Ministerio de OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES — GOBIERNO NACIONAL — Paraguay de la gente

MESA DE ENTRADA ÚNICA
EXPEDIENTE Nº 31575/2021

TITULAR:
CONSULTORA GUARANI

NOMBRE Y APELLIDO:
ROMINA RETAMOZO
TELEFONO:
021 611 155
CORREO ELECTRONICO:

REFERENCIA:
CONTRATO SG MINISTRO N° 418/2020.
REMISION DE DOCUMENTOS REQUERIDOS
EN NOTA DCV N° 1881/2021

FACTURA: Nro. 0 — **Monto: GS.** 0

USUARIO/FECHA/HORA DE REGISTRO.:

SARDIAN 02/08/2021 15:30:38

SECRETARIA GENERAL
GABINETE DEL MINISTRO
Jef. Gabinete ____ DIPE ____
D.Asuntos Jur. ____ D.de Tic's ____
D.Relaciones P. ____ D.Auditoria I. ____
Secretaria Privada ____ U.O.C. ____
D.Comunicaciones ____ DAPSAN ____
Patrulla Caminera ____ DGESA ____
C.RR.II. ____ DTyA ____
VMOP ____
D.Obras Públicas ____ Comisión Plic. ____
D.Vialidad ____ D.Caminos Vec. ____
Div.Arch y Bib. ____ D.B.I ____ UEPE ____
VMAF ____
D.Finanzas ____ D.Planif.Econ. ____
D.Contaduría ____ D.Bienes y S. ____
D.Rec.Humanos ____ D.Crédito P. ____
VMME ____
D.Rec.Energ. ____ D.Rec.Minerales ____
VMT ____
Dirección de Marina Mercante ____
OTROS ____

M.O.P.C. - V.M.O.P.
Exp. Nº 03 AGO 2021 9341
Fecha ____ Hora 07:42
Firma

M.O.P.C.
G.V.M.O.P.C. Fecha: 3-8-21
☐ VMAF ☐ DV ☐ DCV ☐ DOP
☐ C. T.C. ☐ DPV ☐ DSI ☐ DUEP
☐ DOAF ☐ RU/BTR ☐ CAPSCH ☐ SG
☐ UEP IB ☐ CAC ☐ CAPE ☐ DAJ
☐ DAPSAN ☐ CRI ☐ UOC ☐ UOM
Ing. IGNACIO GÓMEZ N.
Coordinador de Obras Públicas y Comunicaciones

RECIBIDO
Fecha 03 AGO 2021 15:53
Firma

BRENDA MARIA JOSE GIMENEZ GONZALEZ
Firmado digitalmente por BRENDA MARIA JOSE GIMENEZ GONZALEZ
Fecha: 2021.08.02 15:37:46 -04'00'

Fecha 03 AGO 2021
☐ DAJ ☐ DTyA
☐ DOP ☐ UEPE
☐ DAC ☐ DI
☐ DV ☐ CR ☐ DI
☐ SG ☐ CM ☐ DC

(284) doscientos ochenta y cuatro

198 (ciento noventa y ocho)

CONSULTORA GUARANI
INGENIEROS CIVILES
Rectificio 5704 c/ Aviat Paraguayos
Asunción - Paraguay
(595-21) 613 5546

Asunción, 02 de agosto de 2021

G2 MOPC N° 128/2021

Señor
Ing. Rubén Andino, Director
Dirección de Caminos Vecinales - MOPC
Oliva casi Alberdi
Asunción - Paraguay
Tel.+59521 4149 0000

Ref.: Fiscalización de Obras de Construcción de Pavimentación tipo Asfáltico en los Tramos de Caminos Vecinales en los Departamentos de San Pedro y Caaguazú - Grupo 2. Proyecto de Mejoramiento de Caminos Vecinales y Puentes en la Región Oriental.
Contrato SG MINISTRO No 418/2020.

Asunto: Presentación del Convenio Modificatorio N° 1- Rovial S.A.

De nuestra mayor consideración:

Nos dirigimos a Ud. en respuesta a la Nota **N° D.C.V N° 1881/2021**, por la cual solicitan la presentación de los documentos que componen el Convenio Modificatorio N° 1 del Lote 3 - **Contratista Rovial S.A.** correspondiente a la Obra de la Referencia.

En efecto una vez completado los documentos en la forma solicitada en la referida Nota, remitimos a esa Dirección las documentaciones del Convenio Modificatorio de Obra N° 1 de **Rovial S.A.**

Adjuntos:

- Informe Técnico de la Fiscalización.
- Documentación Técnica en 3 ejemplares impresos
- Una copia en formato digital (1CD). Conteniendo los archivos pdf y editables del documento impreso.

Hacemos propicia la oportunidad para saludarle Atentamente.

Ing. Ricardo Fretes
Representante Legal

MOPC
DCV
03 AGO 2021
VMC
DCP
DAI
UOC
Ing. Rubén Andino Lezcano
Dirección de Caminos Vecinales
M.O.P.C.

RECIBIDO
Fecha: 03 AGO 2021 Hora: 12:07
Firma: Ricardo

(267)
doscientos sesenta y siete

1-Uno

INFORME TECNICO

1. PRESENTACION

La presente constituye un **INFORME TÉCNICO** que se elabora a efecto de presentar al MOPC la propuesta de Convenio Modificatorio de Obra N° 1, al Contrato N.° 22/2020, Obras de Construcción de Pavimentación Tipo Asfáltico en los Tramos de Caminos Vecinales en los Departamentos de San Pedro y Caaguazú - Grupo 2 -Lote 3 -. Empresa Contratista **Rovial S.A.**,

Esta presentación se realiza considerando que el Contrato de Obra prevé las siguientes Clausulas que sustentan esta presentación:

- Clausula 4.3: Documentos Contractuales posteriores a la formalización del Contrato.
- Clausula 14: Obras o trabajos no previstos.
- Clausula 15: Convenios Modificatorios, Aumento del alcance de las Obras.
- Clausula 16: Convenio Modificatorio, Disminución del alcance de las Obras.
- Clausula 19: Plazo de ejecución.

Así también, la Ley N.° 2051/03 de Contrataciones Públicas, prevé el Art. N° 62 Convenios Modificatorios en Obras Públicas, en caso de necesidad de modificaciones del Contrato.

La propuesta para Convenio Modificatorio N.° 1, resulta de la verificación y análisis de las condiciones existentes en obra y las necesidades reales a ser ejecutadas en base a una optimización de los recursos disponibles, así como la inclusión de trabajos no previstos en el Contrato vigente, identificadas durante la construcción, de modo a dotar a la Obra de la calidad, seguridad y durabilidad requerida. -

La propuesta del Convenio Modificatorio N° 1 incluye Ítems no previstos en el Contrato Inicial.

2. CONTRATO INICIAL

LLAMADO MOPC:	N° 82/2019 - ID N°366.412
Fecha de Licitación.:	21/10/19
Resolución Adjudicación:	N.° 3190/2019
Fecha Firma de Contrato.:	20/02/2020
Monto Contrato.:	Gs 40.702.168.193
Plazo de la Obra.:	18 meses
Orden de inicio:	01/07/2020.

3. MODIFICACIÓNES DE LA OBRA CM N° 1.

El diseño final de ingeniería contratado inicialmente, fue elaborado por la Consultora Consorcio TCI, denominado: Obras de Construcción de Pavimentación Tipo Asfáltico en los Tramos de Caminos Vecinales en los Departamentos de San Pedro y Caaguazú -Grupo 2 -Lote 3.
La modificación comprende las Obras a ser construidas en concordancia con los planos del Diseño Final, de la Obra Lote 3, definidas de acuerdo a las condiciones imperantes de la zona relativo a la topografía, hidrología, drenajes, geotecnia, y considerando las especificaciones técnicas y los parámetros utilizados en el Proyecto Original.

Las modificaciones a implementarse se fundan en la adecuación del proyecto a las circunstancias y necesidades actuales, las que son diferentes a las condiciones de la época que se realizó el proyecto original, estos parámetros consideran las situaciones de orden político, social y técnico que afectan a la obra.

266 doscientos sesenta y seis

2-Dos

Se plantea una mejora sustancial del Paquete estructural dotándole de una estructura de calidad superior, adecuado a las condiciones actuales y previsiones del tránsito, esta estructura planteada mejora la terminación superficial de la calzada, mayor garantía de la calidad de ejecución, por los controles tecnológicos normalizados que posee el paquete propuesto.

Al dotarle del mismo paquete estructural extendido hasta la banquina y pavimentarla con Concreto asfáltico, se mejora la impermeabilidad y el drenaje superficial, se evita la necesidad de mantenimiento de los drenajes sub superficiales transversales previstos inicialmente, como también las reparaciones permanentes por erosión que sufren las banquinas de suelo, más aun teniendo en cuenta la topografía ondulada de la zona de obras y el agregado de la importante mejora en el aspecto de seguridad vial.

Las comunidades involucradas en el proyecto, obtienen mejoras, con la reubicación de sus servicios públicos de agua y energía eléctrica se consigue renovar y ordenar los tendidos y conexiones, así mismo se construyen los importantes accesos vehiculares en consideración a los productores locales.

Es de destacar así mismo el mejoramiento vial de una importante comunidad indígena -Arroyo Guazú - de la Zona de Obra.

Consecuentemente, involucra la variación de cantidades originales de los ítems de trabajos, la creación de nuevos ítems para permitir la terminación de la obra en condiciones óptimas y de servicio satisfactorio dentro de los límites permitidos contractualmente.

La propuesta de Convenio incluye ítems no previstos en el Contrato Inicial, entre los de mayor incidencia citamos los siguientes:

- **39 - Sub Base de Suelo cemento e=20cm.**
- **40 - Base Granular e=15cm.**
- **41 - Carpeta de C°A° e=3cm.**

En el trazado principal de la Obra se plantea modificar el paquete estructural que inicialmente consistía en, Base de Macadam Hidráulica de 17.5 cm. de espesor y Sub Base del mismo material con espesor de 17.50 cm., carpeta de Concreto Asfáltico de 5cm., ancho de 7.00m y banquinas de suelo seleccionado de 1.50m.

La modificación del paquete estructural planteada para la calzada principal es:

- Sub Base de Suelo Cemento e=20cm
- Base granular estabilizado-CBR≥100 e=15cm
- Carpeta de Concreto Asfáltico de e=5cm
- Ancho de Calzada 7.00m.
- Ancho de Banquina 1.50m. cada lado, con Carpeta de C°A° de e=3cm.

Totalizando 10 metros de plataforma pavimentada.

La modificación del paquete estructural planteada para el Acceso a Chachi:

- Sub Base de Suelo Cemento e=20cm.
- Base granular estabilizado-CBR≥100 e=15cm.
- Carpeta de Concreto Asfáltico de e= 3cm.
- Ancho de Calzada 7.00m.
- Ancho de Banquina 1.00m. cada lado, con Carpeta de C°A° de e=3cm.

Totalizando 9 metros de plataforma pavimentada.

265
doscientos sesenta y cinco

En el ANEXO 1- ESTUDIO DE PAVIMENTOS de la fiscalización se presenta la verificación del paquete estructural propuesto y la comparación con los valores del paquete estructural inicial, en el ANEXO 2 – ESTUDIOS GEOTECNICOS y la verificación del especialista hidrólogo en el ANEXO 3 -ESTUDIOS HIDROLOGICOS.

Una vez verificado los análisis de precios unitarios, los cómputos métricos y el propuesto, se presentan en la siguiente página los cuadros comparativos de cantidades.

Ing. Juan E. Meaurio
Director de Fiscalización

264
doscientos sesenta y cuatro

4. TRAZA PRINCIPAL

4.1. Items Contractuales que Sufrieron Variación de Cantidades

Item	Descripción	Unidad	Contractual	CM N° 01	Diferencia
A. TRAMO: Traza Principal 15+000 a 29+920 - Long.: 14,92 km					
MOVILIZACION DE LA OBRA					
1	Movilización y Desmovilización (3%)	gl	1,00	1,00	-
2	Mantenimiento del Puente Existente	gl	1,00	-	- 1,00
3	Mantenimiento del Transito Temporal y Seguridad	Mes	18,00	20,00	2,00
4	Cartel de Obra	un.	2,00	2,00	-
MOVIMIENTO DE SUELO					
5	Desbosque, Desbroce y Despeje	Ha	29,84	22,77	- 7,07
6	Excavación de Bolsones	m3	1.620,00	1.620,00	-
7	Excavación de Zanjas de Drenaje	m3	969,00	527,20	- 441,80
8	Terraplenes	m3	191.481,00	142.605,00	- 48.876,00
9	Suelo Seleccionado en Banquinas	m3	20.175,00	-20.175,00	-
REMOCION Y TRASLADO					
10	Remoción de Obras De Arte	gl	1,00	1,00	-
11	Remoción De puente de madera	gl	1,00	-	- 1,00
12	Traslado de alambrados	ml	21.655,00	24.666,00	3.011,00
13	Traslado de Columnas Eléctricas	un	257,00	511,00	254,00
14	Reposición de Red de Agua	ml	7.460,00	-	- 7.460,00
PAQUETE ESTRUCTURAL					
15	Sub Base Macadam Hidráulico	m3	18.994,00	-	- 18.994,00
16	Base Macadam Hidráulico	m3	18.994,00	-	- 18.994,00
17	Imprimación Asfáltica	m2	108.105,97	137.782,97	29.677,00
18	Riego de Liga	m2	108.105,97	137.782,97	29.677,00
19	Carpeta de Concreto Asfaltico e=5 cm	m3	5.371,55	4.877,15	- 494,40
OBRAS DE ARTE Y DRENAJES					
20	Relleno Granular	m3	61,44	-	- 61,44
21	AT H°A° 1Ø 0,80 m	ml	153,00	127,00	- 26,00
22	AT H°A° 1Ø 1,00 m	ml	144,00	119,00	- 25,00
23	AT H°A° 1Ø 1,20 m	ml	16,00	14,00	- 2,00
24	AC H°A° 2 x 1 x 1 m	ml	48,00	-	- 48,00
25	AC H°A° 2 x 1,5 x 1,5 m	ml	16,00	-	- 16,00
26	Drenes Profundos	ml	500,00	300,00	- 200,00
27	Cunetas Revestidas de Concreto	m3	812,00	812,00	-
28	Disipadores de Energia	m3	15,55	15,55	-
OBRAS COMPLEMENTARIAS					
29	Señalización Vertical	m2	105,39	105,39	-
30	Pórtico de Señalización	un	1,00	1,00	-
31	Señalización Horizontal	m2	5.237,30	4.936,00	- 301,30
32	Tacha Reflectiva	un	4.006,00	3.839,00	- 167,00
33	Protección de Áreas de Prestamos	ml	240,00	240,00	-
34	Alambrado	ml	980,00	980,00	-
35	Parada de Ómnibus	un	6,00	6,00	-

263
doscientos sesenta y tres

CUMPLIMIENTO DE LAS ETAGS					
36	Mitigación Ambiental y Social (0,8%)	gl	1,00	1,00	-
37	Plan para la Comunidad Indígena Arroyo Guazú	gl	1,00	1,00	-
INSTALACIONES Y SERVICIOS ESPECIALIZADOS					
38	Instalación y Servicios Especializados	mes	18,00	18,00	-

4.2. Ítems Nuevos Incorporados con el Convenio Modif. N° 1.

39	Sub base de suelo cemento 0.20 esp (RC>15kg/m2)	m3		30.372,00	30.372,00
40	Base de estabilizado granular 0.15 espesor	m3		21.472,00	21.472,00
41	Carpeta de Concreto Asfaltico e=3 cm	m3		1.206,99	1.206,99
42	Colocación de Red de Agua Nueva	m		24.703,50	24.703,50
43	Cañería de agua diámetro 85	m		1.810,00	1.810,00
44	Accesos a Viviendas	m3		131,60	131,60
6B	Excavación en Roca	m3		1.500,02	1.500,02
30B	Protección Vegetal de Taludes	m2		32.186,40	32.186,40

5. ACCESO A CHACHI

B-ACCESO A CHACHI 0+000 a 1+838 Long. 1.838 km					
MOVILIZACION DE LA OBRA					
1	Movilizacion y Desmobilizacion (3%)	gl	1,00	1,00	-
2	Mantenimiento Del Transito Temporal y Seguridad	Mes	3,00	5,00	2,00
3	Cartel de Obra	un.	1,00	1,00	-
MOVIMIENTO DE SUELO					
4	Desbosque, Desbroce y Despeje	Ha	3,68	5,23	-
5	Excavacion No Clasificada	m3	31.220,00	31.220,00	-
6	Excavacion en Roca	m3	5.880,21	9.545,14	3.664,93
7	Excavacion de Bolsones	m3	702,00	702,00	-
8	Excavacion de Zanjas de Drenaje	m3	700,80	700,80	-
9	Terraplenes	m3	54.840,00	89.869,00	35.056,00
10	Suelo Seleccionado en Banquinas	m3	2.407,78	-	- 2.407,78
REMOCION Y TRASLADO					
11	Remocion De puente de madera	gl	1,00	1,00	-
12	Traslado de alambrados	ml	2.540,00	3.676,00	1.136,00
13	Traslado de Columnas Electricas	un	11,00	18,00	7,00
14	Reposicion de Red de Agua	ml	919,00	-	- 919,00
PAQUETE ESTRUCTURAL					
15	Sub Base Macadam Hidraulico	m3	2.260,74	-	- .260,74
16	Base Macadam Hidraulico	m3	2.260,74	-	- 2.260,74
17	Imprimacion Asfaltica	m2	12.866,00	16.562,70	3.696,70
18	Tratamiento Superficial Triple en Calzada	m2	12.866,00	-	-12.866,00
OBRAS DE ARTE Y DRENAJES					
19	Relleno Granular	m3	94,70	13.,83	108,00
20	AT H°A° 1Ø 0,80 m	ml	16,00	15,00	- 1,00
21	AC H°A° 3 x 2 x 2 m	ml	43,00	50,00	7,00
22	Drenes Profundos	ml	760,00	760,00	-
23	Cunetas Revestidas de Concreto	m3	327,00	653,00	-

(962)
doscientos sesenta y dos

24	Disipadores de Energia	m3	2,77	2,77	-
OBRAS COMPLEMENTARIAS					
25	Señalizacion Vertical	m2	2,24	2,24	-
26	Señalizacion Horizontal	m2	671,45	671,45	-
27	Baranda Metalica de Contencion	ml	480,00	480,00	-
28	Tacha Reflectiva	un	500,00	500,00	-
29	Tachon Reflectivo	un	50,00	50,00	-
30	Proteccion Vegetal de Taludes	m2	10.890,00	10.890,00	-

5.1. Ítems Nuevos Incorporados con el Convenio Modif. N° 1.

ITEM NUEVOS DE CONVENIO					
39	Sub base de suelo cemento 0.20 e (RC>15kg/m2)	m3		3.680,60	3.680,60
40	Base de estabilizado granular 0.15 espesor	m3		2.584,00	2.584,00
41	Carpeta de Concreto Asfaltico e=3 cm	m3		496,88	496,88
18	Riego de Liga	m2		16.562,70	16.562,70
42	Colocacion de Red de Agua Nueva	ml		1.105,00	1.105,00

5.2. Obras de Infraestructura -Acceso a Comunidad Indígena

ITEM NUEVOS DE CONVENIO					
1	**Desbosque, Desbroce y Despeje**	Ha.		1,40	1,40
2	**Excavación de Bolsones**	m3		2.600,00	2.600,00
3	**Excavación de Zanjas de Drenaje**	m3		279,00	279,00
4	**Terraplenes**	m3		14.086,00	14.086,00
5	**Remoción de Puentes de Maderas**	gl		1,00	1,00
6	**Traslado de Alambrados**	ml		540,00	540,00
7	**Traslado de Columnas Eléctricas**	Un		6,00	6,00
8	**Reposición de Red de Agua**	ml		300,00	300,00
9	**Relleno Granular**	m3		29,00	29,00
10	**AT H°A° 1Ø 1.00 m**	ml		18,00	18,00
11	**AC H°A° 2 x 1.00 x 1.00 m**	ml		10,00	10,00
12	**AC H°A° 2 x 1.50 x 1.50 m**	ml		20,00	20,00
13	**Señalización Vertical**	m2		6,00	6,00
14	**Protección Vegetal de Taludes**	m2		896,00	896,00
15	**Alambrado**	ml.		1.240,00	1.240,00

6. MONTO MODIFICADO CON EL CM N° 1.

Conforme verificaciones realizadas a la presentación de la empresa contratista, las nuevas cantidades arrojan un monto total siguiente:

Contrato Aprobado	40,702,168,193	Gs.
Monto propuesto Convenio Modificatorio N°1	47,621,402,559	Gs.
Diferencia	**6,919,234,366**	Gs.
Aumento	**+17,00%**	

(261)
doscientos sesenta y uno

7. Plazo de ejecución de Obra con el Convenio Modificatorio N° 1.

La extensión del Plazo para la finalización de la Obra es considerada de acuerdo a lo siguiente:

- **2 Meses:** Justificados por mayor cantidad de Obras.
- **18 meses:** Plazo Original

Con los dos meses de prorroga solicitadas por mayor cantidad de obras, el nuevo plazo contractual con el Convenio Modificatorio N°1 es de **20** (veinte) **meses.**

7.1. Detalles de los Plazos

- FECHA ORDEN DE INICIO: **1-07-2020**
- PLAZO ORIGINAL: 18 meses
- FECHA DE CULMINACION ORIGINAL: **01-01-2022**
- PLAZO AMPLIADO CM N° 01: 2 MESES
- FECHA DE CULMINACION CM N° 01: **01-03-2022**
- TOTAL PLAZO CON AMPLIACIÓN: 20 meses

8. DISEÑO DE PAVIMENTO

REPUBLICA DEL PARAGUAY

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES

DIRECCIÓN DE CAMINOS VECINALES
FINANCIAMIENTO PROGRAMA PAR-23/2016
FONPLATA

DEPARTAMENTO DE SAN PEDRO / CAAGUAZÚ
GRUPO:2

VERIFICACION DISEÑO DEL PAVIMENTO
DEL LOTE Nº3
CAPIIBARY – PRIMERO DE MARZO-MARISCAL LOPEZ I

FISCALIZACION: ***CONSULTORA GUARANI S.A.***
CONTRATISTA: Consorcio AROYO GUAZÚ
ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS: Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS

ASUNCION-PARAGUAY
FEBRERO - 2021

259
doscientos cincuenta y nueve

1 -OBJETO.

En el presente informe se realiza a los efectos analizar el comportamiento estructural del paquete licitado con una estructura alternativa de mejor perfomance, verificando ambas estructuras a través de su vida útil determinado por los Números Estructurales, del Tramo: Capiibary - Primero de Marzo – Mariscal López í., el que queda comprendido entre la Prog. 15+000 y la Progre. 29+920; y el Acceso a Chachi de 1,838 Km. la modificación estructural se verificará por Ejes Equivalentes acumulados. El tramo se encuentra en zona rural del Dpto. de Caaguazú con una importante producción agrícola, la que es transportada mayoritariamente por camiones de gran porte hacía los mercados.

2 –TRAMOS A FISCALIZAR.

Llamado MOPC N° 78/2019. Licitación Pública Internacional para la contratación de Fiscalización de obras de construcción de pavimentación tipo asfáltico en los tramos de caminos vecinales en los departamentos de San Pedro y Caaguazú – Grupo 2.

Lote	Departamento	Tramos	Km	Alcance
Lote1	San Pedro	Calle 3 de Noviembre - Capiibary	8,84	Pavimento Asfáltico
Lote2	San Pedro	Capiibary-Primero de Marzo-Mcal.López-i Sección I:Traza Principal 0+000 a 15+000	15,00	TSD en calzada (Asfalto)
	San Pedro	Capiibary-Primero de Marzo-Mcal.López-i Acceso calle 26 de Febrero 0+000 a 1+952	1,952	TST en calzada (Asfalto)
	San Pedro	Capiibary-Primero de Marzo-Mcal.López-i Acceso calle Pablo Cué 0+000 a 1+530	1,530	TST en calzada (Asfalto)
Lote3	Caaguazú	Capiibary-Primero de Marzo-Mcal.López-i Sección II:Traza Principal 15+000 a 29+920	14,92	TST en calzada (Asfalto)
	Caaguazú	Capiibary-Primero de Marzo-Mcal.López-i Acceso Chachi 0+000 a 1+838	1,838	TST en calzada (Asfalto)
Lote4	San Pedro	Cruce Liberación-Col.Felicidad-B°Alianza Río Curuguaty	42	Pavimento asfáltico

3.- ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO LICITADO.

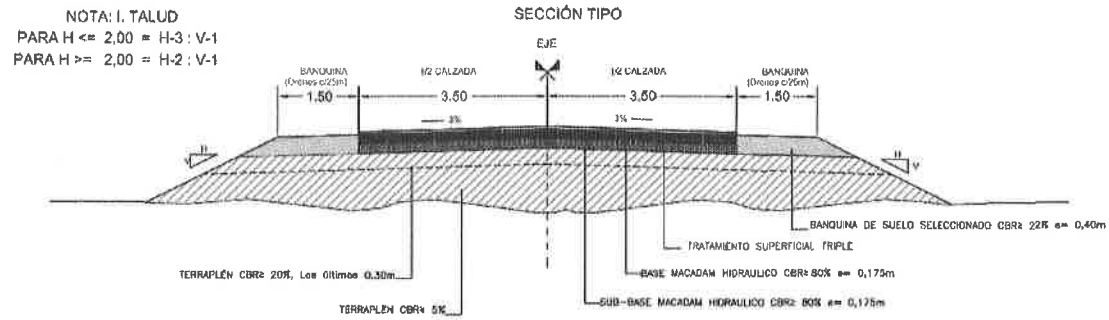
El paquete de pavimento licitado, está compuesto de las siguientes de las capas: carpeta asfáltica, base y sub base de macadam hidráulico con CBR igual o mayor a 80% de 17,5 cm de espesor, y una subrasante de suelo mejorado, con un valor soporte de CBR ≥ 20%, y un terraplén de CBR ≥ 5%.

Las banquinas son de suelo seleccionado y con drenes transversales, en un ancho de 1,50m cada una.

258
veintiocho
ocho

10-Diez

DISEÑO DE PAVIMENTO
PAQUETE DE 0 A 10 AÑOS



Paquete Licitado Capiibary – Primero de Marzo – Mariscal López-i			
N°	CAPA	Espesor (cm)	Características
1	Concreto asfáltico	5,0	-------
2	Base Macadam hidráulico	17,5	CBR≥80%
3	Sub-base Macadam hidráulico	17,5	CBR≥80%
4	Subrasante mejorada	30,0	CBR≥20%
5	Terraplén	-----	CBR≥5%

4 –CONSIDERACIONES SOBRE EL PAQUETE LICITADO.

4.1 – Carpeta asfáltica.

El paquete licitado prevé como capa de rodamiento una capa de concreto asfáltico, que es apropiada para la seguridad y el confort a los usuarios por su lisura y textura.

Es un material lo suficientemente resistente para soportar las tensiones tangenciales, debido a que los agregados pétreos fuertemente Inter trabados por acción de la compactación, y también fuertemente ligados por acción del asfalto y de la compactación.

4.2– Macadam hidráulico.

Es de conocimiento técnico que las capas de macadam hidráulico no pueden ser aplicados controles tecnológicos de calidad como por ejemplo no puede ser determinado si tiene un valor soporte o no de CBR ≥ 80%; sumado a que se tratan de procesos constructivos artesanales, se obtienen resultados con un alto grado de variabilidad.

Por lo expuesto, se propone reemplazar las capas de base y sub base de macadam hidráulico por una base estabilizada granulométricamente con un mínimo de 90% de agregados triturados y CBR igual o mayor a 100%; y como sub base una capa de suelo cemento, con una resistencia a la compresión simple igual o mayor a 15 Kg/cm2.

(257) doscientos cincuenta y siete

Existen tecnologías para el control de calidad para la ejecución de las bases y subbases granulares, los áridos pasan por un proceso de trituración con un control estricto de las fajas granulométricas para obtener un material de alta densidad.

En los mismos se incorporan controles tecnológicos de capacidad soporte (CBR), de densidades in situ, de granulometría, etc. y otros inherentes a las bases y subbases granulares.

El proceso industrial de las capas granulares y los controles tecnológicos aplicados hacen que sea una alternativa mucho más confiable, con mayor rapidez de ejecución y mayor capacidad estructural.

Por otro lado, desde el punto de vista constructivo, la inclusión de una sub base de suelo cemento en reemplazo de la sub base tipo Macadam, confiere impermeabilidad al pavimento evitando la infiltración de las aguas de lluvia hacía las capas inferiores durante la etapa de construcción, más aún considerando la naturaleza arenosa de los suelos de la subrasante.

4.3– Suelos para terraplén.

De los estudios de suelo realizados para el Estudio de Ingeniería, para el Tramo: Capiibary - 1° de Marzo – Mariscal Lopez. Y de los resultados de laboratorio se deducen que los suelos predominantes de la traza son de baja a nula plasticidad, y son de tipo granular debido a que tienen bajo pasa tamiez 200, como son los suelos A2-4 y A4 de buen valor soporte para el terraplen, que superan el valor soporte adoptado para la estructura de licitación de CBR ≥ 5%, aproximándose en promedio a un CBR ≥ 8% para el terraplén, y para la subrasante mejorada sí se podrá lograrse el CBR ≥ 20%.

5 - VERIFICACION DISEÑO DEL PAVIMENTO.

Tomando las consideraciones técnicas expuesta (punto 4), donde se fundamentó él porque era necesario el reemplazo de las capas estructurales, con lo que se procedió a realizar la verificación del diseño alternativo, a través de la metodología AASHTO/93 recomendado por el Manual de Carretera del Paraguay.

El procedimiento implica básicamente, determinar, mediante el algoritmo desarrollado por la AASHTO, el Número Estructural total que se requiere sobre la subrasante, luego se determinan los espesores mínimos de las capas estructurales, para que las tensiones que se generan no originen fallas en la subrasante ni en la propia capa asfáltica.

La estructuración de las diferentes capas, se realiza de manera tal, que la suma de los productos de los espesores por sus correspondientes coeficientes estructurales, se obtenga el Número Estructural Efectivo (SNff), que deberá satisfacer al Número Estructural (SNnec), calculado mediante algoritmos.

Para la aplicación de la metodología AASHTO/93, se necesita conocer la carga originada por el tránsito a través de su vida de servicio, y la capacidad portante que tendrá la subrasante donde se apoyará la estructura. Por lo que se necesitarán información del Tránsito, y de los suelos para la determinación del CBR de diseño (CBR dis), y a través de éste del Módulo Resiliente de diseño (Mr dis)

5.1 - TRÁNSITO.

El Estudio de Tránsito fue tomado del Estudio de Factibilidad realizado en el año 2016, con el objetivo de relevar los flujos actuales y las posibles derivaciones al tramo del proyecto.

236
doscientos
cincuenta y
seis

La metodología utilizada fue la de conteos manuales por observación directa del censista a través de planillas. En esas planillas se registraron la cantidad de los diferentes tipos de vehículos que el censista ha podido observar en la vía, discriminando la información de acuerdo al tipo de vehículo.

De acuerdo al Estudio de Tránsito, con los datos de conteos se obtuvo el Tránsito medio diario anual (TMDA) de cada tipo de vehículo.

A efectos del diseño de la estructura del pavimento, se calcularon los Ejes Equivalentes acumulados para el periodo de diseño considerando el Factor de Ejes Equivalentes de cada tipo de vehículo.

Las cargas consideradas en los vehículos cargados se corresponden con las cargas máximas por eje permitidas por la legislación vigente, de acuerdo a la tabla 1.

El estudio de tránsito se realizó para la determinación del volumen y composición del tránsito, a los fines obtener el TMDA y el factor de carga Fc con el que se determinará el ESAL para él diseño.

En el análisis, con la estimación del tráfico futuro, será posible establecer los requerimientos técnicos que permitan la fluidez y seguridad en la circulación vehicular y, permitir el correcto dimensionamiento de la estructura de pavimento, que permita mantener buenas condiciones de la misma durante la vida útil del pavimento.

Como objetivo específico del estudio, se ha estimado, sobre la base de criterios técnicos y la información relevada en estudios anteriores, el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) del tramo de ruta en estudio.

5.1.1 - Metodología del estudio del TMDA.

La metodología del estudio de tránsito, ha sido desarrollado sobre la base de la realización de relevamientos referidos a volumen y clasificación por eje de vehículos en el tramo.

Para cumplir el objetivo del estudio y considerando los términos de referencia establecidos, se ha propuesto un plan detallado de conteos volumétricos y de clasificación en el área de influencia.

La información de campo, volcada en la base de datos general permite conocer el volumen diario y su composición. Con estos datos es posible calcular la cantidad de ejes que circulan en la sección especificada.

Además de los datos de tránsito relevado mediante trabajos de campo, se ha realizado un inventario de la red vial de interés para el estudio, que fue útil para verificar las derivaciones de tráfico para los tramos en estudio.

El registro de datos fue discriminado por tipo de vehículo, en que han sido considerados 3 categorías: livianos, ómnibus y camiones. En el caso de los camiones ha sido efectuada una discriminación de tipo, de acuerdo a la configuración de ejes como se indica en tabla 1.

Tabla 1 – Carga máxima por tipo de ejes.

LIMITES DE PESO PARA LA RED VIAL DEL PARAGUAY		
EJE	**RODADO**	**LIMITE (TON)**
Simple	Simple	6,0
Simple	Doble	10,5
Doble	Simple	10,0
Doble	Doble y Simple	14,0
Doble	Doble	18,0
Triple	Doble y Simple	21,0

255
doscientos cincuenta y cinco

Triple	Doble	25,5

5.1.2- Obtención del tránsito medio diario anual (TMDA).

El tránsito medio diario anual (TMDA) se obtuvo del Estudio de Factibilidad, para el Tramo Capiibary – Primero de Marzo – Mariscal López, realizado en el año 2016, y para el diseño estructural fue tomado los valores de tránsito para el año de habilitación, considerado en 2022 como se muestra en la tabla 2 siguiente:

Tabla 2 -Tramo: Capiibary - Primero de Marzo - Mariscal López

AÑO	NORMAL o EXISTENTE				INDUCIDO				DERIV	TOTAL			
	Liv.	Ómn.	Camiones	TOTAL	Liv.	Ómn.	Camiones	TOTAL	Camiones	Liv.	Ómn.	Camiones	TOTAL
2.016	102	5	60	167	115	1	18	134	13	217		91	314
2.017	106	5	62	173	119	1	19	139	13	225	6	94	325
2.018	110	5	64	179	124	1	19	144	14	234	6	97	337
2.019	114	5	66	185	129	1	20	150	14	243	6	99	349
2.020	119	6	68	192	134	1	20	155	15	253	7	102	362
2.021	123	6	70	199	139	1	21	161	15	263	7	105	375
2.022	128	6	72	206	145	1	21	167	16	273	7	109	389
2.023	133	6	74	213	150	1	22	174	16	284	7	112	403
2.024	138	6	76	221	156	1	23	180	16	295	7	115	417
2.025	144	6	78	228	162	1	23	187	17	306	7	119	432
2.026	149	6	81	236	169	1	24	194	17	318	8	122	448
2.027	155	7	83	245	175	1	25	201	18	330	8	126	464
2.028	161	7	86	254	182	1	26	209	19	343	8	130	481
2.029	168	7	88	263	189	1	26	217	19	357	8	134	498
2.030	174	7	91	272	196	1	27	225	20	370	8	138	517

5.1.3 –Determinación de los números de ejes acumulados (ESALs).

La metodología AASHTO fue diseñado para ejes de 8,2tn que es la carga reglamentaria en los EE.UU., lo que se diferencia a la carga de 10,5tn reglamentaria en el Mercosur. Por lo tanto, para utilizar la metodología AASHTO se deberá hacer la equivalencia entre ambos ejes de cargas a través de coeficientes de conversión, factor de carga, a través del ESAL por su sigla en inglés (Equivalent Single Axle Load).

254
doscientos cincuenta y cuatro

5.1.3.1 - Factor de carga.
A través del factor de carga se realiza el cálculo el Factor de Camión siguiendo los lineamientos del Manual AASHTO versión 1993.

Del cap. N° 3 (caracterización del tránsito Guía AASHTO/93) se obtuvo los factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles.

Para este diseño se adoptó un índice de serviciabilidad final (pf = 2) y se considera para el caso del pavimento flexible un número estructural SN=3.

Se asume que los vehículos circulan con la carga reglamentaria, peso máximo por eje y carga máxima. En el caso de la configuración 12-12 es determinante la carga máxima de 45 Tn, por eso se considera al primer eje tándem con un peso de 10,5 tn.

La carga tipo utilizada por el método es de 18 Kip (8,2 tn), haciendo la conversión a través de los factores equivalentes de carga. Se debe tener en cuenta que el eje delantero no está incluido en las tablas, pero como se explica en el mismo Manual esto no afecta la exactitud del cálculo. En nuestro caso es el eje de 6 tn. (13,2 kip).

Se obtienen para pavimento flexible (SN = 3; pf =2) para cada tipo de eje y peso los siguientes factores equivalentes de carga:

Eje simple (rodado dual) 10,5 tn. (23,10 kip) Fe = 2,871
Eje doble (dos duales) 18,0 tn. (39,6 kip) Fe = 2,048
Eje doble (dos duales) 10,5 tn. (23,1 kip) Fe = 0,217 + 2,048
Eje triple (tres duales) 25,5 tn. (56,1 kip) Fe = 1,945
El "factor de camión" se obtiene de calculando para cada vehículo la suma de los factores equivalentes de los ejes que intervienen en cada configuración.

Tabla 3 – Factores de carga.

CANTIDAD DE EJES	CATEGORIA	TOTALES
Livianos		0,002
Bus		0,738
Camiones Promedio-ponderados.		5,310

5.1.3.2 - Factor camión.
Para la determinación de los ejes acumulados (ESALs) se tomó los TMDA correspondiente a la vida útil de la calzada, tomándose el TMDA y su clasificación del flujo de vehículo correspondiente al año (0), y cuyos valores son los que se muestran en la tabla 4, y corresponden al año 2022 considerado como año de habilitación.

Tabla 4 – Clasificación porcentual del flujo de vehículos

Flujo vehicular tipo adoptado	LIVIANO	BUS	CAMIONES	TOTALES

253
Doscientos cincuenta y tres

	273	7	109	389v/d
	70,2	1,8	28,0	100%

Este tramo tiene la siguiente distribución vehicular, que es:

- Liviano = 70,2%
- Bus = 1,8%
- Pesados = 28,0%

Se considera eje tándem doble, cuando la distancia entre ejes esta entre 1,20 y 2,40m

Se considera eje tándem triple (trídem), cuando la distancia entre los ejes extremos es entre 2,40 y 4,80m

Tabla 5 – Factor de camiones equivalentes

CATEGORIA	FACTOR DE EQUIVALENCIA Fci	VEHÍCULOS %	Ejes 10tn
LIVIANOS	0.002	70,2	0,014
BUSES	0.738	1,8	0,014
CAMIONES	5,310	28,0	1,487
FACTOR CAMIÓN			1,515

5.1.3.3 - Vida útil de servicio.

La vida útil considerada en el diseño de los Pavimento Flexible será de 10 años. Tomándose el TMDA 389 v/d, correspondiente al año (0), año de origen de la vida útil a considerar para la determinación del número de ejes acumulados con la que se diseñará la estructura de pavimento.

5.1.3.4 - Tasa de crecimiento de la demanda.

La tasa de crecimiento considerada en el estudio de tránsito son los siguientes:

- Livianos: 3,50%
- Bus: 1,60%
- Camiones: 2,72%

5.1.3.5 - Factor de expansión.

952
doscientos cincuenta y dos

El factor de expansión es la expresión matemático con que se determina la acumulación de los ejes equivalentes que afectará al pavimento durante el periodo de servicio, y es la siguiente:

$$\text{Factor de expansión (Fex)} = \frac{(1+r)^{VU}-1}{r}$$

Livianos:

$\frac{(1+r)^{V.U.}-1}{r}$ = [(1 + 0,035)^{10} - 1] / 0,035 = 11,73

Bus:

$\frac{(1+r)^{V.U.}-1}{r}$ = [(1 + 0,0016)^{10} - 1] / 0,0016 = 10,00

Camiones:

$\frac{(1+r)^{V.U.}-1}{r}$ = [(1 + 0,0272)^{10} - 1] / 0,0272 = 11,32

5.1.3.6- Determinación del número de ejes equivalentes acumulados (ESALs).
Se determinó el número de ejes equivalentes acumulados (ESALs) de la forma siguiente:

$ESAL_0$ = 0.5 x TMDA x 365 x Fc x Fd x FV_i = (N° de ejes acumulados en el 1° año de servicio)

ESAL (diseño) = ESALo x Fex (N° de ejes acumulados en el total años de servicio)

Dónde:

- TMDA: Tránsito medio diario anual.
- Fc: factor carga.
- Fd: factor direccional
- FV_i: % de cada tipo de vehículo, expresado en decimales, que componen el TMDA.

Valores:

- TMDA: 389 v/d – (año 0 de la vida útil)
- Fc: 1,515
- Fd: 1

Livianos

$ESAL_0$ = 0,5 x 389 x 365 x 1,515 x 1 x 0,702 = 75.503

ESAL (diseño) = ESALo x Fex = 75.503 x 11,73 = **885.646**

Bus

$ESAL_0$ = 0,5 x 389 x 365 x 1,515 x 1 x 0,018 = 1.936

ESAL (diseño) = ESALo x Fex = 1.936 x 10,00 = **19.360**

(257)
doscientos cincuenta y uno

Camiones.

ESALo = 0,5 x 389 x 365 x 1,515 x 1 x 0,280 = 30.115

ESAL (diseño) = ESALo x Fex = 30.115 x 11,32 = **340.902**

Tabla 6 – Números de ejes equivalentes.

Tipo de vehículo	10 años
Livianos	885.646
Bus	19.360
Camiones	340.902
ESALs	**1.245.908**
ESALs (diseño)	**1,246 x 10^6**

5.2- GEOTÉCNIA.

5.2.1 – Estudio geotécnico.

El estudio geotécnico se extrajo de los estudios realizados para el ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRAMOS DE CAMINOS VECINALES EN DEPARTAMENTOS DE LA REGIÓN ORIENTAL - PAQUETE – 2, para el Tramo: Capiibary - 1° de Marzo – Mariscal Lopez.
Los estudios geotécnicos se realizó por calicatas y barrenados, los que se hicieron cada 500m a una profundidad de 1,5m; y las calicatas se realizaron cada 1.000 m.
La misma metodología se utilizó para los estudios de préstamos.
La verificación de estos estudios se presenta en al Capitulo del Estudios geotécnicos.
En la zona de obra no existen canteras de agregados pétreos por lo que deberán ser transportados.
De los resultados de laboratorio se deducen que los suelos predominantes de la traza son de baja a nula plasticidad, de los tipos granulares y de bajo pasa tamiez 200, como son los suelos A2-4 y A4, de buen valor soporte para el terraplen que superan el valor soporte adoptado para la estructura de licitación de CBR ≥ 5%, por lo que para ésta verificación se toma un CBR ≥ 8% para el terraplén, y para la subrasante mejorada sí se podrá lograr el CBR ≥ 20%.

5.2.2 - Módulo Resiliente de la subrasante con capa de mejoramiento

Las características geotécnicas, en la etapa del trazado interesan esencialmente bajo el aspecto de la estabilidad de la futura obra y la posibilidad de la utilización de los materiales en la ejecución de la misma. El Manual de Carreteras del Paraguay recomienda estructurar los pavimentos flexibles incluyendo una capa superior de mejoramiento de la subrasante (tanto para terraplenes como en cortes). Esta capa de mejoramiento deberá tener un espesor no inferior a 300 mm y de preferencia ser granular (según clasificación AASHTO).
Para el cálculo del módulo resultante del suelo de fundación con subrasante mejorada, se utiliza el siguiente procedimiento para determinar el módulo resiliente de subrasante que incluye una capa superior de mejoramiento de acuerdo a la siguiente fórmula propuesta en el Manual de carreteras de Paraguay.
Por lo que para determinar el Mr de diseño (Mrdis), se determinará a través del concepto de módulos dos capas elásticas sometido a una carga circular el que está dado por la siguiente relación:

950
doscientos
cincuenta

$$1/F = \frac{0.125}{\left[0.0156 + h^2\left(\frac{M_{R1}}{M_{R0}}\right)^{2/3}\right]^{1/2}}\left(1 - \frac{M_{R0}}{M_{R1}}\right) + \frac{M_{R0}}{M_{R1}}$$

Dónde:

Mrdis: módulo resiliente de diseño (MPa)
Mr0: módulo resiliente de la subrasante (MPa)
Mr1: módulo resiliente de la capa mejorada (MPa)
h: espesor de la capa de mejoramiento (m)
Mrdis = F Mr0

$$Mr = 17{,}6 \times CBR^{0{,}64}(MPa) \quad 2 < CBR < 12$$
$$Mr = 22{,}1 \times CBR^{0{,}55}(MPa) \quad 12 \leq CBR < 80$$

Mr0 = 17,6 x $8^{0.64}$ = 66,6 MPa
Mr1 = 22.1 x $20^{0,55}$ = 114,8 MPa

1/F = 0,768
F = 1,302

Por lo que el Módulo de diseño será:

Mrdis = 1,302 x 66,6 = 86,7 MPa
CBR dis = 12%
Mrdis = 12.575 psi

Los estudios de suelos y materiales para el diseño, tendrán los alcances necesarios para definir las características estructurales que deberá tener el pavimento, el que deberá estar en equilibrio entre las cargas del tránsito y la capacidad portante del suelo.

Las características geotécnicas, en la etapa del trazado interesan esencialmente bajo el aspecto de la estabilidad de la futura obra y la posibilidad de su utilización en la ejecución de la misma. Por lo tanto, debemos circunscribirnos a identificar la capacidad portante de los mismos.

5.3- DESARROLLO METODOLOGÍA AASHTO

El método de diseño adoptado para el diseño estructural del pavimento corresponde al AASHTO 93 siguiendo las recomendaciones establecidas en el "AASHTO GUIDE for desing of pavement structures" para pavimentos flexibles.

El procedimiento implica básicamente, determinar, mediante el algoritmo desarrollado por la AASHTO, el Número Estructural total que se requiere sobre la sub rasante, luego se determinan los espesores mínimos de las capas asfálticas para que las tensiones que se generan no originen fallas en la sub rasante ni en las propias capas asfálticas.

La estructuración, de las diferentes capas se realizaron de manera que las sumas de los productos de los espesores por sus correspondientes coeficientes estructurales, satisfagan los números estructurales requeridos (SNnec) determinados por cálculo.

249
doscientos cuarenta y nueve

5.3.1 -Confiabilidad y Desviación Estándar

La siguiente tabla indica los valores recomendados por el Manual AASHTO/93 de niveles de Confiabilidad para diversos niveles de tráfico y desviación estándar combinado So en función al coeficiente de variación de los suelos.

Se tomaron los siguientes valores:

Desviación estándar: 0.49
Nivel de confiabilidad adoptado: 80%

5.3.2 - Serviciabilidad

El pavimento se diseña para que sirva por un determinado lapso llamado vida de diseño, que se refiere al periodo durante el cual la serviciabilidad se mantiene dentro de ciertos límites. La ecuación de diseño establece un estado inicial del pavimento (pi) y un nivel de deterioro considerado como final (pf).

Para esta verificación se adoptaron los siguientes valores:

Índice de Serviciabilidad Inicial: 4.2
Índice de Serviciabilidad Final: 2.0

5.3.3 - Módulo Resiliente de la Subrasante (Mr)

El Método AASHTO 93 caracteriza las propiedades de los suelos de la subrasante a través del denominado Módulo Resiliente Efectivo (Mr).

A los efectos de adoptar el valor del Módulo Resiliente Efectivo de Proyecto, se utilizan métodos indirectos a través de fórmulas que relacionan Mr con el ensayo CBR.

Para el cálculo del módulo resultante del suelo de fundación con subrasante mejorada, se utilizó el procedimiento propuesta en el Manual de carreteras de Paraguay

Por lo que el Módulo de diseño será: Mrdis = 12.575 psi

De acuerdo a las condiciones del terreno, en base a los estudios geotécnicos, se considera un valor soporte para la capa de refuerzo de subrasante con CBR≥ 20% un Módulo Resiliente Efectivo de 86,7 MPa, equivalente a 12.575psi

5.4- Números Estructurales.

5.4.1- Tramo: Capiibary - Primero de Marzo – Mariscal López í.

5.4.1.1-Cálculo del Número Estructural necesario (SN nec)

El Número Estructural Necesario (SN nec), es el que se obtiene a través de la metodología de diseño para pavimentos flexibles utilizado está basado en el Método AASHTO versión 1993. La fórmula general de diseño relaciona la cantidad de ejes equivalentes de 18.000 lbs, (EE) con el Número Estructural y el Nivel de Confianza, de manera que la estructura experimente una pérdida de serviciabilidad determinada.

La fórmula general es la siguiente:

Estos parámetros de diseño están relacionados por la expresión (I)

Log ESALs = A + B + C + D (I)

En donde:

A = f (R, SD)
B = f (SN necesario)
C = f (ΔPSI / SN)
D = f (MR)

En donde:

248
doscientos cuarenta y ocho

A = ZR x SD II)
B = 9,36 x log (SN+1) - 0,20 (III)
C = log (Po – Pf / 4,2 – 1,5) / (0,40 + 1094 x 1/(SN+1)^{5,19} (IV)
D = 2,32 logMr - 8,07 (V)

Los parámetros requeridos por la metodología AASHTO/93, son los siguientes:

Confiabilidad R = 80%
Desviación S_D = 0.49
Índice de Serviciabilidad Inicial: 4.2
Índice de Serviciabilidad Final: 2.0
Vida de servicio: 10 años
ESAL = 1,246 x 10^6

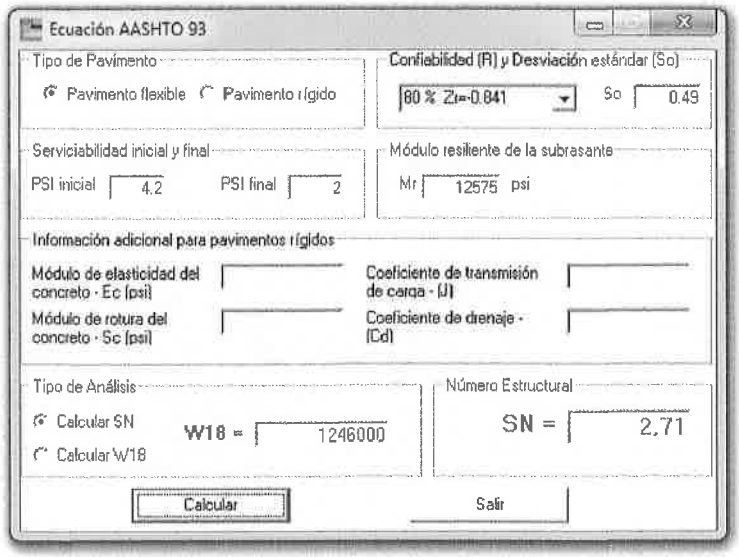
Los que ingresando con los parámetros indicados se obtuvo:

SN nec. = 2.70

Lo que se verificó por medio de programas computarizado, específicos para el diseño de estructura, a través de la metodología AASHTO/93, se obtuvo:

SN nec. = 2.71

Lo que se muestra en la captura de pantalla que muestra a continuación:



5.4.1.2- Número Estructural efectivo (SN eff)

Es el número estructural que se obtiene a través de la fórmula básica del Número Estructural (SN) para pavimento Flexible, y que es la siguiente:

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

Donde:

a_1 y a_n = Coeficiente de capa de las mezclas asfálticas y de las bases

D_1 y D_n = Espesor de las capas de mezclas asfálticas y de las bases

947
doscientos cuarenta y siete

m =Coeficiente que indica el efecto del drenaje en las capas de base y sub base.

Para este estudio de valores, adoptados de los diversos coeficientes serán obtenidos como sigue:

5.4.1.2 - Coeficientes Estructurales de las Capas.

El Método AASHTO 93 enfatiza la conveniencia de asignar el coeficiente estructural adecuado a cada capa del pavimento, considerando las propiedades reales de los materiales que la constituyen. El coeficiente estructural depende directamente del módulo elástico del material constituyente de la capa.

5.4.1.3- Carpeta de Concreto Asfáltico

Para una carpeta de concreto asfáltico, con una estabilidad igual o mayor a 9000 Newton (917 kg), se adopta un coeficiente estructural **a_1=0,44 pulgadas = 0.17 (1/cm).**

Para una carpeta de concreto asfáltico, con una estabilidad igual o mayor a 8000 Newton (815 kg), se adopta un coeficiente estructural **a_1=0,41 pulgadas.**

5.4.1.4-Bases estabilizadas granulométricamente.

Para bases granulares se utiliza la siguiente fórmula que relaciona el coeficiente de capa con el ensayo CBR:

$$a_2 = 0{,}032 \cdot (CBR)^{0{,}32}$$

Para una base estabilizada granulométricamente (piedra triturada) con CBR igual a mayor a 100%, se adopta un coeficiente estructural **a_2=0,14 pulgadas = 0.056 (1/cm).**

Para una base de macadam hidráulico con CBR igual o mayor a 100%, se adopta un coeficiente estructural **a_3=0,13 pulgadas= 0.052 (1/cm).**

5.4.1.5-Sub Bases

Para una sub base de suelo piedra 70/30 con CBR igual a mayor a 80%, se adopta un coeficiente estructural **a_2=0,13 pulgadas = 0.052 (1/cm).**

Para una sub base de Macadam Hidráulico con CBR igual o mayor a 80%, se adopta un coeficiente estructural **a_3=0,12 pulgadas = 0.048 (1/cm).**

Para una sub base de Suelo Cemento con fck igual o mayor a 15Kg/cm2 a los 7 días, se adopta un coeficiente estructural **a_3=0,13 pulgadas.**

5.4.1.6-Coeficientes de Drenaje.

El método AASHTO utiliza un coeficiente de drenaje que modifica la capacidad estructural de las capas no ligadas y está incorporada en la ecuación de diseño.

El método propone la siguiente tabla de referencia para adoptar los valores de m.

Calidad del Drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	Menor a 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	Mayor a 25 %
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Débil	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

(246)
doscientos cuarenta y seis

En la presente verificación de proyecto se ha adoptado el valor de 1,1 para capas con capacidad de buen drenaje que corresponde a la base granular.

5.4.1.7– Determinación del SNeff.

Del paquete de la estructura de pavimento a ejecutarse según licitación, se determinó el número estructural efectivo donde se demuestra que el SNeff es inferior al número estructural necesario o requerido para las condiciones actuales, tal como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7 – Proy. Licitado: Número Estructural efectivo (SN eff)

Capa	Espesor(cm)	a_i	m_i	SNeff	SNnec
Concreto asfáltico	5	0,17	-----	0,85	
Base Macadam Hidráulico	17,5	0,052	1	0,91	
Sub-base Macadam Hidráulico	17,5	0,048	1	0,84	
SNeff				2,60	2,71

SN eff (de licitación) = 2,60 < SN nec. = 2.71 (M.C.)

Lo que significa que el Número Estructural efectivo, de la estructura de pavimento licitado, no satisface a la demanda de carga que tendrá el pavimento durante su vida útil de 10 años, por lo que se requiere un pavimento que asegure que no se produzca una disminución de su vida útil.

Es sabido que para la ejecución de las bases granulares, los áridos pasan por un proceso de trituración con un control estricto de las fajas granulométricas para obtener un material de alta densidad.

En los mismos se incorporan controles tecnológicos de capacidad soporte (CBR), de densidades in situ, de granulometría, etc. y otros inherentes a las bases granulares.

Estos controles tecnológicos no pueden ser aplicados a las capas de macadam hidráulico; sumado a que se tratan de procesos constructivos artesanales, se obtienen resultados con un alto grado de variabilidad.

El proceso industrial de las capas granulares y los controles tecnológicos aplicados hacen que sea una alternativa mucho más confiable, con mayor rapidez de ejecución y mayor capacidad estructural.

Por otro lado, desde el punto de vista constructivo, la inclusión de una sub base de suelo cemento en reemplazo de la sub base tipo Macadam, confiere impermeabilidad al pavimento evitando la infiltración de las aguas de lluvia hacía las capas inferiores durante la etapa de construcción, más aun considerando la naturaleza arenosa de los suelos de la subrasante.

5.4.1.8- Proyecto alternativo del Número Estructural efectivo (SN eff)

Por lo expuesto, se propone reemplazar las capas de base y sub base de macadam hidráulico, por una base estabilizada granulométricamente con un mínimo de 90% de agregados triturados y 10% de suelo, con un CBR igual o mayor a 100%; y como sub base una capa de suelo cemento, con una resistencia a la compresión simple igual o mayor a 15 Kg/cm2.

245
doscientos
cuarenta y cinco

Tabla 8 – Proy. alternativo - Número Estructural efectivo.

Capa	Espesor(cm)	a_i	m_i	SNeff	SNnec
Concreto asfáltico	5	0,17	-----	0,85	
Base granular estabilizado-CBR≥100%	15,0	0,058	1,1	0,96	
Sub - base suelo cemento-fr≥15 Kg/cm2	20,0	0,052	1	1,04	
SNeff				2,85	2,71

SN eff (Proy.alternativo) = 2,85 > SN nec. = 2,71 (M.B.)

Por lo que la modificación de las capas estructurales, permitió que la suma de los productos de los espesores por sus correspondientes coeficientes estructurales, y los coeficientes de drenajes, posibilita que el Número Estructural Efectivo (SNff) de la estructura alternativa, satisfaga al Número Estructural necesario (SNnec), obteniendo una estructura de pavimento que tenga durabilidad y bajo costo de mantenimiento durante su vida útil.

La propuesta presentada tiene las ventajas mencionadas, con un número estructural (SN) mayor, y una vida útil superior al paquete licitado aplicando la metodología de diseño de pavimentos AASHTO 93.

5.4.2 – Tramo: Acceso a Chachi.

5.4.2.1 – Acceso a Chachi: estructura licitada.

La determinación del SN del paquete estructural licitado es como se indica en la tabla 9.

Tabla 9 – Proy. Licitado: Número Estructural efectivo (SN eff)

Capa	Espesor(cm)	a_i	m_i	SNeff
Tratamiento superficial triple	3	-----	-----	------
Base Macadam Hidráulico (CBR ≥80%)	17,5	0,052	1	0,91
Sub-base Macadam Hidráulico (CBR ≥80%)	17,5	0,048	1	0,84
SNeff				1,75

SN eff (L icitación) = 1,75

A través del Número Estructural (SNeff), y por medio de programas computarizado de la metodología AASHTO/93, se determinó el número de ejes equivalentes acumulados (ESALs), capaz de resistir la estructura licitada, que resultó ser lo siguiente:

ESALAs = 128.223

doscientos cuarenta y cuatro

5.4.2.2– Acceso a Chachi: estructura alternativa.

La determinación del SN del paquete estructural licitado es como se indica en la tabla 10.

Tabla 10 – Proy. alternativo: Número Estructural efectivo (SN eff)

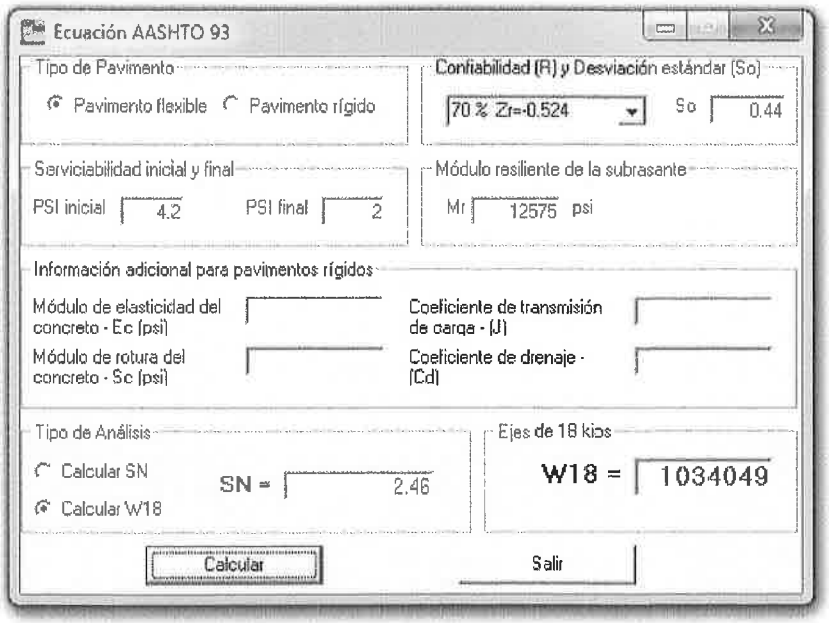
Capa	Espesor(cm)	a_i	m_i	SNeff
Concreto asfáltico	**3**	**0,17**	**-----**	**0,51**
Base granular (CBR ≥100%)	**15**	**0,056**	**1,1**	**0,91**
Subbase suelo cemento (Fkr ≥15%)	**20**	**0,052**	**----**	**1,04**
SNeff				**2,46**

SN eff (Alternativa) = 2,46

A través del Número Estructural (SNeff), y por medio de programas computarizado de la metodología AASHTO/93, se determinó el número de ejes equivalentes acumulados (ESALs), capaz de resistir la estructura licitada, que resultó ser lo siguiente:

ESALAs = 1.034.049

243
doscientos cuarenta y tres



Con lo que se concluye

6 – CONCLUSIONES.

A través de la metodología AASHTO/93, se realizó la verificación de la estructura de pavimento licitados, tanto del Tramo Principal como la del Tramo del Acceso a Chachi.

Dando como resultado que ambas estructuras, eran insuficientes para las cargas producidas por el número de ejes equivalentes acumulados (ESALs diseño) para el periodo estipulado para la vida en servicio.

6.1 – Tramo Principal.

Para este tramo, para un ESALs = 1,246 x 10^6 determinado con datos extraídos de un Estudio de Tránsito realizado en la etapa de factibilidades, se obtuvo a través de AASHTO/93, un Número Estructural necesario (SNnec) = 2,71 para la carga determinada de 1,246 x 10^6.

Determinado también por AASHTO/93, el Número Estructural efectivo (SNeff) = 2,60 correspondiente a la estructura licitada.

Lo que significa que la capacidad de carga de la estructura licitada, es inferior a lo requerido por el ESALs diseño = 1,246x10^6 por lo que no cumple con la condición de la AASHTO que SNeff debe ser mayor al SNnec. Al ser:

SNeff (licitación) = 2,60 < (SNnec) = 2,71 (M.C.)

Razón por la cual se analizó una estructura alternativa, consistente en una base granular de 15 cm de espesor y con un CBR ≥100%, y una subbase de suelo cemento de 20 cm de espesor y con una resistencia a la rotura de 15kg/cm2; manteniendo la carpeta asfáltica de rodamiento en los 5cm de espesor.

Con la estructura de pavimento descripta, y determinado también por AASHTO/93, el Número Estructural efectivo (SNeff) = 2,85 correspondiente a la estructura alternativa.

SNeff (alternativa) = 2,85 < (SNnec) = 2,71 (B.C.)

(242)
doscientos cuarenta y dos

6.2 – Tramo: Acceso a Chachi.

Para este tramo, el Número Estructural efectivo (SNeff) = 1,75 correspondiente a la estructura licitada, lo que a través de AASHTO/93 se determinó el número de ejes simple equivalente acumulados para el periodo de servicio (ESALs) = 128.223.

Por considerar que es un tránsito muy bajo para el periodo de 10 años, se analizó una estructura alternativa, consistente en una base granular de 15 cm de espesor y con un CBR ≥100%, y una subbase de suelo cemento de 20 cm de espesor y con una resistencia a la rotura de 15kg/cm2; sustituyendo el Tratamiento Superficial Triple por una carpeta asfáltica de rodamiento de 3cm de espesor.

Con la estructura de pavimento descripta, y determinado también por AASHTO/93, un (ESALs) = 1.034.049 correspondiente a la estructura alternativa.

ESALs (alternativa) = 1.034.049 > ESALs (licitado) = 128.223

Por lo que la capacidad estructural de la alternativa, es muy superior a la capacidad estructural licitado.

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS

Especialista Vial y de Pavimentos

(241)
doscientos cuarenta y uno