

**BID – Banco Interamericano de Desarrollo**

**UR-L1107**

**Programa de la Corporación Vial II - Uruguay**

**ANÁLISIS DE DISEÑOS EJECUTIVOS, POLÍTICAS DE  
CONSERVACIÓN Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS  
PROYECTOS**

**INFORME 1**

**Informe de análisis de la revisión del proyecto ejecutivo y evaluación económica  
de Ruta 2, del programa CREMA de Ruta 1 y anteproyecto y evaluación económica  
de Ruta 3.**

**Ingeniero Consultor Marcílio Augusto Neves  
Contrato 0028/2015**

**11 de Agosto de 2015**

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2. RUTA 2 – ANÁLISIS DE PROYECTO, ESPECIFICACIONES Y EVALUACIÓN ECONÓMICA.....</b>	<b>5</b>
<b>3. RUTA 3 – EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO Y RECOMENDACIONES PARA ANTE-PROYECTO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>30</b>
<b>4. RUTA 1 - ANÁLISIS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO POR NIVELES DE SERVICIO.....</b>	<b>47</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>52</b>

## **1. INTRODUCCIÓN**

## 1. INTRODUCCIÓN

Presentamos el **Informe 1** de los servicios de consultoría de revisión técnica y el análisis de la evaluación económica de los proyectos contenidos en la muestra requerida para el **Programa de la Corporación Vial II (UR-L1107)**.

El Programa de la Corporación Vial II tiene por objetivo general continuar la introducción de mejoras de la calidad y seguridad en la circulación de la red vial principal (RVP).

Los servicios de consultoría tienen por objetivo asesorar al Banco respecto de la calidad de los diseños de las obras viales y programas de mantenimiento vial previstos en la operación y prestar asesoramiento al Banco, CVU y Dirección Nacional de Vialidad respecto de las oportunidades de mejora de la calidad y de innovación en prácticas y tecnologías de rehabilitación y mantenimiento de pavimentos de la red vial, incluyendo:

- Revisión de proyectos ejecutivos y presupuestos de obras de rehabilitación;
- Revisión de estudios de evaluación económica de los proyectos de obra de rehabilitación;
- Revisión de políticas de mantenimiento y de la estructuración de contratos CREMA;
- Recomendaciones respecto de mejoras en la política de mantenimiento, en particular en lo referente a la innovación en tecnologías y prácticas usuales.

Los trabajos de consultoría incluyen en lo Componente 1 de Rehabilitación y conservación de la RVP los Contratos de rehabilitación y mantenimiento en corredores principales de las Rutas 1, 2, 3 y 5.

Este Informe 1 comprende a primera parte del Producto 1, con:

- Las análisis de la revisión del proyecto ejecutivo y evaluación económica de Ruta 2, listas;
- Las análisis de especificaciones técnicas del Programa CREMA de Ruta 1;
- Recomendaciones para el anteproyecto y evaluación económica de Ruta 3, una vez que el anteproyecto y evaluación económica de Ruta 3 no están listos.

El Producto 1 solo podrá estar listo cuándo MTOP enviar las informaciones de Ruta 3 de ante-proyecto y evaluación económica, todavía en fase de preparación por MTOP y CVU. También MTOP necesita enviar las tablas de salida de HDM de la evaluación económica de Ruta 2.



Ing. Consultor Marcílio Augusto Neves

## **2. RUTA 2 – ANÁLISIS DE PROYECTO, ESPECIFICACIONES Y EVALUACIÓN ECONÓMICA**

## 2. RUTA 2 – ANÁLISIS DE PROYECTO, ESPECIFICACIONES Y EVALUACIÓN ECONÓMICA

### 2.1. ANÁLISIS DE PROYECTO DE REHABILITACIÓN

#### 2.1.1. Diseño preliminar de obras de rehabilitación de pavimentos

La Sección 7 - Especificaciones y condiciones técnicas de las bases de licitación definen para la obra obligatoria de rehabilitación de pavimentos la ejecución del refuerzo estructural, con las siguientes tareas para cada tramo en pavimento asfáltico:

Tramos 5 e 6 – Progresivas Km 209,65 a 242,8 – longitud de 33,2 km:

a) Calzada – ejecución de:

- Fresado en toda la calzada con 4 cm de espesor;
- Bacheo;
- Colocación de geogrilla (en algunos puntos no continuos);
- Sellado;
- Carpeta asfáltica con espesor de 4 cm.

Para la mezcla asfáltica fue definida huso granulométrico con textura gruesa, con poca arena, para evitar ahuellamientos y hundimientos plásticos.

En los diseños obtenidos junto a MTOP, elaborados por Consorcio Ingeniería del Sur - CSI - INEXTEC MERCOSUR para CVU en agosto de 2014, se observa que los pavimentos de estos tramos presentan buena condición estructural, con diseño de fresado y carpeta asfáltica con 4 cm de espesor suficiente pelo criterio de AASHTO Guide 1993.

b) Banquinas – ejecución de:

- Escarificado de banquina existente;
- Aporte de material granular, mezclado en forma homogénea con el material escarificado, conformado con la mezcla asfáltica colocada en calzada;
- Ejecución de un tratamiento bituminoso de imprimación en 2,0 m de ancho;
- Ejecución de un tratamiento bituminoso doble en 1,9 m de ancho.

Para los pavimentos de hormigón el proyecto define la rehabilitación:

Tramo Progresiva Km	2 195,9 a 197,6 Sta. Catalina	4 207,0 a 209,65 Rodó	8 277,0 a 279,5 Mercedes
Calzada	Bacheo y Whitethoping	Demolición pavimento. Estabilizado con cemento Pórtland del Material granular descubierto. Pavimento de hormigón - 23 cm de espesor.	Bacheo y Whitethoping
Banquina	Pavimento hormigón estampado (símil adoquines o baldosas)		

Para el restante de los tramos el proyecto no define obras de rehabilitación, solo servicios de mantenimiento o conservación.

### 2.1.2. Modificación del diseño preliminar de obras de rehabilitación de pavimentos

En reunión en MTOP y CVU se presentó el Comunicado N° 2 de Licitación M47 CVU, de 14 de abril de 2015, en que se modificó la descripción de la obra obligatoria de rehabilitación de Ruta 2, para pavimento asfáltico:

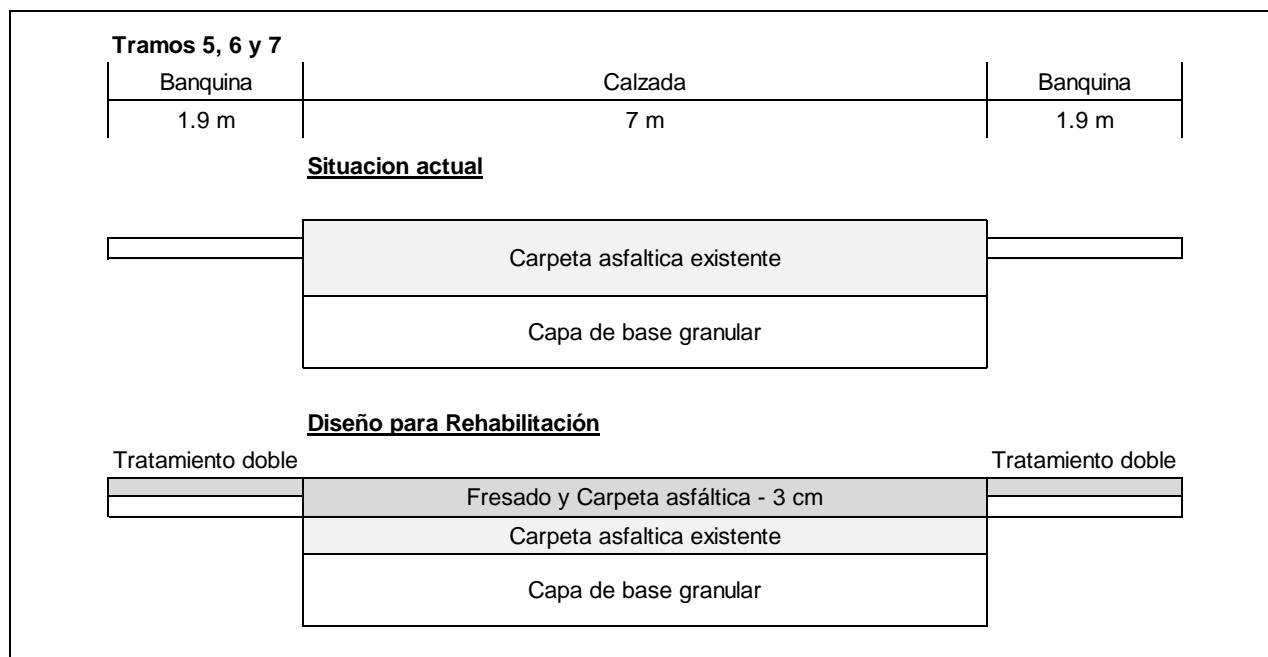
Tramos 5, 6 y 7 – Progresivas Km 209,65 a 277,0 – longitud de 67,4 km:

a) Calzada – ejecución de:

- Fresado en toda la calzada con 3 cm de espesor;
- Bacheo;
- Colocación de geogrilla (en algunos puntos no continuos);
- Sellado;
- Carpeta asfáltica con espesor de 3 cm.

Se modificó: alcance de tramos 5 y 6 para tramos 5, 6 y 7, longitud de 33,2 km para 67,4 km, con reducción de espesor de fresado y carpeta de 4 cm para 3 cm. Con esto la cantidad de mezcla asfáltica para carpeta aumentó de 24.500 ton para 36.900 ton, con aumento en el presupuesto.

Con este se tiene una solución de más baja calidad para rehabilitación de la calzada de tramos 5 y 6, con 3 cm de espesor, con riesgo cuanto a la suficiencia para eliminación de ahuellamientos y hundimientos existentes.



b) Banquinas – ejecución de:

Tramo	5 y 6	7
Banquina	Saneamiento de banquina existente Ejecución de un tratamiento bituminoso doble en 1.90 m de ancho	Saneamiento de banquina existente

Se cambió o escarificado de banquina existente, aporte de material granular y mezclado en forma homogénea con el material escarificado (de capa de base) por saneamiento de banquina existente. Con este se tiene una solución de más baja calidad en las banquetas.

No se modificó el diseño de rehabilitación de los tramos 2, 4 y 8 de pavimentos de hormigón.

### 2.1.3. Revisión de la evaluación estructural de los pavimentos

Efectuamos una verificación y revisión de la evaluación funcional y estructural de los pavimentos de Ruta 2, con:

- Datos del diseño y evaluaciones de los tramos del pavimento existente de los archivos del Consorcio Ingeniería del Sur - CSI - INEXTEC MERCOSUR para CVU, de deflexiones con FWD, surco de huellas, rugosidad (IRI), número de ejes equivalentes acumulados y informe de diseño;
- Observaciones de recorrida de campo y informaciones de reunión con ingenieros de MTOP.

Se presenta adjunto un resumen de los datos de evaluación de los pavimentos de los tramos.



RUTA 2													
Resumen de Datos de Evaluación del Pavimento existente													
Tramo	Descripción	P. Inicial	P. Final	Longitud (km)	Firme	Año ejecución	Diseño	Ejes Acumulados	Deflexión	IRI	Huella (mm)	Daños	Obs.
1	Florencio Sánchez - Sta Catalina	182,4	195,9	13,5	Mezcla asfáltica	Nuevo	Mantenimiento	11.379.304	48	2,27	5	Fisuras aisladas	
2	Sta Catalina (planta urbana)	195,9	197,6	1,7	Hormigon	urbano	Bacheo y Whitetopping	11.379.304	58	5,5		Losas fracturadas	
3	Sta Catalina – Rodó	197,6	207,0	9,4	Mezcla asfáltica	Nuevo	Mantenimiento	11.379.304	32	2,27	5	Fisuras aisladas	
4	Rodó (planta urbana)	207,0	209,7	2,7	Hormigon	urbano	Demolición y Hormigon 23 cm	11.379.304	70	11,0		Losas fracturadas	Tiene tramo mejor
5	J. E. Rodó - A° Corralito	209,7	225,0	15,4	Mezcla asfáltica	Más de 10 años	Fresado y Carpeta Mezcla asf. 3 cm	11.379.304	37	3,53	11	Fisuras y ahuellamientos	
6	A° Corralito - Palmitas (Ruta 105)	225,0	242,8	17,8	Mezcla asfáltica	Más de 10 años	Fresado y Carpeta Mezcla asf. 3 cm	11.379.304	38	2,17	5	Fisuras - Nidos de pajarito	Necesario segundo fresado em huellas
7	Palmitas (Ruta 105) - Mercedes (277km000)	242,8	277,0	34,2	Mezcla asfáltica	Más de 10 años	Fresado y Carpeta Mezcla asf. 3 cm	11.379.304	48	3,23	7	Fisuras - Nidos de pajarito	Necesario segundo fresado em huellas
8	Mercedes (planta urbana)	277,0	279,5	2,5	Hormigon	urbano	Bacheo y Whitetopping	16.857.626	35	10,0		Losas fracturadas	
9	Mercedes - Acceso Sur a Fray Bentos	279,5	301,5	22,0	Mezcla asfáltica	2003/2004	Mantenimiento	16.857.626	21	2,06	11		Bueno
10	Acceso Sur a Fray Bentos - Paso de	301,5	307,5	6,0	Mezcla asfáltica		Mantenimiento	15.471.348	29	2,07	10		
11	Paso de Frontera - Puente Gral. San Martin	307,5	308,5	1,0	Mezcla asfáltica		Mantenimiento	15.471.348	29	2,07	10		
12	Acceso Sur a Fray Bentos	301,5	308,5	7,0	Mezcla asfáltica		Mantenimiento	3.777.057	93	3,77	10		
13	Ramal Puerto Fray Bentos	305,7	313,0	7,3	Mezcla asfáltica		Mantenimiento	3.777.057	64	2,96	10		
14	Ruta 2 - Ramal Puerto Fray Bentos	307,3	308,5	1,2	Mezcla asfáltica		Mantenimiento	3.777.057					

Se observa que los montos de deflexión son bajos, pero en lo tramo 12 (Acceso Sur a Fray Bentos) se tiene deflexión alto.

Adelante, en 2.1.4 se presentan comentarios, observaciones, recomendaciones y sugerencias para rehabilitación y mantenimiento de pavimentos por tramos.

Para revisión del diseño elaboramos evaluación estructural y diseño empleando el Procedimiento DNER-PRO 11/79, adoptado en Brasil hay más de 30 años para rehabilitación de pavimentos, que tiene por base el método de Instituto del Asfalto y estudios de Adolfo Celestino Ruiz (Argentina), en que es calculada una deflexión admisible en función de los ejes equivalentes acumulados. Este método todavía permite la estimativa de la vida útil restante del pavimento y el espesor necesario de refuerzo en capa asfáltica. Se presenta el diseño en la tabla siguiente.

No se aplica el método a los tramos de hormigón, y no se tiene datos de lo tramo 14.

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS											PROCEDIMIENTO DNER-PRO 11/79 (BRASIL)									
Carretera: Ruta 2																				
Tramos Homogeneos					Estructura del Pavimento Existente				Ejes acumulados	Datos del Pavimento Existente			DNER-PRO 11/79							Conclusión - Solución de rehabilitación
					Firme		Base	Sub-base		Deflexión	Huellas	IRI	Evaluación Estrutural			Estimativa de Vida Restante		Refuerzo		
Tramo	Descripción	Km Inicial	Km Final	Longitud (km)	Carpeta	Esp. (cm)	Esp. (cm)	Esp. (cm)		(10-2 mm)	mm	m/km	Deflexión Admisible	Hipotesis	Calidad Estructural	Ejes acumulados	Vida Útil (años)	Esp. HR (cm)		
1	Florencio Sánchez - Sta Catalina	182,4	195,9	13,50	Mezcla asfáltica	28	39	27		11.379.304	48	5	2,3	59	I	Boa	3,55E+07	10	0	
2	Sta Catalina (planta urbana)	195,9	197,6	1,70	Hormigon				11.379.304	58		5,5								
3	Sta Catalina – Rodó	197,6	207,0	9,40	Mezcla asfáltica	28	39	27	11.379.304	32	5	2,3	59	I	Boa	355.045.665	10	0	Suficiente	
4	Rodó (planta urbana)	207,0	209,7	2,65	Hormigon				11.379.304	70		11,0								
5	J. E. Rodó - Aº Corralito	209,7	225,0	15,35	Mezcla asfáltica	28	39	23	11.379.304	37	11	3,5	59	I	Boa	155.609.339	10	0	Suficiente	
6	Aº Corralito - Palmitas (Ruta 105)	225,0	242,8	17,80	Mezcla asfáltica	34	33	20	11.379.304	38	5	2,2	59	I	Boa	133.730.222	10	0	Suficiente	
7	Palmitas (Ruta 105) - Mercedes (277km000)	242,8	277,0	34,20	Mezcla asfáltica	26	31	44	11.379.304	48	7	3,2	59	I	Boa	35.462.202	10	0	Suficiente	
8	Mercedes (planta urbana)	277,0	279,5	2,50	Hormigon				16.857.626	35		10,0								
9	Mercedes - Acceso Sur a Fray Bentos	279,5	301,5	22,00	Mezcla asfáltica	28	34	30	16.857.626	36	11	2,1	55	I	Boa	181.821.352	10	0	Suficiente	
10	Acceso Sur a Fray Bentos - Paso de Frontera	301,5	307,5	6,00	Mezcla asfáltica	27	27	41	15.471.348	36	10	2,1	56	I	Boa	181.821.352	10	0	Suficiente	
11	Paso de Frontera - Puente Gral. San Martin	307,5	308,5	1,00	Mezcla asfáltica	27	27	41	15.471.348	36	10	2,1	56	I	Boa	181.821.352	10	0	Suficiente	
12	Acceso Sur a Fray Bentos	301,5	308,5	7,00	Mezcla asfáltica	9	46	40	3.777.057	93	10	3,8	71	II	Regular	827.390	2	5	Refuerzo	
13	Ramal Puerto Fray Bentos	305,7	313,0	7,30	Mezcla asfáltica	16	14	64	3.777.057	64	10	3,0	71	I	Boa	6.916.502	10	0	Suficiente	
14	Ruta 2 - Ramal Puerto Fray Bentos	307,3	308,5	1,20	Mezcla asfáltica	16	14	64	3.777.057											

En el diseño por el método brasileño DNER-PRO 11/79, basado en Instituto del Asfalto, se ha obtenido:

- Deflexiones características del pavimento existente más bajas que deflexión admisible para los tramos 1, 3, 5, 6, 7, 9 10, 11 y 13, con vida útil mayor que 10 años, y no hay necesidad de refuerzo;
- Para el tramo 12, con deflexión mayor que el valor admisible, se tiene vida útil baja e necesidad de refuerzo con 5 cm de carpeta asfáltica.

Pero el MTOP informó que lo tramo 12 tiene transito liviano, motivo del diseño no definir tareas de rehabilitación, solo mantenimiento de este tramo.

Para revisión del diseño elaboramos evaluación estructural empleando la metodología del AASHTO Guide 1997, que fue empleado en lo diseño del MTOP y por Consorcio Ingeniería del Sur - CSI - INEXTEC MERCOSUR en sus estudios. Para las deflexiones obtenidas con FWD fue calculado el SN efectivo del pavimento existente y con los ejes aculados fue calculado o SN requerido, con obtención de los espesores necesarios de refuerzo de los tramos. Se presenta el diseño en la tabla siguiente.

No se aplica el método a los tramos de hormigón, y no se tiene datos de lo tramo 14.

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS																			DISEÑO AASHTO 93		
Carretera: Ruta 2																					
Tramos Homogeneos					Estructura del Pavimento Existente				W18 Ejes acumula- dos	Deflexión FWD  (10-2 mm)	Diseño AASHTO Guide 93										Conclusión - Solución de rehabilitación
					Firme		Base	Sub-base			Snreq requerido (p/ W18)	ai Coeficientes estructurales		SNp de las capas	MR de diseño - Subrasante		Sneff efectivo	Refuerzo			
Tramo	Descripción	Km Inicial	Km Final	Longi- tud (km)	Carpeta	D (cm)	D (cm)	D (cm)				Capa asf.	Capa Granular		kg/cm²	PSI		SNref	Espesor (cm)		
1	Florencio Sánchez - Sta Catalina	182,4	195,9	13,50	Mezcla asfáltica	28	39	27	11.379.304	48	4,3	0,40	0,14	8,0	585	8.357	8,8	0	0	Suficiente	
2	Sta Catalina (planta urbana)	195,9	197,6	1,70	Hormigon				11.379.304	58											
3	Sta Catalina – Rodó	197,6	207,0	9,40	Mezcla asfáltica	28	39	27	11.379.304	32	4,3	0,40	0,14	8,0	485	6.929	8,8	0	0	Suficiente	
4	Rodó (planta urbana)	207,0	209,7	2,65	Hormigon				11.379.304	70											
5	J. E. Rodó - Aº Corralito	209,7	225,0	15,35	Mezcla asfáltica	28	39	23	11.379.304	37	4,3	0,40	0,14	7,8	558	7.971	6,9	0	0	Suficiente	
6	Aº Corralito - Palmitas (Ruta 105)	225,0	242,8	17,80	Mezcla asfáltica	34	33	20	11.379.304	38	4,3	0,40	0,14	8,3	594	8.486	6,6	0	0	Suficiente	
7	Palmitas (Ruta 105) - Mercedes (277km000)	242,8	277,0	34,20	Mezcla asfáltica	26	31	44	11.379.304	48	4,3	0,40	0,14	8,2	544	7.771	7,1	0	0	Suficiente	
8	Mercedes (planta urbana)	277,0	279,5	2,50	Hormigon				16.857.626	35											
9	Mercedes - Acceso Sur a Fray Bentos	279,5	301,5	22,00	Mezcla asfáltica	28	34	30	16.857.626	36	5,0	0,40	0,14	7,9	604	8.629	7,0	0	0	Suficiente	
10	Acceso Sur a Fray Bentos - Paso de Frontera	301,5	307,5	6,00	Mezcla asfáltica	27	27	41	15.471.348	36	4,8	0,40	0,14	8,0	625	8.929	7,5	0	0	Suficiente	
11	Paso de Frontera - Puente Gral. San Martin	307,5	308,5	1,00	Mezcla asfáltica	27	27	41	15.471.348	36	4,8	0,40	0,14	8,0	635	9.071	7,5	0	0	Suficiente	
12	Acceso Sur a Fray Bentos	301,5	308,5	7,00	Mezcla asfáltica	9	46	40	3.777.057	93	3,5	0,40	0,14	6,2	598	8.543	6,5	0	0	Suficiente	
13	Ramal Puerto Fray Bentos	305,7	313,0	7,30	Mezcla asfáltica	16	14	64	3.777.057	64	3,5	0,40	0,14	6,8	774	11.057	7,3	0	0	Suficiente	
14	Ruta 2 - Ramal Puerto Fray Bentos	307,3	308,5	1,20	Mezcla asfáltica				3.777.057												

En el diseño por metodología del AASHTO se ha obtenido SN efectivo del pavimento existente mayor que SN requerido, para todos los tramos, debido se tener espesores elevados de carpetas asfálticas en las calzadas. Así, no hay necesidad de refuerzo por la metodología de AASHTO.

#### **2.1.4. Observaciones y recomendaciones para rehabilitación de pavimentos por tramos**

##### **a) Tramo 1**

En tramo 1, de Florencio Sánchez – Sta. Catalina (Km 182,4 a 195,9), se tiene pavimento en estado regular, solo con fisuras aisladas, que están selladas.

La calidad estructural es buena, con deflexiones bajas.

El diseño define que no hay necesidad de refuerzo del pavimento en este tramo, es suficiente la ejecución de las tareas de mantenimiento.

##### **b) Tramo 2**

En tramo 2, en planta urbana de Sta. Catalina (Km 195,9 a 197,6), se tiene pavimento e hormigón con losas fracturadas.

El proyecto define la ejecución de bacheo y Whitetopping en la calzada, que es suficiente.

##### **c) Tramo 3**

En tramo 3, de Sta. Catalina – Rodó (Km 197,6 a 207,0), fue informado se tener pavimento nuevo, con intervención reciente. En la recorrida observamos fisuras aisladas, selladas. La calidad estructural es buena, con deflexiones bajas.



Tramo 3 – pavimento en estado bueno, solo con fisuras selladas.

También en este tramo el diseño define que no hay necesidad de refuerzo del pavimento, es suficiente la ejecución de las tareas de mantenimiento.

##### **d) Tramo 4**

En lo tramo 4 hay la planta urbana de Rodó (Km 207,0 a 209,7), con pavimento de hormigón.

El diseño define para la rehabilitación del tramo 4 las siguientes tareas:

- Demolición pavimento de hormigón;
- Estabilizado con cemento Pórtland del material granular descubierto;
- Ejecución de losas de pavimento de hormigón con 23 cm de espesor.

En la recorrida de campo observamos que se tienen en la planta urbana de Rodó, tres diferentes situaciones en lo tramo:

- En la parte inicial de la planta urbana – pavimento de hormigón con muchos daños y deterioros, con losas fracturadas y losas bailarinas, con mezcla asfáltica ejecutada también deteriorada - con proyecto adecuado para rehabilitación;
- En la parte central de la planta urbana – pavimento con mejor estado visual, con carpeta asfáltica sobre losas con fisuras, pero en estado regular – sin embargo se puede estudiar una solución de rehabilitación de menor costo, con Whitetopping, puede que no sea necesaria la demolición y reconstrucción definida en el diseño;
- En la parte final de la planta urbana – pavimento de hormigón con mezcla asfáltica ejecutada con muchas deformaciones - con proyecto adecuado para rehabilitación.

Las fotos siguientes muestran lastres diferentes situaciones.



Parte inicial en Rodó – pavimento malo, con muchos daños y deterioros en las losas y en la carpeta asfáltica.



Parte central de Rodó – pavimento con mejor estado visual, con carpeta asfáltica sobre losas con fisuras, pero en estado regular.



Parte final en Rodó – pavimento malo, con deformación en la carpeta asfáltica.

Hacemos una sugerencia: hacer nueva evaluación detallada de las características funcionales y estructurales del tramo 4, en la tentativa de confirmar la conclusión visual de que se puede estudiar una solución de rehabilitación de menor costo, con Whitetoping, en la parte central de la planta urbana con pavimento con carpeta asfáltica sobre losas con fisuras, pero en estado regular.

#### e) Tramo 5

El tramo 5 está ubicado entre Rodó - Arroyo Corralito (Km 209,7 a 225,0), presentando pavimento en estado regular, con ahuellamientos de más de 5 mm, con datos de evaluación de hundimientos de 11 mm.

Las fotos siguientes muestran la condición del pavimento.





Tramo 5 – pavimento en estado regular, con ahuellamientos.



Tramo 5 – pavimento en estado regular, con fisuras aisladas.

La calidad estructural es buena, con deflexiones bajas - valor característico de 37 (0,01 mm).

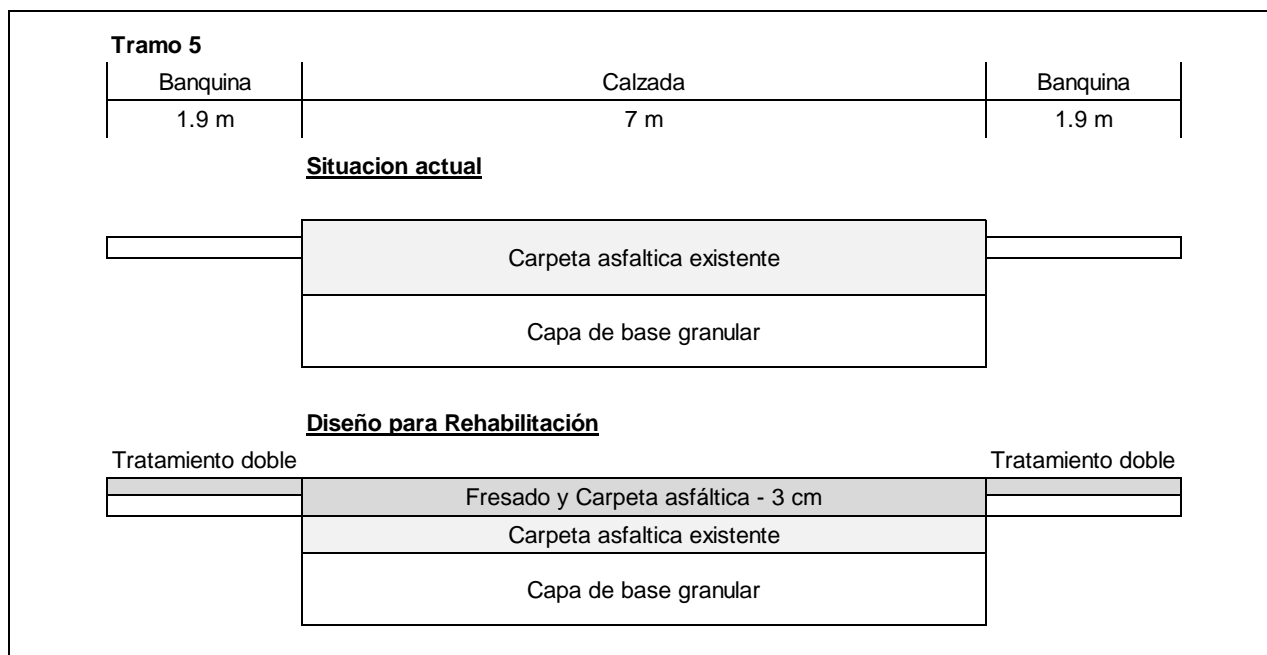
El diseño define que no hay necesidad de refuerzo del pavimento en este tramo, pero el proyecto define las siguientes tareas de rehabilitación:

I - Calzada – ejecución de:

- Fresado en toda la calzada con 3 cm de espesor;
- Bacheo;
- Colocación de geogrilla (en algunos puntos no continuos);
- Sellado;
- Carpeta asfáltica con espesor de 3 cm.

II - Banquinas – ejecución de:

- Saneamiento de banquina existente;
- Ejecución de un tratamiento bituminoso doble en 1.90 m de ancho.



La solución de rehabilitación es suficiente para el pavimento de este tramo.

#### f) Tramo 6

El tramo 6 entre Arroyo Corralito – Palmitas (Km 225,0 a 242,8) presenta pavimento en estado regular a malo, con muchas fisuras selladas, interconectadas y ramificadas, con mayor severidad en algunos puntos con grietas de mayor abertura, también selladas. Sin embargo, no hay ahuellamientos significativos.

Las fisuras y grietas fueron causadas por segregación o separación de los granos gruesos de lo agregado de los granos finos, denominados “nidos de pajarito”. El agua de las lluvias penetra por las manchas de concentración de granos gruesos, formando las fisuras.

Las fotos siguientes muestran la condición del pavimento con las fisuras y grietas.



Tramo 6 – pavimento en estado malo, con fisuras en “nidos de pajarito”.



Tramo 6 – pavimento en estado regular a malo, con fisuras selladas y no selladas. Fresados en algunos puntos.

La calidad estructural es buena, con deflexiones bajas - valor característico de 38 (0,01 mm).

El diseño define que no hay necesidad de refuerzo del pavimento en este tramo, pero el proyecto define las siguientes tareas de rehabilitación:

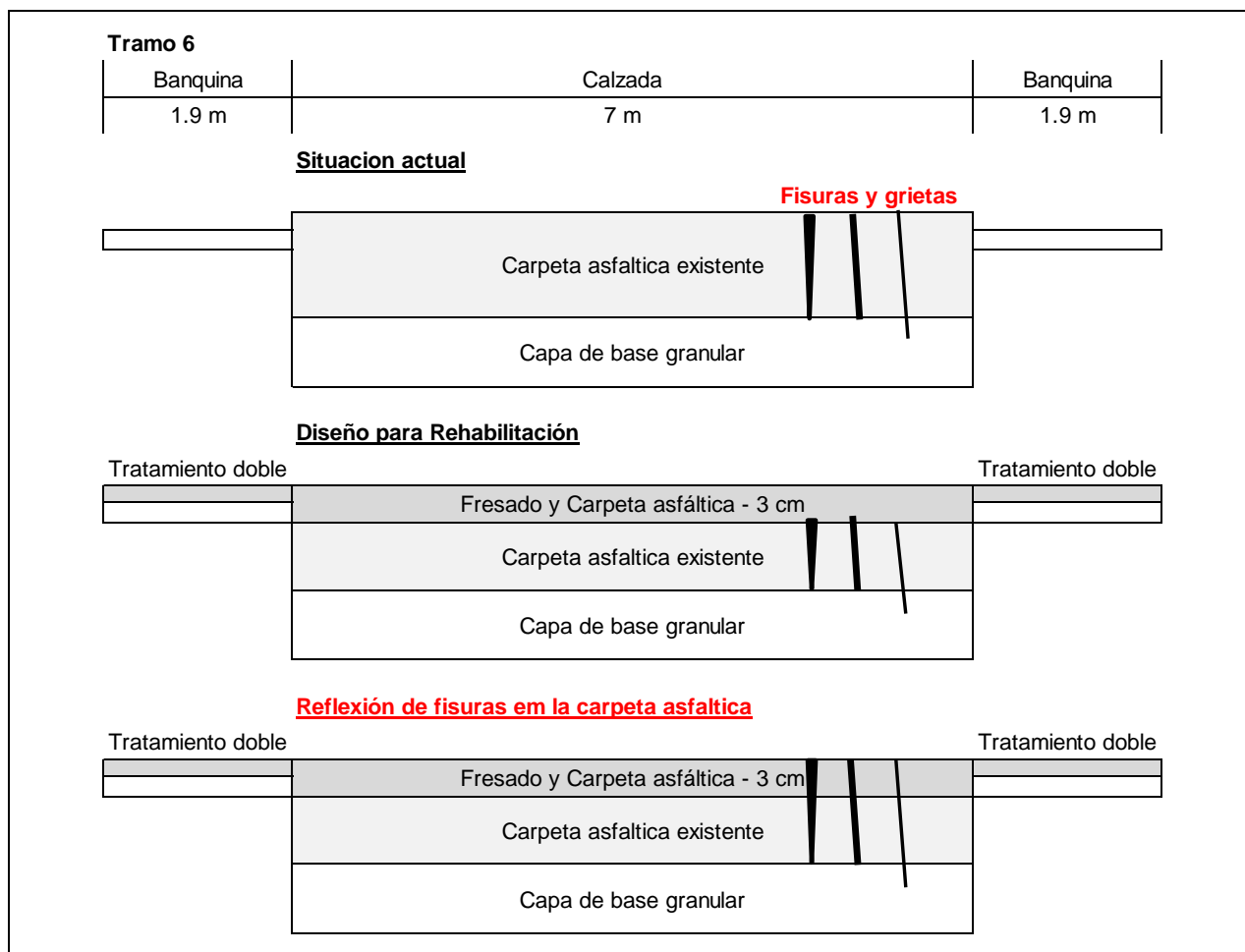
I - Calzada – ejecución de:

- Fresado en toda la calzada con 3 cm de espesor;
- Bacheo;
- Colocación de geogrilla (en algunos puntos no continuos);
- Sellado;
- Carpeta asfáltica con espesor de 3 cm.

II - Banquinas – ejecución de:

- Saneamiento de banquina existente;
- Ejecución de un tratamiento bituminoso doble en 1.90 m de ancho.

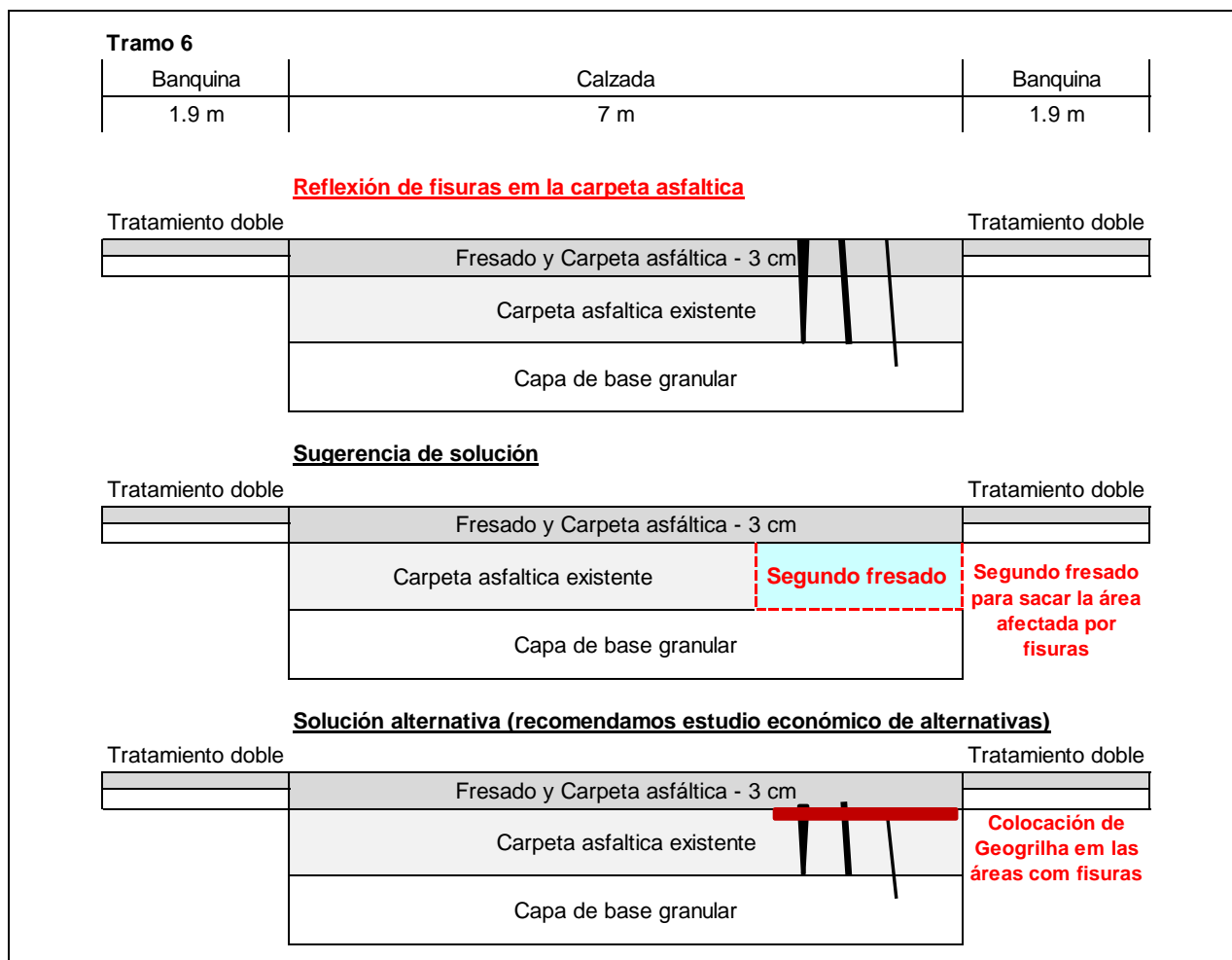
**La solución de rehabilitación puede no ser suficiente para el pavimento de este tramo, se las fisuras y grietas tienen profundidad mayor que lo espesor de fresado de 3 cm del proyecto. Con solo 3 cm de espesor de fresado, no serán sacadas todas las fisuras y grietas, con riesgo de reflexión de las trincas de las capas más profundas en la carpeta asfáltica a ejecutar. La figura abajo muestra este riesgo de reflexión de trincas.**



Hacemos una sugerencia para evitar la reflexión de fisuras y grietas en este tramo:

- Hacer el fresado de 3 cm, en todo ancho de calzada;
- Hacer recorrida en toda la superficie de fresado y identificar las áreas afectadas por fisuras y grietas profundas en el residuo de la capa asfáltica existente, y hacer demarcación de las áreas;
- Hacer segundo fresado en las áreas afectadas por fisuras y grietas profundas hasta la profundidad de las fisuras;
- Hacer reposición de mezcla asfáltica en el área de segundo fresado;
- Ejecutar la carpeta con 3 cm en todo o ancho.

Una alternativa posible es la colocación de geogrilla en toda área afectada por fisuras y grietas, antes de la carpeta asfáltica, pero es necesario comparar los costos de este dos servicios (recomendamos hacer estudio económico de alternativas).



Si no se ejecuta lo segundo fresado se tiene la reflexión de fisuras en la carpeta de 3 cm en poco tiempo.

#### g) Tramo 7

El tramo 7 entre Arroyo Corralito – Mercedes (Km 242,8 a 277,0) presenta pavimento en estado regular, con muchas fisuras selladas aisladas, en lo centro de la huella externa. Hay también puntos con fisuras y grietas interconectadas y ramificadas, con mayor severidad, también selladas, que fueron causadas por segregación o separación de los granos gruesos de lo agregado de los granos finos, denominados “nidos de pajarito”. El agua de las lluvias penetra por las manchas de concentración de granos gruesos, formando las fisuras.

Se observan puntos con fresado ejecutado para eliminar ahuellamientos.

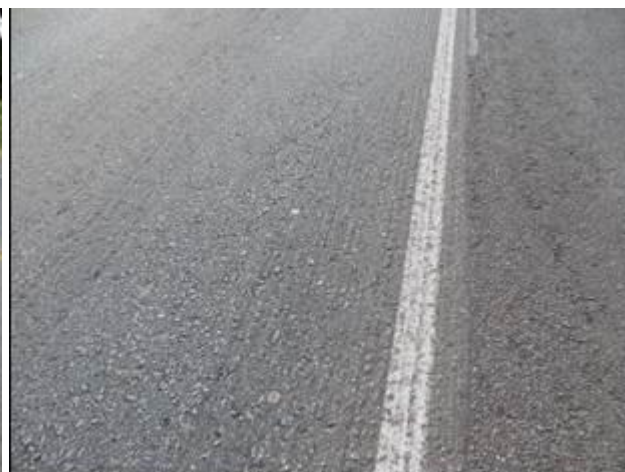




Tramo 7 – pavimento en estado regular, con fisuras en “nidos de pajarito” y fresado en las huellas.



Tramo 7 – pavimento en estado regular, con fisuras selladas en centro de la huella.



Tramo 7 - fresados ejecutados en la huella para eliminar ahuellamientos.

La calidad estructural es buena, con deflexiones bajas - valor característico de 48 (0,01 mm).

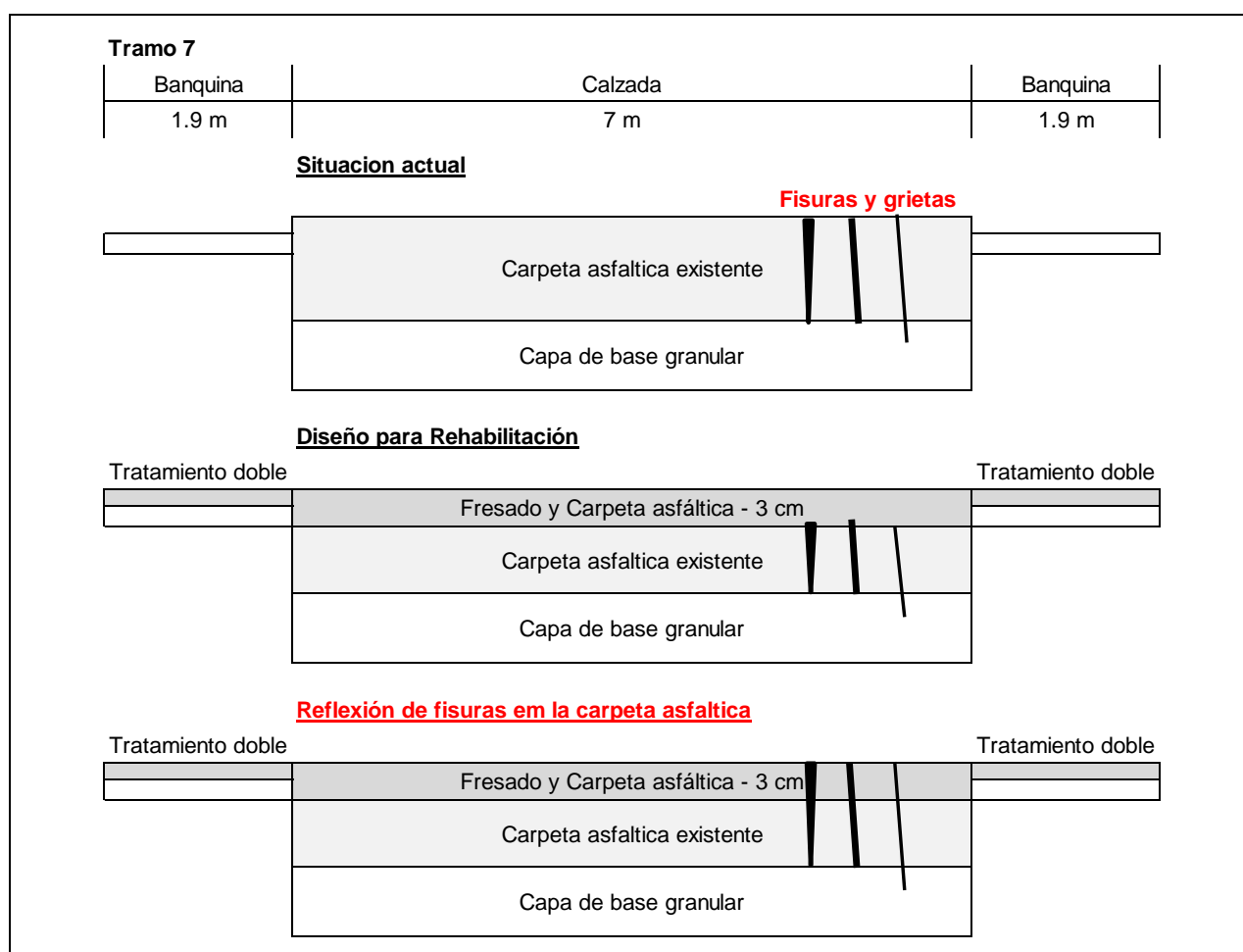
El diseño define que no hay necesidad de refuerzo del pavimento en este tramo, pero el proyecto define las siguientes tareas de rehabilitación:

I - Calzada – ejecución de:

- Fresado en toda la calzada con 3 cm de espesor;
- Bacheo;
- Colocación de geogrilla (en algunos puntos no continuos);
- Sellado;
- Carpeta asfáltica con espesor de 3 cm.

II - Banquinas – solo ejecución de Saneamiento de banquina existente.

La solución de rehabilitación puede no ser suficiente para el pavimento de este tramo, se las fisuras y grietas tienen profundidad mayor que lo espesor de fresado de 3 cm del proyecto. Con solo 3 cm de espesor de fresado, no serán sacadas todas las fisuras y grietas, con riesgo de reflexión de las trincas de las capas más profundas en la carpeta asfáltica a ejecutar. La figura abajo muestra este riesgo de reflexión de trincas.

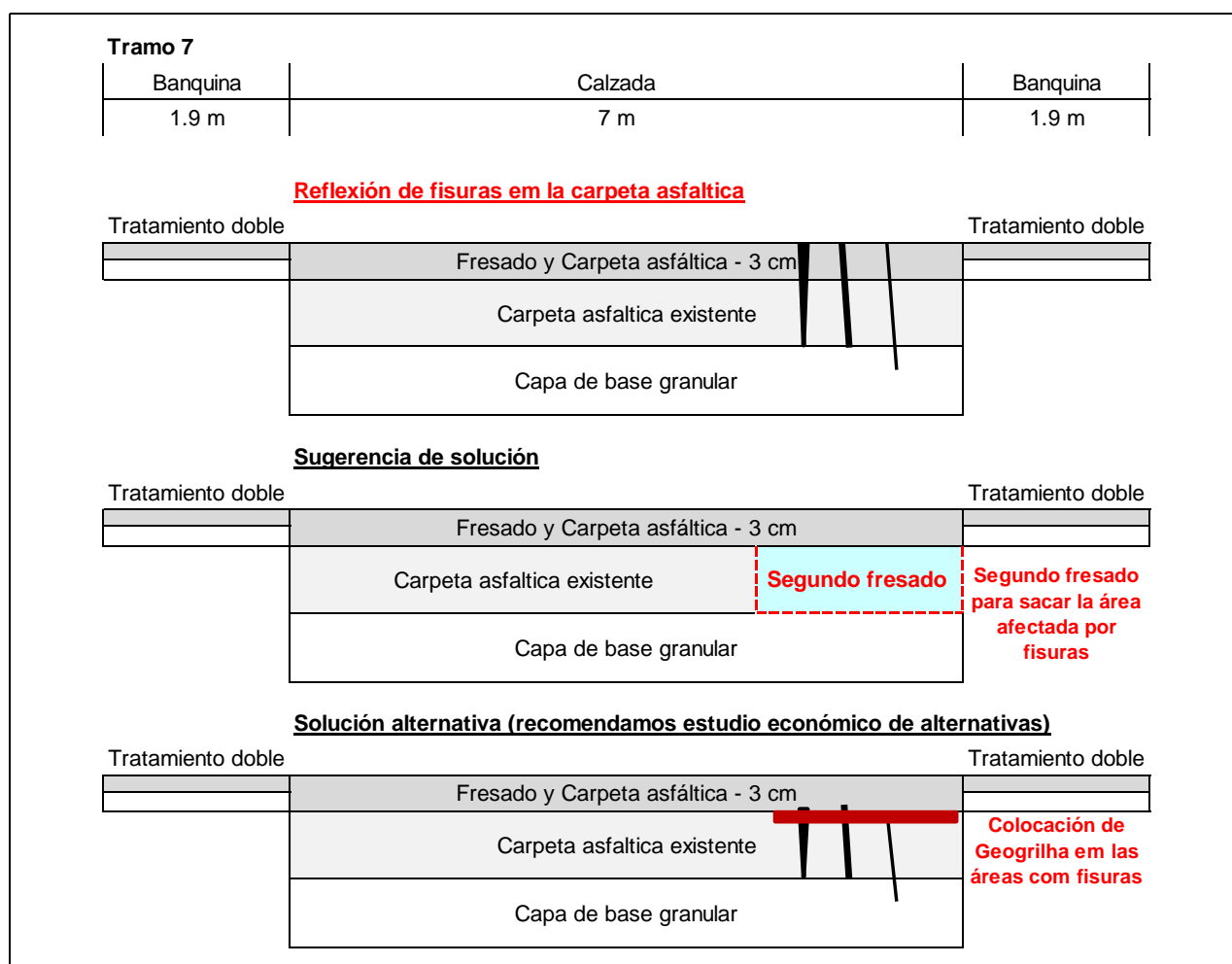


Hacemos una sugerencia para evitar la reflexión de fisuras y grietas en este tramo:

- Hacer el fresado de 3 cm, en todo ancho de calzada;
- Hacer recorrida en toda la superficie de fresado y identificar las áreas afectadas por fisuras y grietas profundas en el residuo de la capa asfáltica existente, y hacer demarcación de las áreas;

- Hacer segundo fresado en las áreas afectadas por fisuras y grietas profundas hasta la profundidad de las fisuras;
- Hacer reposición de mezcla asfáltica en el área de segundo fresado;
- Ejecutar la carpeta con 3 cm en todo o ancho.

Una alternativa posible es la colocación de geogrilla en toda área afectada por fisuras y grietas, antes de la carpeta asfáltica, pero es necesario comparar los costos de este dos servicios (recomendamos hacer estudio económico de alternativas).



Si no se ejecuta lo segundo fresado se tiene la reflexión de fisuras en la carpeta de 3 cm en poco tiempo.

#### h) Tramo 8

En tramo 8, en planta urbana de Mercedes (Km 277,0 a 279,5), se tiene pavimento e hormigón con losas fracturadas.

El proyecto define la ejecución de bacheo y Whitetopping en la calzada, que es suficiente.

#### i) Tramos 9, 10, 11, 13 y 14



Segundo los datos del diseño y estudios do Consorcio Ingeniería del Sur - CSI - INEXTEC MERCOSUR los tramos 9, 10, 11, 13 y 14, de Mercedes a Paso de Frontera tienen pavimento en estado regular, con ahuellamientos en algunos puntos.

La calidad estructural es buena, con deflexiones bajas, de 21 a 64 (0,01 mm).

El diseño define que no hay necesidad de refuerzo del pavimento en este tramo, es suficiente la ejecución de las tareas de mantenimiento.



Tramo 9 – pavimento en bueno estado.

#### j) Tramo 12

El tramo 12, de Acceso Sur a Fray Bentos (entre Km 301,5 a 308,5) presenta deflexión elevada, de 93 (0,01 mm), segundo estudios do Consorcio Ingeniería del Sur - CSI - INEXTEC MERCOSUR. Para este tramo es requerido un refuerzo con 5 cm de carpeta asfáltica, en la revisión de diseño que efectuamos.

Pero el MTOP informó que lo tramo 12 tiene transito liviano, motivo del diseño no definir tareas de rehabilitación, solo mantenimiento de este tramo.

Para el tramo 12 hacemos una sugerencia: que el MTOP hace una evaluación más detallada sobre la necesidad de refuerzo estructural.

## 2.2. ANÁLISE DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN

### 2.2.1. Mezcla asfáltica para evitar deformaciones plásticas

El diseño preliminar de las obras obligatorias mínimas del Anexo 1 de la sección 7 – Especificaciones y condiciones técnicas, y después lo Comunicado N° 2 de 14 de abril de 2015, definen que la rehabilitación de los pavimentos de los tramos 5, 6 y 7 comprenderá fresado y la colocación de una capa de 3 cm de carpeta de rodadura CAC S12 elaborada con cemento asfáltico AM3 (cemento asfáltico modificado por polímero).

Consideramos este una especificación técnica deseable y satisfactoria, con mezcla asfáltica con cualidad para evitar la repetición de los ahuellamientos y hundimientos

plásticos de las capas de rodadura, hoy muy observadas en la red vial del Uruguay. Es una buena solución técnica, ciertamente.

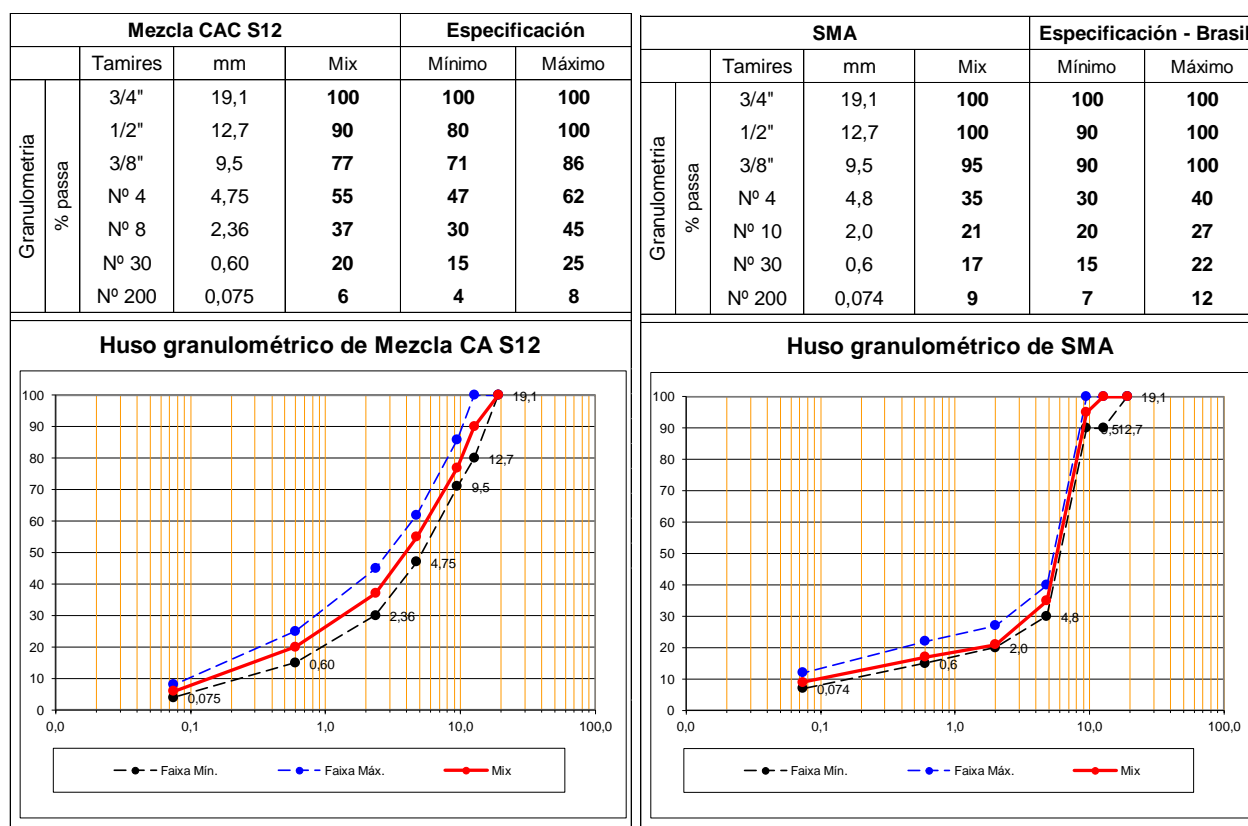
La mezcla asfáltica definida en las especificaciones debe presentar:

- Se elaborada con cemento asfáltico modificado tipo AM 3 según lo establecido en la norma IRAM 6496;
- Agregado con:
  - Desgaste de los Ángeles del árido grueso menor a 30;
  - Índice de lajas para el agregado grueso < 25% según norma IRAM 1687;
  - Equivalente de arena del agregado fino mayor a 50;
  - El árido fino deberá proceder de trituración de roca sana;
- Se utilizará cal hidratada como filler de aportación como mínimo en 1% en peso;
- La granulometría de los áridos que constituyen la mezcla deberá estar incluida en el huso granulométrico grueso definido en la sección 7.

En casos similares en Brasil con mezclas asfálticas en regiones con agregado favorable a la aparición de ahuellamientos plásticos, se emplean mezclas asfálticas gruesas y sin arena, tipo SMA – “Stone Mastic Asphalt”, de tecnología alemán. Se tiene en Brasil una red con este tipo de capa de firme, resistente a ahuellamientos plásticos en São Paulo, Paraná y Minas Gerais.

Estudios de las universidades brasileñas fueran indicativos de que solo el empleo de cemento asfáltico modificado por polímero o asfalto-caucho de alta viscosidad no es suficiente para evitar deformaciones plásticas. Es necesario también se tener uno árido con huso granulométrico grueso, con poca cantidad o sin arena.

Efectuamos una comparación entre el huso granulométrico grueso definido en la sección 7 para la mezcla CAC S12 y el huso de lo pliego de SMA – “Stone Mastic Asphalt” de Brasil, en la figura adjunta.



Observamos que la mezcla indicada en la sección 7 de especificaciones del proyecto de Ruta 2 presenta una graduación continua, similar a mezclas tradicionales de concreto asfáltico. Ya el huso de SMA de Brasil y otros países tiene una graduación descontinua, con mayor resistencia a deformación plástica.

Para otros proyectos en lo futuro recomendamos estudiar el empleo de mezcla tipo SMA – “Stone Mastic Asphalt”, que será más eficiente que la mezcla CAC S12 definida en proyecto de Ruta 2.

### 2.2.2. Modificación de la mezcla asfáltica para rehabilitación

En reunión en MTOP y CVU se presentó el Comunicado N° 2 de Licitación M47 CVU, de 14 de abril de 2015, en que se modificó la descripción de la obra obligatoria de rehabilitación de Ruta 2 para pavimento asfáltico.

En el ítem 13 del Comunicado N° 2 la CVU define:

*“13) Durante la ejecución del contrato la Administración podrá proponer al contratista, quien deberá prestar su conformidad, cambiar el tipo de asfalto propuesto en el pliego para la carpeta asfáltica de rodadura (asfalto modificado), por asfalto AC30, y aumentar la cantidad de obra realizar, sin que ello signifique modificación alguna del monto total adjudicado para el contrato”.*

Esta definición es un retroceso en las especificaciones del proyecto, y implicará en reducción de la calidad de la mezcla asfáltica de la carpeta de los tramos 5, 6 y 7, causando riesgo de repetición de los daños de pavimento de ahuellamientos y hundimientos plásticos, que se observan en la red vial.

Recomendamos no aplicar este ítem 13 en la ejecución del contrato.

### **2.3. ANÁLISIS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO POR NIVELES DE SERVICIO**

Las especificaciones definidas en la sección 7 - Especificaciones y condiciones técnicas de las bases de licitación de Ruta 2 son similares con las adoptadas en contratos CREMA en Brasil, y son adecuadas y suficientes.

En Brasil no se logró éxito con algunas de las condiciones impostas en los pliegos, más que ya son empleados no Uruguay sin problemas, como:

- Pagos de capas asfálticas con descuento cuando se tiene compactación igual o inferior a 98% y 97% para espesor de 5 cm, y inferior a 97% y 96% para espesor mayor que 5 cm;
- Pagos de servicios con descuento cuando no se tiene capacidad de carga de calzada insuficiente, fisuras en losas o IRI mayor que 2,8 – modificado para 3,1;
- Premio por superación de prestaciones.

En la determinación de la suficiencia de compactación de las capas asfálticas se recomienda emplear el Rice Test segundo ASTM D 2041, AASHTO T-209 o AASHTO T-283. Este ya es empleado en Brasil en São Paulo y otras provincias.

Observamos que la especificación de niveles de servicio de IRI es rigurosa. Pero en el Comunicado N° 2 de Licitación M47 CVU, de 14 de abril de 2015, se modificó los valores de rugosidad del Anexo 1:

- IRI de 2,8 se modificó para 3,1;
- IRI de 3,5 se modificó para 3,8.

Son valores más adecuados para un contrato por niveles de servicio.

También no se tiene en Brasil en CREMA la definición de tareas extraordinarias de mantenimiento, que fueron introducidas en Anexo 2 de los pliegos. Pero esto es considerado adecuado, para evitar aditivos en los contratos por aumento de cantidades de servicios de mantenimiento. En Brasil, sin las reas extraordinarias de mantenimiento, se tiene aditivos al contrato para los aumentos de cantidades de servicios de mantenimiento.

En los análisis restó una duda sobre quien es el responsable pela realización de los ensayos y pruebas de laboratorio, para la verificación de lo cumplimiento de los pliegos y aplicación de descuentos y premios, en las evaluaciones bimensuales y semestrales. Si son de responsabilidad del MTOP/CVU o del contratista.

En los análisis observamos que el contratista pudo tener dificultad para atender a los estándares de niveles de servicio de pavimento asfáltico, debido a las limitaciones del diseño con obras de rehabilitación solo en tramos 5, 6 y 7.

## 2.4. ANÁLISIS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA

Efectuamos el análisis del Estudio de Factibilidad Técnico – Socio Económico y Análisis Costo – Beneficio de Contrato de rehabilitación y Mantenimiento de Ruta 2, con empleo del HDM, elaborado por MTOP.

La evaluación económica presentada por MTOP fue realizada para los 4 años de contrato, para una inversión total de US\$ 19,000 mil, con monto de US\$ 12,900 mil para obras de rehabilitación y US\$ 7,000 mil para mantenimiento.

Fue obtenida una tasa interna de retorno de 25,8%, con tasa mínima de 15,1% en lo estudio de sensibilidad.

El informe de estudio presenta las estrategias de mantenimiento adoptadas, de forma adecuada. Pero no se pudo analizar como fueran consideradas en el HDM as obras de rehabilitación de los tramos 2, 4 y 8, en hormigón, y de los tramos 5, 6 y 7 en pavimento asfáltico.

Para análisis más completa de la evaluación económica solicitamos al MTOP enviar las tablas de salidas de “reports” del HDM 4, cuanto a:

- Tablas con los datos detallados de tránsito;
- Tablas con las intervenciones consideradas no HDM para las obras de rehabilitación de los tramos 2, 4 y 8, en hormigón, y de los tramos 5, 6 y 7 en pavimento asfáltico, y su pronóstico de desempeño cuanto a fisuras y IRI al largo del tiempo;
- Tablas de situación con y sin proyecto.

### **3. RUTA 3 – EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO Y RECOMENDACIONES PARA ANTE-PROYECTO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA**

### **3. RUTA 3 – EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO Y RECOMENDACIONES PARA ANTE-PROYECTO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA**

#### **3.1. SITUACION DEL ANTE-PROYECTO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA**

En la misión en Montevideo el MTOP informó que el ante-proyecto de rehabilitación y mantenimiento de la Ruta 3 todavía se están en fase de preparación, y no están listos. Lo mismo se tiene cuanto a la evaluación económica de Ruta 3.

Así, hacemos recomendaciones para el ante-proyecto y evaluación económica de Ruta 3, en función de las informaciones y datos obtenidos en reunión en MTOP y recorrida de campo, una vez que el anteproyecto y evaluación económica de Ruta 3 no están listos.

#### **3.2. EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PAVIMENTO**

Efectuamos una tentativa de evaluación preliminar de los pavimentos de Ruta3, con:

- Datos de las evaluaciones de los tramos del pavimento existente de los archivos do Consorcio Ingeniería del Sur - CSI - INEXTEC MERCOSUR para CVU, de deflexiones con FWD, surco de huellas, rugosidad (IRI) y numero de ejes equivalentes acumulados;
- Observaciones de recorrida de campo y informaciones de reunión con ingenieros de MTOP sobre soluciones que están siendo consideradas en la elaboración de los diseños.

Se presenta adjunto un resumen de los datos de evaluación de los pavimentos de los tramos.

**UR-L1107 - Servicios de Consultoría – Informe 1**

<b>RUTA 3</b>													
<b>Resumen de Datos de Evaluación del Pavimento existente</b>													
Tramo	Descripción	P. Inicial	P. Final	Longitud (km)	Firme	Año ejecución	Diseño	Ejes Acumulados	Deflexión	IRI	Huella (mm)	Daños	Obs.
1	Ruta 1 - San José	67,3	90,0	22,7	Mezcla asf. sobre Hormigon viejo	1998/99		13.193.929	<b>40</b>	<b>2,9</b>	<b>11</b>	Grietas sobre losas. Fisuras - Nidos de pajarito	Necesario evaluación estructural
2	San José (planta urbana)	90,0	95,0	5,0	Mezcla asfáltica	Nuevo		9.978.031	<b>48</b>	<b>4,5</b>	<b>10</b>	Fisuras - Nidos de pajarito	
3	San José - Km 107	95,0	107,0	12,0	Mezcla asfáltica	2005/2006		9.978.031	<b>35</b>	<b>2,5</b>	<b>10</b>	Exudación	Fresado - hundimientos
4	Km 107 - Km 128	107,0	128,0	21,0	Mezcla asfáltica	2005/2006		9.978.031	<b>45</b>	<b>2,6</b>	<b>11</b>	Fisuras - Nidos de pajarito	Necesario evaluación estructural
5	Km 128 - Km 153	128,0	153,0	25,0	Mezcla asfáltica	Obra en ejecución	Recapado - mezcla asfáltica	9.978.031	<b>70</b>	<b>3,9</b>	<b>11</b>		Obra em ejecución
6	Km 153 - Trinidad	153,0	188,0	35,0	Mezcla asfáltica	Obra en ejecución	Reciclado espuma de alfalto	9.978.031	<b>60 a 110</b>	<b>5,5</b>	<b>10</b>		Em diseño - Reciclado de asfalto espumado
7	Trinidad (planta urbana)	188,0	190,0	2,0	Mezcla asfáltica			10.399.113	<b>57</b>			Grietas y fisuras	
8	Trinidad - Ao Juncal	188,0	197,6	9,6	Mezcla asfáltica	Nuevo		10.399.113	Sin datos	<b>2,8</b>	<b>10</b>	Fisuras - Nidos de pajarito	Recapado - mezcla asfáltica
9	Ao Juncal - Ao Grande (Paso el Puerto)	197,6	254,0	56,4	Mezcla asfáltica			9.208.391	<b>70 a 125</b>	<b>2,8</b>	<b>18</b>	<b>Malo - hundimientos &gt; 20 mm y grietas</b>	<b>Em diseño - estudio de Whitetoping</b>



Elaboramos evaluación estructural de los tramos empleando el Procedimiento DNER-PRO 11/79, adoptado en Brasil hay más de 30 años para rehabilitación de pavimentos, que tiene por base el método de Instituto del Asfalto y estudios de Adolfo Celestino Ruiz (Argentina), en que es calculada una deflexión admisible en función de los ejes equivalentes acumulados. Este método todavía permite la estimativa de la vida útil restante del pavimento y el espesor necesario de refuerzo en capa asfáltica. Se presenta el diseño en la tabla siguiente.

Para lo tramo 9 fueron identificados 4 segmentos cuanto a la variación de deflexiones, considerando así 4 tramos homogéneos.

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS												PROCEDIMIENTO DNER-PRO 11/79 (BRASIL)									
Carretera: Ruta 3																					
Tramos Homogeneos					Estructura del Pavimento Existente				Ejes acumulados	Datos del Pavimento Existente			DNER-PRO 11/79							Conclusión - Solución de rehabilitación	
					Firme		Base	Sub-base		Deflexión	Huellas	IRI	Evaluación Estrutural			Estimativa de Vida Restante		Refuerzo			
Tramo	Descripción	Km Inicial	Km Final	Longitud (km)	Carpeta	Esp. (cm)	Esp. (cm)	Esp. (cm)		(10-2 mm)	mm	m/km	Deflexión Admisible	Hipotesis	Calidad Estructural	Ejes acumulados	Vida Útil (años)	Esp. HR (cm)			
1	Ruta 1 - San José	67,3	90,0	22,70	Mezcla asf y base				13.193.929	40	11	2,9									
2	San José (planta urbana)	90,0	95,0	5,00	Mezcla asfáltica				9.978.031	48	10	4,5	60	I	Boa	3,55E+07	10	0	Suficiente		
3	San José - Km 107	95,0	107,0	12,00	Mezcla asfáltica				9.978.031	35	10	2,5	60	I	Boa	213.382.520	10	0	Suficiente		
4	Km 107 - Km 128	107,0	128,0	21,00	Mezcla asfáltica				9.978.031	45	11	2,6	60	I	Boa	5,12E+07	10	0	Suficiente		
5	Km 128 - Km 153	En obra	128,0	153,0	25,00	Mezcla asfáltica			9.978.031	70	11	3,9	60	II	Regular	4.156.819	4	3	Refuerzo		
6	Km 153 - Trinidad		153,0	188,0	35,00	Mezcla asfáltica	14	30	20	9.978.031	110	10	5,5	60	II	Regular	318.750	0	11	Reconstrucción	
7	Trinidad (planta urbana)	188,0	190,0	2,00	Mezcla asfáltica				10.399.113	57			60	I	Boa	13.357.065	10	0	Suficiente		
8	Trinidad - Ao Juncal	188,0	197,6	9,60	Mezcla asfáltica				10.399.113		10	2,8	60								
9	Ao Juncal - Ao Grande (Paso el Puerto)	197,6	205,0	7,40	Mezcla asfáltica	25	20	20	9.208.391	70	18	2,8	61	II	Regular	4.156.819	5	2	Refuerzo		
		205,0	220,8	15,80	Mezcla asfáltica	25	20	20	9.208.391	105	18	2,8	61	II	Regular	415.186	0	9	Reconstrucción		
		220,8	232,1	11,30	Mezcla asfáltica	25	20	20	9.208.391	125	18	2,8	61	II	Regular	154.174	0	13	Reconstrucción		
		232,1	254,0	21,90	Mezcla asfáltica	25	20	20	9.208.391	95	18	2,8	61	II	Regular	733.174	0	8	Reconstrucción		

En el diseño preliminar por el método brasileño DNER-PRO 11/79, basado en Instituto del Asfalto, se ha identificado necesidad de reconstrucción de pavimento con deflexiones altas en lo tramo 6 y en 3 de los segmentos de lo tramo 9. En el tramo 5 es necesario refuerzo.

También elaboramos evaluación estructural preliminar empleando la metodología del AASHTO Guide 1997, que fue empleado en lo diseño del MTOP y por Consorcio Ingeniería del Sur - CSI - INEXTEC MERCOSUR en sus estudios. Para las deflexiones obtenidas con FWD fue calculado el SN efectivo del pavimento existente y con los ejes aculados fue calculado o SN requerido, con obtención de los espesores necesarios de refuerzo de los tramos. Se presenta el diseño en la tabla siguiente. Fue elaborado para tramos 6 y 9, de que se tiene los espesores de las capas del pavimento.

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS																			DISEÑO AASHTO 93			
Carretera: Ruta 3																						
Tramos Homogeneos					Estructura del Pavimento Existente				W18 Ejes acumula- dos	Deflexión FWD  (10-2 mm)	Diseño AASHTO Guide 93									Conclusión - Solución de rehabilitación		
					Firme		Base	Sub-base			Snreq requerido (p/ W18)	ai Coeficientes estructurales		SNp de las capas	MR de diseño - Subrasante		Sneff efectivo	Refuerzo				
Tramo	Descripción	Km Inicial	Km Final	Longi- tud (km)	Carpeta	D (cm)	D (cm)	D (cm)	Capa asf.	Capa Granular		kg/cm²	PSI		SNref	Espesor (cm)						
1	Ruta 1 - San José	67,3	90,0	22,70	Mezcla asf y base				13.193.929	40	5,0											
2	San José (planta urbana)	90,0	95,0	5,00	Mezcla asfáltica				9.978.031	48	4,4											
3	San José - Km 107	95,0	107,0	12,00	Mezcla asfáltica				9.978.031	35	4,4											
4	Km 107 - Km 128	107,0	128,0	21,00	Mezcla asfáltica				9.978.031	45	4,4											
5	Km 128 - Km 153	En obra	128,0	153,0	25,00	Mezcla asfáltica			9.978.031	70	4,4											
6	Km 153 - Trinidad		153,0	188,0	35,00	Mezcla asfáltica	14	30	20	9.978.031	110	6,4	0,40	0,14	5,0	250	3.571	4,2	2,2	14	Reconstrucción	
7	Trinidad (planta urbana)	188,0	190,0	2,00	Mezcla asfáltica				10.399.113	57	4,7											
8	Trinidad - Ao Juncal	188,0	197,6	9,60	Mezcla asfáltica				10.399.113		4,7											
9	Ao Juncal - Ao Grande (Paso el Puerto)	197,6	205,0	7,40	Mezcla asfáltica	25	20	20	9.208.391	70	6,4	0,40	0,14	6,1	484	6.914	6,2	0,2	1	Refuerzo		
		205,0	220,8	15,80	Mezcla asfáltica	25	20	20	9.208.391	105	6,4	0,40	0,14	6,1	250	3.571	4,2	2,2	14	Reconstrucción		
		220,8	232,1	11,30	Mezcla asfáltica	25	20	20	9.208.391	125	6,4	0,40	0,14	6,1	189	2.700	3,8	2,6	17	Reconstrucción		
		232,1	254,0	21,90	Mezcla asfáltica	25	20	20	9.208.391	95	6,4	0,40	0,14	6,1	290	4.143	4,8	1,6	10	Reconstrucción		

Pero, las evaluaciones y diseño todavía están en preparación por el MTOP, y después de listos se puede hacer su análisis.

### 3.3. RECOMENDACIONES PARA EL ANTE-PROYECTO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA

#### a) Tramo 1

El tramo 1 entre Ruta 1 - San José (Km 67,3 a 90,0) presenta mezcla asfáltica sobre hormigón viejo, ejecutada en 1998/99.

Se observan dos situaciones en este tramo:

- Segmento inicial con pavimento en estado bueno, solo con grietas en las juntas de las losas de hormigón;
- Segundo segmento con fisuras selladas en manchas de concentración de granos gruesos de agregados, por segregación o separación en la mezcla asfáltica, denominados “nidos de pajarito”. Ya fue realizado fresado.



Tramo 1 – segmento con pavimento en estado bueno, solo con grietas en las juntas de las losas de hormigón.



Tramo 1 - fisuras selladas en manchas de concentración de granos gruesos de agregados.

Es necesario realizar evaluación estructural del pavimento de este tramo.

#### b) Tramo 2

El tramo 2 está ubicado en la planta urbana de San José (Km 90,0 a 95,0) presenta mezcla asfáltica nueva.

Se observan fisuras selladas en manchas de concentración de granos gruesos de agregados, por segregación o separación en la mezcla asfáltica, denominados “nidos de pajarito”. Ya fue realizado fresado.



Tramo 2 - fisuras selladas en manchas de concentración de granos gruesos de agregados por segregación de la mezcla – nidos de pajarito.

#### c) Tramo 3

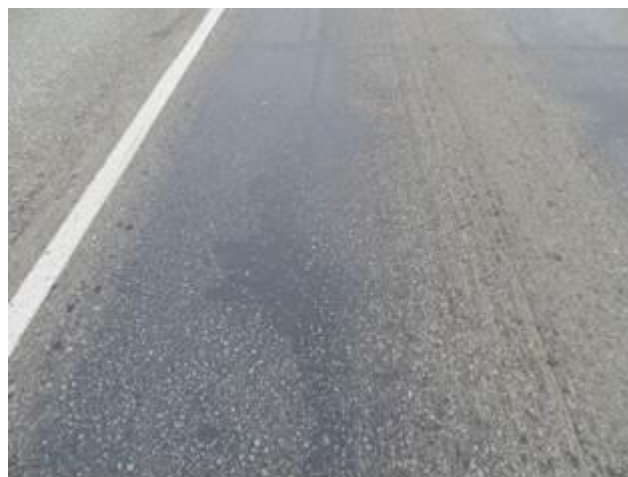
El tramo 3 entre San José – Km 107 (Km 95,0 - km 107,0) presenta mezcla asfáltica, ejecutada en 2005/2006.

Se observan dos situaciones en este tramo exudación de asfalto y fresado ejecutado para eliminar ahuellamientos y hundimientos.



Tramo 3 – fresado para eliminar ahuellamientos.





Tramo 3 – exudación severa.

d) Tramo 4

El tramo 4 entre Km 107 – Km 128 presenta mezcla asfáltica ejecutada en 2005/2006.

Se observan en este tramo pavimento en estado regular con fisuras selladas en manchas de concentración de granos gruesos de agregados, por segregación o separación en la mezcla asfáltica, denominados “nidos de pajarito”. Y se tienen fisuras aisladas en algunos puntos.



Tramo 4 –pavimento con fisuras aisladas o interconectadas, selladas.



Tramo 4 - fisuras selladas en manchas de concentración de granos gruesos de agregados.

Es necesario realizar evaluación estructural del pavimento de este tramo.

e) Tramo 7

El tramo 7 comprende la planta urbana en Trinidad (Km 188,0 a 190,0), con carpeta con fisuras y grietas.



Tramo 7 – pavimento con fisuras y grietas.

f) Tramo 8

El tramo 8 entre Trinidad - Arroyo Juncal (Km 188,0 a 197,6) tiene recapado de mezcla asfáltica nueva, pero ya con daños de fisuras en manchas de granos gruesos (segregación).





Tramo 8 – fisuras en recapado nuevo.

## g) Tramo 9

El tramo 9 está ubicado entre Arroyo Juncal - Arroyo Grande (Paso el Puerto) (Km 197,6 a 254,0).

El pavimento de este tramo es considerado problemático y malo por los ingenieros de MTOP, que informó estar realizando diseño para rehabilitación con solución de Whitetoping, con losas de hormigón sobre la capa asfáltica existente.

Pelos datos obtenidos junto al MTOP y CVU se tiene pavimento en estado malo, con ahuellamientos y hundimientos elevados, con promedio de 18 mm (Datos de Consorcio Ingeniería del Sur - CSI - INEXTEC MERCOSUR), además grietas severas.

La condición estructural é mala, con deflexiones altas, entre 70 y 125 (0,01 mm). Fueran identificados en los datos de deflexiones de MTOP 4 segmentos homogéneos en lo tramo 9, con:

Tramos Homogeneos					Datos del Pavimento Existente		
					Deflexión	Huellas	IRI
Tramo	Descripción	Km Inicial	Km Final	Longitud (km)	(10-2 mm)	mm	m/km
9	Ao Juncal - Ao Grande (Paso el Puerto)	197,6	205,0	7,40	70	18	2,8
		205,0	220,8	15,80	105	18	2,8
		220,8	232,1	11,30	125	18	2,8
		232,1	254,0	21,90	95	18	2,8

Para el diseño de rehabilitación del tramo 9 recomendamos realizar estudio técnico y económico de alternativas, entre Whitetoping y reciclado con asfalto espumado o reciclado con cemento.

En la evaluación económica de rehabilitación del tramo 9 recomendamos considera alternativa de Whitetoping y reciclado con asfalto espumado o reciclado con cemento.

Las fotos siguientes muestran la condición de este tramo.



Tramo 9 – grietas interconectadas.



Tramo 9 – grietas aisladas.



Tramo 9 – ahuellamientos, con hundimientos plásticos elevados.



Tramo 9 – bacheo ejecutado, ya con daños (fisuras).

### 3.4. TRAMOS EN OBRA DE REHABILITACIÓN

#### a) Tramo 5

El tramo 5 entre Km 128 – Km 153 tiene obras en ejecución en préstamo del BID. El proyecto define la ejecución de bacheo y recapado con mezcla asfáltica.

Las deflexiones son altas, con promedio de 70.

Fueron observados algunas fallas en la ejecución de la obra, como:

- Manchas de concentración de granos gruesos de agregados, por segregación o separación en la mezcla asfáltica, tipo “nidos de pajarito”, con retención de agua de las lluvias, con riesgo de causa de fisuras;
- Empleo de mezcla con granos con tamaño mayor que lo diámetro máximo del huso granulométrico adoptado;
- Mezcla contaminada por palos de madera y con terrón de arcilla;
- Erosión en las banquetas.



Obra en ejecución – recapado con mezcla asfáltica.





Granos de tamaño máximo mayor que lo diámetro máximo del huso granulométrico, sacado de la mezcla.



Manchas de concentración de granos gruesos de agregados, por segregación o separación en la mezcla asfáltica, tipo “nidos de pajarito”, con riesgo de causa de fisuras



Retención de agua de las lluvias en manchas de concentración de granos gruesos de agregados. Fisura en formación en mancha de granos gruesos.



Mezcla contaminada por palos de madera y con terrón de arcilla.



Erosión en las banquetas, con suelo de arenas.

#### b) Tramo 6

El tramo 6 entre Km 153 – Trinidad (Km 153,0 a 188,0) tiene obras en ejecución en préstamo del BID. El proyecto define la ejecución de bacheo y recado con mezcla asfáltica.

Fue informado por MTOP que el contratista está realizando estudios y evaluaciones del pavimento por el Ing. Consultor David Colins, de África del Sur, para estudio de alternativa para rehabilitación de este tramo, con reciclado con asfalto espumado.

Según los datos de deflexiones obtenidas con FWD presentadas por MTOP para este tramo, se tienen deflexiones altas, entre 60 y 110 (0,01 mm).

Este tipo de rehabilitación, con reciclado con asfalto espumado, ya fue ejecutado en varias obras en Brasil, con éxito. Pero el reciclado con asfalto espumado exige algunos cuidados en lo diseño, como:

- Espesor de la capa reciclada compactada mínima de 15 o 17 cm;
- Ejecución de continuación de la capa reciclada en las banquetas, en lo mínimo un ancho de 1 m de cada lado, para no se tener contención de agua y roturas;



- Empleo de cemento o, mejor, cal hidratada en la mezcla de reciclado;
- Mezcla de capa de base y capa asfáltica fresada;
- Control de calidad rígido, con laboratorio adecuado en campo.

Hacemos una sugerencia: estudiar también reciclado con grava y cemento, con evaluación técnica y económica de dos alternativas.

Las fotos muestran en estado del pavimento de este tramo.



Tramo 6 – pavimento en estado malo.

En la obra fue ejecutado suelo arenoso en las banquetas, pero para la rehabilitación será necesaria la ejecución de capa de base en las banquetas con CBR adecuado, según el proyecto. Será necesario demolición y retirada del suelo arenoso ejecutado para ejecución de capa de base.

## **4. RUTA 1 - ANÁLISIS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO DEL CREMA**

## 4. RUTA 1 - ANÁLISIS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO POR NIVELES DE SERVICIOS

### 4.1. OBSERVACIONES DEL PAVIMENTO

En función de la recorrida de campo en parte de la Ruta 1, observamos:

a) Hay tramos con pavimento de hormigón con más de 30 años, con IRI alto y losas fracturadas.



Km 0 a 20 - Hormigón con losas fracturadas.



b) Tramo con pavimento de hormigón nuevo, bueno, con IRI bajo – Km 22 a 35.



Km 22 - Hormigón nuevo, bueno.



c) Tramos con mezcla asfáltica sobre losas de hormigón, con fisuras selladas.





Km 36 a derecha - Mezcla asfáltica sobre hormigón, con fisuras.

d) Tramo con hormigón malo, con muchas fisuras en lo concreto hidráulico, y IRI alto.



Km 36 a izquierda – hormigón malo, con fisuras.

e) Tramo de By Pass Libertad con hormigón malo, con IRI alto y losas reemplazadas.



By Pass Libertad con hormigón con IRI alto. Hay losas reemplazadas.

f) Tramo después de trinidad – mezcla asfáltico sobre hormigón, nuevo



Después de trinidad – mezcla asfáltico sobre hormigón, nuevo.



Mezcla asfáltica en ejecución con segregación (manchas de granos gruesos) y mezcla contaminada con palo de madera.

#### 4.2. ANÁLISIS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones definidas en la sección 7 - Especificaciones y condiciones técnicas de las bases de licitación de Ruta 1 son similares con las adoptadas en contratos CREMA en Brasil, y parecen ser adecuadas y suficientes.

En Brasil no se logró éxito con algunas de las condiciones impostas en los pliegos, más que ya son empleados no Uruguay sin problemas, como:

- Pagos de capas asfálticas con descuento cuando se tiene compactación igual o inferior a 98% y 97% para espesor de 5 cm, y inferior a 97% y 96% para espesor mayor que 5 cm;
- Pagos de servicios con descuento cuando no se tiene capacidad de carga de calzada insuficiente, fisuras en losas o IRI mayor que 3,6.

En la determinación de la suficiencia de compactación de las capas asfálticas se recomienda emplear el Rice Test segundo ASTM D 2041, AASHTO T-209 o AASHTO T-283. Este ya es empleado en Brasil en São Paulo y otras provincias.

Observamos que la especificación de niveles de servicio de IRI es rigurosa, por no se tener obra de rehabilitación, con valor máximo de 3,6, con tolerancia de 15%.

Este valor es bajo para un contrato por niveles de servicio en pavimento con hormigón con deformaciones y losas bailarinas.

En los análisis observamos que el contratista pudo tener dificultad para atender a los estándares de niveles de servicio de pavimento asfáltico, debido a no se tener obras de rehabilitación en la Ruta 1.

También no se tiene en Brasil en CREMA la definición de tareas extraordinarias de mantenimiento, que fueron introducidas en Anexo 2 de los pliegos. Pero esto es considerado adecuado, para evitar aditivos en los contratos por aumento de cantidades de servicios de mantenimiento. En Brasil, sin las reas extraordinarias de mantenimiento, se tiene aditivos al contrato para los aumentos de cantidades de servicios de mantenimiento.

En los análisis restó una duda sobre quien es el responsable pela realización de los ensayos y pruebas de laboratorio, para la verificación de lo cumplimiento de los pliegos y aplicación de descuentos y premios, en las evaluaciones bimensuales y semestrales. Si son de responsabilidad del MTOP/CVU o del contratista.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

#### **5.1.1. Ruta 2**

En los análisis se puede concluir que el proyecto de rehabilitación y las especificaciones técnicas de mantenimiento son adecuados para la Ruta 2.

Observamos en el análisis que se modificó en Comunicado N° 2 el alcance de las obras de rehabilitación, de tramos 5 y 6 para tramos 5, 6 y 7, longitud de 33,2 km para 67,4 km, con reducción de espesor de fresado y carpeta de 4 cm para 3 cm. Con esto la cantidad de mezcla asfáltica para carpeta aumentó de 24.500 ton para 36.900 ton, con aumento en el presupuesto.

Con este se tiene una solución de más baja calidad para rehabilitación de la calzada de tramos 5 y 6, con 3 cm de espesor, con riesgo cuanto a la suficiencia para eliminación de ahuellamientos y hundimientos existentes.

La evaluación económica logró obtener una tasa interna de retorno adecuada, de 25%, pero se necesita de tablas de salidas del HDM para completar el análisis.

#### **5.1.2. Ruta 3**

Como el ante-proyecto no está listo, hacemos recomendaciones y sugerencias para su elaboración.

#### **5.1.3. Ruta 1**

En los análisis se puede concluir que las especificaciones y pliegos, y condiciones para los niveles de servicios, son adecuados.

### **5.2. INFORMACIONES COMPLEMENTARES REQUERIDAS**

#### **5.2.1. Ruta 2**

Para análisis más completa de la evaluación económica solicitamos al MTOP enviar las tablas de salidas de “reports” del HDM 4, cuanto a:

- Tablas con los datos detallados de tránsito;
- Tablas con las intervenciones consideradas no HDM para las obras de rehabilitación de los tramos 2, 4 y 8, en hormigón, y de los tramos 5, 6 y 7 en pavimento asfáltico, y su pronóstico de desempeño cuanto a fisuras y IRI al largo del tiempo;
- Tablas de situación con y sin proyecto.

Recomendamos considerar en HDM los costos y estrategias de rehabilitación de acuerdo con el diseño:

Tramos 5, 6 y 7 – Progresivas Km 209,65 a 277,0 – longitud de 67,4 km:

a) Calzada – ejecución de:

- Fresado en toda la calzada con 3 cm de espesor;
- Bacheo;
- Colocación de geogrilla (en algunos puntos no continuos);
- Sellado;
- Carpeta asfáltica con espesor de 3 cm.

b) Banquinas – ejecución de:

Tramo	5 y 6	7
Banquina	Saneamiento de banquina existente Ejecución de un tratamiento bituminoso doble en 1.90 m de ancho	Saneamiento de banquina existente

c) Para los pavimentos de hormigón el proyecto define la rehabilitación:

Tramo Progresiva Km	2 195,9 a 197,6 Sta. Catalina	4 207,0 a 209,65 Rodó	8 277,0 a 279,5 Mercedes
Calzada	Bacheo y Whitethopping	Demolición pavimento. Estabilizado con cemento Pórtland del Material granular descubierto. Pavimento de hormigón - 23 cm de espesor.	Bacheo y Whitethopping
Banquina	Pavimento hormigón estampado (símil adoquines o baldosas)		

### 5.2.2. Ruta 3

Esperamos recibir el ante-proyecto de rehabilitación y la evaluación económica, además las especificaciones técnicas de Ruta 3, para efectuar los análisis.

## 5.3. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS TÉCNICAS

### 5.3.1. Ruta 2

I - Tramo 4

Hacemos una sugerencia: hacer nueva evaluación detallada de las características funcionales y estructurales del tramo 4, en la tentativa de confirmar la conclusión visual de que se puede estudiar una solución de rehabilitación de menor costo, con Whitetopping, en la parte central de la planta urbana con pavimento con carpeta asfáltica sobre losas con fisuras, pero en estado regular.

II - Tramos 6 y 7

Hacemos una sugerencia para evitar la reflexión de fisuras y grietas en este tramo:

- Hacer el fresado de 3 cm, en todo ancho de calzada;
- Hacer recorrida en toda la superficie de fresado y identificar las áreas afectadas por fisuras y grietas profundas en el residuo de la capa asfáltica existente, y hacer demarcación de las áreas;
- Hacer segundo fresado en las áreas afectadas por fisuras y grietas profundas hasta la profundidad de las fisuras;
- Hacer reposición de mezcla asfáltica en el área de segundo fresado;
- Ejecutar la carpeta con 3 cm en todo o ancho.

Una alternativa posible es la colocación de geogrilla en toda área afectada por fisuras y grietas, antes de la carpeta asfáltica, pero es necesario comprar los costos de este dos servicios (recomendamos hacer estudio económico de alternativas).

### III - Tramo 12

Para el tramo 12 hacemos una sugerencia: que el MTOP hace una evaluación más detallada sobre la necesidad de refuerzo estructural.

### IV - Especificación de mezcla asfáltica

Recomendamos no aplicar el ítem 13 del Comunicado N° 2 la CVU en la ejecución del contrato, para evitar riesgo de daños en la carpeta de tramos 5, 6 y 7 de Ruta 2 con ahuellamientos plásticos:

*“13) Durante la ejecución del contrato la Administración podrá proponer al contratista, quien deberá prestar su conformidad, cambiar el tipo de asfalto propuesto en el pliego para la carpeta asfáltica de rodadura (asfalto modificado), por asfalto AC30, y aumentar la cantidad de obra realizar, sin que ello signifique modificación alguna del monto total adjudicado para el contrato”.*

Este ítem 13 es un retroceso en las especificaciones del proyecto, y implicará en reducción de la calidad de la mezcla asfáltica de la carpeta de los tramos 5, 6 y 7, causando riesgo de repetición de los daños de pavimento de ahuellamientos y hundimientos plásticos, que se observan en la red vial.

### V - Pliegos

En la determinación de la suficiencia de compactación de las capas asfálticas se recomienda emplear el Rice Test segundo ASTM D 2041, AASHTO T-209 o AASHTO T-283.

En los análisis restó una duda sobre quien es el responsable pela realización de los ensayos y pruebas de laboratorio, para la verificación de lo cumplimiento de los pliegos y aplicación de descuentos en las evaluaciones bimensuales y semestrales. Si son de responsabilidad del MTOP/CVU o del contratista.

### 5.3.2. Ruta 3

#### I - Tramos 1, 2, 3, 4, 7 y 8

Recomendamos prever obras obligatorias de rehabilitación del pavimento en estos tramos, y no solo mantenimiento por niveles de servicio.

Recomendamos hacer evaluación estructural en el diseño, para definición de la solución necesaria de rehabilitación.

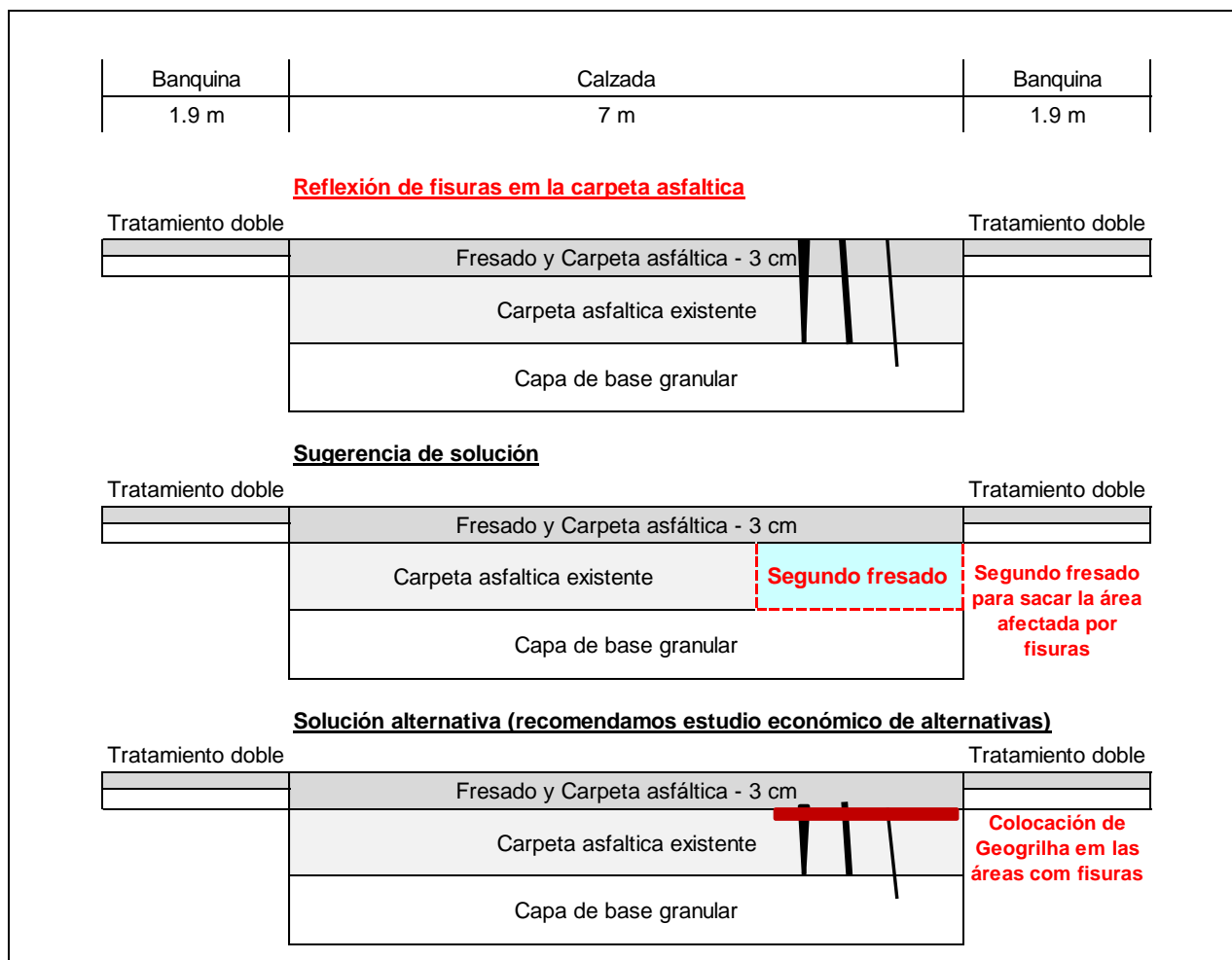
Nos tramos con fisuras selladas en manchas de concentración de granos gruesos de agregados, por segregación o separación en la mezcla asfáltica, denominados “nidos de pajarito”, hacemos una sugerencia para el diseño, para evitar la reflexión de fisuras y grietas en la capa de refuerzo:

- Hacer el fresado en todo ancho de calzada;
- Hacer recorrida en toda la superficie de fresado y identificar las áreas afectadas por fisuras y grietas profundas en el residuo de la capa asfáltica existente, y hacer demarcación de las áreas;
- Hacer segundo fresado en las áreas afectadas por fisuras y grietas profundas hasta la profundidad de las fisuras;
- Hacer reposición de mezcla asfáltica en el área de segundo fresado;
- Ejecutar la carpeta con espesor del diseño en todo o ancho.

Una alternativa posible es la colocación de geogrilla en toda área afectada por fisuras y grietas, antes de la carpeta asfáltica, pero es necesario comparar los costos de estos dos servicios.

Recomendamos hacer estudio económico de alternativas entre segundo fresado y geogrilla.





En la fase de elaboración del diseño se puede sacar testigos de la carpeta asfáltica con sondeo rotativo, para evaluar la profundidad de las fisuras y grietas y definir el espesor necesario de fresado.



## II - Tramo 9

Para el diseño de rehabilitación del tramo 9, de Arroyo Juncal - Arroyo Grande (Paso el Puerto), recomendamos realizar estudio técnico y económico de alternativas, entre Whitetopping y reciclado con asfalto espumado o reciclado con cemento.

En la evaluación económica de rehabilitación del tramo 9 recomendamos considera alternativa de Whitetopping y reciclado con asfalto espumado o reciclado con cemento.



Reciclado de base con asfalto espumado.



Reciclado de base con cemento y grava.



### 5.3.3. Proyectos Futuros

En los recorridos de campo observamos que se tienen dos problemas en los pavimentos asfálticos de la red: fisuras causadas por manchas de segregación y ahuellamientos plásticos. Para evitar la repetición de estos problemas, hacemos sugerencias:

- Tomar cuidados ejecutivos para evitar la segregación de las mezclas asfálticas por separación de granos gruesos del agregado – con prácticas ejecutivas adecuadas;
- Para otros proyectos en lo futuro recomendamos estudiar el empleo de mezcla tipo SMA – “Stone Mastic Asphalt”, que será más eficiente que la mezcla CAC S12 definida en proyecto de Ruta 2.

En la continuidad de los trabajos de consultoría presentaremos especificación técnica del SMA y detalles ejecutivos para evitar la segregación.

Ing. Consultor Marcílio Augusto Neves

