CRONOGRAMA FISICO - FINANCIERO

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES

LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL

LLAMADO MOPC N° 91/2021 SOLICITUD DE OFERTAS MEDIANTE LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS PARA LA EJECUCIÓN DE OBRAS VIALES DE HABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CORREDORES AGROINDUSTRIALES REGIÓN ORIENTAL. ID 401.919

CONVENIO MODIFICATORIO N° 2

DESCRIPCIÓN		MESES DE MANTENIMIENTO							
	0	1 A 6	7 A 12	13 A 18	19 A 24	25 A 30	31 A 36	37 A 42	43 A 48
		OBRAS DE MANTENIMIENTO DE LA CALZADA REHABILITADA (48 MESES)							
Suma Provisional	₲ 15.400.000.000								
Suministro a la supervision/Oficina y Alojamiento		0,128%	0,128%	0,128%	0,128%	0,128%	0,128%	0,128%	0,128%
Obras de Mantenimiento		0,237%	0,237%	0,237%	0,237%	0,237%	0,237%	0,237%	0,237%
TOTAL MENSUAL:		0,37%	0,37%	0,37%	0,37%	0,37%	0,37%	0,37%	0,37%
TOTAL MENSUAL ACUMULADO:		0,365%	0,731%	1,096%	1,461%	1,827%	2,192%	2,557%	2,922%
TOTAL MENSUAL (En Gs):	₲ 155.887.253.562	₲ 534.686.171	₲ 534.686.171	₲ 534.686.171	₲ 534.686.171	₲ 534.686.171	₲ 534.686.171	₲ 534.686.171	₲ 534.686.171
TOTAL MENSUAL ACUMULADO (En Gs):	₲ 171.287.253.562	₲ 171.821.939.733	₲ 172.356.625.904	₲ 172.891.312.075	₲ 173.425.998.246	₲ 173.960.684.418	₲ 174.495.370.589	₲ 175.030.056.760	₲ 175.564.742.931

Ing. Pedro Fernández

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

LES DE HAI

48

0,24%

100,00%

0,37%

119,95%

Folio 293
(doscientos noventa y tres)

Folio 292
(doscientos noventa y dos)

ANEXO 4

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ITEMS NUEVOS

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Pedro Fernández

edb Construcciones

Formulario de Análisis de Precios Unitarios				LOTE 1
Fecha:	2.1.1	Subrasante mejorada CBR>25%	Unidad:	m³
	LLAMADO MOPC N° 91/2021 SOLICITUD DE OFERTAS MEDIANTE LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS PARA LA EJECUCIÓN DE OBRAS VIALES DE HABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CORREDORES AGROINDUSTRIALES REGIÓN ORIENTAL. ID 401.919			

(A) Equipo A Utilizar	Modelo Equipos	Horas de c/Equipo	Costo Horario (Gs)	Costo Total Horario (Gs)
RETROEXCAVADORA		1,000	318.479	318.479
TRACTOR		0,700	163.412	114.388
MOTONIVELADORA		1,000	371.907	371.907
CAMION REGADOR DE AGUA		0,700	331.285	231.900
COMPACTADOR LISO + PATA DE CABRA		1,500	156.275	234.413
COMPACTADOR NEUMATICO		0,100	155.204	15.520
TOPADORA		0,300	396.148	118.845
MOTOBOMBA		0,100	39.188	3.919
			(A) Total Gs.:	1.409.371

(B) Mano de Obra	Cantidad de Trabajadores	Horas de c/Trabajador	Costo Horario (Gs)	Costo Total Horario (Gs)
AYUDANTE	5,00	1,000	16.043	80.215
			(B) Total Gs.:	80.215
			Costo Horario (A+B) Gs.:	1.489.586
(C) Producción del Equipo p/h=				61,00
(D) Costo Unitario de la Ejecución (A + B) / (C) = (D)			Gs.:	24.419

(E) Materiales	Unidad	Consumo	Costo Unitario (Gs)	Costo Total Unitario (Gs)
RIPIO EN LA ZONA	m3	1,450	7.800	11.310
			(E) Total Gs.:	11.310

(F) Transporte	D.M.T. (Km)	Consumo	Costo Unitario (Gs)	Costo Total Unitario (Gs)
RIPIO EN LA ZONA	10,00	1,450	1.002	14.529
			(F) Total Gs.:	14.529

Costo Directo Total: [D+E+F]	Gs.:	50.258
Gastos Generales [% s/CDT] (GG)	Gs.:	2.010
Beneficios e Impuestos [% s/CDT] (BeI)	Gs.:	251
Costo Unitario [CDT + G.G. + BeI] (CU)	Gs.:	52.519
IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (I.V.A.)	Gs.:	5.252
COSTO UNITARIO ADOPTADO [CU + IVA]	Gs.:	57.771

CONSORCIO

Ing. Pedro Fernández

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Construcciones

ANEXO 5

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE ITEMS NUEVOS

Ing. Javier Talia
UEP BID-BV - MOPC

Ing. Pedro Fernández
edb Construcciones

CONSORCIO

2.1.1 Subrasante mejorada CBR>25%

1.- DESCRIPCION Y ALCANCE.

Esta Sección se refiere a la formación y compactación de una capa de terraplén a nivel de subrasante construida con los mejores suelos existentes en la zona, en todo el ancho de la plataforma, en un todo de acuerdo con estas Especificaciones Técnicas y de conformidad con las alineaciones, cotas, secciones transversales y dimensiones dadas en los planos y órdenes impartidas por la Fiscalización.

2.- PRESERVACION DEL MEDIO AMBIENTE.

A los efectos de disminuir el impacto ambiental producido como consecuencia de la ejecución de este ítem, el Contratista deberá seguir las indicaciones señaladas en las ETAGs y las dispuestas por la Fiscalización antes de iniciar las tareas, así como también deberá tomar las precauciones para evitar la contaminación de cualquier tipo.

3.- MATERIALES.

3.1.- Suelos.

La capa de los últimos 0,30 m del terraplén, según lo indiquen los planos y u órdenes de la fiscalización, a nivel de subrasante, deberán construirse con suelos inorgánicos, libres de materia vegetal, escombros, raíces, basuras, terrones, trozos de roca o bolones degradables o trozos cementados de tamaño superior a lo especificado. Tampoco serán considerados los materiales excavados en las secciones del camino que a juicio de la Fiscalización sean inadecuados por su calidad o tamaño.

La capa deberá construirse con los mejores suelos existentes en la zona, cuya capacidad de soporte no deberá ser inferior a 25% de CBR, medido en las mismas condiciones estipuladas para el cuerpo del terraplén. Por debajo de la capa de subrasante según la zona debe exigirse un CBR de 3, según indicación de la Fiscalización.

Los suelos del tipo A-4 y A2-4 que eventualmente puedan ser utilizados en la construcción de estas capas, deberán presentar las siguientes características:

TABLA 2.1.1

Descripción	Suelos A-4	Suelos A 2-4
Porcentaje pasante del Tamiz Nº 200	<50%	<35%
Límite Líquido	<25%	<25%
Índice de Plasticidad	<10%	<10%
CBR	>25%	>25%

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

CONSORCIO

Ing. Pedro Fernández

edb construcciones

3.2.- Agua.

El agua para utilizar deberá estar libre de materiales orgánicos nocivos, libre de sales de sulfato y sales totales, así como también de ácidos y álcalis.

4.- EQUIPOS.

El Contratista empleara el número suficiente de equipos apropiados para las operaciones de esparcido y compactación del material aprobado para la ejecución de terraplenes, a fin de obtener camadas uniformes y uniformemente compactadas hasta la densidad especificada.

El equipo de compactación deberá satisfacer los requisitos individuales de construcción relativos al tipo, peso y cualquier otra característica especifica requerida para el trabajo a ejecutar. Deberá presentar características y condiciones técnicas adecuadas para producir la compactación y densidad exigida, sin causar exfoliaciones, desplazamientos, surcos, aflojamiento y empujes adversos.

5.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

Previo a la ejecución en forma masiva de los trabajos de terraplén a nivel de subrasante, el Contratista efectuará el primer trabajo de compactación considerándolo como una "Pista de Pruebas", a los efectos de determinar la metodología de las operaciones necesarias para la obtención de capas uniformes que cumplan con los requisitos de densidad establecidos para cada caso.

En estas pistas, serán calibrados los equipos de compactación, las características de los materiales, espesores sueltos, número y forma de pasada de los compactadores, redoblándose los controles de humedad y densidad de manera a establecer la forma de trabajo. En ningún caso, habrá pago adicional por las tareas desarrolladas en las pistas de prueba. El costo de operación deberá ser considerado y subsidiado en el presente Ítem de obra.

En función a los datos obtenidos en las pistas de prueba, ampliados durante la prosecución de los trabajos y a los efectos de garantizar la uniformidad del producto acabado, satisfaciendo en general los límites establecidos de densidad, el control de la compactación podrá hacerse por medio del examen estadístico de las densidades medidas. De acuerdo con ese control de calidad, el Contratista deberá modificar las operaciones de compactación, cuando la dispersión de los valores de las densidades alcanzadas, en un mínimo de diez, en relación a la densidad máxima seca del ensayo de compactación especificado en esta Sección, medida por la desviación Standard, sea mayor que 3%.

El Contratista deberá programar sus operaciones de manera a alcanzar como valor promedio de las densidades, el 100% de la densidad máxima referida, a los fines de garantizar un mínimo de densidades arriba y abajo del 100%. El valor de la desviación estándar arriba indicado podrá ser modificado por la Fiscalización en función a la homogeneidad de los materiales utilizados en la construcción de los terraplenes.

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

CONSORCIO

Ing. Pedro Fernández

Construcciones

El Contratista empleará el número suficiente de equipo de trabajo con el objetivo de obtener capas parejas y uniformemente densificadas. Los mismos deberán estar en buenas condiciones mecánicas y deberán ser aprobados por la Fiscalización previamente a su uso en obra.

4.1.- Formación y compactación.

4.1.1.- Generalidades.

El Contratista deberá colocar estacas espaciadas a no más de 20m entre sí que delimiten el ancho de la capa a construir, dejando puntos de referencia de nivel y planimétricos, los que permitirán en cualquier momento reponer las estacas que se pierdan o deterioren.

El Contratista deberá localizar el o los préstamos que proporcionen materiales adecuados y que se ajusten a los requisitos indicados en el numeral.

La ubicación de los préstamos con suelos aptos, así como la adquisición de los derechos de extracción, serán de exclusiva responsabilidad y cargo del Contratista. La localización y procedimientos de explotación deberán ajustarse a las disposiciones señaladas en las ETAGs sobre el particular. Los materiales con sobre tamaño deberán retirarse en el lugar del préstamo. Será de responsabilidad y cargo del Contratista la construcción y conservación de todos los caminos que se requieran para transportar el material entre los préstamos y las obras del Proyecto.

Una vez identificados plenamente los yacimientos de suelos a ser utilizados en la construcción del terraplén, y siempre y cuando los mismos cumplan con las exigencias establecidas en la presente Especificación Técnica, el Contratista solicitará a la Fiscalización la habilitación de estos adjuntando toda la documentación necesaria para dar cumplimiento a las exigencias establecidas en las ETAGs sobre el particular.

4.1.2.- Colocación y compactación del material.

La subrasante de suelo seleccionado se formará mediante capas de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la rasante del Proyecto, cubriendo todo el ancho del perfil transversal para cada caso y en longitudes compatibles con los métodos empleados en la distribución, mezcla y compactación del material. El bombeo transversal deberá mantenerse con la pendiente establecida de manera a que se asegure el escurrimiento de agua durante la construcción. La colocación del material se efectuará mediante camiones de volteo u otros equipos apropiados, debiéndose disponer del equipo adecuado para asegurar capas de espesor uniforme. La compactación del material deberá realizarse en las siguientes condiciones:

HUMEDAD: Los materiales a compactar deberán estar homogéneamente húmedos y su contenido ser cercano al óptimo. Por lo tanto, de acuerdo con la humedad natural del material, se deberá agregar agua o secar de manera de cumplir con lo requerido. La Fiscalización podrá ordenar en cualquier momento verificaciones del

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC
CONSORCIO

Ing. Pedro Fernández

Construcciones

estado de la humedad del suelo en proceso de trabajo, ordenando el ajuste de esta al Contratista en caso de que sea necesario.

EQUIPO: Las capas deberán densificarse mediante equipos compactadores del tipo pata de cabra, rodillos neumáticos, rodillos lisos con o sin aditamento, u otro equipo adecuado, de acuerdo con el tipo de material a utilizar.

La elección del tipo de equipo a ser empleado de acuerdo con su practicabilidad será de la entera responsabilidad del Contratista, a los fines de obtener tanto la perfecta ligación de los materiales a emplear, así como de las densidades requeridas en esta Especificación. Todos los equipos para utilizar para la ejecución de terraplenes deberán estar en perfectas condiciones mecánicas y deberán ser previamente aprobados por la Fiscalización, la cual podrá exigir el cambio o retiro de las unidades que a su juicio no estén en condiciones aceptables.

COMPACTACIÓN: A nivel de subrasante, el grado de compactación será del 100% (cien por ciento) para los suelos tipo A-4, definidos según el Método AASHTO T-99 Normal y 97% (noventa y siete por ciento) para suelos tipo A-2-4 definidos según el Método AASHTO T-180. Grados de compactaciones menores a 97% (T-99 normal) y 94% (T-180) serán rechazados. La capa suelta conformada para la construcción del terraplén será consolidada por medio del equipo de compactación necesario y que llene los requisitos indicados para el tipo de suelo.

Las pruebas de compactación se harán de acuerdo con los ensayos de densidad "in situ" definidos en la Norma AASHTO T-191 (Densidad del Suelo in Situ usando el Método del Cono de Arena), alternando centros y bordes o según lo ordene la Fiscalización. La determinación de la densidad será realizada inmediatamente después de finalizada la operación de compactación.

Las densidades de compactación establecidas deberán ser alcanzadas en todo el ancho medio de la capa trabajada.

4.2.3.- Mantenimiento de las obras.

Será de responsabilidad del Contratista, el control de la erosión de los taludes de los terraplenes hasta la recepción definitiva de las obras, para lo cual deberá establecer las medidas necesarias para evitar que los materiales erosionables causen daños a la propiedad colindante al camino, contaminen las aguas de ríos, lagos u otras áreas de almacenamiento de aguas, o causen perjuicios a las obras propias del camino, tal como se señala en las ETAGs.

A los efectos de evitar la aparición de fisuras de contracción y mantener la superficie del terraplén terminado en buenas condiciones, el Contratista deberá realizar riegos con agua en forma permanente hasta tanto la misma sea cubierta con la capa superior siguiente.

4.3.- Control de las compactaciones.

La aceptación del grado de compactación de los terraplenes construidos con material de cualquier naturaleza, excepto roca, se basará en la medición de las

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

CONSORCIO

Ing. Pedro Fernández

edib

Construcciones

densidades de terreno. Se aceptará la compactación del terraplén, siempre y cuando ésta iguale o supere los valores mínimos especificados en esta Sección.

4.4.- Control de la Uniformidad.

Cuando lo especifique el Proyecto, además de los controles topográficos y de compactación, se hará la prueba de uniformidad de soporte sobre las superficies que se indiquen ("Pruebas de carga").

El control se hará mediante el paso de un camión cargado a tope con piedra triturada o material similar. Las superficies para controlar deberán haber sido previamente recepcionadas por topografía y compactación.

El camión se pasará una sola vez a una velocidad máxima de 5km/h cubriendo toda la superficie, sin traslapes, y en toda su longitud a controlar, excepto sobre las obras de arte u otras estructuras cuya parte superior esté a menos de 0,75m de la superficie bajo control; en tales casos se deberá descargar y luego cargar nuevamente el lastre, o bien construir rampas adecuadas sobre dichas estructuras.

Se entenderá que la superficie controlada está uniformemente construida si después de pasado el camión no queda huellas a simple vista sobre ella. En ningún caso será admitida la aparición de huellas luego de realizado el control.

Ante la eventual duda de la presencia de ahuellamiento, la medición se hará cada 40m a lo largo de la plataforma del camino, superponiendo transversalmente sobre la huella una regla metálica y midiendo el asentamiento vertical con cinta manual.

En caso de incumplimiento, el Contratista deberá remover el material de la superficie afectada, homogeneizarlo y recolocarlo, debiendo además alcanzar los niveles de compactación exigidos.

4.5.- Tolerancias topográficas.

Para el caso de construcción de capas de terraplén a nivel de subrasante, el espesor final compactado no podrá exceder en 1cm en más o menos del espesor indicado en los planos. Inmediatamente después de la compactación y corte final de la capa respectiva, serán controladas las cotas con nivelación geométrica transversales cada 20m. Todos los valores deberán ser controlados y complementados con los valores medidos de los pozos efectuados para los ensayos de densidad in situ.

La superficie acabada de la subrasante, al ser controlada con una regla de 3,00m aplicada paralelamente y en ángulos rectos al eje del camino, no deberá registrar lecturas superiores a 10mm entre dos puntos cualesquiera. Además, los niveles finales de las capas no deberán tener una diferencia por encima o por debajo de más de 5mm con relación a la cota indicada en los planos del Proyecto o establecidas por la Fiscalización. El ancho en ningún caso deberá ser inferior al indicado.

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

CONSORCIO

Ing. Pedro Fernández

edb Construcciones

5.- MEDICIÓN.

Esta sección incluye la formación y compactación de terraplenes a nivel de subrasante con los materiales que cumplan lo dispuesto en el numeral 1.3.- Materiales de esta Sección. Dichos materiales podrán provenir de cortes del mismo camino o de préstamos, cualquiera fuere la distancia de transporte. Se incluyen asimismo todos los equipos y mano de obra, incluso los trabajos necesarios para habilitar los pozos de préstamo y la construcción y conservación de sus caminos de acceso y caminos auxiliares de servicio.

Se cuantificará por metro cúbico (m3) de formación y compactación de terraplenes en subrasante; la medición se efectuará de acuerdo con las secciones geométricas de los perfiles del Proyecto, según las cubicaciones requeridas y aprobadas por la Fiscalización.

6.- FORMA DE PAGO.

Las cantidades determinadas conforme al método de medición serán pagadas al precio unitario correspondiente al Ítem 2.1,1 Subrasante mejorada CBR ≥25 %

Este precio será la compensación total por la ejecución de los trabajos aquí descriptos, por suministrar todo el equipo necesario, mano de obra, carga, transporte de material, habilitación de préstamos de materiales, manejo del tránsito pasante, señalización preventiva, supervisión, servicios, y los imprevistos para la ejecución y terminación total de este ítem.

No habrá medición ni pago por la construcción y mantenimiento de los caminos auxiliares y obras de desagüe y drenaje a ser instaladas temporalmente, ni por las distintas pistas de prueba a serejecutadas durante la duración de las obras, así como tampoco de eventuales

Ing. Pedro Fernández

Construcciones

Ing. Javier Talia
UEP MIU-DV - MOPC

CONSORCIO

ANEXO 6

INFORME DE PAVIMENTOS

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero C.

Ing. Pedro Fernández
Construcciones

CONSORCIO

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

DATUM
INGENIERÍA

PAVIMENTACION ASFALTICA DEL TRAMO EMPALME RUTA NACIONAL Nº11 - SAN PABLO - VOLENDAM - VILLA DEL ROSARIO Y ACCESO AL PUERTO MBOPICUA"

Revisión del Diseño Estructural de Pavimentos
Revisión 14

Marzo 2.024

Viscaíy 1363 casi 29 de Setiembre
Lambaré - Paraguay
Teléfono +595 992 319017

DATUM INGENIERIA S.A.

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

CONSORCIO

Ing. Pedro Fernández

edb Construcciones

Revisión del Diseño Estructural de Pavimentos - Contenido

1. GENERALIDADES 3

1.1. ANTECEDENTES 4

1.1.1 Revisión de proyecto del proceso licitatorio *4*
1.1.2 Acta de Reunión RDL - L01 - 001/2024 de fecha 07/02/2024 ..... *5*
1.1.3 Consideraciones para el diseño estructural *6*
1.1.4 Caracterización de materiales disponibles en la traza *8*

2. REVISIÓN TRAZA PRINCIPAL Y ACCESO A PUERTO MBOPICUA 16

2.1. Determinación del módulo efectivo de la sub rasante 17
2.1.1 Sistema Multicapas pavimento flexible, Base granular, Sub Base Granular y capa de mejoramiento de SR con Suelo Ripio CBR≥25% *23*

3. REVISIÓN ACCESO A COLONIA VOLENDAM 38

3.1. Consideraciones de transito solicitante y parámetros de diseño de la revisión 39
3.1.1. Sistema Multicapas pavimento flexible con capa de base y sub base granular, asentadas sobre sub rasante con material CBR≥25% *44*

4. CONCLUSIONES 52

4.1. Recomendaciones y dictamen de revisión 53

ANEXO A - Ensayos con Penetrómetros DCP en la Traza

ANEXO B - Ensayos de laboratorio de caracterización de materiales

edb Construcciones

Ing. Pedro Fernández

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

CONSORCIO

1. Generalidades

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

Ing. Pedro Fernández

CONSORCIO

edb Construcciones

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

1.1. Antecedentes

El presente informe tiene como principal objetivo revisar las consideraciones del proyecto ejecutivo, que han formado parte del legajo técnico del proceso Licitatorio ID 401919, LPI MOPC N° 91/2021 "Solicitud de ofertas mediante Licitación Pública Internacional de Empresas Constructoras para la Gestión de Obras Viales de Habilitación y Mantenimiento de Corredores Agro Industriales - Región Oriental" específicas para el desarrollo de la infraestructura vial para el Diseño Final de Ingeniería - Tramo Empalme Ruta Nacional N°11 - San Pablo - Volendam - Villa del Rosario y Acceso al Puerto Mbopicua, desarrollada por DATUM S.A. por encargo de la empresa contratista adjudicada para las obras EDB CONSTRUCCIONES S.A.

Dentro del desarrollo del presente informe se conceptualizarán los principales puntos de partida en base a los resultados de algunos estudios preliminares, información recabada que guardan relación a la caracterización de los materiales disponibles en la traza, adaptándolos a las condiciones de diseño establecidas en los documentos integrantes del proceso licitatorio.

Se destaca que, la línea de revisión del diseño buscará priorizar la utilización efectiva de ciertos materiales disponibles en la zona de influencia del proyecto, con tendencias enmarcadas a las metodologías y técnicas constructivas aplicables en el mercado nacional, sin desmerecer ciertas innovaciones, que puedan redundar en mejoras sustanciales en los costos de construcción a fin de obtener alternativas constructivas, convenientes, económicas y principalmente que brinden sustento técnico, para garantizar su durabilidad en el tiempo, respetando las condiciones y lineamientos de las guías de diseño invocadas por la especialidad, dentro del presente informe.

A partir de los documentos integrantes del proceso licitatorio se ha recolectado las informaciones inherentes a las consideraciones de diseño para evaluar el sistema multicapas del diseño ejecutivo en el documento denominado "Memorias de Ingeniería de los Servicios de Consultoría para la Revisión y Adecuación de Diseños Finales del Proyecto de Pavimentación de la Ruta PY22 (San Pedro) elaborado por DG INGENIERIA SRL en Marzo 2021.

1.1.1 Revisión de proyecto del proceso licitatorio

Forma parte de los documentos integrantes de la presente Revisión, aquellos publicados en el Portal de Contrataciones Públicas de la DNCP LICITACIÓN LPI MOPC N° 91/2021, cuyas informaciones y consideraciones de diseño fueron utilizadas para evaluar el sistema multicapas del diseño ejecutivo en el documento denominado "Memorias de Ingeniería de los Servicios de Consultoría para la Revisión y Adecuación de Diseños Finales del Proyecto de Pavimentación de la Ruta PY22 (San Pedro) elaborado por DG INGENIERIA S.R.L. en Marzo 2021

A partir de los documentos integrantes de la Licitación se ha recabado la información utilizada que arroja expectativas para el Tramo 1 Villa del Rosario - San Pablo, coincidente con el tramo del LOTE1 objeto de estudio, valorados para 10 y 20 años de servicio:

Periodo	Ejes Equivalentes de Diseño (ESAL's)
Para 10 años	**2.744.526**
Para 20 años	**4.868.337**

	EE					
	Villa del Rosario - San Pablo			San Pablo - Ruta 11		
	L	O	C	L	O	C
	4,23	2,86	3,26	4,23	2,9	3,26
	2,5	1,7	2,0	2,5	1,7	2,0
CONTRATACION CONSTRUCCIÓN	369.015	2.190	102.565	266.815	0	89.060
	384.710	2.190	105.485	278.130	0	91.615
	400.770	2.190	109.135	290.175	0	94.535
	417.550	2.555	112.420	302.220	0	97.455
	435.080	2.555	116.435	314.995	0	101.105
PERIODO 10 AÑOS	446.030	2.555	119.625	323.025	0	102.930
	457.245	2.555	121.180	331.055	0	105.120
	469.025	2.555	123.370	339.815	0	107.310
	480.705	2.555	125.925	348.210	0	109.500
	493.115	2.555	128.480	356.970	0	111.325
	505.890	2.920	130.670	366.095	0	113.515
	518.665	2.920	133.225	375.585	0	115.705
	531.805	2.920	136.145	385.075	0	118.260
	545.310	2.920	138.700	394.930	0	120.450
	559.815	2.920	141.255	404.785	0	122.640
	7.706.975	43.435	2.039.625	5.579.390	0	1.769.520
	0,02	0,8	2,6	0,02	0,1	3,56
	77.070	17.374	2.650.083	55.794	0	3.149.746
	2.744.526			3.205.540		
PERIODO 20 AÑOS	573.415	2.920	144.175	415.005	0	124.830
	587.650	2.920	146.730	425.590	0	127.750
	602.615	2.920	149.650	436.540	0	129.940
	617.845	3.285	152.570	447.490	0	132.495
	633.640	3.285	155.490	458.805	0	135.050
	649.700	3.650	158.775	470.485	0	137.970
	666.125	3.650	161.695	482.530	0	140.525
	683.280	3.650	164.980	494.575	0	143.080
	700.800	3.650	168.265	507.350	0	145.000
	718.320	3.650	171.550	519.760	0	148.920
	14.140.455	77.015	3.612.405	10.237.520	0	3.136.080
	0,02	0,8	2,6	0,02	0,1	3,56
	141.405	30.306	4.696.127	102.375	0	5.582.222
	4.868.337			5.684.598		

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

Fuente: Memoria de Ingeniería elaborado por DG INGENIERIA SRL en Marzo 2021, Página 63

1.1.2 Acta de Reunión RDL - L01 - 001/2024 de fecha 07/02/2024

En fecha miércoles 07-02-24, se ha realizado una reunión donde el MOPC ha establecido su postura respecto a las consideraciones para los ejes equivalentes de diseño.

Ing. Pedro Fernández

edb Construcciones

CONSORCIO

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

En este contexto se ha labrado entre las partes un Acta de Reunión indicando lo siguiente:

TEMAS TRATADOS

1. Tráfico de diseño.
   a. MOPC: Se mantendrá el tráfico contractual (El correspondiente al proyecto ejecutivo del llamado a licitación).
2. Dimensionamiento de paquete estructural.
   a. EDB: La Contratista presentará propuestas de paquete estructural para optimizar el desempeño del proyecto a lo largo de su vida útil.
   b. MOPC: Se solicita que el Contratista plantee una propuesta de solución para el paquete estructural, contemplando el tramo construido y el tramo por construir.
3. MOPC solicita la revisión del precio unitario del ítem subrasante mejorada.
4. La Supervisión, junto con la Fiscalización y la Contratista realizará calicatas para verificar la calidad de los trabajos ejecutados.
5. Solicitud de reconocimiento de lluvias y modificación de plazos.

A partir de esta postura adoptada por los representantes del MOPC, sigue la verificación estructural para el espectro de cargas de diseño considerando un valor de 2.744.526 EEq, atendiendo de que existen tramos ya concluidos con capas granulares (Sub Base y Base Granular estabilizada) por lo que serán tramificadas las secciones, para tres tipos de paquetes estructurales en la traza principal y su correspondiente verificación estructural de cada uno de ellos.

En igualdad de condiciones serán utilizados los mismos parámetros de entrada para el cálculo del desempeño del paquete estructural, introduciendo las mejoras por la construcción de la capa propuesta en la sub rasante mejorada con material suelo ripio CBR≥25%.

A partir de las prestaciones de este material, serán elegidas los espesores de capas equivalentes a ser considerados dentro de las cantidades de obra revisada, como consecuencia de dar atención a las exigencias de los representantes del MOPC, que han resuelto que los diseños deben adaptarse a los ejes equivalentes indicados en el proyecto ejecutivo del llamado a licitación.

1.1.3 Consideraciones para el diseño estructural

Como se ha mencionado en párrafos anteriores serán utilizadas las mismas consideraciones de la Revisión del documento de licitación denominado "Memorias de Ingeniería de los Servicios de Consultoría para la Revisión y Adecuación de Diseños Finales del Proyecto de Pavimentación de la Ruta PY22 (San Pedro) elaborado por DG INGENIERIA SRL en Marzo 2021, que se presentan a continuación:

- Normativa utilizada : AASHTO 1993
- Período de Diseño adoptado : 10 años en 2 etapas de construcción

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

CONSORCIO

Ing. Pedro Fernández
Construcciones

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

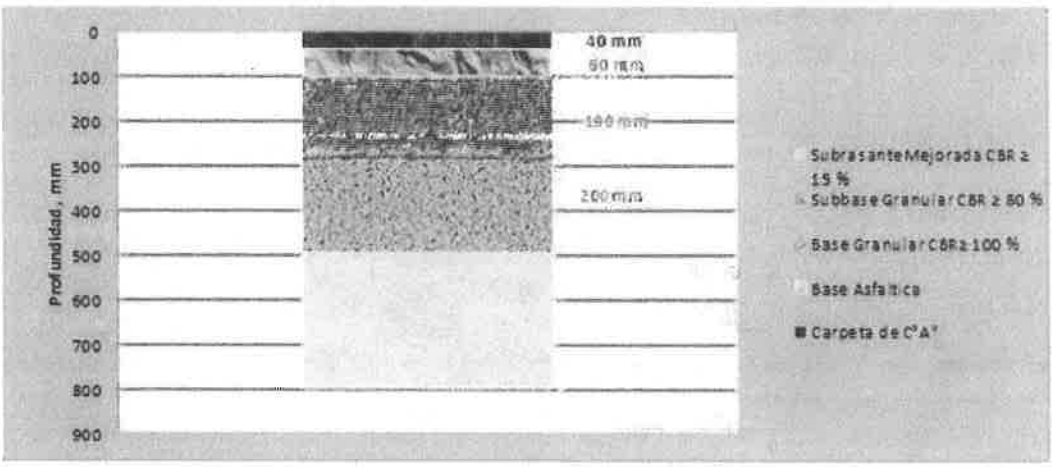
- Confiabilidad total de proyecto : Cr = 80% (se ha considerado 2 etapas)
- Nº de Etapas de Diseño : 2 Etapas
- Confiabilidad de diseño : 90%
- Desviación Standard : 0,49
- Indice de Serviciabilidad inicial : p_0 = 4,20
- Indice de Serviciabilidad final : p_i = 2,50
- Número estructural necesario : SN=3,63
- Valor Soporte de SR (compuesto) : 10958 PSI
- Ejes Equivalentes de Diseño : 2.744.526 EE (según proyecto original licitado para 10 años de vida útil)

Fuente: Memoria de Ingeniería elaborado por DG INGENIERIA SRL en Marzo 2021, Página 64

1.1.3.1. Paquete de firmes licitado

Conforme los datos revisados el sistema multicapas está conformado de la siguiente estructura:

CAPA ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO	ESPESOR DE CAPA	COEFICIENTE DE APORTE ESTRUCTURAL (ai)	COEFICIENTE DE DRENAJE (mi)	APORTE ESTRUCTURAL	VERIFICACION CAPA X CAPA
Carpeta de C°A°	40 mm	0.44		0.09	OK
Base Asfáltica	60 mm	0.40		0.94	
Base Granular CBR≥ 100 %	190 mm	0.14	1.00	1.05	
Subbase Granular CBR ≥ 80 %	200 mm	0.12	1.00	0.94	
Subrasante Mejorada CBR ≥ 15 %	300 mm				
Terraplen					
Total	790 mm	SNd		3.63	



Fuente: Memoria de Ingeniería elaborado por DG INGENIERIA SRL en Marzo 2021, Página 64

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

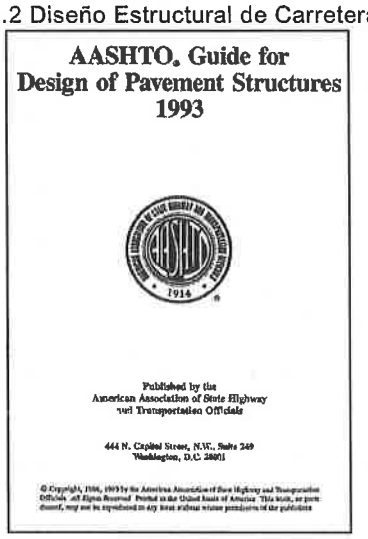
Ing. Pedro Fernández

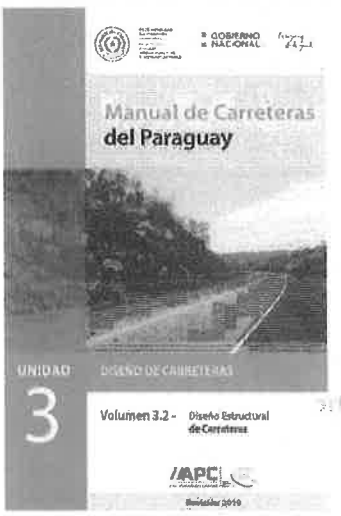
Construcciones

CONSORCIO

1.1.3.2. Normativa de diseño utilizada para la verificación

El procedimiento de diseño elegido para esta verificación está basado en la **Guía de Diseño AASHTO 1993**, extraído de la fuente de consulta de la especialidad Manual de Carreteras del Paraguay Revisión 2019, del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones - Aprobado y vigente por Resolución MOPC Nº 1692/2019 - UNIDAD 3 DISEÑO DE CARRETERAS, Volumen 3.2 Diseño Estructural de Carreteras. Sección 3.2.2.3 Diseño de Pavimentos Flexibles.





Este método tiene sus fundamentos en el esperado número acumulado de ejes equivalentes al eje simple de 18 kips (ESAL's) durante el periodo de análisis (W18).

La información obtenida de la **estimación del posible espectro de cargas será verificada** en base a esta normativa:

1.1.4 Caracterización de materiales disponibles en la traza

Se ha encargado las tareas de identificación y evaluación de los materiales disponibles en la traza a partir de calicatas desarrolladas en los tramos ya intervenidos, con la expectativa de lograr clarificar las características de los mismos, atendiendo que el paquete propuesto obedece a valorar a nivel de Sub rasante un Módulo efectivo compuesto para capas de mejoramiento con materiales con índice de valor soporte CBR≥15% cuyas consideraciones en términos de módulo esperan Mr=10958 PSI lo que equivale a 75,55 MPa, y se propone la modificación de estos materiales por otros de mejor desempeño con suelo tipo ripio.

Se han construido actualmente las capas de mejoramiento de la subrasante con esos materiales propuestos, bajo condiciones de desempeño estudiadas que han partido de la base de los ensayos de las canteras disponibles que han abastecido a la obra en los tramos ya intervenidos.

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

Ing. Javier Talia
UCP BID-DV - MOPC

Ing. Pedro Fernández

CONSORCIO

edb Construcciones

Seguidamente se describe los resultados para los materiales que se han utilizado tipo suelo ripio obtenidas de las calicatas de pista, que se proponen como capa de coronación de los terraplenes hasta la cota de la subrasante.

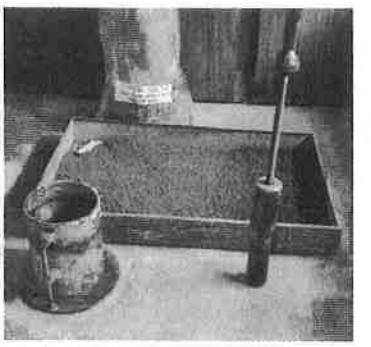
Caracterización de materiales en Laboratorio

Se han encargado la identificación y desarrollo de los reportes de ensayos de caracterización de los materiales propuestos para la capa de mejoramiento de sub rasante con el suelo ripio, desarrollados en el laboratorio de campo del contratista.

Esta caracterización ha iniciado, con la determinación de los valores de Granulometría, Límites de Atterberg, Densidad Seca Máxima y la humedad óptima a partir del ensayo de compactación Proctor Modificado T-180.

Se han realizando los procedimientos de humidificación de las muestras de materiales ensayados con moldeo de probetas CBR por cada material cateado de las pistas, buscando la compactación de al menos tres probetas en un rango de 90% a 100% de la densidad máxima compactada seca obtenida por el ensayo Proctor Modificado T-180, así como lo establece la normativa de ensayo AASHTO T-193 para la determinación del índice soporte california.

Realizado el procedimiento de moldeo, **se ha procedido a la inmersión en piletas con agua** por un período de 96 horas, con lectura de expansión.



Para los materiales de suelo ripio propuesto para la capa de mejoramiento de la subrasante, se utilizó una energía de compactación del ensayo Proctor Modificado T-180, se ha valorado

Ing. Pedro Fernández

Ing. Javier Talia
JEF SIU-DV - MOPC

CONSORCIO

edb Construcciones

Ing. Horacio Acosta Suárez
Ingeniero Civil

el resultado para 56 golpes por 5 capas obteniendo moldeos cercanos al 100% para lograr una aproximación a las densidades representativas que la pista pueda ofrecer, con base en las condiciones de recepción para las exigencias de compactación de la capa.

Estos resultados se resumen a continuación en la siguiente tabla, obtenida a partir de los reportes de laboratorio de la evaluación de los materiales extraídos en las calicatas de pistas terminadas:

Muestra	Progresiva	Clasificación AASHTO	Compactación Proctor AASHTO T-180		CBR_L AASHTO T-193		
			D.S.M. (gr/cm^3)	H optima (%)	CBR_L	Grado de compactación de moldeo obtenido	Hinchamiento
de -30 a -15cm de SR	10+400	A-2-4	2030	10,2%	75,7%	99,2% de la D.S.max Proctor T-180	0,24%
de -15 a 0cm de SR	10+400	A-2-4	2030	10,2%	77,9%	99,2% de la D.S.max Proctor T-180	0,18%
de -30 a -15cm de SR	11+100	A-2-4	2030	10,2%	77,1%	98,9% de la D.S.max Proctor T-180	0,22%
de -15 a 0cm de SR	11+100	A-2-4	2030	10,2%	76,4%	98,9% de la D.S.max Proctor T-180	0,21%
de -30 a -15cm de SR	16+900	A-2-4	2030	10,2%	77,1%	99% de la D.S.max Proctor T-180	0,22%
de -15 a 0cm de SR	16+900	A-2-4	2030	10,2%	76,4%	99,1% de la D.S.max Proctor T-180	0,23%

El valor promedio obtenido para densidad de moldeo cercanos al 99% respecto a la densidad seca máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado T-180, arroja valores en el orden de 76,76%.

A partir de este análisis es razonable que se puedan superar los valores de CBR=25% para un grado de compactación del 97% de la D.S.max del Proctor T-180. De esta manera el desempeño del material para las condiciones de recepción propuestas nos garantizan llegar a valores de módulo que en una condición conservadora, pueden llevarse adelante para ser utilizada dentro de las capas de coronación de los terraplenes.

Ing. Javier Talia
UCP BID-DV - MOPC

CONSORCIO VIAL

Ing. Pedro Fernández

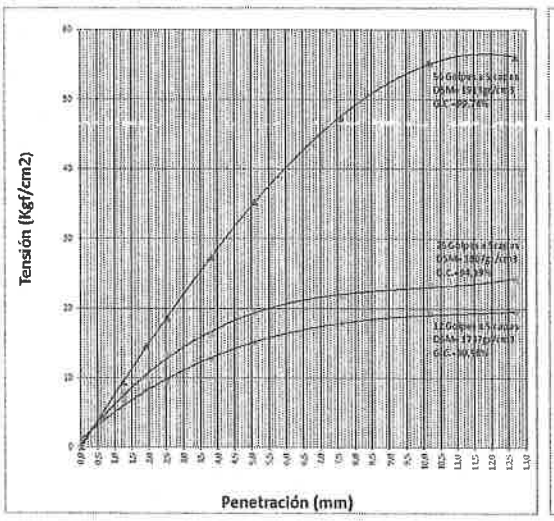
Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

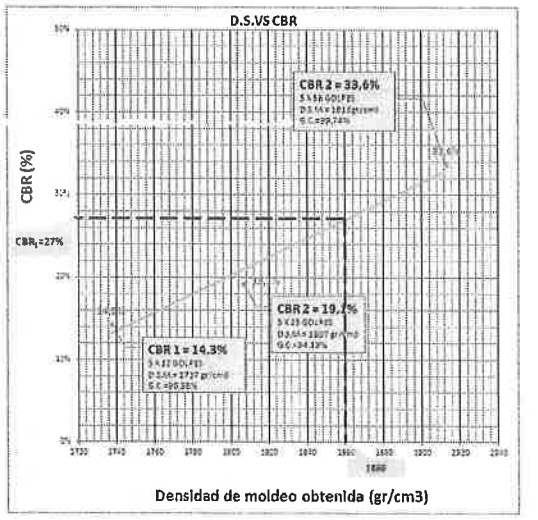
edlb Construcciones

Los valores obtenidos anteriormente para el desarrollo de caracterización de los materiales disponibles en la cantera, también han arrojado buenos desempeños para los especímenes ensayados en el laboratorio.

En la siguiente tabla se presenta los resultados de los valores estudiados para el material de la cantera ubicada en la Prog.13+900 LD administrada por la Cooperativa Volendam.

Muestra	Progr.	Clasificación AASHTO	Compactación Proctor AASHTO T-180		CBR_L AASHTO T-193				
			D.S.M. (gr/cm^3)	H optima (%)	CBR 1 5X12 golpes	CBR 2 5X25 golpes	CBR 3 5X56 golpes	CBR_L Al 97% de la DSM Proctor T-180	Hinchamiento
Cantera Ripio Coop. Volendam	13+900 LD	A-4	1918	13,3%	14,3%	19,1%	33,6%	**27%**	0,00%





Los valores gráficos indicados más arriba, indican el comportamiento del material a diferentes densidades de moldeo, donde la línea de tendencia expresa las expectativas de valoración del índice soporte california en función a las diferentes densidades que se obtuvieron variando la cantidad de golpes por cada capa.

Conforme se ha propuesto la caracterización y capacidad soporte para el material Suelo Ripio analizado será considerada con una prestación de CBR≥25% para un grado de compactación del 97% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación Proctor Modificado T-180, para de esta manera establecer el módulo de aporte a la capa de mejoramiento de la subrasante dentro del sistema estructural multicapas.

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Pedro Fernández

edb Construcciones

CONSORCIO

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

Ensayos con Penetrómetros DCP

Para valuar las condiciones de capacidad soporte de las capas de asiento del terraplén, se ha decidido realizar la valoración de algunos puntos de auscultación elegidos, donde se ha procedido a realizar penetrómetros DCP conforme la Normativa ASTM 6951-03, en sectores representativos, en las capas representativas de las camadas de asiento en el sitio de obra, con una frecuencia de ensayos a razón de 1 ensayo por cada km.

A partir de los resultados obtenidos se ha determinado el valor soporte expresado en valores de CBR in situ, con la utilización del dispositivo del DCP (Cono Dinámico de Penetración) que facilitan y proporciona mayor practicidad a los ensayos convencionales.

El DCP es una herramienta útil, multifuncional, su uso trae una gama de beneficios. Sin embargo, es necesaria una buena interpretación para determinar parámetros de diseño finales más confiables.

Estas tareas fueron encaradas en una campaña, **desarrollada entre las fechas sábado 08 al 09 de Mayo de 2022**, tomando puntos alternados en el Eje central, Borde lado derecho y borde lado izquierdo para sectores ubicadas dentro de la infraestructura vial del proyecto en donde se ha podido ingresar.

Ing. Pedro Fernández

edb Construcciones

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

CONSORCIO

Ingeniero Civil

Para valorar **los resultados a partir de fórmulas de correlación, se busca obtener valores de índice soporte expresados en términos de % CBR**, a partir de los valores de DCP (penetraciones obtenidas por cada capa) utilizando la siguiente fórmula:

1.- Ecuación que se ha considerado para realizar el cálculo del CBR de los autores Van Vuren (1968), Kleyn (1975), Livneh e Ishai (1987), Wester (1992) y Siekmeier (1999) que es apto para todo tipo de suelos (granulares y cohesivos):

$$CBR = \frac{292}{DCP^{1,12}}$$

Con **criterio conservador se ha determinado el valor obtenido** por la expresión empírica de la fuente de consulta de la especialidad, para lograr caracterizar los valores de capacidad soporte expresada en términos de CBR in situ de las capas de asiento del terraplén y otros sectores con presencia de pistas tratadas como enripiado se ha procedido a valorar 1 ensayo con penetrómetro DCP por cada sección elegida que se resumen a continuación y cuyos cálculos resumen a continuación:

- **Traza principal de Prog. 0+000 a la Prog. 26+000 (18 sondeos)**

N°	ENSAYO DCP EN LA TRAZA PRINCIPAL - LOTE 1 DE PROG. 0+000 A PROG. 26+074		
	PROGRESIVA	LADO	CORRELACION CBR (%)
1	0+500	CENTRO	18,30%
2	1+580	CENTRO	29,34%
3	2+000	DERECHO	23,18%
4	2+500	IZQUIERDO	21,20%
5	3+000	CENTRO	17,86%
6	3+500	DERECHO	20,20%
7	4+500	IZQUIERDO	36,02%
8	5+500	CENTRO	29,34%
9	6+500	DERECHO	35,11%
10	7+500	IZQUIERDO	33,94%
11	8+100	CENTRO	33,51%
12	10+500	DERECHO	46,11%
13	11+320	CENTRO	52,79%
14	12+500	IZQUIERDO	46,65%
15	13+500	DERECHO	48,28%
16	14+500	IZQUIERDO	62,19%
17	15+500	DERECHO	64,54%
18	16+500	CENTRO	48,28%
PROMEDIO EN EL TRAMO			37,05%

Ing. Horacio Acosta Solís
Ingeniero Civil

Ing. Javier Talia
UCP BID-DV - MOP

Ing. Pedro Fernández
edb Construcciones

CONSORCIO

- **Acceso a Colonia Volendam de Prog. 0+000 a la Prog. 8+540 (15 sondeos)**

N°	ENSAYO DCP EN ACCESO A LA COLONIA VOLENDAM - DE PROG. 0+000 A PROG. 8+540		
	PROGRESIVA	LADO	CORRELACION CBR (%)
19	0+500	DERECHO	24,13%
20	1+000	CENTRO	21,34%
21	1+500	IZQUIERDO	22,04%
22	2+000	DERECHO	20,23%
23	2+500	CENTRO	34,20%
24	3+000	IZQUIERDO	25,23%
25	3+500	CENTRO	23,16%
26	4+000	DERECHO	21,03%
27	4+500	IZQUIERDO	31,21%
28	5+000	CENTRO	26,03%
29	5+500	DERECHO	38,16%
30	6+000	IZQUIERDO	30,06%
31	6+500	CENTRO	37,92%
32	7+000	DERECHO	33,32%
33	7+500	CENTRO	33,29%
PROMEDIO EN EL TRAMO			28,09%

- **Acceso al Puerto Mbopicua de Prog. 0+000 a la Prog. 4+500 (7 sondeos)**

N°	ENSAYO DCP EN ACCESO AL PUERTO MBOPICUA - DE PROG. 0+000 A PROG. 4+500		
	PROGRESIVA	LADO	CORRELACION CBR (%)
34	1+000	DERECHO	63,33%
35	1+500	CENTRO	44,82%
36	2+000	IZQUIERDO	58,05%
37	2+500	DERECHO	34,72%
38	3+000	CENTRO	41,26%
39	3+500	IZQUIERDO	34,23%
40	4+000	DERECHO	38,81%
PROMEDIO EN EL TRAMO			45,03%

Conforme se aprecia en los resultados indican los valores de índice capacidad soporte expresadas en porcentaje de los valores de CBR que fueron correlacionados a partir de los resultados de auscultación realizadas.

Es **importante aclarar las limitaciones que tiene la Normativa ASTM 6951-03, para el uso de los valores a partir de las fórmulas de correlación, donde aplica su uso para los siguientes valores 2mm/Golpe < DCP < 92 mm/Golpe**, es decir valores por debajo de DCP 2mm/golpe obtenidos en algunas secciones de estudio y valores mayores a DCP 92mm/golpe **no fueron considerados** para la determinación de los promedios en las secciones de ensayo.

Ing. Pedro Fernández

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

CONSORCIO

edb Construcciones

Ing. Horacio Acosta Solez
Ingeniero Civil

Las **valoraciones de los materiales utilizados con enripiado de la traza, denotan un muy buen comportamiento** como por ejemplo en el **acceso a la Colonia Volendam**, con resultados entorno a **valores promedio de capacidad soporte de CBR≥28,09%**, también los materiales utilizados en el **acceso al Puerto Mbopicua** arrojan **valores entorno a CBR≥45,03% promedio**, y en la **traza principal** se ha obtenido **valores en torno a CBR≥37,05%**, lo que alienta a contar con materiales de buen desempeño en capas de asiento de la plataforma del terraplén.

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

Ing. Pedro Fernández
edb Construcciones

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

CONSORCIO

2. Revisión Traza Principal y Acceso a Puerto Mbopicua

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Pedro Fernández

edb Construcciones

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

CONSORCIO

2.1. DETERMINACIÓN DEL MÓDULO EFECTIVO DE LA SUB RASANTE

En el método AASHTO (1986 y 1993), el Módulo Resiliente M_R (ensayo AASHTO T 294-92), reemplaza al CBR como variable para caracterizar la sub rasante, la sub base y la base.

El **módulo resiliente (Mr) de una capa no tratada no es independiente del módulo de la capa subyacente**, por ello **la homogeneidad del material es un factor importante a llevar en cuenta**, de manera que no es recomendable colocar capas sucesivas de módulos muy diferentes.

Por otra parte, el **Manual de Carreteras del Paraguay recomienda que**, cuando los suelos que conforman la sub rasante (tanto en terraplenes como en cortes) tenga un CBR≤10 %, se debe incluir una capa superior de mejoramiento de un espesor no inferior a 300 mm, **de preferencia granular y CBR≥15%**.

> El módulo elástico de una capa no tratada no es independiente del módulo de la capa subyacente, de manera que no debe estructurarse colocando sucesivamente capas de módulos muy diferentes, como sería emplazar una subbase, de alto módulo elástico, sobre una subrasante de baja capacidad soporte.
>
> Para los efectos prácticos, se recomienda que cuando los suelos que conforman la subrasante (tanto en terraplenes como en cortes) tengan un CBR ≤ 10% (aprox. MR ≤ 77 MPa), incluir una capa superior de mejoramiento de un espesor no inferior a 300 mm, de preferencia granular (según clasificación AASHTO) y CBR ≥ 15% o alternativamente colocar bajo la subbase una tela geotextil, según los criterios que se señalan en la Sección 3.2.1.4.

Fuente: Manual de Carreteras del Paraguay, Revisión 209,Unidad 3 Diseño de Carreteras Volumen 3.2 Diseño Estructura del Carreteras, Capítulo 3.2.2 Diseño de la Super Estructura o Pavimentos, página 481.-

Como ya se mencionó, se ha identificado materiales granulares aptos como el suelo ripio, que representa una oportunidad para su utilización en capas de mejoramiento de sub rasante, ya que se mejoran las condiciones de asiento del paquete estructural al introducirlo dentro del sistema.

Las siguientes consideraciones rigen para determinar las prestaciones de los materiales a nivel de subrasante:

- Capas de núcleo de terraplén hasta la cota -0.30m de la subrasante:

Se considera con criterio conservador mantener las expectativas del valor de capas de núcleo del terraplén previstas en el diseño original con CBR≥5%, al 97% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación Proctor Normal AASHTO T-99 para los suelos disponibles en la traza y los bancos de préstamos habilitados para la construcción de las capas de terraplén hasta la cota -0.30 de la S.R., así como lo menciona las EETT del ítem 1.6 Terraplén para el tipo de suelo que predomina en la región (Suelos A-6 y A-7-6).-

- Capas mejoramiento de la subrasante de cota 0.00 hasta la cota -0.30m de la subrasante:

Fueron caracterizados los materiales y evaluada la capacidad soporte tanto en calicatas de capas construidas en la pista como también en la cantera de préstamo, considerando con

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC
CONSORCIO
edb Construcciones
Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

criterio conservador utilizar un valor de CBR25% para el 97% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado T-180.

La presencia de estos materiales disponibles representan una oportunidad para su utilización a nivel de capas de fundación del paquete estructural, que no solo mejora las condiciones de asiento, sino que también garantiza mejores comportamientos estructurales al **elevar el módulo compuesto de la sub rasante**, para de una manera u otra **afrontar las variaciones e incertidumbre introducida por la determinación del tránsito de diseño** y en consecuencia los ejes equivalentes asociados (ESAL's).

Como a la fecha se han construido tramos con las capas de base y sub base granular ya terminadas, se propone establecer las secciones o tramos para tres tipos de paquete estructural en donde serán discriminados los rangos para su identificación.

2.1. Tramificación de la Traza principal:

Para cada paquete estructural se definen seguidamente los rangos de progresiva en donde serán planteadas estas modificaciones:

PAQUETE ESTRUCTURAL 1 - Sectores ya intervenidos con capas granulares construidas (base granular e=19cm + sub base granular e=20cm)

Progresiva	Progresiva	Longitud (m)
10+400	16+900	6200
	Longitud total (En metros)	6200

PAQUETE ESTRUCTURAL 2 - Sectores con capas granulares disminuidas en 4cm (base granular e=17cm + sub base granular e=18cm)

Progresiva	Progresiva	Longitud
0+030	10+000	9970
18+420	25+958	7538
Acceso al Puerto Mbopicua		
1+280	5+015	3735
	Longitud total (En metros)	21243

CONSORCIO VIAL

Ing. Pedro Fernández

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Horacio Acosta Sosa
Ingeniero Civil

PAQUETE ESTRUCTURAL 3 - Sectores con capa base granular disminuida en 2cm (base granular e=17cm + sub base granular e=20cm)

Progresiva	Progresiva	Longitud (m)
10+000	10+400	700
16+900	18+420	1520
Acceso al Puerto Mbopicua		
0+012	1+280	1268
Longitud total (En metros)		3488

2.2. Cálculo del módulo compuesto entre las capas

Para obtener el Mr de diseño (Mr_{dis}), se determinará a través del **concepto de módulos de dos capas elásticas sometidas a una carga circular**, definida por la siguiente relación:

$$Mr_{dis} = F \times Mr_0$$

$$\frac{1}{F} = \frac{0,125}{\left[0,0156 + h^2\left(\frac{Mr_1}{Mr_0}\right)^{0.67}\right]^{0.5}}\left[\left(1 - \frac{Mr_0}{Mr_1}\right) + \frac{Mr_0}{Mr_1}\right]$$

Fuente: Manual de Carreteras del Paraguay - Revisión 2019, Unidad 3 Diseño de Carreteras, Pag.481

Donde:

Mr_0 = capa del terraplén ubicado hasta la cota -0,30m de la SR; Material A-6

CBR ≥ 5% al 97% de la D.S.M. obtenida en el ensayo Proctor Normal T-99

$M_R0 = 17.6.CBR^{0.64}$; M_R en MPa, CBR en % y 2 < CBR < 12

$M_R0 = 17,6.\ 5^{0.64}$ = 49.30 MPa = **7150 PSI**

Mr_1 = capa de mejoramiento de la Sub Rasante ubicado entre -0.30m a 0,00m (sub rasante) consideramos un material granular disponible como suelo ripio con valores soporte

CBR ≥ 25% al 97% de la D.S.M. obtenida en el ensayo Proctor Modificado T-180

$M_R = 22,1.CBR^{0.55}$; M_R en MPa, CBR en % y 12 < CBR < 80

$M_R1 = 22,1.\ 25^{0.55}$ = 129.80 MPa = **18826 PSI**

NOTA: La determinación de los Módulos resilientes (M_R1 y M_R0) son realizadas aplicando la expresión propuesta por la AASHTO 93 que correlaciona el módulo resiliente con el valor del CBR, a partir de la fuente de consulta de la especialidad Manual de Carreteras del Paraguay - Revisión 2019, Unidad 3 Diseño de Carreteras, Pág. 486.

Debido a la posición de la capa de mejoramiento de la Sub rasante, verificaremos el límite de módulo (valor máximo) que puede satisfacer la condición propuesta por **Dorman y Metcalf en el Método de diseño Shell** de pavimentos, ya que por más que se superen los valores individuales estas guardan relación con la capa anterior de acuerdo a la siguiente expresión:

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

FISCALIZADOR VIAL
CONSORCIO

Ing. Pedro Fernández

Construcciones

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

$$M_R1 = K \times M_R0$$

Donde:

$K = 0{,}206.\ H^{0{,}45}$

H : espesor de la capa en milímetros

M_R1 : Módulo límite de la capa superior

M_R0 : Módulo de la capa inferior

2.2.1 Cálculo de módulo compuesto de la Subrasante para el Paquete Estructural 1

Como se ha mencionado en el apartado de antecedentes, el MOPC ha condicionado que la estructura sea verificada para el tránsito de diseño, por lo que será definido el espesor necesario de la capa de suelo ripio que satisfaga la condición de carácter preceptivo por parte de la contratante, para llevar adelante la propuesta.

Como en el paquete estructural 1, representan sectores con base granular y sub base granular construidos, los aportes estructurales de estas capas condicionarán el valor de espesor de la capa de suelo ripio que en este caso será considerada con 22cm por más que el procedimiento constructivo desarrollado por la contratista ha construido efectivamente 2 capas controladas de 15cm cada una, con espesor total de 30cm.

Para valorar el módulo límite entre estas capas aplicaremos las expresiones propuestas por **Dorman y Metcalf en el Método de diseño Shell** de pavimentos:

Aplicado los valores tenemos que para M_R0 = 7150 psi , considerando un espesor de capa de 220mm para la capa de mejoramiento de la sub rasante, resulta lo siguiente:

$K = 0{,}206.\ 220^{0{,}45} = 2{,}333$

$M_R1\ \max\ = 2{,}333 \times 7150 = 16681\ \text{psi} = \mathbf{115{,}01MPa}$

Con estas consideraciones resulta que el valor de **módulo para la capa de materiales tipo suelo ripio obtenida por la fórmula de correlación (18826psi)** se encuentra por encima del valor del módulo límite admisible hasta valores de $\mathbf{M_R1 = 16681\ psi = 115{,}01MPa}$, para la determinación del valor del módulo compuesto entre capas, **se utilizará el valor del módulo límite calculado por la expresión de Dorman y Metcalf de $\mathbf{M_R1 = 16681\ psi = 115{,}01\ MPa}$**

	e =22 cm	Capa Mejoramiento de SR: Capa de Suelo Agregado CBR ≥ 25% Valor límite de modulo: $MR_R^{lim}1 = 16681psi = 115{,}01MPa$ Valor adoptado: $MR_R1 = 16681psi = 115{,}01MPa$	Valor de módulo compuesto de la subrasante a partir del espesor equivalente $MR_R^{diseño} = 10940psi = 75{,}43MPa$
	Terraplén hasta -0.38 SR A-7-6; A-6 CBR≥5%	Núcleo del terraplén hasta -0.38m de la SR: Base de asiento de terraplén con material del sitio o bancos de préstamo CBR≥5%. $M_R0 = 7150psi = 49{,}30MPa$	

Fuente: Elaboración propia

Aplicando los valores adoptados tenemos que:

$$\frac{1}{F} = \frac{0{,}125}{\left[0{,}0156 + 0.22^2\left(\frac{115.01}{49{,}30}\right)^{0.67}\right]^{0{,}5}}\left[\left(1 - \frac{49{,}30}{115.01}\right) + \frac{49{,}30}{115.01}\right]$$

$F = 1{,}53$

$Mr_{dis} = 1{,}53 \times 49{,}30 = 75{,}43MPa = 10940\ PSI$

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Pedro Fernández

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

2.2.2 Cálculo de módulo compuesto de la subrasante para el Paquete Estructural 2

Para el caso del paquete estructural 2, representan sectores en donde aún no fueron construidas ls capas granulares. En este caso el valor del espesor de la capa de suelo ripio será considerada con 30cm conforme a lo construido efectivamente por las contratista con 2 capas controladas de 15cm cada una, con espesor total de 30cm.

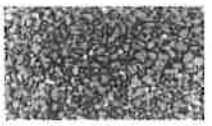
Análogamente se valorará el módulo límite entre estas capas aplicaremos las expresiones propuestas por **Dorman y Metcalf en el Método de diseño Shell** de pavimentos:

Aplicado los valores tenemos que para M_R0 = 7150 psi , considerando un espesor de capa de 300mm para la capa de mejoramiento de la sub rasante, resulta lo siguiente:

$$K = 0{,}206.\ 300^{0{,}45} = 2{,}683$$

$$M_R1\ \max\ = 2{,}683 \times 7150 = 19183\ \text{psi} = \mathbf{132{,}26MPa}$$

Con estas consideraciones resulta que el valor de **módulo para la capa de materiales tipo suelo ripio obtenida por la fórmula de correlación (18826psi)** se encuentra por debajo del valor del módulo límite admisible hasta valores de $\mathbf{M_R1 = 19813\ psi = 132{,}26MPa}$, para la determinación del valor del módulo compuesto entre capas, **se utilizará el valor del módulo límite calculado por la correlación de $M_R1 = 18826$ psi = 129,80 MPa**

	e =30 cm	Capa Mejoramiento de SR: Capa de Suelo Agregado CBR ≥ 25% Valor límite de modulo: $MR_R^{lim}1 = 19813psi = 132{,}26MPa$ Valor adoptado: $MR_R1 = 18826psi = 129{,}80MPa$	Valor de módulo compuesto de la subrasante a partir del espesor equivalente $MR_R^{diseño} = 12800psi = 88{,}25MPa$
	Terraplén hasta -0.30 SR A-7-6; A-6 CBR≥5%	Núcleo del terraplén hasta -0.30m de la SR: Base de asiento de terraplén con material del sitio o bancos de préstamo CBR≥5%. $M_R0 = 7150psi = 49{,}30MPa$	

Fuente: Elaboración propia

Aplicando los valores adoptados tenemos que:

$$\frac{1}{F} = \frac{0{,}125}{\left[0{,}0156 + 0.30^2\left(\frac{129.80}{49{,}30}\right)^{0.67}\right]^{0{,}5}}\left[\left(1 - \frac{49{,}30}{129.80}\right) + \frac{49{,}30}{129.80}\right]$$

$$F = 1{,}79$$

$$Mr_{dis} = 1{,}79 \times 49{,}30 = 88{,}25MPa = 12800\ PSI$$

2.2.3 Cálculo de módulo compuesto de la Subrasante para el Paquete Estructural 3

Como en el caso del Paquete Estructural 1, se ha mencionado en el apartado de antecedentes, que el MOPC ha condicionado que la estructura sea verificada para el tránsito de diseño, por lo que será definido el espesor necesario de la capa de suelo ripio que satisfaga la condición de carácter preceptivo por parte de la contratante, para llevar adelante la propuesta.

Como en el paquete estructural 3, representan sectores con sub base granular construida, el aporte estructural de esta capa condicionarán el valor de espesor de la capa de suelo ripio que en este caso será considerada con 25cm por más que el procedimiento constructivo desarrollado por la contratista ha construido efectivamente 2 capas controladas de 15cm cada una, con espesor total de 30cm.

Para valorar el módulo límite entre estas capas aplicaremos las expresiones propuestas por **Dorman y Metcalf en el Método de diseño Shell** de pavimentos:

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC
CONSORCIO

edb Construcciones

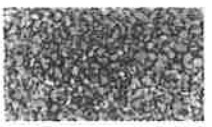
Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

Aplicado los valores tenemos que para M_R0 = 7150 psi , considerando un espesor de capa de 220mm para la capa de mejoramiento de la sub rasante, resulta lo siguiente:

$K = 0{,}206.\ 250^{0{,}45} = 2{,}471$

$M_R1\ \max\ = 2{,}471 \times 7150 = 17668\ \text{psi} = \mathbf{121{,}81MPa}$

Con estas consideraciones resulta que el valor de **módulo para la capa de materiales tipo suelo ripio obtenida por la fórmula de correlación (18826psi)** se encuentra por encima del valor del módulo límite admisible hasta valores de $\mathbf{M_R1 = 17668\ psi = 121{,}81MPa}$, para la determinación del valor del módulo compuesto entre capas, **se utilizará el valor del módulo límite calculado por la expresión de Dorman y Metcalf de $\mathbf{M_R1 = 17668\ psi = 121{,}81MPa}$**

	e =25 cm	Capa Mejoramiento de SR: Capa de Suelo Agregado CBR ≥ 25% Valor límite de módulo: $MR_R^{lim}1 = 17668\ \text{psi} = 121{,}81\text{MPa}$ Valor adoptado: $MR_R1 = 17668\ \text{psi} = 121{,}81\text{MPa}$	Valor de módulo compuesto de la subrasante a partir del espesor equivalente $MR_R^{diseño} = 11726psi = 80{,}85MPa$
	Terraplén hasta -0.35 SR A-7-6; A-6 CBR≥5%	Núcleo del terraplén hasta -0.35m de la SR: Base de asiento de terraplén con material del sitio o bancos de préstamo CBR≥5%. $M_R0 = 7150psi = 49{,}30MPa$	

Fuente: Elaboración propia

Aplicando los valores adoptados tenemos que:

$$\frac{1}{F} = \frac{0{,}125}{\left[0{,}0156 + 0.25^2\left(\frac{121.81}{49{,}30}\right)^{0.67}\right]^{0{,}5}}\left[\left(1 - \frac{49{,}30}{121.81}\right) + \frac{49{,}30}{121.81}\right]$$

$F = 1{,}64$

$Mr_{dis} = 1{,}64 \times 49{,}30 = 80{,}85MPa = 11726\ PSI$

De acuerdo a las justificaciones precedentes para cada paquete estructural, las capas de sub rasante mejorada con material granular tipo suelo ripio de la cantera disponible, se ajustan a un material granular así como lo recomienda el Manual de Carreteras del Paraguay - Revisión 2019.

Considerando **que el valor de módulo efectivo de la subrasante interviene sensiblemente en la determinación de la capacidad estructural del paquete de firmes** expresados en términos de número estructural (SN), la alteración de las expectativas para esta capa debe ser nuevamente verificada, para las condiciones de la base de asiento del paquete de firmes y dotar a la infraestructura de las condiciones soporte que resulte de la presente revisión.

La **recomendación de un valor mínimo para la sub rasante mejorada**, tiene su justificación en el hecho de que el módulo de las capas granulares tienen dependencia del módulo de la capa subyacente, por lo que reducidos valores de subrasante afectarían al módulo asignado a la subrasante con el módulo compuesto.

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

edb Construcciones

CONSORCIO

Para la verificación estructural de cada sección, se configura la estructura del pavimento con un sistema multicapa, donde cada una de ellas está constituida por materiales con calidad que se reduce gradualmente desde la capa de rodamiento hasta la sub rasante.

2.1.1 Sistema Multicapas pavimento flexible, Base granular, Sub Base Granular y capa de mejoramiento de SR con Suelo Ripio CBR≥25%

Se propone básicamente, considerar el sistema multicapas de la revisión de proyecto indicada en el proceso licitatorio con características ya definidas, incorporando la caracterización para la capa de mejoramiento de sub rasante con suelo ripio de cantera para un espesor de 30cm (2 capas tratadas de 15cm) con valor soporte de CBR≥25% al 97% de la densidad máxima seca obtenida en el ensayo de compactación Proctor modificado T-180.

A continuación se detalla las caracterizaciones especificadas en base a los materiales y características de desempeño estructural que se detalla:

CAPA DE RODADURA

A ser construida con **concreto asfaltico con polimeros** (CAC+Polimeros), diseñado para tráfico pesado.

La **caracterización estructural** de esta capa está representada en el Método AASHTO 1993, por el coeficiente de aporte estructural **a_1= 0,44 (en 1/Pulg) ó su equivalente 0,173 (en 1/cm)**, el cual correspondería a un material con un modulo elástico de 435.000 psi. (Mezcla de CAC Convencional con una estabilidad Marshall 2100 Lbf).

La siguiente tabla gráfica extraída de la Guía de Diseño de Pavimentos AASHTO 93, correlaciona los calores de coeficiente de capas a_1 en función al Módulo de elasticidad E_{AC} del material expresado en psi.

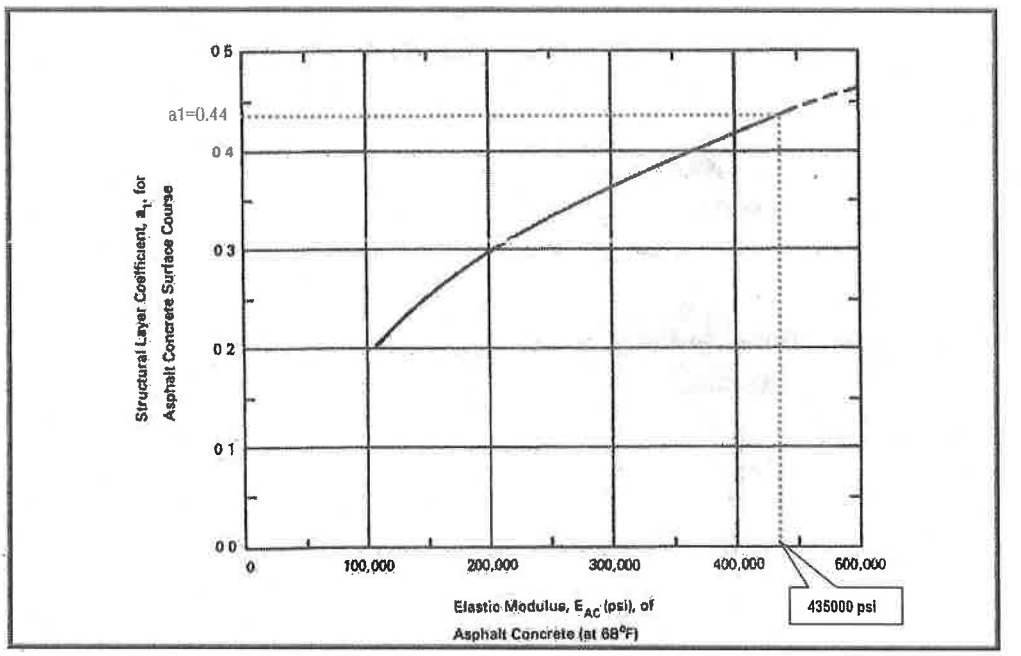
Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Pedro Fernández

CONSORCIO

edb Construcciones

Ing. Horacio Acosta Sosa
Ingeniero Civil



Fuente: AASHTO Guide for Design Pavement Structures, 1993

Diagrama de correlación para estimación del Número Estructural de capa a_1=0.44 (en 1/pulg) para carpeta de concreto asfáltico en base a su módulo elástico E_{AC}.

CAPA BASE ASFALTICA

A ser construida con **concreto asfáltico convencional** (CAC), diseñado para tráfico pesado.

La **caracterización estructural** de esta capa está representada en el Método AASHTO 1993, por el coeficiente de aporte estructural **a_1= 0,40 (en 1/Pulg) ó su equivalente 0,157 (en 1/cm)**, el cual correspondería a un material con un modulo elástico de 345.000 psi. (Mezcla de CAC Convencional con una estabilidad Marshall 1700 Lbf).

La siguiente tabla gráfica extraída de la Guía de Diseño de Pavimentos AASHTO 93, correlaciona los calores de coeficiente de capas a_1 en función al Módulo de elasticidad E_{AC} del material expresado en psi.-

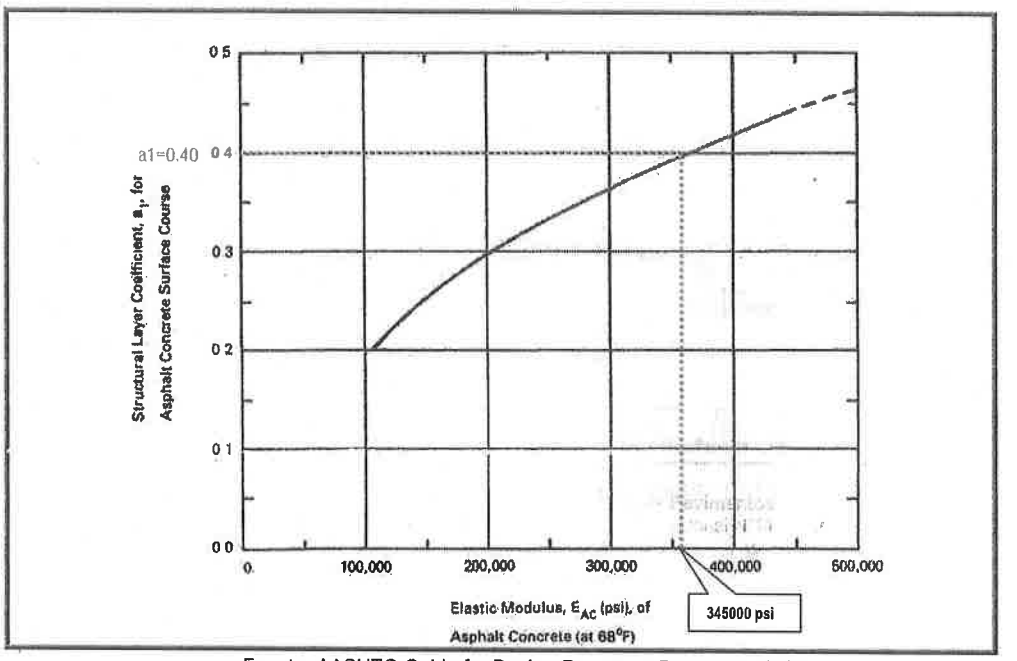
Ing. Pedro Fernández

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

CONSORCIO

edlb Construcciones

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil



Fuente: AASHTO Guide for Design Pavement Structures, 1993

Diagrama de correlación para estimación del numero estructural de capa a_1=0.40 (en 1/pulg) para Base de concreto asfáltico en base a su módulo elástico E_{AC}.

CAPA BASE GRANULAR

A ser construida con un material estabilizado granulométricamente, con un valor CBR ≥ 100 %. La caracterización estructural de esta capa para base granular, por el Método AASHTO 1993, considera un coeficiente de aporte estructural de capa de a_2= 0,14 (En 1/pulg) ó su equivalente a_2= 0.055 (En 1/cm), el cual correspondería a un material con un modulo elástico de 30.000 psi.

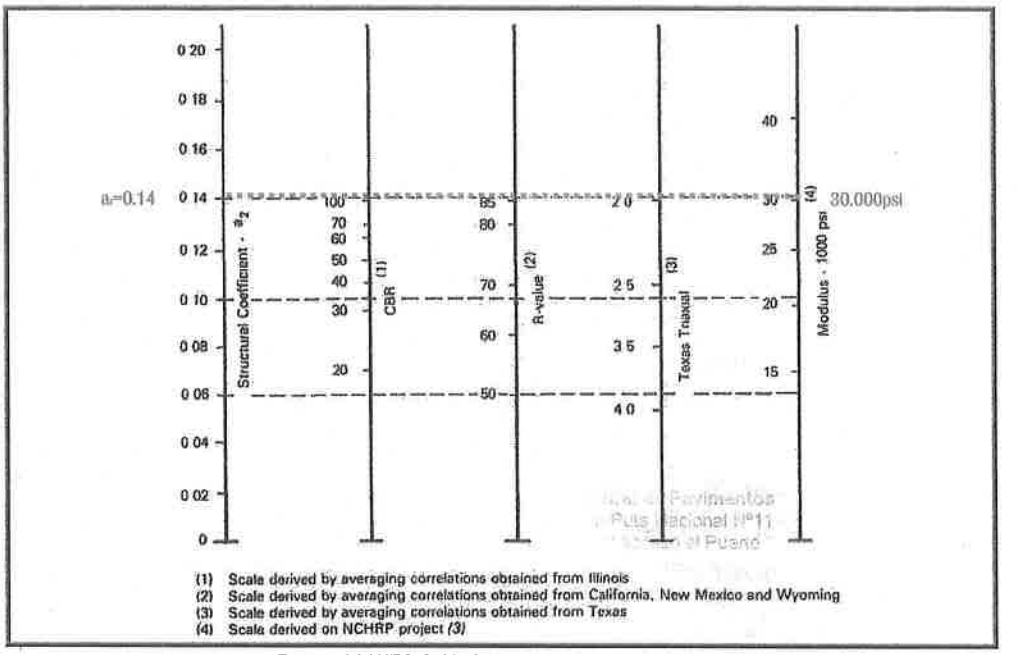
La siguiente tabla gráfica extraída de la Guía de Diseño de Pavimentos AASHTO 93, que correlaciona los valores de coeficiente de capas a_2 en función al CBR y al Módulo de elasticidad del material expresado en x1000 psi.

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Pedro Fernández

Consorcio

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil



Fuente: AASHTO Guide for Design Pavement Structures, 1993

Tabla de correlación de los valores estimados del coeficiente de capa base granular a_2=0.14 (en 1/pulg) en función al CBR.-

CAPA DE SUB BASE GRANULAR

Según se aprecia fue especificado un material estabilizado granulométricamente, con un valor CBR≥80%.

La caracterización estructural de esta capa para sub base granular, por el Método AASHTO 1993, considera un coeficiente de aporte estructural de capa de a_3= 0,133 (En 1/pulg) ó su equivalente a_3 = 0.052 (En 1/cm), el cual correspondería a un material con un modulo elástico de 19.400 psi.

Para la determinación de la correlación entre el valor de coeficiente de aporte (a_3) de la capa Sub Base granular en función al CBR se ha recurrido a la siguiente expresión de la fuente de consulta de la especialidad Manual de Carreteras del Paraguay - Revisión 2019, Unidad 3 - Diseño de Carreteras - Pag. 466:

$$a_3 = 0{,}058.\,\mathrm{CBR}^{0{,}32}$$

Para CBR≥80% $\Rightarrow$ $a_3 = 0{,}058.\,80^{0{,}32} = 0.133$ (En 1/Pulg)

En la memoria de ingeniería se ha identificado el valor de coeficiente de capas a_3 con expectativas menores en el orden de a_3=0,12, coincidente con las recomendaciones del Manual de Carreteras del Paraguay en la Tabla 3.2_1, que caracteriza un material con índice soporte

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

CONSORCIO

Ing. Pedro Fernández

edh Construcciones

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

en el orden de CBR ≥ 40%, es decir que por más que la capacidad soporte de la capa individual sea mayor, la posición en la que ocupa dentro del sistema multicapas lo condiciona a atender un desempeño limitado para un coeficiente de aporte de 0,12.

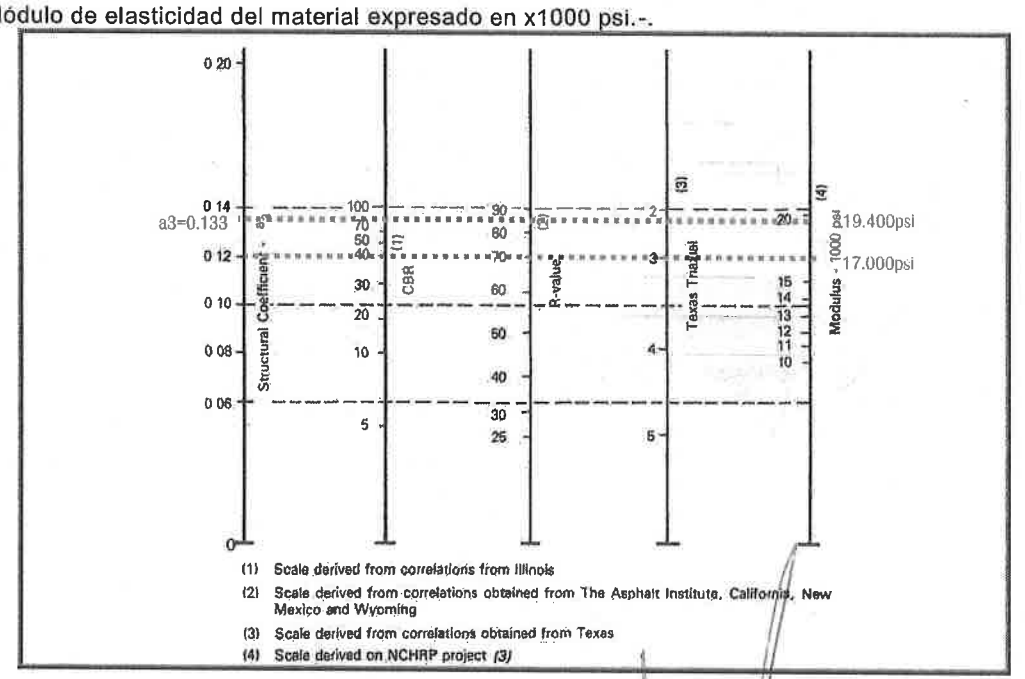
Tabla 3.2_13. COEFICIENTES ESTRUCTURALES PARA LAS CAPAS DE PAVIMENTO

CAPA	CARACTERISTICAS	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
Subbase Granular	CBR = 40%	0,12
Base Granular	CBR = 80%	0,13
Base Asfáltica Grad. Gruesa	6.000 N	0,33
Base Asfáltica Grad. Abierta		0,28
Grava-emulsión		0,30
C. Asfáltico, Capa Interm.	8.000 N	0,41
C. Asfáltico de Superficie	9.000 N	0,43
Mezclas drenantes		0,32
Microaglomerado discontinuo en caliente		0,40
Mezcla SMA (Stone Mastic Asphalt)		0,43

Fuente: Manual de Carreteras de Paraguay, Revisión 2019 UNIDAD 3- Diseño de Carreteras.

Será considerado para el desarrollo de la revisión del sistema el coeficiente de aporte para la sub base granular con una expectativa de a_3= 0,12 (En 1/pulg) ó su equivalente a_3 = 0,047 (En 1/cm) en igualdad de criterios con el revisor del proyecto.

Se presenta la siguiente tabla gráfica extraída de la Guía de Diseño de Pavimentos AASHTO 93, en donde se correlaciona los valores de coeficiente de capas a_4 en función al CBR y al Módulo de elasticidad del material expresado en x1000 psi.-.



Ing. Pedro Fernández
edb Construcciones
Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil
Ing. Javier Talia
JEP BID-DV - MOPC
CONSORCIO

Fuente: AASHTO Guide for Design Pavement Structures, 1993

Tabla de correlación de los valores estimados del coeficiente de capa sub base granular con a_3=0.12 (en 1/pulg) en función al CBR que se diseña para una expectativa límite de CBR 40%

Como el valor de la capa está limitada para a3=0,12 (En 1/Pulg) que corresponde a expectativas de materiales con CBR≥40% (módulo aproximadamente igual a 168MPa≈24366PSI) conforme las consideraciones de cálculo, las expectativas de valor soporte que fueron obtenidas son suficientes y satisfacen los valores de módulo que le corresponden a la capa.

La ilustración de abajo representa el sistema multicapa propuesto para la propuesta utilizando suelo de la traza como terraplén con los parámetros de desempeño mencionados más arriba:

- **PAQUETE ESTRUCTURAL - CALZADA DE LA TRAZA PRINCIPAL**

	e=? cm; a_1=0.44	**Capa Carpeta de rodadura**: Concreto asfáltico en caliente de graduación continua Estabilidad Marshall 2100 Lbf; E_{AC} = 435.000psi; a_1= 0.44 (En 1 /pulg)
	e=? cm; a_1=0.40	**Capa Base asfáltica**: Concreto Asfáltico Convencional de graduación continua, Estabilidad Marshall 1700 Lbf; E_{AC} = 345.000psi; a_1= 0.40 (En 1 /pulg)
	e=? cm; a_2=0.14	**Capa Base Granular**: Base granular estabilizada CBR ≥ 100 % al 98% de la D.S.M. obtenida en el ensayo T-180 (M_R=30.000 a 40.000psi); a_2 = 0.14 (En 1/pulg)
	e=? cm; a_3=0.12	**Capa Sub Base Granular:** Sub Base granular estabilizada CBR ≥ 80 % al 98% de la D.S.M. obtenida en el ensayo Proctor T-180. (M_R=17.000psi); a_3 = 0.12 (En 1/pulg)
	e =? cm	**Capa Mejoramiento de SR**: Capa de Suelo Ripio CBR ≥ 25% al 97% de la D.S.M. obtenida en el ensayo Proctor T-180 $Mr_{dis} = 10940psi\ para\ Paquete\ Estructural\ 1$ $Mr_{dis} = 12800psi\ para\ Paquete\ Estructural\ 2$ $Mr_{dis} = 11726psi\ para\ Paquete\ Estructural\ 3$
	Terraplén hasta -30 SR CBR≥5%	**Núcleo del terraplén hasta -30 de la SR:** Base de asiento de terraplén con material del sitio o bancos de préstamo CBR ≥ 5% al 97% de la D.S.M. obtenida en el ensayo Proctor T-99.

Para el diseño estructural del pavimento, se ha definido **un periodo de análisis de 10 años**. Seguidamente se desarrolla la metodología de diseño utilizando los parámetros determinados precedentemente, de la misma manera que se ha indicado en el informe de revisión del proceso licitatorio, **con los Ejes Equivalentes de 2.744.526 ESAL's.**

Ing. Pedro Fernández

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

CONSORCIO

Construcciones

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

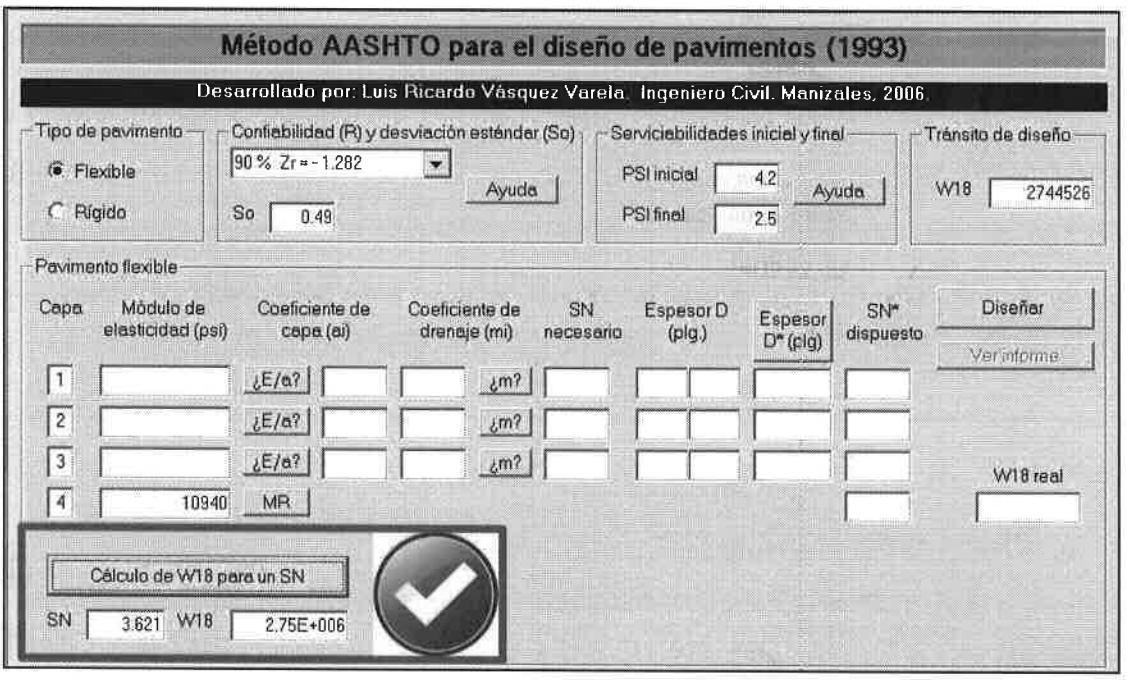
VERIFICACION DE DISEÑO (PERIODO 10 AÑOS) - PAVIMENTO FLEXIBLE

Para efectuar la aplicación de la Formula de la Guía de pavimentos de la AASHTO 93, utilizamos la herramienta disponible en línea **EqAASHTO93** desarrollado por el Ingeniero Luis Ricardo Vásquez Varela de la Universidad Nacional de Colombia:

Aplicando los valores obtenidos para las diferentes variables se ilustra abajo la ventana gráfica con el resultado:

➡ **PAQUETE ESTRUCTURAL 1 -** Sectores ya intervenidos con capas granulares construidas (base granular e=19cm + sub base granular e=20cm) y considerando un espesor de capa de mejoramiento de sub rasante de suelo ripio de 22cm.

Progresiva	Progresiva	Longitud (m)
10+400	16+900	6200
	Longitud total (En metros)	6200



La ventana gráfica obtenida en la captura de pantalla, indica la necesidad de valores de un número estructural **SN $_{nec}$ = 3,621** expresados en pulgadas, para los **EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO ESTABLECIDOS POR EL MOPC de 2.744.526 ESAL's**, producto del paso de los ejes equivalentes de diseño para 10 años (1era. etapa de construcción), considerado un valor de confiabilidad compuesta en el orden de R_E=90% y las prestaciones del módulo compuesto de la subrasante con **Mr $_{dis}$ =10940psi** para un espesor de capa equivalente de **22cm** de suelo ripio CBR25%.

Se plantea las configuración de capas con las recomendaciones de espesores mínimos en base a la guía de diseño en función a los ejes equivalentes esperados, para ello se propone la

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

FISCALIZADOR VIAL CONSORCIO

Ing. Pedro Fernández
Construcciones

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

verificación de la siguiente estructura con los espesores y características de capa que se detallan a continuación en base a la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 * d_1 \;\; a_2 * d_2 * m_2 \;\; a_3 * d_3 * m_3$$

VALORES DE APORTE ESTRUCTURAL POR CAPA - METODO AASHTO '93 - PAQUETE ESTRUCTURAL 1									
CAPA	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CONSTRUIRLA			ESPESOR		Coeficiente de aporte de capa (pi)	Coeficiente de drenaje (m)	SN
		E.E. T.T.	Modulo (psi)	Relación modular entre capas	En (cm)	En (Pulg.)	En (Pulg.10⁻¹)		
1	Carpeta de Concreto Asfáltico	CAC - Estabilidad Marshall 2100 Lbf	435.000	1,26	5	1,97	0,44		0,867
2	Base Concreto Asfáltico	CAC - Estabilidad Marshall 1700 Lbf	345.000	8,63	5	1,97	0,40		0,788
3	Base Granular	BGE (90-10) CBR≥100%	40.000	2,35	19	7,48	0,14	1,00	1,047
4	Sub Base Granular	SBGE (70-30) CBR≥80%	17.000	1,55	20	7,87	0,12	1,00	0,944
5	Mejoramiento de la Sub Rasante	Ripio de cantera CBR≥25% desde cota -22cm de la SR	10.940		22	8,66	0		0
								SN_{eff}	3,646
			SN_{nec} =	3,621			SN_{eff} =	3,646	VERIFICA
			ESALS	2.744.526 EE					

El **paquete estructural 1** ofrece prestaciones de **SN_{eff}=3,646 Pulgadas**, que supera la necesidad calculada del número estructural **SN_{nec}=3,621 pulgadas**, a partir de los valores de módulo compuesto de la sub rasante con la incorporación de la capa de **22cm** de suelo ripio con CBR≥25% con valores de $Mr_{dis} = 75,43 MPa = 10940\ PSI$.

Adicionalmente se ha incluido la modificación de las capas asfálticas, donde se disminuye el espesor de la capa base asfáltica a 5cm y se aumenta el espesor de la capa carpeta de concreto asfáltico con polímeros en 5cm.

Con este cambio propuesto el aporte de cada capa integrante del paquete estructural, logra atender una expectativa de SN=3,646 pulgadas, **y en consecuencia la cantidad de ejes equivalentes de diseño aumentan levemente a 2.870.000 EE.**

Como las capas granulares ya fueron construidas en este tramo, es comprensible que aprovechando las modificaciones planteadas en las capas asfálticas logren atender el mayor espectro de cargas debido al espesor significativo respecto a los otros paquetes a ser considerados.

➡ **PAQUETE ESTRUCTURAL 2 -** Sectores con capas granulares disminuidas en 4cm (base granular e=17cm + sub base granular e=18cm) y considerando un espesor de capa de mejoramiento de sub rasante de suelo ripio de 30cm.

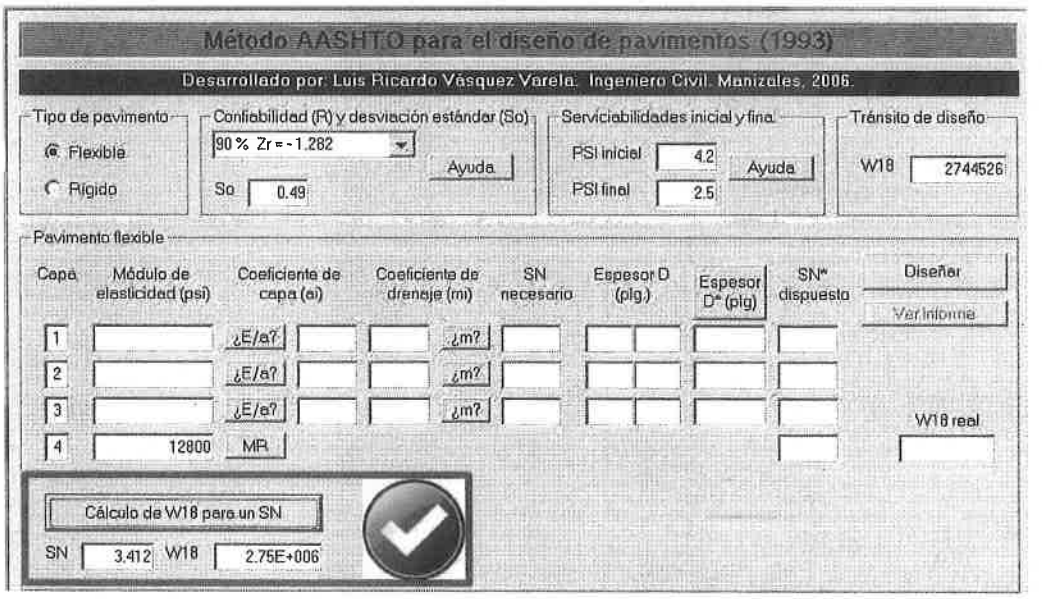
Ing. Pedro Fernández
edb Construcciones

Ing. Javier Talia
JEP BID-DV - MOPC

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

CONSORCIO

Progresiva	Progresiva	Longitud
0+030	10+000	9970
18+420	25+958	7538
Acceso al Puerto Mbopicua		
1+280	5+015	3735
	Longitud total (En metros)	21243



La ventana gráfica obtenida en la captura de pantalla, indica la necesidad de valores de un número estructural **SN $_{nec}$ = 3,412** expresados en pulgadas, para los **EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO ESTABLECIDOS POR EL MOPC de 2.744.526 ESAL's**, producto del paso de los ejes equivalentes de diseño para 10 años (1era. etapa de construcción), considerado un valor de confiabilidad compuesta en el orden de R_E=90% y las prestaciones del módulo compuesto de la subrasante con **Mr $_{dis}$ =12800psi** para un espesor de capa de **30cm** de suelo ripio CBR≥25%.

Se plantea las configuración de capas con las recomendaciones de espesores mínimos en base a la guía de diseño en función a los ejes equivalentes esperados, para ello se propone la verificación de la siguiente estructura con los espesores y características de capa que se detallan a continuación en base a la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 * d_1 \;\; a_2 * d_2 * m_2 \;\; a_3 * d_3 * m_3$$

Ing. Javier Talia
UEP BID-BV - MOPC

Ing. Pedro Fernández

edb Construcciones

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

CONSORCIO

VALORES DE APORTE ESTRUCTURAL POR CAPA - METODO AASHTO '93 - PAQUETE ESTRUCTURAL 2									
CAPA	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CONSTRUIRLA			ESPESOR		Coeficiente de aporte de capa (ai)	Coeficiente de drenaje (m.)	SN
		E.E. T.T.	Modulo (psi)	Relacion modular entre capas	En (cm)	En (Pulg.)	En (Pulg 10 $^{-3}$)		
1	Carpeta de Concreto Asfáltico	CAC - Estabilidad Marshall 2100 Lbf	435.000	1,26	5	1,97	0,44		0,867
2	Base Concreto Asfáltico	CAC - Estabilidad Marshall 1700 Lbf	345.000	11,50	5	1,97	0,40		0,788
3	Base Granular	BGE (90-10) CBR≥100%	30.000	1,76	17	6,69	0,14	1,00	0,937
4	Sub Base Granular	SBGE (70-30) CBR≥80%	17.000	1,33	18	7,09	0,12	1,00	0,851
5	Mejoramiento de la Sub Rasante	Ripio de cantera CBR≥25% desde cota -30cm de la SR	12.800		30	11,81	0	1,00	0
								SN_{eff}	3,443
			SN_{nec} =	3,412		SN_{eff} =	3,443	VERIFICA	
			ESALS	2.744.526 EE					

Como en el caso del paquete estructural 1, se ha incluido la modificación en las capas asfálticas, donde se disminuye el espesor de la capa base asfáltica a 5cm y se aumenta el espesor de la capa carpeta de concreto asfáltico con polímeros en 5cm.

Con este cambio propuesto el aporte de cada capa integrante del paquete estructural, logra atender una expectativa de SN=3,443 pulgadas, **donde las expectativas de ejes equivalentes de diseño aumentan en consecuencia levemente a 2.910.000 EE**.

➡ **PAQUETE ESTRUCTURAL 3 -** Sectores con capa base granular disminuida en 2cm (base granular e=17cm + sub base granular e=20cm) y considerando un espesor de capa de mejoramiento de sub rasante de suelo ripio de 25cm

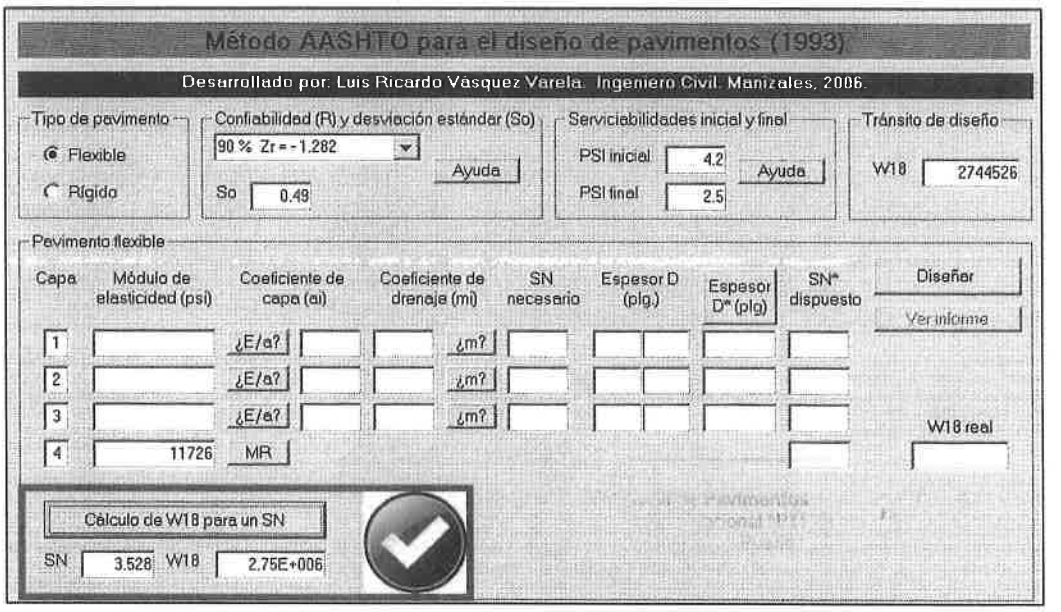
Progresiva	Progresiva	Longitud (m)
10+000	10+400	700
16+900	18+420	1520
Acceso al Puerto Mbopicua		
0+012	1+280	1268
Longitud total (En metros)		3488

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MUPC

CONSORCIO VIAL

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

Ing. Pedro Fernández



La ventana gráfica obtenida en la captura de pantalla, indica la necesidad de valores de un número estructural **SN $_{nec}$ = 3,528** expresados en pulgadas, para los **EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO ESTABLECIDOS POR EL MOPC de 2.744.526 ESAL's**, producto del paso de los ejes equivalentes de diseño para 10 años (1era. etapa de construcción), considerado un valor de confiabilidad compuesta en el orden de R_E=90% y las prestaciones del módulo compuesto de la subrasante con **Mr $_{dis}$ =11726psi** para un espesor equivalente de capa de **25cm** de suelo ripio CBR≥25%.

Se plantea las configuración de capas con las recomendaciones de espesores mínimos en base a la guía de diseño en función a los ejes equivalentes esperados, para ello se propone la verificación de la siguiente estructura con los espesores y características de capa que se detallan a continuación en base a la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Pedro Fernández

CONSORCIO

Construcciones

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

VALORES DE APORTE ESTRUCTURAL POR CAPA - METODO AASHTO '93 - PAQUETE ESTRUCTURAL 3

CAPA	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CONSTRUIRLA			ESPESOR		Coeficiente de aporte de capa (ai)	Coeficiente de drenaje (mi)	SN
		E. E. T. T.	Módulo (psi)	Relación modular entre capas	En (cm)	En (Pulg.)	En (Pulg. 10^{-1})		
1	Carpeta de Concreto Asfáltico	CAC - Estabilidad Marshall 2100 Lbf	435.000	1,26	5	1,97	0,44		0,867
2	Base Concreto Asfáltico	CAC - Estabilidad Marshall 1700 Lbf	345.000	11,50	5	1,97	0,40		0,788
3	Base Granular	BGE (90-10) CBR≥100%	30.000	1,76	17	6,69	0,14	1,00	0,937
4	Sub Base Granular	BGE (70-30) CBR≥80%	17.000	1,45	20	7,87	0,12	1,00	0,944
5	Mejoramiento de la Sub Rasante	MATERIAL CBR≥25% desde cota - 25cm de la SR	11.726		25	9,84	0	1,00	0
								SN_{eff}	3,536

SN_{nec} = 3,528 ≤ SN_{eff} = 3,536 ⇒ VERIFICA !!!
ESALS 2.744.526 EE

El **paquete estructural 3** ofrece prestaciones de **SN_{eff}=3.536 Pulgadas**, que supera la necesidad calculada del número estructural **SN_{nec}=3,528 pulgadas**, a partir de los valores de módulo compuesto de la sub rasante con la incorporación de la capa de suelo ripio con CBR≥25% con valores de $Mr_{dis} = \mathbf{80,85}\boldsymbol{MPa} = \mathbf{11726}\ \boldsymbol{PSI}$.

También para esta sección se incluye la modificación en las capas asfálticas, donde se disminuye el espesor de la capa base asfáltica a 5cm y se aumenta el espesor de la capa carpeta de concreto asfáltico con polímeros en 5cm.

Con este cambio propuesto el aporte de cada capa integrante del paquete estructural, logra atender una expectativa de SN=3,536 pulgadas, **donde las expectativas de ejes equivalentes de diseño aumentan levemente a 2.790.000 EE.**

Como la capa sub base granular ya fue construida en este tramo, es comprensible que aprovechando las modificaciones planteadas en las capas asfálticas logren atender un espectro de cargas mayor al del diseño, debido al espesor significativo.

Para todas las secciones verificadas en la metodología de diseño AASHTO 93 los sistemas multicapas satisfacen las condiciones de entorno y logran atender el valor de ejes equivalentes de diseño establecidos por el MOPC.

A continuación se detalla las capas y espesores resultantes para cada sección verificada para la traza principal:

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Pedro Fernandez

edb Construcciones

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

Consorcio

✧ PAQUETE ESTRUCTURAL 1 - CALZADA DE LA TRAZA PRINCIPAL

Sectores ya intervenidos con capas granulares construidas (base granular e=19cm + sub base granular e=20cm) considerando un espesor equivalente de 22cm de capa de mejoramiento de sub rasante de suelo ripio CBR≥25%

	e=5 cm; a_1=0.44	**Capa Carpeta de rodadura**: Concreto asfáltico en caliente de graduación continua Estabilidad Marshall 2100 Lbf; E_{AC} = 435.000psi; a_1= 0.44 (En 1 /pulg); espesor = 5cm
	e=5 cm; a_1=0.40	**Capa Base asfáltica**: Concreto Asfáltico Convencional de graduación continua, Estabilidad Marshall 1700 Lbf; E_{AC} = 345.000psi; a_1= 0.40 (En 1 /pulg); espesor= 5cm
	e=19 cm; a_2=0.14	**Capa Base Granular**: Base granular estabilizada CBR ≥ 100 % al 98% de la D.S.M. obtenida en el ensayo T-180 (M_R=30.000 a 40.000psi); a_2 = 0.14 (En 1/pulg); espesor= 19cm
	e=20 cm; a_3=0.12	**Capa Sub Base Granular:** Sub Base granular estabilizada CBR ≥ 80 % al 98% de la D.S.M. obtenida en el ensayo Proctor T-180. (M_R=17.000psi); a_3=0.12 (En 1/pulg); esp= 20cm
	e =22 cm	**Capa Mejoramiento de SR**: Capa de Suelo Ripio CBR ≥ 25% al 97% de la D.S.M. obtenida en el ensayo Proctor T-180. $M_{dis} = 75,43MPa = 10940\ PSI$, espesor= 22cm
	Terraplén hasta -38 SR CBR≥5%	**Núcleo del terraplén hasta -38cm de la SR:** Base de asiento de terraplén con material del sitio o bancos de préstamo CBR ≥ 5%.

SN_{nec} = **3,646 Pulgadas** (NO incluye verificación por capas)

ESAL's = **2.744.526 EE a 2.870.000 EE**

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

Ing. Pedro Fernández

edb Construcciones

CONSORCIO

- **PAQUETE ESTRUCTURAL 2 - CALZADA DE LA TRAZA PRINCIPAL Y ACCESO A PUERTO MBOPICUA**

Sectores con capas granulares disminuidas en 4cm (base granular e=17cm + sub base granular e=18cm) considerando un espesor de 30cm de capa de mejoramiento de sub rasante de suelo ripio CBR≥25%

	e=5 cm; a_1=0.44	**Capa Carpeta de rodadura:** Concreto asfáltico en caliente de graduación continua Estabilidad Marshall 2100 Lbf; E_{AC} = 435.000psi; a_1= 0.44 (En 1 /pulg); espesor = 5cm
	e=5 cm; a_1=0.40	**Capa Base asfáltica**: Concreto Asfáltico Convencional de graduación continua, Estabilidad Marshall 1700 Lbf; E_{AC} = 345.000psi; a_1= 0.40 (En 1 /pulg); espesor= 5cm
	e=17 cm; a_2=0.14	**Capa Base Granular**: Base granular estabilizada CBR ≥ 100 % al 98% de la D.S.M. obtenida en el ensayo T-180 (M_R=30.000 a 40.000psi); a_2 = 0.14 (En 1/pulg); espesor= 17cm
	e=18 cm; a_3=0.12	**Capa Sub Base Granular:** Sub Base granular estabilizada CBR ≥ 80 % al 98% de la D.S.M. obtenida en el ensayo Proctor T-180. (M_R=17.000psi); a_3=0.12 (En 1/pulg); esp= 18cm
	e =30 cm	**Capa Mejoramiento de SR**: Capa de Suelo Ripio CBR ≥ 25% al 97% de la D.S.M. obtenida en el ensayo Proctor T-180. $M_{dis} = 85,25MPa = 12800\ PSI$ espesor= 30cm
	Terraplén hasta -30 SR CBR≥5%	**Núcleo del terraplén hasta -30cm de la SR:** Base de asiento de terraplén con material del sitio o bancos de préstamo CBR ≥ 5%.

SN_{nec} = **3,443 Pulgadas** (NO incluye verificación por capas)

ESAL's = **2.744.526 EE a 2.910.000 EE**

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

Ing. Pedro Fernández

edh Construcciones

CONSORCIO

- **PAQUETE ESTRUCTURAL 3 - CALZADA DE LA TRAZA PRINCIPAL Y ACCESO A PUERTO MBOPICUA**

Sectores con capa Base granular disminuida en 2cm (base granular e=17cm + sub base granular e=20cm) considerando un espesor equivalente de 25cm de capa de mejoramiento de sub rasante de suelo ripio CBR≥25%

	e=5 cm; a_1=0.44	**Capa Carpeta de rodadura**: Concreto asfáltico en caliente de graduación continua Estabilidad Marshall 2100 Lbf; E_{AC} = 435.000psi; a_1= 0.44 (En 1 /pulg); espesor = 5cm
	e=5 cm; a_1=0.40	**Capa Base asfáltica**: Concreto Asfáltico Convencional de graduación continua, Estabilidad Marshall 1700 Lbf; E_{AC} = 345.000psi; a_1= 0.40 (En 1 /pulg); espesor= 5cm
	e=17 cm; a_2=0.14	**Capa Base Granular**: Base granular estabilizada CBR ≥ 100 % al 98% de la D.S.M. obtenida en el ensayo T-180 (M_R=30.000 a 40.000psi); a_2 = 0.14 (En 1/pulg); espesor= 17cm
	e=20 cm; a_3=0.12	**Capa Sub Base Granular:** Sub Base granular estabilizada CBR ≥ 80 % al 98% de la D.S.M. obtenida en el ensayo Proctor T-180. (M_R=17.000psi); a_3=0.12 (En 1/pulg); esp= 20cm
	e =25 cm	**Capa Mejoramiento de SR**: Capa de Suelo Ripio CBR ≥ 25% al 97% de la D.S.M. obtenida en el ensayo Proctor T-180. $M_{dis} = 80,85MPa = 11726\ PSI$; espesor= 25cm
	Terraplén hasta -35 SR CBR≥5%	**Núcleo del terraplén hasta -35cm de la SR:** Base de asiento de terraplén con material del sitio o bancos de préstamo CBR ≥ 5%.

SN_{nec} = **3,536 Pulgadas** (NO incluye verificación por capas)

ESAL's = **2.744.526 EE a 2.790.000 EE**

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Pedro Fernández

edb Construcciones

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

CONSORCIO

3. Revisión Acceso a Colonia Volendam

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Pedro Fernández

edb Construcciones

Consorcio

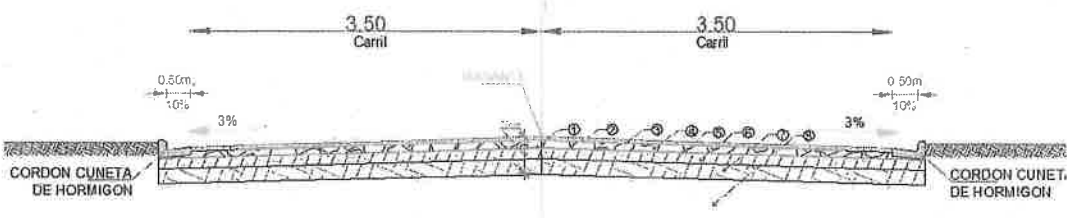
Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

3.1. CONSIDERACIONES DE TRANSITO SOLICITANTE Y PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA REVISIÓN

Se ha procedido a la revisión de los documentos de proceso licitatorio, en base a las informaciones disponibles en la plataforma web del portal de contrataciones, a partir de esto **no se ha encontrado informaciones** que relacionen o justifiquen las consideraciones de tránsito particular del acceso a ZONA URBANA de la colonia Volendam, ya que la sección transversal tipo indicada tiene un sistema multicapas diferente al que fue desarrollado por el revisor del proyecto en la traza principal.

SECCION TIPO

ZONA URBANA–VOLENDAM



REFERENCIA	
① CARPETA C° ASFALTICO C/ POLIMERO e= 5 cm	⑤ SUB-BASE GRANULAR (CBR ≥ 80%) e= 20 cm
② RIEGO DE LIGA	⑥ SUB-RASANTE MEJORADA (CBR ≥ 15%) e= 30 cm
③ RIEGO DE IMPRIMACIÓN	⑦ SUELO COMUN - C.B.R. IGUAL O MAYOR A 5%
④ BASE GRANULAR (CBR ≥ 100%) e= 16 cm	

En base a estas informaciones pasaremos a establecer el aporte estructural de cada capa en analogía a lo ya considerado en la traza principal, las consideraciones de caracterización por cada capa, en base a los parámetros diseño con la misma normativa utilizada por el revisor.
De esta manera a partir de las prestaciones estructurales resultantes, se determinará la expectativa del número estructural, y en consecuencia los ejes equivalente de diseño esperados para el período de diseño planteado.
Valorando las condiciones de diseño adoptadas en la revisión de proyecto del proceso licitatorio se tiene que:

- **CONSIDERACIONES DE DISEÑO**
  - Normativa utilizada : AASHTO 1993
  - Período de Diseño adoptado : 10 años en 2 etapas de construcción
  - Confiabilidad total de proyecto : Cr = 80% (se ha considerado 2 etapas)
  - N° de Etapas de Diseño : 2 Etapas
  - Confiabilidad de diseño : 90%

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Pedro Fernández
edb Construcciones
CONSORCIO
Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

- Desviación Standard : 0,49
- Indice de Serviciabilidad inicial : p_0 = 4,20
- Indice de Serviciabilidad final : p_i = 2,50
- Número estructural necesario : SN=3,62
- Valor Soporte de SR (compuesto) : 10958 PSI

Fuente: Memoria de Ingeniería elaborado por DG INGENIERIA SRL en Marzo 2021, Página 64

- PAQUETE DE FIRMES LICITADO

Conforme los datos revisados el sistema multicapas está conformado de la siguiente estructura para la traza principal de donde rescatamos los valores de coeficiente de aporte por capa:

CAPA ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO	ESPESOR DE CAPA	COEFICIENTE DE APORTE ESTRUCTURAL (a_i)
Carpeta de C°A°	40 mm	0.44
Base Asfáltica	60 mm	0.40
Base Granular CBR≥ 100 %	190 mm	0.14
Subbase Granular CBR ≥ 80 %	200 mm	0.12
Subrasante Mejorada CBR ≥ 15 %	300 mm	
Terraplen		

Fuente: Memoria de Ingeniería elaborado por DG INGENIERIA SRL en Marzo 2021, Página 64

Valorando cada capa con el espesor indicado en la sección tipo y aplicando los mismos valores de caracterización estructural se tiene que:

VALORES DE APORTE ESTRUCTURAL POR CAPA - METODO AASHTO '93 - ACCESO A ZONA URBANA

CAPA	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CONSTRUIRLA			ESPESOR		Coeficiente de aporte de capa (ai)	Coeficiente de drenaje (mi)	SN
		E.E.T.T.	Módulo (psi)	Relación modular entre capas	Ti (cm)	Ti (Pulg.)	Ti (Pulg.10^-1)		
1	Carpeta de Concreto Asfáltico	CAC - Estabilidad Marshall 2100 Lbf	435.000	14,50	5	1,97	0,44		0,867
2	Base Granular	BGE (90-10) CBR≥100%	30.000	1,76	16	6,30	0,14	1,00	0,882
3	Sub Base Granular	BGE (70-30) CBR≥80%	17.000	1,55	20	7,87	0,12	1,00	0,944
4	Mejoramiento de la Sub Rasante	MATERIAL CBR≥15% desde cota - 30cm de la SR	10.958		30	11,81	0	1,00	0
								SN_{eff}	2,693

SN_{eff} = 2,693 ≤ SN_{eff} = 2,693 ⇒ VERIFICA !!!
ESALS 460.000 EE

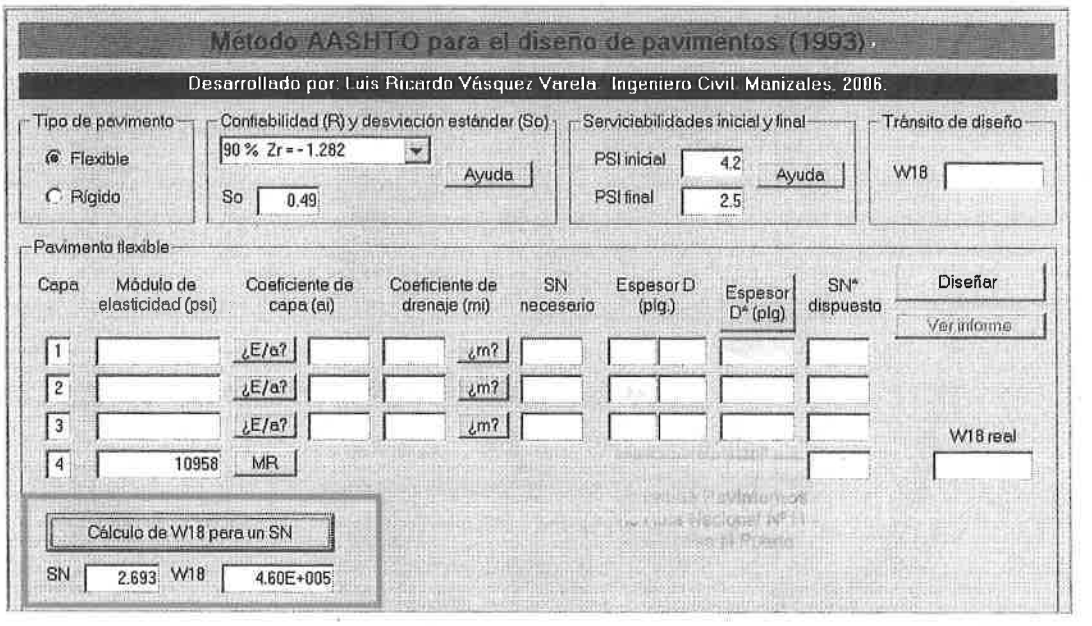
Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Pedro Fernández

edb Construcciones

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

CONSORCIO



Se ha determinado que para las condiciones de aporte de cada capa el sistema arroja una expectativa de un **Número estructural SN_{nec}=2,693 pulgadas,** que equivale con las consideraciones de diseño a **460.000 Ejes Equivalentes en un período asumido de 10 años**.

De esta manera aplicando los valores en base a la normativa utilizada AASHTO 93, se ha determinado la expectativa del espectro de cargas que se pretende verificar para la revisión propuesta.

De la misma manera como se procedió con la revisión para la traza principal y del Acceso al Puerto Mbopicua, se procederá a realizar la propuesta de alternativas para atender el tránsito solicitante obtenido en párrafos anteriores, basados en los aportes de capa que el paquete estructural de la licitación ofrece.

También se llevará en consideración las prestaciones de los materiales estudiados para la capa de asiento del paquete de firmes, para las capas de mejoramiento de la subrasante con el Suelo Ripio CBR≥25%, a partir de las caracterizaciones en laboratorio con expectativas de mejorar el valor del módulo compuesto del diseño original.

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

Ing. Pedro Fernández

CONSORCIO

Destacar que se han obtenido buenos valores a partir de las correlaciones en base a los estudios con penetrómetros DCP, en la campaña de estudios geotécnicos, **que arrojaron valores promedio de CBR≥28%** para las pistas dentro de la zona urbana de la colonia Volendam Se ha accedido complementariamente a informaciones recabadas de otros estudios del tramo, donde las expectativas de los suelos a nivel de fundación (por debajo de la subrasante) **ofrecen las garantías suficientes para contar con materiales de muy buena calidad** en el trazado urbano de la colonia Volendam.

Los valores rescatados del Informe de la memoria de ingeniería del Contrato MOPC S.G. MINISTRO N° 164/2013 " Servicios de Consultoría para la Elaboración de Diseño Final de Ingeniería de Obras Viales. Paquete II elaborado por la Consultora de Ingeniería Alto Paraguay S.A., indican en el capítulo de estudios geotécnicos de la traza, caracterizaciones de los materiales disponibles para terraplén o como base de asiento del acceso a Volendam con los siguientes valores de capacidad soporte expresados en % CBR.

- En el Acceso Volendam (materiales por debajo de la Sub rasante de enripiado actual)

Tramo S-N Volendam:

Progresiva	*CBR Traza*	*Tipo de suelo*
0+000	10,3	A-6
1+000	15,7	A-4 á A-6
1+500	27,1	A-4

Tramo W-E Volendam:

Progresiva	*CBR Traza*	*Tipo de suelo*
0+000	15	A-6
1+000	15	A-6
2+000	8	A-7-6

Valores de CBR_{prom}= 15,18%

Como los resultados valorados a partir de estas fuentes de consulta, y los resultados de los ensayos en las pistas construidas con enripiado encargados para la presente revisión, actualmente ofrecen muy buenas prestaciones de desempeño estructural, que **serán consideradas para establecer los módulos a nivel de cota de subrasante**.

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Ing. Pedro Fernández

edb Construcciones

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

Consultor

El planteamiento de la presente revisión de proyecto pretende adaptar las cotas de trabajo para permitir que parte del procesamiento en caja, sea realizado en la misma capa de enripiado existente disponible en la traza.

De esta manera se trabajaría una capa con materiales de las pistas existentes como **primera capa** (de -0.30 a -0.15m de la SR) y por encima se trabajará una **segunda capa** (de -0.15 a 0.00 de la SR) con nuevos materiales provenientes de los préstamos con CBR≥25%.

Consecuentemente estas dos capas procesadas en la coronación del corte trabajado con capas controladas, **servirán de asiento a las capas del paquete estructural en la zona urbana**.

Debido al entorno urbano en el que se desarrolla el trazado, es necesario aclarar que las intervenciones no pueden elevar demasiado la cota de la rasante debido a los accesos a fincas existentes, por este motivo una parte del tratamiento de las pistas se deberá hacerlo en corte hasta llegar a la capa de asiento de la cota -30cm de la subrasante, para a partir de esa cota procesar las capas de mejoramiento de la subrasante con materiales seleccionados.

La ilustraciones siguientes presentan esta situación para el procesamiento de los materiales en corte, donde se aprovecharía la presencia de los materiales existentes de enripiado como primera capa controlada, seguidamente se procesaría la segunda capa con material de cantera suelo ripio con CBR≥25%, logrando de esta manera los desempeños similares en las capas tratadas para la coronación de los materiales así como en la traza principal.

La ilustración siguiente representa la sección típica en el Acceso Volendam donde se plantea el procesamiento del ancho de la plataforma en caja con un espesor de trabajo de 30cm (con 2 capas controladas de 15cm cada una), una de ellas existente y la otra proveniente de nuevos materiales.

Ing. Horacio Acosta Soler
Ingeniero Civil

Ing. Pedro Fernández

edb Construcciones

Ing. Javier Talia
UEP BID-DV - MOPC

Consultado