,0	3,0	766	263	34	971
7,0	18,0	11,0	541	190	35	683
18,0	21,0	3,0	289	96	33	330

Tabla 28 – SH Tramo 4 (Loma Plata) Carril Ascendente

Carril Descendente

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA μm	DESVÍO μm	COV %	P80 μm
0,0	1,5	1,5	537	161	30	667
1,5	4,0	2,5	304	98	32	388
4,0	7,0	3,0	744	251	34	969
7,0	18,0	11,0	502	162	32	651
18,0	21,0	3,0	387	130	34	503

Tabla 29 – SH Tramo 4 (Loma Plata) Carril Descendente

Carril Ascendente

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA μm	DESVÍO μm	COV %	P80 μm
0,0	10,0	10,0	526	162	31	681
10,0	15,0	5,0	415	138	33	457

Tabla 30 – SH Tramo 4 (Filadelfia) Carril Ascendente

Carril Descendente

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA μm	DESVÍO μm	COV %	P80 μm
0,0	10,0	10,0	453	151	33	558
10,0	15,0	5,0	348	106	30	434

Tabla 31 – SH Tramo 4 (Filadelfia) Carril Descendente

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

Carril Ascendente

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA μm	DESVÍO μm	COV %	P80 μm
0,0	1,5	1,5	318	45	14	359
1,5	8,0	6,5	887	264	30	1140
8,0	15,5	7,5	445	154	35	423
15,5	20,0	4,5	249	71	29	289

Tabla 32 – SH Tramo 4 (Neuland) Carril Ascendente

Carril Descendente

PROGRESIVA		LONG. km	DEFLEXIÓN DO CORREGIDA			
INICIO	FIN		MEDIA μm	DESVÍO μm	COV %	P80 μm
0,0	1,5	1,5	228	77	34	312
1,5	8,0	6,5	1059	278	26	1336
8,0	15,5	7,5	511	177	35	423
15,5	20,0	4,5	299	94	31	298

Tabla 33 – SH Tramo 4 (Neuland) Carril Descendente

Estas unidades homogéneas han sido utilizadas para el cálculo de los parámetros estructurales del pavimento (M_r , E_p , SN efectivo y radio de curvatura R_c).

En el **Anexo VIII** se presentan los cálculos realizados.

5.1.3.3 Retro-Ajuste Modular

Siguiendo la metodología definida en la Guía AASHTO (AASHTO Guide for Design of Pavement Structures – 1993), se realizó el retroajuste modular, a partir de los ensayos deflectométricos y los espesores de capas adoptados. De esta manera se obtuvieron los módulos de la estructura E_p y M_r , el radio de curvatura (R_c), y el número estructural efectivo (S_{Neff}) para cada sección homogénea.

A continuación se indica la metodología y las expresiones seguidas para la obtención de los parámetros estructurales:

Módulo Resiliente (M_r): a distancias suficientemente grandes del plato de carga, la deflexión medida en la superficie del pavimento responde solamente a la deformación de la subrasante. Esto permite retrocalcular el módulo resiliente de la subrasante a partir del valor de una deflexión y la magnitud de la carga aplicada, a partir de la siguiente expresión:

$$M_r = 0,24 \cdot P / (d_r \cdot r)$$

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

donde: **P** es la magnitud de la carga aplicada, en libras

dr es la deflexión medida a una distancia **r** del centro de aplicación de la carga, en pulgadas

r es la distancia del centro de aplicación de la carga, en pulgadas

La deflexión usada para el cálculo de **Mr** debe estar lo suficientemente alejada del centro de aplicación de la carga de manera de independizarla del efecto de las capas superiores, pero lo suficientemente cerca como para que su valor no sea demasiado pequeño y permita calcular el módulo con precisión. La distancia mínima se determina a partir de la siguiente relación:

$$r \geq 0,7 \cdot a_e$$

donde:

$$a_e = \sqrt{a^2 + \left(D \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}$$

ae es el radio del bulbo de tensiones en la interface subrasante-pavimento, en pulgadas

a es el radio del plato de cargas del equipo FWD, en pulgadas

D es el espesor total de las capas de pavimento sobre la subrasante, en pulgadas

Ep es el módulo efectivo de todas las capas del pavimento, en psi

Antes de utilizar el **Mr** retrocalculado en el diseño del pavimento, debe ser ajustado para ser consistente con el valor medido en laboratorio usado por la ecuación AASHTO de pavimentos flexibles. El valor de **Mr** retrocalculado debe ser multiplicado por un factor de corrección **C**, el cual varía en función del tipo de suelo de subrasante.

$$M_{rc} = C \cdot M_r$$

donde:

Mr = Módulo resiliente de la subrasante obtenida por retrocálculo (psi)

C = Factor de ajuste o corrección

Mrc corresponde entonces al valor de **Mr** corregido mediante el factor en cuestión. Para el presente estudio se ha adoptado un **C=0,33** siguiendo los criterios desarrollados en la metodología AASHTO'93, y teniendo en cuenta las características de los suelos de la subrasante, de acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación geotécnica.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Módulo efectivo del pavimento (Ep): conocidos el espesor del pavimento (D) y el módulo resiliente de la subrasante (Mr), el módulo efectivo del pavimento se determina a partir de la deflexión medida en el centro de aplicación de la carga usando la siguiente expresión:

$$d_0 = 1,5 \cdot pa \left\{ \frac{1}{M_R \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \sqrt{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}} + \frac{\left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \right)^2}} \right]}{E_p} \right\}$$

Donde **d0** es la deflexión medida en el centro de aplicación de la carga, ajustada a una temperatura estándar de 68 °F, en pulgadas

p es la presión aplicada por el plato de carga

Como se observa, el proceso de cálculo de Mr y Ep es iterativo, dado que el valor de Ep tiene influencia en la determinación del sensor utilizado para el cálculo de Mr, y a su vez este valor influye en la determinación del Ep.

Número estructural efectivo (SNeff): se determina a partir de la siguiente expresión:

$$SN_{eff} = 0,0045 \cdot D \cdot \sqrt[3]{E_p}$$

donde D es el espesor de las capas de pavimento expresado en pulgadas y Ep es el módulo efectivo retrocalculado, en psi.

Radio de curvatura (Rc): el radio de curvatura expresado en metros se determina a partir de la siguiente expresión:

$$Rc = \frac{6250}{2 \left(\frac{d_0}{10} - \frac{d_{30}}{20} - \frac{d_{20}}{20} \right)}$$

donde d0, d20 y d30 son las deflexiones medidas a 0, 20 y 30 cm respectivamente del punto de aplicación de la carga, corregidas a la carga y temperatura estándar, en micrones.

En la tabla siguiente se resumen los valores promedio de cada uno de los parámetros mencionados. Los cálculos y demás indicadores estadísticos se indican en el **Anexo IX**.

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

TRAMO 3:

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
326,0	328,0	2,0	3.347	341.736	2,71	397,58
328,0	329,5	1,5	1.701	56.972	1,51	87,58
329,5	335,0	5,5	3.954	333.549	2,59	369,92
335,0	339,0	4,0	2.846	215.395	2,27	262,18
339,0	343,0	4,0	4.445	443.926	2,90	489,25
343,0	360,0	17,0	2.643	107.078	1,70	155,25
360,0	364,5	4,5	2.569	176.286	1,93	267,21
364,5	377,0	12,5	2.994	115.625	1,76	168,35
377,0	382,0	5,0	4.447	281.770	2,43	496,89
382,0	390,0	8,0	4.247	69.605	1,54	118,53
390,0	400,0	10,0	4.311	308.130	1,92	273,01
400,0	403,0	3,0	14.747	3.338.012	3,17	833,58
403,0	409,0	6,0	3.171	182.948	1,61	158,02
409,0	411,0	2,0	5.691	896.240	2,89	639,38
411,0	419,5	8,5	3.912	154.746	1,89	229,97
419,5	422,5	3,0	10.273	220.051	2,16	332,22
422,5	423,5	1,0	3.442	46.406	1,32	81,00
423,5	428,5	5,0	5.275	202.061	2,10	289,33
428,5	435,0	6,5	3.242	47.907	1,31	81,58
435,0	445,5	10,5	4.254	90.414	1,61	146,16
445,5	448,0	2,5	2.079	212.514	1,10	78,88
448,0	450,0	2,0	4.669	397.778	1,42	163,13

Tabla 34 – Análisis Estructural Tramo 3 Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
326,0	328,0	2,0	3.052	292.695	2,59	283,92
328,0	329,5	1,5	2.127	164.935	2,05	160,92
329,5	335,0	5,5	2.820	198.603	2,20	216,92
335,0	339,0	4,0	2.969	383.395	2,80	339,94
339,0	343,0	4,0	3.937	780.391	3,39	591,91
343,0	360,0	17,0	2.718	110.539	1,75	148,12
360,0	364,5	4,5	4.125	606.959	3,01	660,08
364,5	377,0	12,5	3.038	111.728	1,73	251,15
377,0	382,0	5,0	3.786	154.053	1,99	205,30
382,0	390,0	8,0	4.497	109.018	1,76	157,27
390,0	400,0	10,0	3.987	329.733	1,95	222,92

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
400,0	403,0	3,0	13.435	2.854.998	3,00	596,25
403,0	409,0	6,0	3.809	267.977	1,87	191,93
409,0	411,0	2,0	6.233	979.120	2,94	575,53
411,0	419,5	8,5	4.110	184.795	1,98	246,85
419,5	422,5	3,0	7.680	146.845	1,92	221,89
422,5	423,5	1,0	3.460	63.223	1,44	97,63
423,5	428,5	5,0	4.444	168.842	1,99	236,03
428,5	435,0	6,5	4.134	79.945	1,52	116,59
435,0	445,5	10,5	5.385	95.275	1,63	154,98
445,5	448,0	2,5	2.589	190.190	1,10	80,64
448,0	450,0	2,0	4.987	264.550	1,24	129,26

Tabla 35 – Análisis Estructural Tramo 3 Carril Descendente

TRAMO 4:

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
450,0	462,5	12,5	3.557	268.259	1,21	109,96
462,5	468,0	5,5	5.137	428.450	1,44	166,26
468,0	472,0	4,0	2.468	187.075	1,08	74,60
472,0	479,5	7,5	4.046	347.753	1,34	129,46
479,5	483,5	4,0	6.173	479.537	1,89	266,23
483,5	486,5	3,0	2.765	200.282	1,42	116,11
486,5	505,5	19,0	5.879	443.508	1,83	236,04
505,5	510,0	4,5	3.109	198.966	1,42	112,49
510,0	516,0	6,0	3.986	275.487	1,57	147,43
516,0	525,0	9,0	6.097	435.980	1,85	228,38

Tabla 36 – Análisis Estructural Tramo 4 (Ruta 9) Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
450,0	462,5	12,5	3.914	184.208	1,09	90,76
462,5	468,0	5,5	5.988	274.880	1,26	129,40
468,0	472,0	4,0	4.722	317.054	1,32	115,49
472,0	479,5	7,5	5.080	350.615	1,35	124,77
479,5	483,5	4,0	7.376	405.682	1,80	221,44
483,5	486,5	3,0	7.203	453.355	1,87	221,30

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
486,5	505,5	19,0	7.125	419.340	1,72	195,36
505,5	510,0	4,5	4.451	216.058	1,46	122,31
510,0	516,0	6,0	6.341	330.131	1,70	182,96
516,0	525,0	9,0	7.594	490.786	1,91	244,82

Tabla 37 – Análisis Estructural Tramo 4 (Ruta 9) Carril Descendente

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
0,0	1,5	1,5	7.193	164.275	2,30	290,66
1,5	4,0	2,5	6.784	201.485	2,46	348,71
4,0	7,0	3,0	3.149	90.789	1,83	161,85
7,0	18,0	11,0	4.191	151.139	2,14	240,83
18,0	21,0	3,0	7.176	258.795	2,65	411,28

Tabla 38 – Análisis Estructural Tramo 4 (Loma Plata) Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
0,0	1,5	1,5	4.680	106.793	1,97	189,92
1,5	4,0	2,5	7.104	236.312	2,56	380,70
4,0	7,0	3,0	3.143	97.551	1,87	168,66
7,0	18,0	11,0	4.297	153.091	2,20	255,19
18,0	21,0	3,0	6.046	179.819	2,31	296,32

Tabla 39 – Análisis Estructural Tramo 4 (Loma Plata) Carril Descendente

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
0,00	10,00	10,0	5.047	450.193	1,57	191,23
10,00	15,00	5,0	6.067	591.742	1,75	258,72

Tabla 40 – Análisis Estructural Tramo 4 (Filadelfia) Carril Ascendente

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
0,00	10,00	10,0	5.565	569.723	1,71	255,62
10,00	15,00	5,0	7.321	699.213	1,84	325,67

Tabla 41 – Análisis Estructural Tramo 4 (Filadelfia) Carril Descendente

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
0,0	1,5	1,5	7.123	203.262	2,22	333,20
1,5	8,0	6,5	2.498	72.988	1,75	136,37
8,0	15,5	7,5	4.582	181.079	2,35	309,69
15,5	20,0	4,5	8.208	262.772	2,91	491,98

Tabla 42 – Análisis Estructural Tramo 4 (Loma Plata) Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	PARÁMETROS ESTRUCTURALES			
			Mrc psi	Ep psi	SNeff	Rc m
0,0	1,5	1,5	11.960	254.612	2,39	398,96
1,5	8,0	6,5	2.171	58.664	1,62	100,71
8,0	15,5	7,5	4.172	155.769	2,24	247,55
15,5	20,0	4,5	7.738	199.578	2,64	376,52

Tabla 43 – Análisis Estructural Tramo 4 (Loma Plata) Carril Descendente

Cabe aclarar que para el retrocálculo han sido eliminados puntos que presentan valores fuera de la media de la sección. Estos puntos, pueden deberse a valores de deflexiones elevadas si fueron realizados sobre baches, bacheos, etc. o bien bajas, por ejemplo sobre alcantarillas, puentes, etc.

5.1.3.4 Parámetros de Diseño

Los parámetros de diseño necesarios para la aplicación del método AASHTO '93 son los siguientes:

- **Confiabilidad:** es la probabilidad de que el sistema estructural que conforma el pavimento cumpla con la función prevista dentro de su vida útil, bajo las condiciones de diseño. Se adopta un valor de 80%.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

- **Desvío Estándar:** se adopta un valor de 0,49 de acuerdo a lo indicado en el Método, para evaluación de obras de refuerzo.
- **Índice de serviciabilidad inicial y final:** la serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito. Se adopta un $\Delta PSI = PSi - PSf = 4,2 - 2 = 2,2$.

5.1.3.5 Número Estructural Necesario

Con los parámetros de diseño enunciados y el Módulo Resiliente de Subrasante (M_r) corregido, se procedió al cálculo del Número Estructural Necesario para la cantidad de Ejes Equivalentes acumulados en el período de diseño de 7 años:

TRAMO 3:

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
326,0	328,0	2,0	3.347	4,29E+06	80%	0,49	2,2	5,05
328,0	329,5	1,5	1.701	4,29E+06	80%	0,49	2,2	6,16
329,5	335,0	5,5	3.954	4,29E+06	80%	0,49	2,2	4,79
335,0	339,0	4,0	2.846	4,29E+06	80%	0,49	2,2	5,30
339,0	343,0	4,0	4.445	4,29E+06	80%	0,49	2,2	4,63
343,0	360,0	17,0	2.643	4,29E+06	80%	0,49	2,2	5,46
360,0	364,5	4,5	2.569	4,29E+06	80%	0,49	2,2	5,53
364,5	377,0	12,5	2.994	4,29E+06	80%	0,49	2,2	5,29
377,0	382,0	5,0	4.447	4,29E+06	80%	0,49	2,2	4,66
382,0	390,0	8,0	4.247	4,29E+06	80%	0,49	2,2	4,74
390,0	400,0	10,0	4.311	4,29E+06	80%	0,49	2,2	4,72
400,0	403,0	3,0	14.747	4,29E+06	80%	0,49	2,2	3,07
403,0	409,0	6,0	3.171	4,29E+06	80%	0,49	2,2	5,24
409,0	411,0	2,0	5.691	4,29E+06	80%	0,49	2,2	4,30
411,0	419,5	8,5	3.912	4,29E+06	80%	0,49	2,2	4,89
419,5	422,5	3,0	10.273	4,29E+06	80%	0,49	2,2	3,48
422,5	423,5	1,0	3.442	4,29E+06	80%	0,49	2,2	5,11
423,5	428,5	5,0	5.275	1,82E+06	80%	0,49	2,2	3,87
428,5	435,0	6,5	3.242	1,82E+06	80%	0,49	2,2	4,60
435,0	445,5	10,5	4.254	1,82E+06	80%	0,49	2,2	4,18
445,5	448,0	2,5	2.079	1,82E+06	80%	0,49	2,2	5,36
448,0	450,0	2,0	4.669	1,82E+06	80%	0,49	2,2	4,04

Tabla 44 – Número Estructural Necesario Tramo 3 Carril Ascendente

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
326,0	328,0	2,0	3.052	4,23E+06	80%	0,49	2,2	5,18
328,0	329,5	1,5	2.127	4,23E+06	80%	0,49	2,2	5,77
329,5	335,0	5,5	2.820	4,23E+06	80%	0,49	2,2	5,31
335,0	339,0	4,0	2.969	4,23E+06	80%	0,49	2,2	5,22
339,0	343,0	4,0	3.937	4,23E+06	80%	0,49	2,2	4,80
343,0	360,0	17,0	2.718	4,23E+06	80%	0,49	2,2	5,40
360,0	364,5	4,5	4.125	4,23E+06	80%	0,49	2,2	4,76
364,5	377,0	12,5	3.038	4,23E+06	80%	0,49	2,2	5,26
377,0	382,0	5,0	3.786	4,23E+06	80%	0,49	2,2	4,91
382,0	390,0	8,0	4.497	4,23E+06	80%	0,49	2,2	4,64
390,0	400,0	10,0	3.987	4,23E+06	80%	0,49	2,2	4,84
400,0	403,0	3,0	13.435	4,23E+06	80%	0,49	2,2	3,16
403,0	409,0	6,0	3.809	4,23E+06	80%	0,49	2,2	4,92
409,0	411,0	2,0	6.233	4,23E+06	80%	0,49	2,2	4,16
411,0	419,5	8,5	4.110	4,23E+06	80%	0,49	2,2	4,80
419,5	422,5	3,0	7.680	4,23E+06	80%	0,49	2,2	3,86
422,5	423,5	1,0	3.460	4,23E+06	80%	0,49	2,2	5,10
423,5	428,5	5,0	4.444	1,80E+06	80%	0,49	2,2	4,11
428,5	435,0	6,5	4.134	1,80E+06	80%	0,49	2,2	4,21
435,0	445,5	10,5	5.385	1,80E+06	80%	0,49	2,2	3,83
445,5	448,0	2,5	2.589	1,80E+06	80%	0,49	2,2	4,96
448,0	450,0	2,0	4.987	1,80E+06	80%	0,49	2,2	3,94

Tabla 45 – Número Estructural Necesario Tramo 3 Carril Descendente

TRAMO 4:

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
450,0	462,5	12,5	3.557	1,66E+06	80%	0,49	2,2	4,35
462,5	468,0	5,5	5.137	1,66E+06	80%	0,49	2,2	3,85
468,0	472,0	4,0	2.468	1,66E+06	80%	0,49	2,2	4,88
472,0	479,5	7,5	4.046	1,66E+06	80%	0,49	2,2	4,17
479,5	483,5	4,0	6.173	1,66E+06	80%	0,49	2,2	3,62
483,5	486,5	3,0	2.765	1,66E+06	80%	0,49	2,2	4,71
486,5	505,5	19,0	5.879	1,66E+06	80%	0,49	2,2	3,69

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
505,5	510,0	4,5	3.109	1,66E+06	80%	0,49	2,2	4,54
510,0	516,0	6,0	3.986	1,66E+06	80%	0,49	2,2	4,19
516,0	525,0	9,0	6.097	1,66E+06	80%	0,49	2,2	3,64

Tabla 46 – Número Estructural Necesario Tramo 4 (Ruta 9) Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
450,0	462,5	12,5	3.914	1,42E+06	80%	0,49	2,2	4,12
462,5	468,0	5,5	5.988	1,42E+06	80%	0,49	2,2	3,57
468,0	472,0	4,0	4.722	1,42E+06	80%	0,49	2,2	3,87
472,0	479,5	7,5	5.080	1,42E+06	80%	0,49	2,2	3,78
479,5	483,5	4,0	7.376	1,42E+06	80%	0,49	2,2	3,33
483,5	486,5	3,0	7.203	1,42E+06	80%	0,49	2,2	3,35
486,5	505,5	19,0	7.125	1,42E+06	80%	0,49	2,2	3,37
505,5	510,0	4,5	4.451	1,42E+06	80%	0,49	2,2	3,96
510,0	516,0	6,0	6.341	1,42E+06	80%	0,49	2,2	3,50
516,0	525,0	9,0	7.594	1,42E+06	80%	0,49	2,2	3,29

Tabla 47 – Número Estructural Necesario Tramo 4 (Ruta 9) Carril Descendente

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
0,0	1,5	1,5	7.193	5,23E+06	80%	0,49	2,2	4,06
1,5	4,0	2,5	6.784	5,23E+06	80%	0,49	2,2	4,14
4,0	7,0	3,0	3.149	5,23E+06	80%	0,49	2,2	5,28
7,0	18,0	11,0	4.191	5,23E+06	80%	0,49	2,2	4,83
18,0	21,0	3,0	7.176	5,23E+06	80%	0,49	2,2	4,07

Tabla 48 – Número Estructural Necesario Tramo 4 (Loma Plata) Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
0,0	1,5	1,5	4.680	5,04E+06	80%	0,49	2,2	4,65
1,5	4,0	2,5	7.104	5,04E+06	80%	0,49	2,2	4,06
4,0	7,0	3,0	3.143	5,04E+06	80%	0,49	2,2	5,25
7,0	18,0	11,0	4.297	5,04E+06	80%	0,49	2,2	4,77

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
18,0	21,0	3,0	6.046	5,04E+06	80%	0,49	2,2	4,29

Tabla 49 – Número Estructural Necesario Tramo 4 (Loma Plata) Carril Descendente

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
0,00	10,00	10,0	5.047	1,81E+06	80%	0,49	2,2	3,93
10,00	15,00	5,0	6.067	1,81E+06	80%	0,49	2,2	3,69

Tabla 50 – Número Estructural Necesario Tramo 4 (Filadelfia) Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
0,00	10,00	10,0	5.565	1,97E+06	80%	0,49	2,2	3,85
10,00	15,00	5,0	7.321	1,97E+06	80%	0,49	2,2	3,50

Tabla 51 – Número Estructural Necesario Tramo 4 (Filadelfia) Carril Descendente

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
0,0	1,5	1,5	7.123	1,37E+06	80%	0,49	2,2	3,35
1,5	8,0	6,5	2.498	1,37E+06	80%	0,49	2,2	4,74
8,0	15,5	7,5	4.582	1,37E+06	80%	0,49	2,2	3,90
15,5	20,0	4,5	8.208	1,37E+06	80%	0,49	2,2	3,19

Tabla 52 – Número Estructural Necesario Tramo 4 (Neuland) Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	Mrc psi	PARÁMETROS DE DISEÑO				SNnec
				N8,2	R CONF.	S DESVIO	ΔPSI	
0,0	1,5	1,5	11.960	1,36E+06	80%	0,49	2,2	2,79
1,5	8,0	6,5	2.171	1,36E+06	80%	0,49	2,2	4,95
8,0	15,5	7,5	4.172	1,36E+06	80%	0,49	2,2	4,01
15,5	20,0	4,5	7.738	1,36E+06	80%	0,49	2,2	3,25

Tabla 53 – Número Estructural Necesario Tramo 4 (Neuland) Carril Descendente

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

5.1.3.6 Necesidad de Refuerzo Estructural

De la comparación del SN necesario con el efectivo, se calculó el espesor de refuerzo necesario, utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Refuerzo C}^\circ\text{A}^\circ \text{ (cm)} = (\text{SN}_{\text{nec}} - \text{SN}_{\text{eff}}) / 0,17$$

Conforme a la heterogeneidad de condiciones observadas en los tramos, el cálculo de refuerzo fue realizado para cada sección en forma particular.

En las tablas siguientes se indican las necesidades de refuerzo estructural para cada sección:

TRAMO 3:

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	SN _{eff}	SN _{nec}	REFUERZO C°A° cm
326,0	328,0	2,0	2,71	5,05	13,7
328,0	329,5	1,5	1,51	6,16	27,3
329,5	335,0	5,5	2,59	4,79	12,9
335,0	339,0	4,0	2,27	5,30	17,8
339,0	343,0	4,0	2,90	4,63	10,2
343,0	360,0	17,0	1,70	5,46	22,1
360,0	364,5	4,5	1,93	5,53	21,2
364,5	377,0	12,5	1,76	5,29	20,8
377,0	382,0	5,0	2,43	4,66	13,2
382,0	390,0	8,0	1,54	4,74	18,8
390,0	400,0	10,0	1,92	4,72	16,5
400,0	403,0	3,0	3,17	3,07	-
403,0	409,0	6,0	1,61	5,24	21,4
409,0	411,0	2,0	2,89	4,30	8,3
411,0	419,5	8,5	1,89	4,89	17,7
419,5	422,5	3,0	2,16	3,48	7,8
422,5	423,5	1,0	1,32	5,11	22,3
423,5	428,5	5,0	2,10	3,87	10,4
428,5	435,0	6,5	1,31	4,60	19,3
435,0	445,5	10,5	1,61	4,18	15,1
445,5	448,0	2,5	1,10	5,36	25,0
448,0	450,0	2,0	1,42	4,04	15,4

Tabla 54 – Refuerzo Necesario Tramo 3 Carril Ascendente

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	S _{Nnec}	REFUERZO C°A° cm
326,0	328,0	2,0	2,59	5,18	15,3
328,0	329,5	1,5	2,05	5,77	21,9
329,5	335,0	5,5	2,20	5,31	18,3
335,0	339,0	4,0	2,80	5,22	14,3
339,0	343,0	4,0	3,39	4,80	8,3
343,0	360,0	17,0	1,75	5,40	21,5
360,0	364,5	4,5	3,01	4,76	10,3
364,5	377,0	12,5	1,73	5,26	20,7
377,0	382,0	5,0	1,99	4,91	17,2
382,0	390,0	8,0	1,76	4,64	16,9
390,0	400,0	10,0	1,95	4,84	17,0
400,0	403,0	3,0	3,00	3,16	1,0
403,0	409,0	6,0	1,87	4,92	17,9
409,0	411,0	2,0	2,94	4,16	7,2
411,0	419,5	8,5	1,98	4,80	16,6
419,5	422,5	3,0	1,92	3,86	11,4
422,5	423,5	1,0	1,44	5,10	21,5
423,5	428,5	5,0	1,99	4,11	12,5
428,5	435,0	6,5	1,52	4,21	15,9
435,0	445,5	10,5	1,63	3,83	13,0
445,5	448,0	2,5	1,10	4,96	22,7
448,0	450,0	2,0	1,24	3,94	15,8

Tabla 55 – Refuerzo Necesario Tramo 3 Carril Descendente

TRAMO 4:

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	S _{Nnec}	REFUERZO C°A° cm
450,0	462,5	12,5	1,21	4,35	18,5
462,5	468,0	5,5	1,44	3,85	14,2
468,0	472,0	4,0	1,08	4,88	22,4
472,0	479,5	7,5	1,34	4,17	16,6
479,5	483,5	4,0	1,89	3,62	10,2
483,5	486,5	3,0	1,42	4,71	19,3
486,5	505,5	19,0	1,83	3,69	10,9

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	S _{Nnec}	REFUERZO C°A° cm
505,5	510,0	4,5	1,42	4,54	18,3
510,0	516,0	6,0	1,57	4,19	15,4
516,0	525,0	9,0	1,85	3,64	10,5

Tabla 56 – Refuerzo Necesario Tramo 4 (Ruta 9) Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	S _{Nnec}	REFUERZO C°A° cm
450,0	462,5	12,5	1,09	4,12	17,8
462,5	468,0	5,5	1,26	3,57	13,6
468,0	472,0	4,0	1,32	3,87	15,0
472,0	479,5	7,5	1,35	3,78	14,3
479,5	483,5	4,0	1,80	3,33	9,0
483,5	486,5	3,0	1,87	3,35	8,7
486,5	505,5	19,0	1,72	3,37	9,7
505,5	510,0	4,5	1,46	3,96	14,7
510,0	516,0	6,0	1,70	3,50	10,6
516,0	525,0	9,0	1,91	3,29	8,1

Tabla 57 – Refuerzo Necesario Tramo 4 (Ruta 9) Carril Descendente

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	S _{Nnec}	REFUERZO C°A° cm
0,0	1,5	1,5	2,30	4,06	10,4
1,5	4,0	2,5	2,46	4,14	9,9
4,0	7,0	3,0	1,83	5,28	20,3
7,0	18,0	11,0	2,14	4,83	15,8
18,0	21,0	3,0	2,65	4,07	8,4

Tabla 58 – Refuerzo Necesario Tramo 4 (Loma Plata) Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	S _{Nnec}	REFUERZO C°A° cm
0,0	1,5	1,5	1,97	4,65	15,7
1,5	4,0	2,5	2,56	4,06	8,8
4,0	7,0	3,0	1,87	5,25	19,9
7,0	18,0	11,0	2,20	4,77	15,1

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	S _{Nnec}	REFUERZO C°A° cm
18,0	21,0	3,0	2,31	4,29	11,6

Tabla 59 – Refuerzo Necesario Tramo 4 (Loma Plata) Carril Descendente

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	S _{Nnec}	REFUERZO C°A° cm
0,00	10,00	10,0	1,57	3,93	13,9
10,00	15,00	5,0	1,75	3,69	11,4

Tabla 60 – Refuerzo Necesario Tramo 4 (Filadelfia) Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	S _{Nnec}	REFUERZO C°A° cm
0,00	10,00	10,0	1,71	3,85	12,6
10,00	15,00	5,0	1,84	3,50	9,8

Tabla 61 – Refuerzo Necesario Tramo 4 (Filadelfia) Carril Descendente

Carril Ascendente

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	S _{Nnec}	REFUERZO C°A° cm
0,0	1,5	1,5	2,22	3,35	6,6
1,5	8,0	6,5	1,75	4,74	17,6
8,0	15,5	7,5	2,35	3,90	9,1
15,5	20,0	4,5	2,91	3,19	1,6

Tabla 62 – Refuerzo Necesario Tramo 4 (Neuland) Carril Ascendente

Carril Descendente

DESDE	HASTA	LONG km	S _{Neff}	S _{Nnec}	REFUERZO C°A° cm
0,0	1,5	1,5	2,39	2,79	2,3
1,5	8,0	6,5	1,62	4,95	19,6
8,0	15,5	7,5	2,24	4,01	10,4
15,5	20,0	4,5	2,64	3,25	3,6

Tabla 63 – Refuerzo Necesario Tramo 4 (Neuland) Carril Descendente

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

5.1.3.7 Análisis del Cuenco de Deflexiones

Se ha analizado el cuenco de las deflexiones medidas.

Para ello fueron calculados dos indicadores, siguiendo la metodología del manual del Modulus 5.0 del Instituto de Transporte de Texas.

SCI: (Surface Condition Index): Permite determinar el estado de los 20 cm superiores de la estructura.

$$SCI \text{ (mils)} = (D0 - D2) / 25,4$$

BCI: (Base Condition Index) Permite determinar el estado entre los 20 cm y los 40 cm de la estructura.

$$BCI \text{ (mils)} = (D2 - D4) / 25,4$$

Para los espesores de concreto asfáltico existentes la bibliografía consultada indica que:

Indicador	Estado de la estructura	Valor para CA > 12,5 cm	Valor para 6,2 cm < CA < 12,5 cm	Valor para 1,3 cm < CA < 6,2 cm
SCI	Muy Buena	< 4	< 6	< 12
	Buena	4 - 6	6-10	12-18
	Moderada	6 - 8	10-15	18-24
	Pobre	8 - 10	15-20	24-30
	Muy Pobre	> 10	> 20	> 30
BCI	Muy Buena	< 2	< 3	< 4
	Buena	2 - 3	3-5	4-8
	Moderada	3 - 4	5-9	8-12
	Pobre	4 - 5	8-10	12-16
	Muy Pobre	> 5	> 10	> 16

Tabla 64 – Estado Estructura según SCI, BCI

(Se exponen únicamente los rangos de espesores que corresponden a las secciones en estudio)

El ajuste por temperatura no se aplica en su totalidad en todos los sensores, reduciéndose a medida que se alejan del plato de carga.

La siguiente tabla muestra el porcentaje de aplicación del Ajuste de Temperatura en función del espesor de Concreto Asfáltico y del Tipo de Sensor:

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

	Espesor de CA	> 12,5 cm	7,5 - 12,5 cm	< 7,5 cm
% de aplicación del Factor de Ajuste por Temperatura	W1 = D0	100	100	0
	W2 = D2	62	45	0
	W3 = D3	34	12	0
	W4 = D4	10	5	0

Tabla 65 – Factor de Temperatura

(Se exponen únicamente los rangos de espesores que corresponden a las secciones en estudio)

Las tablas siguientes detallan los valores obtenidos:

TRAMO 3:

Carril Ascendente

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
326,0	328,0	3,3	1,8	53,8	3,6	Muy Bueno	5,2	2,8	54,0	7,8	Muy Pobre
328,0	329,5	16,5	6,2	37,3	20,9	Muy Pobre	19,1	6,2	32,3	24,4	Muy Pobre
329,5	335,0	4,8	3,4	71,2	8,5	Bueno	5,0	2,2	43,7	7,0	Pobre
335,0	339,0	6,4	3,3	52,3	9,5	Moderado	7,5	3,2	43,1	10,9	Muy Pobre
339,0	343,0	3,3	2,2	65,8	4,3	Muy Bueno	3,7	1,8	47,2	5,2	Moderado
343,0	360,0	15,5	7,3	47,2	22,2	Pobre	12,1	5,0	41,7	16,6	Muy Pobre
360,0	364,5	12,4	6,1	49,5	17,6	Moderado	10,7	4,7	43,6	15,1	Muy Pobre
364,5	377,0	14,2	7,4	52,2	19,4	Moderado	10,4	4,0	38,5	13,1	Muy Pobre
377,0	382,0	5,6	3,2	57,4	9,0	Muy Bueno	5,6	2,7	48,1	7,1	Moderado
382,0	390,0	16,5	6,2	37,6	22,5	Pobre	8,9	3,6	40,0	12,2	Pobre
390,0	400,0	7,3	3,9	53,3	10,8	Moderado	6,5	2,7	41,0	8,3	Muy Pobre
400,0	403,0	1,8	0,8	44,4	2,2	Muy Bueno	0,8	0,3	37,0	1,1	Muy Bueno
403,0	409,0	11,9	6,5	54,1	15,5	Muy Pobre	10,8	5,2	47,9	14,5	Muy Pobre
409,0	411,0	2,1	0,5	23,1	2,5	Muy Bueno	2,7	0,4	13,0	3,0	Bueno
411,0	419,5	10,0	5,0	49,8	14,6	Muy Bueno	7,5	2,8	38,0	9,9	Bueno
419,5	422,5	5,7	2,4	41,4	7,3	Muy Bueno	3,0	1,1	36,2	3,8	Muy Bueno
422,5	423,5	21,6	7,9	36,6	25,4	Moderado	10,2	2,3	22,3	11,6	Moderado
423,5	428,5	7,2	3,9	53,8	10,0	Muy Bueno	5,4	2,4	43,3	6,6	Bueno
428,5	435,0	23,1	9,1	39,3	29,1	Moderado	12,7	5,3	41,8	18,0	Pobre
435,0	445,5	13,5	5,7	42,0	18,0	Bueno	8,7	3,2	37,3	12,0	Moderado
445,5	448,0	22,7	10,7	47,3	33,5	Muy Pobre	18,4	6,8	36,7	25,1	Muy Pobre
448,0	450,0	9,5	2,9	30,2	11,4	Bueno	8,2	2,7	32,4	10,4	Pobre

Tabla 66 – Análisis del Cuenco Tramo 4 Carril Ascendente

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Carril Descendente

SCI						BCI					
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
326,0	328,0	3,5	1,9	56,1	5,1	Muy Bueno	6,3	3,1	48,9	8,4	Muy Pobre
328,0	329,5	8,6	4,3	50,5	11,7	Pobre	12,6	5,7	45,4	17,8	Muy Pobre
329,5	335,0	7,4	4,5	61,4	11,1	Moderado	8,6	3,4	39,6	11,4	Muy Pobre
335,0	339,0	3,1	2,4	76,2	4,1	Muy Bueno	5,6	2,4	43,6	7,3	Muy Pobre
339,0	343,0	2,1	1,3	63,2	2,3	Muy Bueno	3,7	1,6	43,2	4,9	Moderado
343,0	360,0	16,6	8,3	49,8	22,4	Pobre	12,1	5,0	41,5	17,7	Muy Pobre
360,0	364,5	4,8	3,3	68,3	7,9	Muy Bueno	4,2	2,4	56,3	6,2	Bueno
364,5	377,0	14,9	7,5	50,0	21,1	Moderado	10,7	4,0	37,8	13,8	Muy Pobre
377,0	382,0	10,0	3,9	39,6	12,1	Bueno	8,0	2,8	35,0	9,6	Moderado
382,0	390,0	14,1	6,4	45,7	20,8	Moderado	7,6	3,0	39,4	10,5	Moderado
390,0	400,0	8,0	4,9	61,2	11,1	Pobre	6,3	2,5	40,1	8,9	Muy Pobre
400,0	403,0	2,2	0,8	35,7	2,7	Muy Bueno	0,9	0,4	46,8	1,1	Muy Bueno
403,0	409,0	8,0	4,2	52,1	10,5	Pobre	7,7	3,4	44,0	9,3	Muy Pobre
409,0	411,0	2,3	0,9	40,6	2,8	Muy Bueno	2,7	0,6	22,9	3,2	Bueno
411,0	419,5	9,6	5,2	54,9	14,2	Muy Bueno	6,6	2,5	38,2	8,4	Bueno
419,5	422,5	8,2	3,7	44,7	9,9	Muy Bueno	4,1	1,6	39,8	5,1	Bueno
422,5	423,5	19,3	9,7	50,4	23,2	Moderado	9,7	3,2	32,8	12,8	Moderado
423,5	428,5	8,9	4,8	53,5	11,8	Muy Bueno	6,7	2,4	36,4	9,3	Bueno
428,5	435,0	17,1	6,8	39,8	22,3	Bueno	9,0	3,6	40,0	11,3	Moderado
435,0	445,5	13,1	5,6	42,6	17,9	Bueno	6,8	2,7	39,7	9,3	Bueno
445,5	448,0	20,2	7,5	37,4	24,2	Muy Pobre	15,9	6,0	37,4	19,7	Muy Pobre
448,0	450,0	12,0	3,6	30,0	14,2	Moderado	8,6	3,8	44,3	11,2	Pobre

Tabla 67 – Análisis del Cuenco Tramo 4 Carril Descendente

TRAMO 4:

Carril Ascendente

SCI						BCI					
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
450,0	462,5	15,6	6,5	42,0	21,4	Pobre	11,6	4,2	36,4	15,4	Muy Pobre
462,5	468,0	9,3	3,2	34,5	12,9	Bueno	7,5	2,5	33,2	9,9	Moderado
468,0	472,0	22,7	10,4	45,8	31,3	Muy Pobre	17,4	5,8	33,4	22,9	Muy Pobre
472,0	479,5	11,8	3,9	33,3	15,5	Moderado	9,6	3,1	32,0	13,0	Pobre
479,5	483,5	5,9	2,4	41,0	7,8	Bueno	5,3	1,8	33,0	6,8	Muy Pobre
483,5	486,5	13,3	5,5	41,2	13,2	Muy Pobre	12,6	3,9	30,9	13,8	Muy Pobre
486,5	505,5	6,7	3,0	45,5	8,7	Moderado	5,8	2,2	37,7	7,6	Muy Pobre
505,5	510,0	13,4	5,2	39,1	19,3	Muy Pobre	12,3	4,7	38,4	15,2	Muy Pobre
510,0	516,0	10,5	4,5	43,1	14,3	Muy Pobre	9,3	3,7	39,8	12,3	Muy Pobre

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
516,0	525,0	6,3	1,9	29,8	7,9	Moderado	5,5	2,0	36,7	7,2	Muy Pobre

Tabla 68 – Análisis del Cuenco Tramo 4 (Ruta 9) Carril Ascendente

Carril Descendente

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
450,0	462,5	17,6	6,9	39,3	22,7	Pobre	10,8	5,0	46,1	13,2	Muy Pobre
462,5	468,0	11,1	2,8	25,2	12,9	Moderado	6,0	1,5	25,3	7,2	Moderado
468,0	472,0	12,1	3,7	30,4	14,1	Moderado	7,5	2,4	31,5	9,3	Moderado
472,0	479,5	11,2	3,1	27,6	13,5	Moderado	7,2	2,6	36,1	8,4	Moderado
479,5	483,5	6,6	1,9	28,5	7,7	Moderado	4,3	1,0	22,7	5,1	Pobre
483,5	486,5	6,2	2,0	32,1	7,8	Moderado	4,2	1,1	25,8	5,0	Pobre
486,5	505,5	7,7	2,7	35,4	9,8	Moderado	4,7	1,9	40,3	6,0	Pobre
505,5	510,0	12,4	4,6	37,3	15,6	Muy Pobre	8,4	3,3	38,7	11,1	Muy Pobre
510,0	516,0	7,5	2,1	27,9	8,4	Moderado	5,3	1,9	36,0	6,3	Muy Pobre
516,0	525,0	5,8	1,9	32,5	7,0	Bueno	4,0	1,2	30,8	4,7	Moderado

Tabla 69 – Análisis del Cuenco Tramo 4 (Ruta 9) Carril Descendente

Carril Ascendente

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
0,0	1,4	5,0	1,3	26,5	6,2	Muy Bueno	4,1	1,4	33,6	5,2	Bueno
1,6	4,0	4,3	1,6	37,3	5,5	Muy Bueno	4,0	1,5	37,0	5,0	Bueno
4,2	7,0	11,1	5,1	45,7	15,0	Moderado	10,3	4,0	38,6	13,0	Muy Pobre
7,2	17,8	7,4	3,4	46,6	10,2	Bueno	6,9	2,8	41,1	9,1	Moderado
18,0	21,0	3,7	1,8	48,4	4,6	Muy Bueno	3,2	1,4	44,5	4,2	Bueno

Tabla 70 – Análisis del Cuenco Tramo 4 (Loma Plata) Carril Ascendente

Carril Descendente

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
0,0	1,5	8,1	2,8	34,0	10,3	Bueno	6,8	2,8	40,8	8,5	Moderado
1,7	3,5	4,1	1,7	42,1	5,9	Muy Bueno	3,6	1,5	42,4	4,9	Bueno
3,7	7,1	10,9	5,9	53,9	14,4	Moderado	9,5	3,4	36,0	11,9	Pobre

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
7,3	17,9	6,4	2,8	43,3	8,8	Bueno	6,3	2,4	37,5	8,6	Moderado
18,1	21,0	5,8	3,0	52,2	9,2	Muy Bueno	4,4	1,8	40,1	5,8	Bueno

Tabla 71 – Análisis del Cuenco Tramo 4 (Loma Plata) Carril Descendente

Carril Ascendente

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
0,0	10,0	8,4	3,0	36,3	10,8	Bueno	6,7	2,4	36,5	8,4	Moderado
10,0	15,0	6,0	2,2	36,1	7,1	Bueno	5,5	2,2	39,9	6,4	Moderado

Tabla 72 – Análisis del Cuenco Tramo 4 (Filadelfia) Carril Ascendente

Carril Descendente

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
0,0	10,0	6,6	2,9	43,3	8,3	Bueno	5,9	2,2	36,8	7,9	Moderado
10,0	15,0	5,0	1,7	34,1	6,0	Muy Bueno	4,4	1,6	36,9	5,8	Bueno

Tabla 73 – Análisis del Cuenco Tramo 4 (Filadelfia) Carril Descendente

Carril Ascendente

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
0,0	1,5	4,8	1,0	20,1	5,6	Muy Bueno	3,9	0,8	19,8	4,5	Muy Bueno
1,5	8,0	11,5	4,0	35,2	15,6	Moderado	11,5	4,1	35,1	15,1	Muy Pobre
8,0	15,5	5,1	2,3	45,2	6,5	Muy Bueno	5,5	2,3	42,2	6,4	Moderado
15,5	20,0	2,9	1,1	36,2	3,5	Muy Bueno	2,9	1,0	35,5	3,5	Muy Bueno

Tabla 74 – Análisis del Cuenco Tramo 4 (Neuland) Carril Ascendente

Carril Descendente

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
0,0	1,5	4,6	1,4	31,4	5,9	Muy Bueno	2,9	1,0	35,0	3,9	Muy Bueno

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

SCI							BCI				
PROGRESIVA		MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO	MEDIA	DESVIO	COV	P80	ESTADO
INICIO	FIN										
1,5	8,0	14,2	4,2	29,4	18,2	Moderado	14,7	4,3	29,1	19,0	Muy Pobre
8,0	15,5	6,1	2,7	45,1	9,0	Bueno	6,2	2,5	40,6	8,8	Moderado
8,0	15,5	4,0	1,7	41,4	4,7	Muy Bueno	3,6	1,3	35,5	4,6	Bueno

Tabla 75 – Análisis del Cuenco Tramo 4 (Neuland) Carril Descendente

Como se puede observar, los resultados obtenidos del cuenco de deflexiones se corresponden con lo reflejado en el Análisis Estructural y el Relevamiento Visual.

Los cálculos efectuados se presentan en el **Anexo X**.

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

5.1.4 ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO PROPUESTAS

5.1.4.1 Obras propuestas en calzada

Analizando los espesores de refuerzo estructural necesarios para cada sección a partir del cálculo y a efectos de optimizar la ejecución de las obras desde el punto de vista constructivo, las secciones fueron agrupadas adoptando soluciones generalizadas para trechos similares.

Se indican a continuación las obras propuestas:

TRAMO 3:

DESDE	HASTA	LONG Km	OBRAS PROPUESTAS
326,0	400,0	74,0	Reconstrucción
400,0	403,0	3,0	Refuerzo en 5,0 cm
403,0	450,0	47,0	Reconstrucción

Tabla 76 – Obras Tramo 3

El refuerzo consiste en la ejecución de una carpeta de concreto asfáltico con polímeros en 5 cm de espesor.

Entre el Km 326 al Km 400 se plantea una obra de reconstrucción para un período de diseño de 10 años.

La obra de reconstrucción consiste en:

1. Fresado de las capas asfálticas existentes.
2. Apertura de caja incluyendo las capas estructurales existentes hasta una profundidad de 40 cm.
3. Base de asiento: reprocesamiento y recompactación de la superficie en un espesor de 20 cm de la subrasante con agregado de cal ($CBR \geq 5\%$).
4. Ejecución de una capa de suelo cemento en 20 cm de espesor.
5. Ejecución de una capa de base granular estabilizada en espesor 18 cm.
6. Ejecución de dos capas de concreto asfáltico con polímeros en 5 cm de espesor cada una.

Capa	Espesor
Carpeta de Concreto Asfáltico con polímeros	5 cm
Base de Concreto Asfáltico con polímeros	5 cm
Base Granular Estabilizada	18 cm
Subbase de Suelo Cemento	20 cm

Tabla 77 – Estructura Reconstrucción Tramo 3 (km 326 a km 400/km 403 a km 423)

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Entre el Km 403 al Km 450 la obra propuesta también se corresponde con una reconstrucción para un período de diseño de 10 años.

La obra de reconstrucción consiste en:

1. Fresado de las capas asfálticas existentes.
2. Apertura de caja incluyendo las capas estructurales existentes hasta una profundidad de 40 cm.
3. Base de asiento: reprocesamiento y recompactación de la superficie en un espesor de 20 cm de la subrasante con agregado de cal ($\text{CBR} \geq 5\%$).
4. Ejecución de una capa de suelo cemento en 15 cm de espesor.
5. Ejecución de una capa de base granular estabilizada en espesor 15 cm.
6. Ejecución de dos capas de concreto asfáltico con polímeros en 5 cm de espesor cada una.

Capa	Espesor
Carpeta de Concreto Asfáltico con polímeros	5 cm
Base de Concreto Asfáltico con polímeros	5 cm
Base Granular Estabilizada	15 cm
Subbase de Suelo Cemento	15 cm

Tabla 78 – Estructura Reconstrucción Tramo 3 (km 423 a km 450)

TRAMO 4:

DESDE	HASTA	LONG Km	OBRAS PROPUESTAS
450,0	525,0	75,0	Reconstrucción

Tabla 79 – Obras Tramo 4 (Ruta 9)

Entre el Km 450 al Km 525 se plantea una obra de reconstrucción para un período de diseño de 10 años.

La obra de reconstrucción consiste en:

1. Fresado de las capas asfálticas existentes.
2. Apertura de caja incluyendo las capas estructurales existentes hasta una profundidad de 40 cm.
3. Base de asiento: reprocesamiento y recompactación de la superficie en un espesor de 20 cm de la subrasante con agregado de cal ($\text{CBR} \geq 5\%$).
4. Ejecución de una capa de suelo cemento en 15 cm de espesor.
5. Ejecución de una capa de base granular estabilizada en espesor 15 cm.
6. Ejecución de dos capas de concreto asfáltico con polímeros en 5 cm de espesor cada una.

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Capa	Espesor
Carpeta de Concreto Asfáltico con polímeros	5 cm
Base de Concreto Asfáltico con polímeros	5 cm
Base Granular Estabilizada	15 cm
Subbase de Suelo Cemento	15 cm

Tabla 80 – Estructura Reconstrucción Tramo 4 (km 450 a km 525)

DESDE	HASTA	LONG Km	OBRAS PROPUESTAS
0,0	1,5	1,5	Reconstrucción
1,5	4,0	2,5	Fresado, Reposición y Refuerzo
4,0	18,0	14,0	Reconstrucción
18,0	21,0	3,0	Fresado, Reposición y Refuerzo

Tabla 81 – Obras Tramo 4 (Loma Plata)

La obra propuesta entre el Km 1,5 al Km 4,0 y entre el Km 18,0 al Km 21,0 consiste en el fresado de la mezcla asfáltica (espesor 9 cm) y reposición en igual espesor con concreto asfáltico con polímeros.

Encima de dicha capa deberá colocarse un refuerzo de 9 cm entre el Km 1,5 al Km 4,0 y de 11 cm entre el Km 18,0 al Km 21,0 con concreto asfáltico con polímeros.

Entre el Km 0,0 al Km 1,5 y entre el Km 4,0 al Km 18,0 se plantea una obra de reconstrucción para un período de diseño de 10 años.

La obra de reconstrucción consiste en:

1. Fresado y acopio de las capas asfálticas existentes.
2. Excavación y acopio de la capa de suelo cemento.
3. Preparación de la capa de reclamado a partir del material extraído en 1 y 2 más la incorporación de agregado virgen y cemento.
4. Apertura de caja hasta una profundidad de 40 cm medido desde la cota de rasante existente.
5. Base de asiento: reprocesamiento y recompactación de la superficie en un espesor de 20 cm de la subrasante con agregado de cal ($\text{CBR} \geq 5\%$).
6. Colocación del producto reclamado en 20 cm de espesor.
7. Ejecución de una capa de suelo cemento en espesor 17 cm.
8. Ejecución de dos capas de concreto asfáltico con polímeros en 6 y 5 cm de espesor cada una.

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Capa	Espesor
Carpeta de Concreto Asfáltico con polímeros	5 cm
Base de Concreto Asfáltico con polímeros	6 cm
Suelo Cemento	17 cm
Reclamado	20 cm

Tabla 82 – Obras Reconstrucción Tramo 4 (Loma Plata)

DESDE	HASTA	LONG Km	OBRAS PROPUESTAS
0,0	10,	10,0	Reclamado
10,0	15,0	5,0	Refuerzo en 11,0 cm

Tabla 83 – Obras Tramo 4 (Filadelfia)

Las obras de reclamado consisten en:

1. Reclamado in-situ de la mezcla asfáltica y parte del suelo natural con incorporación de agregado virgen y cemento de manera de conformar una capa de espesor 25 cm.
2. Ejecución de una capa de suelo cemento en espesor 15 cm.
3. Ejecución de dos capas de concreto asfáltico con polímeros en 5 cm de espesor cada una.

Capa	Espesor
Carpeta de Concreto Asfáltico con polímeros	5 cm
Base de Concreto Asfáltico con polímeros	5 cm
Suelo Cemento	15 cm
Reclamado	25 cm

Tabla 84 – Estructura Reclamado Tramo 4 (Filadelfia)

El refuerzo consiste en la ejecución de una carpeta de concreto asfáltico con polímeros en 11 cm de espesor.

DESDE	HASTA	LONG Km	OBRAS PROPUESTAS
0,0	1,5	1,5	Refuerzo en 7,0 cm
1,5	8,0	6,5	Reconstrucción
8,0	15,5	7,5	Refuerzo en 10,0 cm
15,5	20,0	4,5	Refuerzo en 5,0 cm

Tabla 85 – Obras Tramo 4 (Neuland)

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

El refuerzo consiste en la ejecución de una carpeta de concreto asfáltico con polímeros en 5/7/10 cm de espesor según el caso.

Entre el Km 1,5 al Km 8,0 se plantea una obra de reconstrucción para un período de diseño de 10 años.

La obra de reconstrucción consiste en:

1. Fresado de las capas asfálticas existentes.
2. Apertura de caja incluyendo las capas estructurales existentes hasta una profundidad de 40 cm.
3. Base de asiento: reprocesamiento y recompactación de la superficie en un espesor de 20 cm de la subrasante con agregado de cal ($\text{CBR} \geq 5\%$).
4. Ejecución de una capa de suelo cemento en 15 cm de espesor.
5. Ejecución de una capa de base granular estabilizada en espesor 15 cm.
6. Ejecución de dos capas de concreto asfáltico con polímeros en 5 cm de espesor cada una.

Capa	Espesor
Carpeta de Concreto Asfáltico con polímeros	5 cm
Base de Concreto Asfáltico con polímeros	5 cm
Base Granular Estabilizada	15 cm
Subbase de Suelo Cemento	15 cm

Tabla 86 – Obras Reconstrucción Tramo 4 (Neuland)

Para todas las obras de reconstrucción se plantea, una vez cumplido el período de diseño de 7 años, tareas de fresado, reposición y refuerzos de manera de extender la vida útil del pavimento 10 años más.

Las obras son:

1. Fresado de la carpeta de concreto asfáltico (5 cm de espesor).
2. Reposición con concreto asfáltico con polímeros en 5 cm de espesor.
3. Ejecución de una capa de concreto asfáltico con polímeros en 5 cm de espesor.

Para la Línea 1, y en función de lo observado en el relevamiento visual, se proponen tareas de mantenimiento.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC2-01.docx

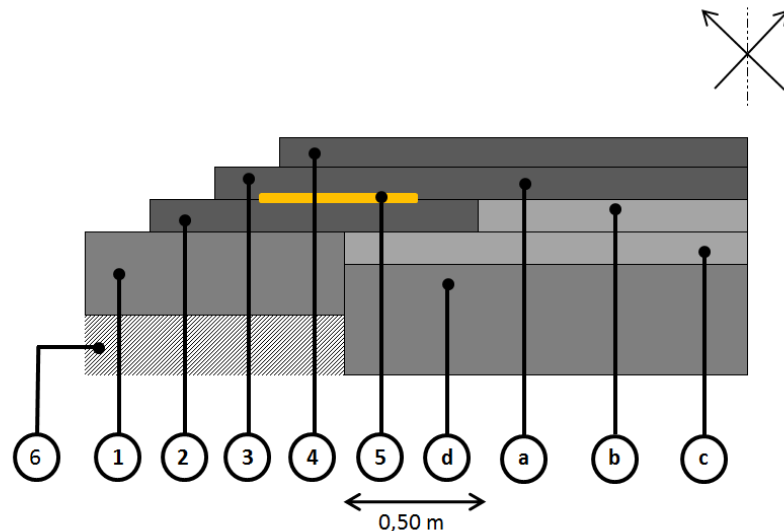
Fecha
21/09/2017

REV. 01

5.1.4.2 Obras propuestas en calzada para ensanche

A los efectos de aumentar el ancho de la calzada existente, se proponen las siguientes tareas para los casos de obras de refuerzo:

1. Fresado de la primera capa asfáltica en el espesor y ancho existentes.
2. Fresado de la segunda capa asfáltica en el espesor existente y en un ancho de 0,50 m medido desde los bordes de la capa.
3. Excavación para la ejecución de la base en espesor 15 cm.
4. Reprocesamiento y recompactación de la superficie de asiento en un espesor de 20 cm de la subrasante con agregado de cal (CBR \geq 5%).
5. Reposición de la segunda capa en el mismo espesor de fresado y en el ancho mínimo que permita la ejecución del sobreancho correcto y las tareas de compactación.
6. Reposición de la primera capa en el mismo espesor de fresado y en el ancho necesario que permita la ejecución del sobreancho correcto.
7. Colocación del refuerzo indicado en 5.1.4.1 *Obras propuestas en calzada*, en el ancho deseable.



Referencias:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| a) Primera capa de asfalto existente. | 1) Base a ejecutar. |
| b) Segunda capa de asfalto existente. | 2) Reposición segunda capa existente. |
| c) Asfalto existente restante. | 3) Reposición primera capa existente. |
| d) Base existente. | 4) Refuerzo. |
| | 5) Geogrilla. |
| | 6) Mejoramiento de subrasante. |

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

Notas:

1. Se deberá colocar una geogrilla entre las capas asfálticas con el objeto de evitar el reflejo de fisuras en coincidencia con el ensanche.
2. El ensanche sólo se propone para la Ruta 9. Quedan excluidos los accesos.

5.1.4.3 Obras propuestas en banquetas

Para la estructura de las banquetas se plantean las siguientes obras:

Capa	Espesor
Carpeta de Concreto Asfáltico convencional	3 cm
Base RAP tratada con cemento	Variable ⁽¹⁾

Tabla 87 – Estructura Banquetas

(1) El espesor de la base dependerá de la obra ejecutada en calzada. El mismo se encuentra indicado en los planos.

La documentación gráfica con las obras propuestas para los tramos 3 y 4 se presenta en el **Anexo XI**.

Cabe aclarar que los perfiles tipo de pavimento graficados se corresponden con el escenario 1.

Nota:

Consideraciones a tener en cuenta para la ejecución de todas las obras mencionadas precedentemente:

- I. En los casos que se realicen obras de fresado, el material producto del mismo deberá ser acopiado para su posterior uso en banquetas, ensanche, etc.
- II. Al fresar se deberá asegurar que no queden espesores remanentes que constituyan una interfase débil en el futuro paquete estructural.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

5.1.4.4 Verificación Estructural

Para la verificación de las obras de reclamado y reconstrucción se ha utilizado la metodología indicada en el Método AASHTO '93 como *"SN efectivo por condición superficial del pavimento"*.

De acuerdo a esta metodología, el Número Estructural Efectivo (S_{Neff}) se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$S_{Neff} = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$

Donde:

D1, D2, D3 son los espesores de las diferentes capas del pavimento

a1, a2, a3 son los coeficientes de aporte de cada capa

m2, m3 son los coeficientes de drenaje

y, luego, se compara con el Número Estructural Necesario (S_{Nnec}).

a) Cálculo del S_{Nnec}:

TRAMO 3:

Obra	Sección	Parámetros		SNnec
Reconstrucción	326-400 403-423	N8,2 ⁽¹⁾	4.293.085	3,85
		R	80%	
		S	0,45	
		ΔPSI	2,2	
		Mr ⁽²⁾	7.500	
Reconstrucción	423-450	N8,2 ⁽¹⁾	1.817.998	3,40
		R	80%	
		S	0,45	
		ΔPSI	2,2	
		Mr ⁽²⁾	7.500	

Tabla 88 – Cálculo S_{Nnec} Tramo 3

TRAMO 4:

Obra	Sección	Parámetros		SNnec
Reconstrucción	450-525	N8,2 ⁽¹⁾	1.658.806	3,35
		R	80%	
		S	0,45	
		ΔPSI	2,2	
		Mr ⁽²⁾	7.500	

Tabla 89 – Cálculo S_{Nnec} Ruta 9

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

Obra	Sección	Parámetros		SNnec
Reconstrucción	0,0-1,5 4,0-18,0	N8,2 ⁽¹⁾	5.225.530	3,96
		R	80%	
		S	0,45	
		ΔPSI	2,2	
		Mr ⁽²⁾	7.500	
Fresado, Reposición y Refuerzo	1,5-4,0	N8,2 ⁽³⁾	5.225.530	4,14
		R	80%	
		S	0,49	
		ΔPSI	2,2	
		Mr ⁽⁴⁾	6.784	
Fresado, Reposición y Refuerzo	18,0-21,0	N8,2 ⁽³⁾	5.039.403	4,28
		R	80%	
		S	0,49	
		ΔPSI	2,2	
		Mr ⁽⁴⁾	6.046	

Tabla 90 – Cálculo SNnec Loma Plata

Obra	Sección	Parámetros		SNnec
Reclamado	0,0-10,0	N8,2 ⁽³⁾	1.812.038	3,89
		R	80%	
		S	0,45	
		ΔPSI	2,2	
		Mr ⁽⁴⁾	5.047	

Tabla 91 – Cálculo SNnec Filadelfia

Obra	Sección	Parámetros		SNnec
Reconstrucción	1,5-8,0	N8,2 ⁽¹⁾	1.369.889	3,26
		R	80%	
		S	0,45	
		ΔPSI	2,2	
		Mr ⁽²⁾	7.500	

Tabla 92 – Cálculo SNnec Neuland

- (1) N8,2: el valor mayor entre ejes obtenidos por carril para un período de 10 años.
- (2) Mr: módulo obtenido a partir del mejoramiento de la subrasante $CBR \geq 5\%$.
- (3) N8,2: ejes en función del menor módulo (Mr).
- (4) Mr: el valor menor entre módulos obtenidos por carril a partir del análisis estructural.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

b) Cálculo del S_{Neff}:

TRAMO 3:

Obra	Sección	S _{Neff}					
Reconstrucción	326-400 403-423	Capas	e	ai	mi	S _{Ni}	S _{Neff}
		Carpeta de C.A. c/polímeros	5	0,17		0,85	3,89
		Base de C.A. c/polímeros	5	0,17		0,85	
		Base Granular Estabilizada	18	0,055	1	0,99	
		Subbase de Suelo Cemento	20	0,06	1	1,2	
Reconstrucción	423-450	Capas	e	ai	mi	S _{Ni}	S _{Neff}
		Carpeta de C.A. c/polímeros	5	0,17		0,85	3,43
		Base de C.A. c/polímeros	5	0,17		0,85	
		Base Granular Estabilizada	15	0,055	1	0,825	
		Subbase de Suelo Cemento	15	0,06	1	0,9	

Tabla 93 – Cálculo S_{Neff} Tramo 3

TRAMO 4:

Obra	Sección	S _{Neff}					
Reconstrucción	450-525	Capas	e	ai	mi	S _{Ni}	S _{Neff}
		Carpeta de C.A. c/polímeros	5	0,17		0,85	3,43
		Base de C.A. c/polímeros	5	0,17		0,85	
		Base Ganular Estabilizada	15	0,055	1	0,825	
		Subbase de Suelo Cemento	15	0,06	1	0,9	

Tabla 94 – Cálculo S_{Neff} Ruta 9

Obra	Sección	S _{Neff}					
Reconstrucción	0,0-1,5 4,0-18,0	Capas	e	ai	mi	S _{Ni}	S _{Neff}
		Carpeta de C.A. c/polímeros	5	0,17		0,85	3,99
		Base de C.A. c/polímeros	6	0,17		1,02	
		Suelo Cemento	17	0,06	1	1,02	
		Reclamado	20	0,055	1	1,1	
Fresado, Reposición y Refuerzo	1,5-4,0	Capas	e	ai	S _{Ni}	S _{Neffexist.}	S _{Neff}
		Fresado	-9	0,14	1,8	2,46	4,26
		Reposición	9	0,17			
		Refuerzo	9	0,17			
Fresado, Reposición y Refuerzo	18,0- 21,0	Capas	e	ai	S _{Ni}	S _{Neffexist.}	S _{Neff}
		Fresado	-9	0,14	2,14	2,31	4,45
		Reposición	9	0,17			
		Refuerzo	11	0,17			

Tabla 95 – Cálculo S_{Neff} Loma Plata

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

Obra	Sección	S _{Neff}					
		Capas	e	ai	mi	S _{Ni}	S _{Neff}
Reclamado	0,0-10,0	Carpeta de C.A. c/polímeros	5	0,17		0,85	3,98
		Base de C.A. c/polímeros	5	0,17		0,85	
		Suelo Cemento	15	0,06	1	0,9	
		Reclamado	25	0,055	1	1,375	

Tabla 96 – Cálculo S_{Neff} Filadelfia

Obra	Sección	S _{Neff}					
		Capas	e	ai	mi	S _{Ni}	S _{Neff}
Reconstrucción	1,5-8,0	Carpeta de C.A. c/polímeros	5	0,17		0,85	3,43
		Base de C.A. c/polímeros	5	0,17		0,85	
		Base Granular Estabilizada	15	0,055	1	0,825	
		Subbase de Suelo Cemento	15	0,06	1	0,9	

Tabla 97 – Cálculo S_{Neff} Neuland

Los S_{Neff} resultan mayores a los S_{Nnec}, por lo cual las obras propuestas verifican los requerimientos estructurales para el período de diseño adoptado en cada caso.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

5.2 DISEÑO DE OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

Se proponen como soluciones de proyecto el ensanche hacia ambos lados de los puentes existentes.

Para el análisis y evaluación de dichas propuestas, se contempló el informe confeccionado por el Ing. Tomás Alberto del Carril.

No obstante lo expuesto, y no solo teniendo en cuenta los costos asociados al proyecto, sino también su adaptabilidad para futuras obras a llevarse a cabo, dada la importancia de la Ruta 9; para los casos de puentes largos, surge la alternativa de emplazamiento de un nuevo puente, contiguo al existente.

En estos casos, la construcción de una nueva estructura adyacente a la existente involucraría costos menores al ensanche de estructura existente. El costo de construcción de este tipo de estructuras asciende aproximadamente a U\$s 20.000/m (aun contemplando los costos de terraplenado), mientras que los costos de ensanche superan dicha cifra (ver costos en el Anexo correspondiente).

En complemento a ello, se incluye el aumento de capacidad que otorga una configuración de calzada 2+2 frente al actual 1+1; que teniendo en cuenta la importancia de la Ruta en cuestión, parece tangible en un futuro.

Con respecto al informe realizado por la Ing. María del Carmen Álvarez Enciso, se prevén diferentes alternativas de obra para los escenarios considerados (ver obras propuestas en el Anexo correspondiente).

En lo que respecta al presupuesto de las obras a considerar, se ha optado por incluir los costos relativos a la alternativa "A", puesto que esta alternativa logra aumentar la capacidad hidráulica a lo largo de la ruta mediante la ejecución exclusiva de alcantarillas.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

5.3 DISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS

5.3.1 ÁREAS DE DESCANSO

Se deberán proyectar áreas de descanso que servirán para la ubicación voluntaria de cualquier comerciante afectado por las obras del Proyecto así como para el descanso de vehículos (de pequeño, mediano o gran porte).

Estas áreas contarán con amplios espacios para el estacionamiento de vehículos, el establecimiento de los comercios (tipo casillas) y servicios básicos tales como electricidad, agua, sanitarios y adecuado sistema de tratamiento de desechos líquidos y sólidos.

En la Tabla siguiente se indica la ubicación de las áreas de descanso:

Lugar	Km
Tte. Irala	386
Mcal. Estigarribia	524

Tabla 98 – Ubicación Áreas de descanso

A los fines de incluir estas áreas de descanso en el presupuesto se ha considerado un costo conservador.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

CAPÍTULO 6 CANTIDADES Y COSTOS

6.1 CÓMPUTO MÉTRICO

Conforme a lo detallado en el Item 4.4 *ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS*, para el presente estudio se han computado los 3 escenarios geométricos estudiados.

Los cálculos métricos de los ítems, que componen la planilla de cantidades de las obras proyectadas, fueron realizados en correspondencia con los diversos sectores y etapas de intervención, en base a los paquetes estructurales del pavimento detallados en 5.1.4 *ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO PROPUESTAS*.

Como ya se ha mencionado en puntos anteriores del Informe, en el caso de las obras pertinentes a puentes, se han mantenido las cantidades proyectadas por los Consultores específicos en materia de Estructuras e Hidrología, respectivamente.

En cuanto a las tareas de rehabilitación, como ser sellado de fisuras y grietas, bacheos superficiales y bacheos profundos, dado que las obras previstas implican un fresado de la carpeta existente (ya sea para realizar el ensanche o una reconstrucción), o la ejecución de una capa reclamada; únicamente se han computado los bacheos profundos en aquellos sectores donde se ha proyectado refuerzo.

El criterio adoptado para el cómputo de esos trabajos fue evaluado a partir del relevamiento visual con las siguientes consideraciones:

- Bacheos en mal estado (M) = 100%
- Baches = 100%
- Fisuras Tipo 10 = 100%
- Fisuras Tipo 8 = 40%
- Rotura de Borde = 100%

Escenario 1: Imprevistos generales, resultado de aplicar un 2% para la totalidad de los ítems, excepto los relativos a movimiento de suelos y la ejecución de dársenas, para los cuales se consideró un 15%.

Análogamente para los Escenarios 2 y 3: El Imprevisto general ha sido resultado de aplicar un 2% para la totalidad de los ítems, excepto para los volúmenes de movimiento de suelos para los cuales se consideró un 30% como consecuencia de la metodología empleada para su determinación; y un 15% para la ejecución de dársenas.

El cómputo para los distintos escenarios se presenta en el **Anexo XII**.

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS
MEMORIA DE INGENIERÍA**

PY09-MIC2-01.docx

Fecha
21/09/2017

REV. 01

6.2 PRECIOS UNITARIOS

Los precios unitarios propuestos han sido conservadores, puesto que la ejecución de la obra está prevista que inicie en 2.019, lo cual puede traer aparejado un incremento en los precios como consecuencia del proceso inflacionario existente en Paraguay de aproximadamente un 5% anual en los últimos años.

Además de las obras de puesta a punto, se contempló un costo anual por kilómetro para obras de mantenimiento rutinario. Dicho precio implica las siguientes tareas:

- 1) Limpieza de Franja de Dominio
- 2) Bacheo Profundo
- 3) Bacheo Superficial
- 4) Sellado de Fisuras
- 5) Reposición de Señalización Vertical
- 6) Reposición de Señalización Horizontal
- 7) Reposición de barandas flex-beam
- 8) Mantenimiento de Puentes
- 9) Reposición de Mojoneros

6.3 PRESUPUESTOS

Los Presupuestos se obtuvieron, en correspondencia con los diversos sectores y etapas de intervención, por multiplicación de los precios unitarios con las cantidades de obra correspondientes. En ellos, se incluyen las inversiones relacionadas con la estructura del pavimento, movimiento de suelo, obras complementarias y señalización.

A continuación se presenta el cuadro de resumen de los presupuestos para cada una de los escenarios analizados:

Escenarios	Costo total en USD (*)	
	Tramo 3	Tramo 4 y Accesos
1	145.722.739,8	130.430.057,8
2	135.256.057,19	124.154.705,22
3	137.554.367,65	125.653.419,22

Tabla 99 – Costo total por Escenario

El detalle de las Planillas de Presupuesto de las obras proyectadas para los diversos Sectores se encuentra en el **Anexo XIII**. Los presupuestos presentan el resumen de cantidades de obra computadas y el Precio Unitario de cada ítem.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD AVANZADA DE LA RUTA N° 9 Y ACCESOS MEMORIA DE INGENIERÍA		
PY09-MIC2-01.docx	Fecha 21/09/2017	REV. 01

La tasa de cambio utilizada ha sido 1U\$S = 5.570 GS.

(*) Los costos informados incluyen:

- Costo Total de la Obra:
 - Costo Total Inversión (incluido imprevisto general)
 - Costo Total Mantenimiento (5 años)
- Total Fiscalización
- Pagos por Servicios Ambientales
- Plan de Gestión Socio-Ambiental
- Administración de Programa
- Evaluaciones, Estudios, Auditorías
- Escalamiento e Imprevistos
- Comisión Financiamiento (CAF)
- Gastos Evaluación (CAF)