484 (cuatrocientos ochenta y cuatro)

FISCALIZADOR VIAL

CONSORCIO

Asunción, 06 de setiembre de 2023

CFV – MOPC N° 137/2023

Señor
Ing. Alfredo Sánchez, Director
Dirección de Vialidad
Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Presente

Ref.: " Servicios de Consultoría para la Fiscalización del Lote 1 de las Obras Viales de Habilitación y Mantenimiento de Corredores Agroindustriales en el Marco del Proyecto Pr-L1164 – Región Oriental". Contrato S.G Ministro N° 170/2022 - ID N° 401.920"
Asunto: Convenio Modificatorio N° 1 de Obra

De nuestra mayor consideración:

Nos dirigimos a Ud. en relación a la Nota Nº DC-VOL-033/2023124/2023 recibida en fecha 17 de agosto del corriente, a través de la cual la Contratista EDB CONSTRUCCIONES presenta el Convenio Modificatorio N° 1 del Contrato N° 393/2021 para la ejecución de la obra de la referencia, ajustado conforme a las aclaraciones y justificaciones técnicas solicitadas por el ente financiador BID según Nota UEP-BID-DV Nº 124/2023 – 024/2023 recibida en fecha 14 de agosto del corriente.

En relación a lo solicitado, de desarrollan los siguientes puntos:

1- **Documentación:**
   a. Diseño Geométrico: el diseño geométrico de la propuesta de la nueva traza fue elaborado por la Consultora DATUM para el Contratista.
   b. Hidrología e Hidráulica: se adjunta el Informe de revisión del estudio hidráulico del mes mayo 2023 presentado por la Contratista.
   c. Anexos: se remite los Anexos 4, y 5 firmados por el Director de Fiscalización
   d. Diseño de Pavimentos: se adjunta el informe de diseño estructural de pavimento firmado por el especialista de la Contratante, así como el Informe de revisión firmado por el especialista de la Fiscalización.
   e. Ensayos de laboratorio: se adjuntan los resultados de los ensayos de laboratorio de caracterización de los materiales firmados por el Especialista en Geotecnia de la Fiscalización.
2- **Movimiento de suelos:**
   El aumento de volumen de terraplén en relación a la primera versión, se debe a la necesidad de elevar la rasante de la primera versión en tramos que atraviesan zonas bajas e inundables, como consecuencia del impacto sobre el terraplén del aumento del nivel de agua debido al caudal ocasionado por lluvias atípicas e intensas, así como la necesidad de la inclusión de dos hileras de alcantarillas.
   Así también, en el tramo comprendido entre el Puente de Hº Aº Takuarepoti al empalme del Acceso a Mbopicua, al realizar el desbroce y despeje, el piso de las cunetas laterales

existentes se han encontrado saturadas viéndose en la necesidad de realizar la excavación de bolsones y su posterior relleno con terraplén.
Se adjunta la tabla de volúmenes de movimiento de suelos aprobado y refrendado por el Director de Fiscalización.

3- **Paquete Estructural:**
Transito: El Fc promedio utilizado para todos los camiones pesados que circulan por Lote 1 fue Fc=2,6 que determina el daño para las configuraciones de camiones pesados, la misma puede tener variación dependiendo del tipo de configuraciones de camines pesados.
Nótese que para los otros sectores o tramos correspondientes al Lote 2 Tramo Volendam a San Pablo, se consideran valores mayores en el orden de 3,56.

El espectro de cargas esperado para las estimaciones de factor de daño, es que omite las configuraciones de camiones pesados de mayor porte, como por ejemplo tracto camiones con carretas graneleras con valores muy superiores de factor camión o factor de daño con respecto a los valores considerados. Estos tipos de vehículos frecuentemente utilizados en el transporte granelero en los corredores que impactan directamente ante escenarios de carga permitido, ante la posibilidad de circulación en períodos de zafra con potenciales destinos como el Puerto Mbopicua o Puerto Rosario como destinos de las cargas.
Ante estos escenarios de incertidumbre, se justifica plenamente elevar las expectativas de factor de daño para el Lote 1 considerando con criterio conservador utilizar un valor promedio con expectativas de FC=4,00 para las configuraciones de camiones pesados. Esta representa una ponderación del pronóstico.

Con la propuesta del mejoramiento del sub rasante CBR≥25% se mejoran tres aspectos técnicos que son los siguientes:

- SN necesario 3.37_Licitado y SN efectivo 3,626_
- EEq 2.744.526 Licitado y EEq. 4.171.494 Diseño
- la condición de apoyo (10.959 psi Licitado y 12.800 psi Diseño).

El Diseño del Paquete Estructural del Pavimento con un Mejoramiento del sub rasante CBR≥25% genera una estructura mejor técnicamente a la de licitación, pero con materiales locales y disponibles en la zona, usando principalmente el Ripio como capa de subrasante en función de:

o la disponibilidad de los materiales para su constitución,
o de las proyecciones de solicitaciones del tránsito
o y de la capacidad portante de la sub rasante mejorada

4- **Sub rasante Mejorada CBR≥15%**
Las cantidades del mejoramiento de la sub rasante CBR≥15% corresponden a cantidades ajustadas del Tramo Principal y del Acceso a Volendam conforme al Diseño de Pavimento.

5- **Sub base granular estabilizada CBR 80%**
No se modifica y se mantiene el ítem contractual vigente.

482 (cuatrocientos ochenta y dos)

FISCALIZADOR VIAL

CONSORCIO

El presente Convenio Modificatorio N° 1, fue elaborado conforme al resultado del balance entre las cantidades de ítem de obras contractuales en exceso y los ítems de obras en déficit conforme a los requerimientos de cada ítem de obra, como así también la inclusión de ítems nuevos atendiendo los requerimientos técnicos acordes con la característica de la vía y a las necesidades actuales con el objetivo de ejecutar la Obra con funcionalidad y calidad, que fue elaborado en base a los siguientes:

a) La modificación del Proyecto contractual de la Obra aprobada por la UEP BID-DV según Nota UEP BID-DV Nº 1297/2022, y el ajuste del proyecto aprobado conforme a los requerimientos encontrados durante el proceso de construcción de la obra y fundamentalmente a raíz del comportamiento de las correntias de las aguas como consecuencia de las intensas y atípicas precipitaciones en la zona de influencia del tramo, y que son principalmente las siguientes:

1. Implantación del eje del proyecto dentro de los límites de la calzada existente minimizando las áreas de afectaciones.
2. Modificación de la variante del proyecto original entre las progresivas aproximadas 1+000 a la 1+800, evitando afectaciones de inmuebles en la zona de la progresiva 1+700 aproximadamente.
3. Ajuste de la traza del proyecto original entre las progresivas 2+900 y 3+160 mejorando las condiciones de radios de curvas horizontales de llegada y salida al puente existente.
4. Rectificación de traza del proyecto original a fin de evitar curvas y contracurvas entre las progresivas 3+840 y 4+360, así como entre las progresivas 18+100 a 18+700.
5. Modificación de la traza del proyecto entre las progresivas 8+140 a 9+960 de fin de evitar la expropiación a pobladores de la zona y la afectación de la reserva indígena.
6. Propuesta de modificación de intersección tipo "T" en el Acceso al Desvío a Mbopicua.
7. Desplazamiento del eje del trazado original del Acceso a Mbopicua unos 8 metros al sur de modo a evitar cualquier intervención al canal lateral existente de dimensiones importantes con buen funcionamiento a lo largo del acceso al LD que descarga en el Rio Paraguay
8. Modificación de traza del proyecto entre las progresivas 20+460 a 22+500 a fin de evitar la afectación a una zona poblada, como así también evitar afectar un tramo con características de zona baja e inundable.
9. Inclusión de una intersección tipo "+ " en la progresiva 22+200 en la Variante Volendam, para el acceso y salida de la zona productiva y de depósito, en dirección a la zona urbana de Volendam y al Puerto de Mbopicua principalmente, con carriles de aceleración y desaceleración en ambos lados con las señalizaciones horizontales y verticales correspondientes, así como el mejoramiento de la calle de acceso a ambos lados hasta el límite de la franja de dominio.
10. Ajustes en las cantidades y ubicaciones en las señalizaciones horizontales y verticales en todo el tramo del proyecto, especialmente en las intersecciones y rotondas proyectadas, y para los cruces peatonales frente a escuelas y en la travesía urbana de Volendam. Se han incorporado los ítems: Señalización horizontal termoplástica, Reductores de velocidad termoplástico, Tachones.

481 (cuatrocientos ochenta y uno)

FISCALIZADOR VIAL

CONSORCIO

Se adjunta el Informe del Estudio de la Planimetría.

b) Con la planialtimetría del proyecto modificado para el CM Nº1, se ha realizado la revisión de los cálculos hidrológicos e hidráulicos por el Especialista en Hidrología de la Contratista. El dimensionamiento hidráulico de las obras de alcantarillas del estudio presentado, han incorporado al diseño original nuevas líneas de alcantarillas y se han modificado las dimensiones de otras alcantarillas del proyecto original.

Considerando la fauna predominante nativa se estima que alcantarillas celulares de 1.50x1.50m y de 2.50x2.50m son de ancho y altura suficiente para que no se produzcan atascamientos. Por este motivo, se crean los nuevos ítems, Alcantarilla celular de hormigón armado simple de 1,50x1,50m y de longitud necesaria (Pasafaunas) y Alcantarilla celular de hormigón armado simple de 2,50x2,50m y de longitud necesaria (Pasaganados).
Los Accesos a Fincas se han proyectado con tubos PEAD.

Se Anexa las EETT de los siguientes ítems: Alcantarillas Celulares de HºAº; Pasofauna; Pasoganado, Señalación Horizontal termoplástica, Reductores de velocidad termoplástica, Tachones, Accesos a Fincas con tubos PEAD, Dren Profundo con tubo perforado

Se adjunta el Informe del Estudio Hidrológico e Hidráulico.

c) Con la planialtimetría y con el dimensionamiento hidráulico de las obras de alcantarillas del proyecto revisado, se ha definido la rasante en función a las tapadas mínimas requeridas a las obras de drenaje y a las cotas mínimas a la rasante en función al NAMmax en tramos inundables para evitar cortes por eventuales aguas de lluvias a evacuar.

d) La revisión del paquete estructural del pavimento en el Tramo Principal y en el Acceso al Puerto Mbopicua, fueron los siguientes:
   1. Ejes equivalentes de diseño proyectadas a la fecha real de puesta en servicio, considerando el FC factor camión de 4,00 en el orden de 4.171.494 ESAL's ; mayor que el contractual con el FC de 2,6.
   2. Valor de confiabilidad compuesta en el orden de R E=80%.
   3. Núcleo de Terraplén con CBR ≥5% hasta -30 cm de la SR.
   4. Sub rasante mejorada con Suelo Ripio de cantera existente con CBR ≥15%. Sin variación del proyecto licitado.
      Propuesta: Inclusión de un Mejoramiento del sub rasante a CBR≥25% .
   5. Determinación del Mrdis=88.25 MPa= 12.800 PSi a través del concepto de módulos de dos capas elásticas sometidas a una carga circular, que es superior al MRdis= 10.958 Psi con sub rasante mejorada con CBR ≥15%.
   6. Sub base de suelo agregado CBR ≥ 80 % con un espesor mínimo de 20 cm. Sin variación del proyecto licitado.
   7. Capa base granular estabilizado granulométricamente, con un valor CBR ≥ 100 %, un espesor mínimo de 19 cm. Sin variación del proyecto licitado.
   8. Capa base asfáltica un espesor mínimo de 6 cm. Sin variación del proyecto licitado.

480 (cuatrocientos ochenta)

9. Capa de rodadura un espesor mínimo de 4 cm. Sin variación del proyecto licitado.
10. Conclusión: SN Efectivo≥ SN Necesario
    SN Necesario = 3.37 con ESALs =2.744.526
    SN Efectivo = 3.626 con ESALs = 4.171.494

    Las condiciones de asiento del núcleo del terraplén hasta cota -30cm de la SR con expectativas de índice soporte CBR≥5% e incluir la capa de mejoramiento de la sub rasante con material suelo ripio CBR≥25%, permitirá un desempeño mayor al considerado en el proyecto licitado, con una proyección de soporte del paquete del doble de ejes equivalentes proyectado inicialmente con el factor de carga de camión ajustado.

    El mejoramiento de las condiciones de asiento del paquete estructural a niveles de subrasante, se logra alcanzar valores de módulo compuesto igual a 12.800psi = 88,25MPa respecto al considerado en la memoria de revisión del proceso licitatorio que alcanzaba valores en el orden de 10.958psi = 75,55MPa.

e) La propuesta de modificación del paquete estructural del pavimento en el Acceso a Volendam, fueron los siguientes:
   1. Ejes equivalentes de diseño proyectadas a la fecha real de puesta en servicio, fue considerado en el orden de 756.000 ESAL's.
   2. Valor de confiabilidad compuesta en el orden de R=80%.
   3. Base de asiento hasta cota Sub Rasante con material suelo ripio existente CBR ≥ 15%
   4. Inclusión de capa sub base de suelo agregado CBR ≥ 80 % con un espesor mínimo de 20 cm. Se anexa EETT del Ítem ajustado.
   5. Capa base granular estabilizado granulométricamente, con un valor CBR ≥ 100 %, un espesor mínimo de 16 cm. Sin variación del proyecto licitado.
   6. Capa de rodadura un espesor mínimo de 5 cm. Sin variación del proyecto licitado.

Contiene las cantidades y medidas estimadas conjuntamente con la Empresa Contratista y Fiscalización, con el consecuente Presupuesto estimado que asciende de Gs. 171.004.986.837 (guaraníes ciento setenta y un mil millones cuatro millones novecientos ochenta y seis mil ochocientos treinta y siete) IVA incluido, siendo el incremento de Gs. 24.639.938.748 (guaraníes veinticuatro mil millones seiscientos treinta y nueve millones novecientos treinta y ocho mil setecientos cuarenta y ocho) sobre el precio contractual original, lo cual equivale a un aumento del 16,835%. del monto contractual vigente.

El presente Convenio considera:

- ***El aumento de cantidades de ítems contractuales originales:*** Excavación de bolsones; Terraplén; Subbase Granular 70/30 CBR > 80%; Base granular CBR100%, Base Asfáltica; Carpeta de Concreto Asfáltico c/ Polímero; Riego de liga; Imprimación Asfáltica, Alcantarilla Tubular Simple de Ø = 100cm; Alcantarilla Tubular Doble de Ø= 100cm; Cabeceras para Alcantarillas Tubulares; Alcantarilla Celular Simple de 1,00x1,00m; Alcantarilla Celular Doble de 1,00x1,00m; Alcantarilla Celular Doble de 2,00x2,00m; Cabeceras para Alcantarillas Celulares; Traslado de alambrado; Alambrado; Cordón de hormigón; Señalización Vertical; Señalización Horizontal; Tachas Reflectantes; Empastado de taludes; Cuneta revestida de

hormigón; Protección forestal de Préstamos; Accesos a Fincas; Mudanzas de columnas y líneas de ANDE; Reposición de cañerías de red de agua potable en zona urbana Ø40mm i/accesorios; Suministro a la supervisión/Oficina y Alojamiento; Estrategia de Comunicación Masiva;

- ***La reducción de cantidades de ítems contractuales:*** Desbosque, desbroce y despeje; Excavación de zanjas de drenaje; Subrasante mejorada CBR>15%; Alcantarilla Tubular Simple de Ø = 80cm; Alcantarilla Tubular Triple de Ø= 100cm; Alcantarilla Celular Simple de 0,70x1,00m; Alcantarilla Celular Simple de 1,50x1,50m; Alcantarilla Celular Simple de 2,00x2,00m; Alcantarilla Celular Doble de 1,50x1,50m; Alcantarilla Celular Doble de 3,00x3,00m; Alcantarilla Celular Triple de 1,50x1,50m; Alcantarilla Celular Triple de 2,00x2,00m; Alcantarilla Celular Septuple de 1,00x1,00m; Alcantarilla Celular Septuple de 2,00x2,00m; Cordón Cuneta de hormigón; Baranda metálica de contención vehicular para suelo;
- ***La inclusión de cantidades de ítems nuevos:*** Alcantarilla Celular Triple de 1,00x1,00m; Alcantarilla Celular Triple de 2,50x2,50m; Pasafauna; Pasaganado; Señalización Horizontal Termoplastica; Reductores de Velocidad Termoplastica; Tachones; Acceso a Fincas con caño PEAD; Dren Profundo con Tubo perforado;
- ***Sin modificación los siguientes ítems***: Remoción de estructuras existentes; Excavación no clasificada; Hitos kilométricos; Dársenas de Estacionamiento; Iluminación en intersecciones; Pórtico de Señalización; Movilización; Mitigación ambiental; Suministros para el control de exceso de carga; Obras de Mantenimiento; Obras Extraordinarias; Mejoramiento Sedes Distritales; Indemnización o Mejoras a ser destruidas; Programa de Desarrollo Indígenas; Tarifas y Gastos DAAB.

El Cronograma Físico – Financiero: Debido al aumento de las cantidades de ítems de obras y la inclusión de nuevos ítems de obras, que corresponden a un incremento de 16,835% del monto contractual, el presente Convenio Modificatorio N° 1 modifica el plazo de obras de habilitación:

Plazo proporcional al aumento de obra=16,935%x720 días= 122 días

Orden de Inicio establecida en la Nota DV Nº 1168/2020: 15/06/2022
Plazo Original: 72 meses
Fecha de terminación original: 15/06/2028
Plazo Ampliado con el Convenio Modificatorio Nº 1 por aumento de cantidad de obra: 122 días adicionales
Fecha de terminación de las Obras de Habilitación Modificada C.M N° 1: 15/10/2024
Fecha de terminación del Contrato Modificada C.M N° 1: 15/10/2028

Las Documentaciones que hacen al Convenio Modificatorio N° 1 de la Obra son las siguientes:

– Justificación Técnica
Anexo 1 – Planilla comparativa de cómputo y presupuesto
Anexo 2 – Computo Métrico
Anexo 3 – Cronograma Físico Financiero
Anexo 4 – Análisis de Precios Unitarios de nuevos ítems
Anexo 5 – Especificaciones Técnicas de Ítems Nuevos
Anexo 6 – Informe Hidrológico e Hidráulico
Anexo 7 – Informe de Pavimentos
Anexo 8 - Atlas de Planos

478 (cuatrocientos setenta y ocho)

FISCALIZADOR VIAL

CONSORCIO

La Fiscalización de Obra ha analizado y verificado todos los documentos que hacen al Convenio Modificatorio N°1 de la Obra e informa que a su parecer se encuentran correctos y en correspondencia con lo establecido en el Contrato de la Obra, y eleva a consideración del MOPC el presente Convenio Modificatorio N°1.

Sin otro particular, saludamosle muy atentamente.

Ing. Héctor Federico Calcagno
Director de Fiscalización

Cc: 1 (un) ejemplar impreso a la Unidad de Ejecutora de Proyectos BID - MOPC

Mencia de Sanabria N°458 c/ Bruno Guggiari
Teléfono: 021 30 33 70
Asunción - Paraguay

CONSORCIO

REPÚBLICA DEL PARAGUAY MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES

INFORME DE REVISIÓN Y VERIFICACIÓN DEL DISEÑO EJECUTIVO FINAL – CM N°1

OBRA: CORREDOR AGROINDUSTRIAL LOTE 01
Tramo 1 A: Villa del Rosario - Volendam (incluido los Accesos a Volendam y Puerto Mbopicuá)

Contratista: EDB Construcciones

Fiscalización: CONSORCIO FISCALIZACION VIAL

Especialista en Seguridad Vial: Mg. Ing. Raúl Gonzales

CONSORCIO

Contenido

1. INTRODUCCION 3
2. REVISION DE LA GEOMETRIA HORIZONTAL 5
2.1 ANALISIS DEL TRAZADO EN PLANTA 5
- **Datos Iniciales del Proyecto:** 5
- Velocidad adoptada = 100 km/h. 5
- Distancia de Frenado 5
- **Distancia de Adelantamiento:** 5
- **Longitud máxima de alineaciones tangentes (Rectas.)** 5

Longitudes mínimas en rectas: 5
- **Elementos de alineaciones Curvas.** 5
- **Radios de alineaciones curvas:** 5
- Radios mínimos absolutos: 5
- **Cálculo de Peraltes:** I. 6
- **Análisis de curvas de transición (Clotoides)** 6
- **Resumen de Planimetría** 6

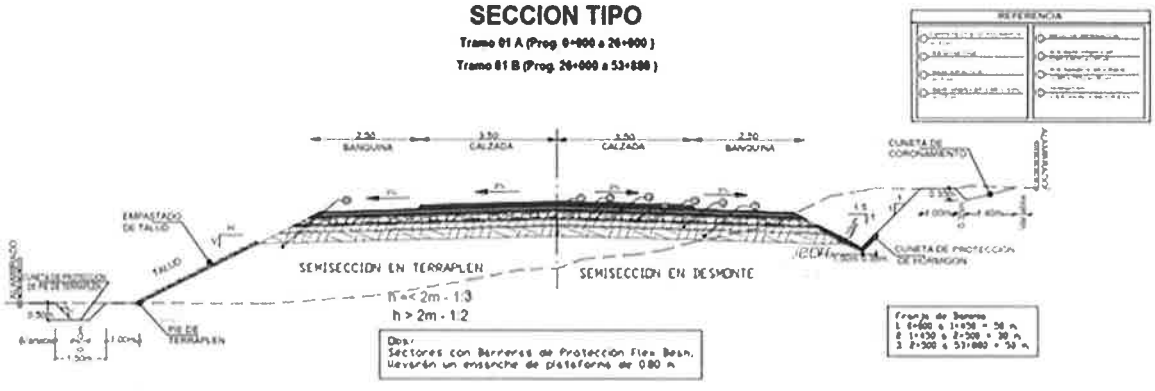
2.2 Geometría vertical 6
- **Pendiente máxima** 6
- **Longitud de curvas verticales** 6
- **Resumen de Altimetría** 7
- **Plan de Señalización del Diseño Ejecutivo Final** 7

CONSORCIO

1. INTRODUCCION

El siguiente informe tiene por objeto presentar los resultados de la revisión y verificación del Diseño Ejecutivo Final de las Obras de Habilitación y Mantenimiento de Corredores Agroindustriales, Región Oriental – Lote 1: Villa del Rosario – Volendam (incluidos los accesos a Volendam y Puerto Mbopicua), que incluye memoria de ingeniería y planos, especialmente los de señalización vertical y horizontal, presentado por la Empresa EDB CONSTRUCCIONES, Contratista de la Obra.

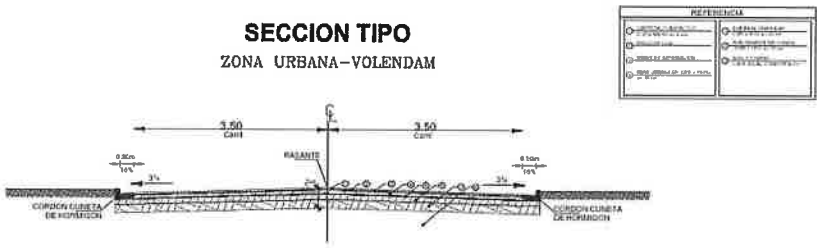
El objetivo principal de este proyecto es la rehabilitación y pavimentación asfáltica del tramo anteriormente mencionado, previéndose para el tramo principal la construcción de una calzada con pavimentación asfáltica a de 7,50 m de ancho con banquinas de 2,50 m de ancho a ambos lados con pavimentación asfáltica en una longitud total de 26 km

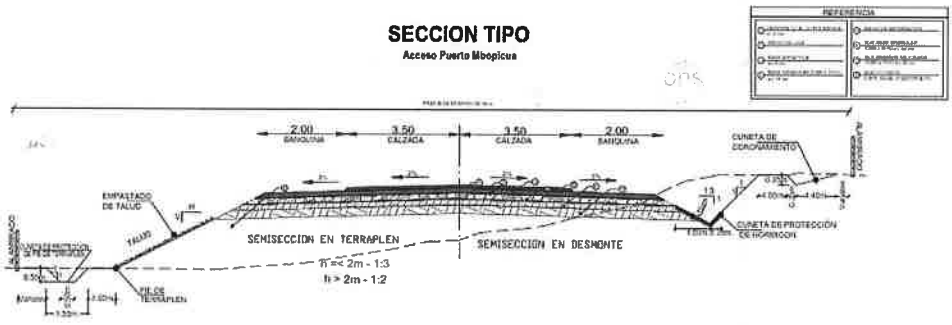


Para el Acceso al Puerto Mbopicua se prevé la construcción de una calzada con pavimentación asfáltica a de 7,50 m de ancho con banquinas de 2,0 m de ancho a ambos lados con pavimentación asfáltica en una longitud total de 5 km.

Para la Travesía Urbana a la Ciudad de Volendam se prevé la construcción de una calzada con pavimentación asfáltica a de 7,50 m de ancho con cordón cuneta a ambos lados con pavimentación asfáltica en una longitud total de 8,8 km.
La propuesta del rediseño del proyecto es el resultado del ajuste de la implantación del eje del proyecto contractual en planta coincidente con el eje de la traza del camino existente y de ajustes/modificaciones en las variantes del proyecto original conforme a evitar y/o minimizar afectaciones de propiedades y de construcciones, así también evitar la afectación de la Reserva Indígena, como así también mejorar las condiciones de seguridad vial.

CONSORCIO





La revisión del diseño fue realizada con la verificación de la adecuación de los parámetros principales del diseño, a los valores recomendados en el Manual de Carreteras del Paraguay, para la velocidad de proyecto y la caracterización topográfica del área de desarrollo de la traza

CONSORCIO

2. REVISION DE LA GEOMETRIA HORIZONTAL

2.1 ANALISIS DEL TRAZADO EN PLANTA

- **Datos Iniciales del Proyecto:**
  - Velocidad adoptada = 100 km/h.
  - Distancia de Frenado = Para la velocidad establecida ser determina que la distancia de frenado mínima es 175 m.
  - **Distancia de Adelantamiento:** Para la velocidad establecida ser determina que la distancia de adelantamiento es de 600 m.
  - **Longitud máxima de alineaciones tangentes (Rectas.)** para la velocidad de Proyecto igual a 100 km/h, se deben evitaren lo posible longitudes superiores a 20xVP = 2000 metros.

Recomendación: El incumplimiento de los parámetros se debe a que la implantación del proyecto responde a una picada previamente existente, se recomienda implementar los refuerzos de señalizaciones recomendados en los tramos de incumplimiento

Longitudes mínimas en rectas: la velocidad establecida de 100 km/h se deben respetar los siguientes parámetros:

Tabla 1–Longitudes mínimas en rectas

Tipo de Terreno =	llano/ondulado	
Lr deseable =	280.00	**m**
Lr mínimo =	150.00	**m**

No se encuentran objeciones a estas observaciones para el caso de longitudes mínimas entre curvas, el incumplimiento detectado es mínimo por lo que se obvia.

- **Elementos de alineaciones Curvas.**

Los elementos de las alineaciones curvas a ser verificados, están constituidos por los Radios de las curvas, la extensión de sus desarrollos y la presentación de curvas de transición, la velocidad de vehículos a ser utilizada en estas verificaciones es la velocidad específica, la cual es dependiente de la V85.

- **Radios de alineaciones curvas:**
- Radios mínimos absolutos:

Rmin =	**427.00**	**m**

CONSORCIO

Recomendación: En los tramos donde no se cumple para la velocidad de 100 km/h por los motivos establecidos se disminuye la velocidad a 90 km/h lo cual debe ser acompañado con el correspondiente refuerzo de señalización horizontal y vertical.

- **Cálculo de Peraltes:** se determina los peraltes necesarios para cada curva y se compara por el propuesto en el diseño original.

. No se encuentran objeciones a los valores establecidos.

- **Análisis de curvas de transición (Clotoides)**

"Se emplearán arcos de enlace o transición en todo proyecto cuya Vp sea mayor o igual que 40 Km/h. En caminos con Vp = 80 Km/h sólo se podrá prescindir de los arcos de enlace para radios = 1.500 m. En carreteras con Vp = 80 Km/h sólo se podrá prescindir de los arcos de enlace para radios = 3.000 m."

Para los radios y la velocidad establecida se verifica que los radios que requieren de clotoide cumplen con la exigencia

Los valores mínimos requeridos para todos los parámetros de clotoides son verificados

- **Resumen de Planimetría**

. En general, la geometría horizontal cuenta con un diseño homogéneo a lo largo del tramo con radios adecuados a la velocidad de diseño y a las características del terreno.

Recomendación: en el caso de los incumplimientos de longitudes máximas de rectas se debe a que el trayecto coincide con un tramo de calzada ya existente y se sugiere reforzar la misma con señalizaciones, las demás infracciones pueden considerarse mínimas por lo que no representan un peligro a la seguridad del trazado.

2.2 Geometría vertical

El diseño p se desarrolla sobre un terreno con características predominantemente llanas y por tramos ondulados, a lo largo de toda la traza tenemos carga de terraplén sobre el terreno natural.

- **Pendiente máxima**

Es la mayor pendiente permitida en el proyecto. Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno.

Por las condiciones de proyecto la pendiente máxima adoptada fue de 4%.

Recomendación: El tramo inicial donde se supera la pendiente máxima corresponde a la unión con la calzada existente, se recomienda reforzar con SH y SV.

- **Longitud de curvas verticales**

Longitud: Es la distancia medida horizontalmente entre el PCV y el PTV. Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas, que son:

- **Criterio de comodidad:** Se aplica al proyecto de curvas verticales en columpio, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

RFS

- **Criterio de apariencia:** Se aplica al proyecto de curvas verticales con visibilidad completa, o sea las curvas cóncavas, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.
- **Criterio de drenaje:** Se aplica al proyecto de curvas verticales cóncavas o convexas, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva, debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente.
- **Criterio de seguridad:** Se aplica a curvas cóncavas o convexas. La longitud de curva debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada.

Todas las curvas cumplen con el parámetro mínimo de longitud.

- **Resumen de Altimetría**

- El proyecto se desarrolla sobre un terreno predominantemente llanas y por tramos ondulados, en la mayor parte de la traza tenemos carga de terraplén sobre el terreno natural.
- Por las condiciones de proyecto la pendiente máxima adoptada fue de 4%, conforme a los requerimientos del Manual de Carreteras.
- Todas las longitudes de curvas verticales (la distancia medida horizontalmente entre el PCV y el PTV) cumplen con el parámetro mínimo de longitud para una Velocidad de Proyecto de 100 km/h

- **Plan de Señalización del Diseño Ejecutivo Final**
- Se observa la presentación respecto a la señalización con detalles en la ubicación de las señales y cómputos correspondientes.
- Existe una coherencia o consistencia de diseño de todo el corredor, desde la geometría y la señalización horizontal (SH) y vertical (SV).
- Se observa la señalización vertical y horizontal en los accesos a los puentes y /o alcantarillas
- Se observa en los planos barandas metálicas de contención vehicular para suelo ubicados en los tramos con altura de terraplén superior a 2 m, en el lado externo de las curva horizontales, y en la transición con la estructura del puente y alcantarillas, y planilla con detalles en la ubicación
- Se observa el detalle de dársenas de paradas de descanso para ómnibus y su señalización correspondiente.

Ing. Raúl Fernando González
Mg. Ingeniero Civil
Especialista en Seguridad Vial

REPUBLICA DEL PARAGUAY

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES

CONTRATOS DE PRÉSTAMO Nº 4915/OC-PR Y Nº 4916/KI-PR

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)

LLAMADO MOPC Nº 91/2021
ID Nº 401.919

INFORME TECNICO Nº1

VERIFICACION
DISEÑO DE PAVIMENTO

OBRAS DE HABILITACION Y MANTENIMIENTO DE RUTAS AGROINDUSTRIALES – SAN PEDRO LOTE 1

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

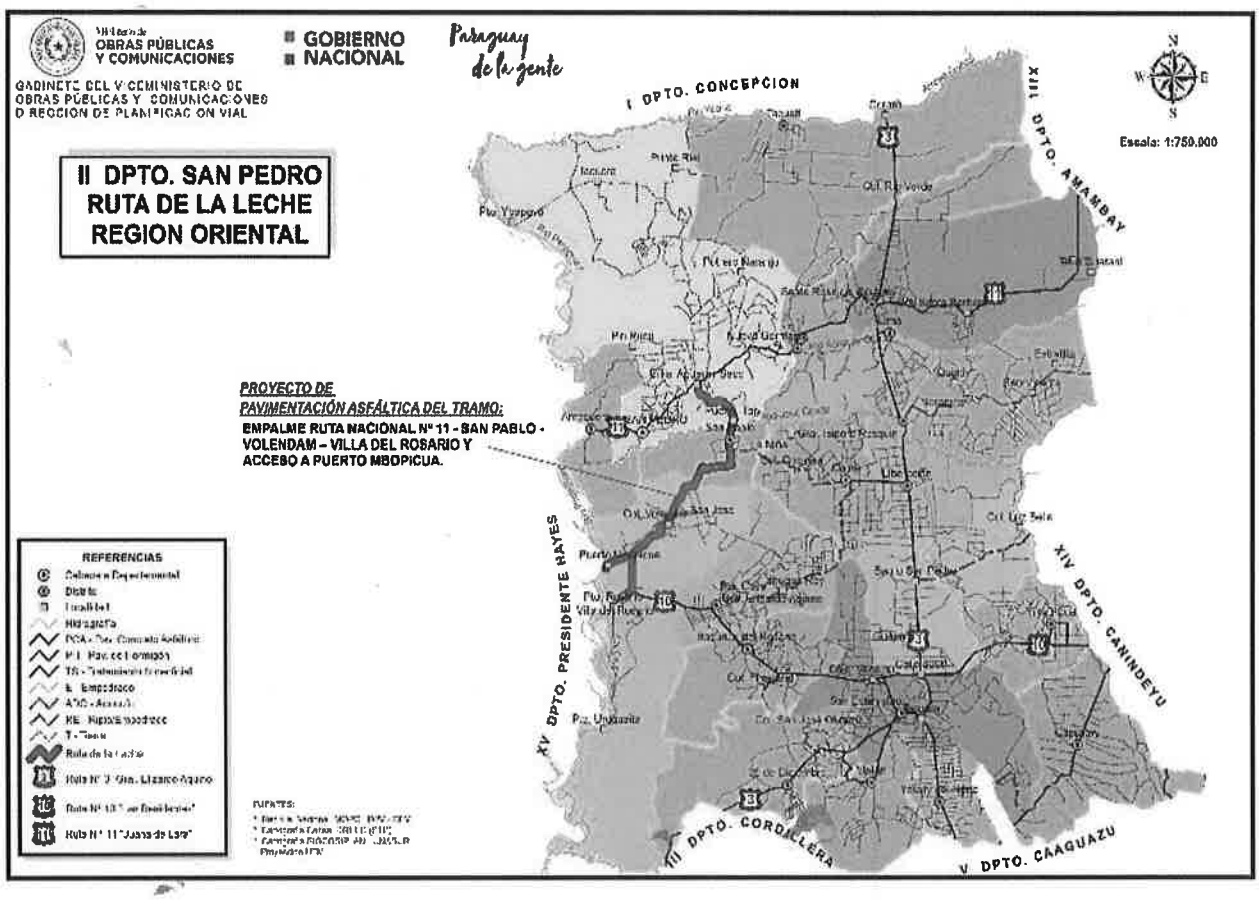
M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos
Fiscalización: CONSORCIO ELECTROPAR

ASUNCION - PARAGUAY
JUNIO 2023

1– OBJETO

El presente Informe Técnico, tiene por objeto la verificación del diseño estructural con tránsito de licitación, de pavimentos de los TRAMO: EMPALME RUTA NACIONAL Nº11 - SAN PABLO - VOLENDAM - VILLA DEL ROSARIO Y ACCESO AL PUERTO MBOPICUA - que componen las Obras de Habilitación y Mantenimiento, de la Región Oriental del Paraguay, conocida como Rutas Agroindustriales – San Pedro Lote 1.

2.- UBICACIÓN.

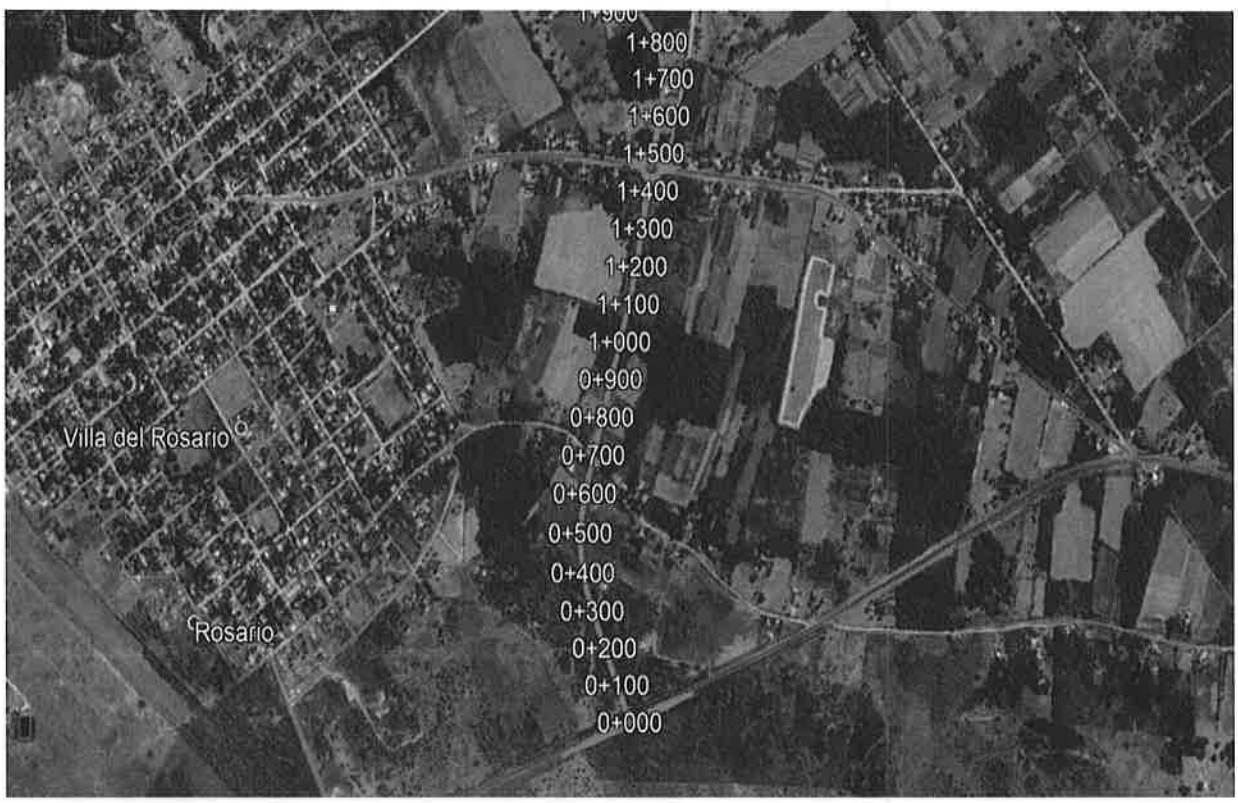


UBICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

TRAZA PRINCIPAL:0+000 a 26+000 – LOTE 1.

TRAZA PRINCIPAL: 26+000 a 55+144 – LOTE 2.

TRAZA GENERAL: LOTES 1 y 2



UBICACIÓN DE LA PROGRESIVA 0+000

CIRCUNVALACION y ACCESOS A VOLENDAM

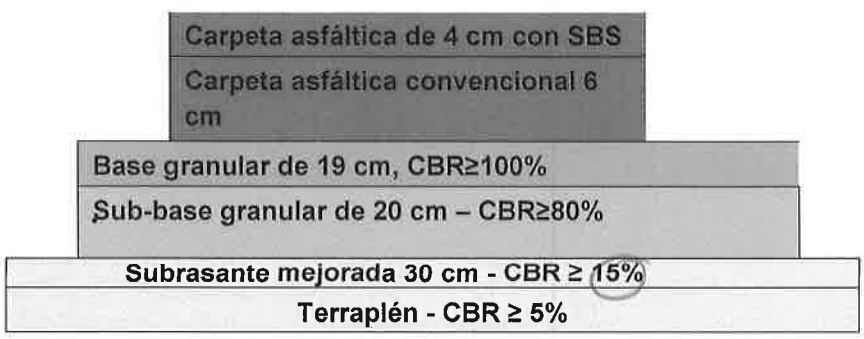
3.- CARACTERISTICAS DEL PROYECTO.

3.1 – Características generales.

Teniendo en cuenta la traza del proyecto licitado descripto en la Memoria de Ingeniería del llamado inicial, el desarrollo previsto está compuesto de lo siguiente: Traza Principal, Acceso a Villa Rosario, Acceso a Puerto Mbopicua, y circunvalación a la población de Colonia Volendam, y Acceso al mismo.

3.2 - Paquetes estructurales licitadas.

3.2.1 - Corredor Principal - (Progresiva 0+000 a 26+000):



3.2.2 – Zona urbana – Volendam.

4 – ESTUDIOS DE TRANSITO.

4.1 – Objeto.

En el estudio de tránsito, se presenta un análisis de la situación de tráfico futuro estimado con la pavimentación de San Pablo a Villa Rosario y de San Pablo a Empalme Ruta 11, en el Departamento de San Pedro.

El tránsito elaborado por CIALPA para el Tramo: San Pablo - Volendam - Villa Rosario y acceso a Puerto Mbopicua en el Departamento de San Pedro a marzo de 2017, fue actualizado a septiembre de 2021 por la Consultora DG INGENIERÍA SRL, en la que se obtuvo un ESALs = 2.744.526 de ejes estándar acumulado en 10 años.

Valor que actualizado al año de habilitación 2024, se obtiene un ESALs = 3.042.905 de ejes estándar acumulado en 10 años.

5 – CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

5.1 – Factor Camión.

El **Fc** promedio utilizado para todos los camiones pesados que circulan por Lote 1 fue Fc=2,6 que determina el daño para las configuraciones de camiones pesados, la misma puede tener variación dependiendo del tipo de configuraciones de camines pesados.

Nótese que para los otros sectores o tramos correspondientes al Lote 2 Tramo Volendam a San Pablo, se consideran valores mayores en el orden de 3,56.

El espectro de cargas esperado para las estimaciones de factor de daño, es que omite las configuraciones de camiones pesados de mayor porte, como por ejemplo tracto camiones con carretas graneleras con valores muy superiores de factor camión o factor de daño con respecto a los valores considerados. Estos tipos de vehículos frecuentemente utilizados en el transporte granelero en los corredores que impactan directamente ante escenarios de carga permitido, ante la posibilidad de circulación en períodos de zafra con potenciales destinos como el Puerto Mbopicua o Puerto Rosario como destinos de las cargas

Ante estos escenarios e incertidumbre, ante la necesidad de revisar el diseño originalmente licitado, se justifica plenamente elevar las expectativas de factor de daño para el Lote 1 considerando con criterio conservador utilizar un valor promedio con expectativas de **FC=4,00** para las configuraciones de camiones pesados. Esta representa una ponderación del pronóstico

6 – ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.

Para la investigación del suelo en la traza, se realizaron sondeos de verificación con barrenos manuales de un máximo de un metro (1,5 m) de profundidad, los mismos fueron determinados conforme al sistema de clasificación de la AASHTO para obras viales. Con las muestras obtenidas se realizaron ensayos de compactación del tipo "Proctor – T99 y T 180" y ensayos de corte tipo CBR. Para el tramo Volendam - Villa Rosario se realizaron ensayos DCP para determinación de CBR.

Para la investigación de posibles zonas de préstamos, se realizaron sondeos con barrenos manuales de un máximo de dos metros (2,0 m) de profundidad.

En estos lugares, los materiales fueron analizados en laboratorio, determinando su clasificación de acuerdo a la AASHTO. Estos lugares fueron identificados de acuerdo a las progresivas de los tramos.

Las áreas de préstamos fueron determinadas de conformidad a las exigencias requeridas para el terraplén de la traza y fueron ubicados a una distancia no mayor de 500,00 m. del eje del camino. Preferentemente han sido estudiados lugares de posibles préstamos en zonas equidistantes en cada Sección.

Cantera o canteras existentes. Fueron realizados estudios y extracción de muestras en las canteras de piedra en la zona. Fueron realizados estudios y extracción de muestras en las canteras de piedra en la zona.

5.1 - Tipificación de Suelos

En este tramo, los suelos se caracterizan por ser bastante homogéneos de tipo limoso - arcilloso y areno arcillosa. En forma localizada se encuentran en la traza suelos tipo arena.

El tipo característico de suelos naturales de la zona corresponde al A–6, A-2-4 y A-4 con sus diferentes valores soportes, siendo altos los valores de los CBR de los A2-4 y A4, por ser éstos de bajos valores de IP, y bajos valores de pasa #200

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

De los datos de CBR se tiene que:

1. Todos los suelos para terraplén posen CBR>5%
2. Del muestreo relevado surgen buenos valores soporte, que permitirían CBR ≥ 15% (que es la propuesta para capas de subrasante)

7.- REVISION DE PAQUETE DE PAVIMENTO DE LA TRAZA PRINCIPAL Y ACCESO A MBOPICUA PROPUESTO.

7.1 Módulo resiliente (Mr).

El Módulo Resiliente (Mr) se determina en laboratorio en muestras de suelo especialmente preparadas y ensayadas en una cámara triaxial, sometiéndolas a distintas cargas, con un esfuerzo desviador de magnitud: frecuencia y duración prefijadas.

El método para hacer esta prueba se describe con detalle en el Soils Manual for the Design of Asphalt Pavement Structures (Manual de suelos para el diseño de estructuras de pavimento de asfalto) del Asphalt Institute.

El módulo que se utiliza en los materiales no cementados de un sistema multicapa corresponde al módulo resiliente, el cual es posible determinar a partir de relaciones con otros parámetros como el CBR, el que utilizaremos corresponde al de la AASHTO Design Guide – 1986/2002, que son lo siguiente:

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**

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

$MR = 22,1.CBR^{0,55}$; MR en MPa, CBR en% y 12 < CBR < 80

$MRI = 22,1.\ 25^{0,55} = 129.80$ Mpa = 18826 PSI

El Manual de Carreteras del Paraguay recomienda que cuando los suelos que conforman los últimos (-60cm a -30cm) del terraplén tengan valores soportes inferiores a la sub rasante (-30cm a 0,00cm), para el diseño se deberá determinar un Módulo resiliente compatible con los CBR de las capas mencionadas.

Por lo que para determinar el Mr de diseño (Mrdis), se determinará a través del concepto de módulos dos capas elásticas sometido a una carga circular, el que está dado por la siguiente relación:

Mrdis = F Mr0

$$1/F = \frac{0.125}{\left[0.0156 + h^2\left(\frac{M_{R1}}{M_{R0}}\right)^{2/3}\right]^{1/2}}\left(1 - \frac{M_{R0}}{M_{R1}}\right) + \frac{M_{R0}}{M_{R1}} \qquad \text{(ec.17_1)}$$

Dónde:

Mr0 = capa del terraplén ubicado entre -0.60m a -0,30m

Mr1 = capa del terraplén ubicado entre -0.30m a 0,00m (subrasante)

Para determinar el Mr de diseño, se calcula a través de F con la expresión (17-1), dando los valores que se muestran en tablas 5 y 6.

F = 1,79

Mrdis (combinado). = 12.800 psi. (Mayor que el licitado de Mrdis=10.958)

CBRdis (combinado). =

6 – DISEÑO DE LAS CAPAS ESTRUCTURALES.

Para el diseño de las capas estructurales, como se dijo se utilizará la Metodología AASHTO/93, que aplica modelos de deterioros que utilizando conceptos de pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) para determinados valores de tránsito expresado por el ESAL, y del valor soporte de la subrasante medidos por el Módulo Resiliente (Mr), para una determinada Confiabilidad (R) en la exactitud de los valores de los parámetros a ingresar al modelo, y su dispersión estándar S_D.

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)
- Confiabilidad de diseño — 90%
- Nº de Etapas de Diseño — 2 Etapas
- Desviación Standard — 0,49
- Índice de Serviciabilidad inicial — Po= 4,20
- Índice de Serviciabilidad final — p_j = 2,50
- Número estructural necesario — SN=3,62
- Valor Soporte de SR (compuesto) — 10958 PSI

- EEq Diseñó original 2.744.526
- EEq Diseñó revisión 4.171.494

6.3 – Verificación de Estructuras.

Para realizar las verificaciones estructurales, utilizando la metodología AASHTO /93, es necesario calcular los Números Estructurales, (SNnec): el necesario determinarlo, para la estabilidad y durabilidad de la estructura de pavimento, su capacidad para soportar la demanda de carga y ser compatible con la capacidad portante de la subrasante.
Como también se debe dimensionar la estructura conforme al Número Estructural efectivo (SNeff), con la siguiente expresión:

$$SN\ efectivo = a1 \times D1 + a2 \times D2 \times m2 + a3 \times D3 \times m3$$

El SN efectivo, se determina sumando las capacidades estructurales de cada capa del paquete del pavimento a ejecutar.

La capacidad estructural de cada capa surge de multiplicar los espesores de cada capa por los coeficientes estructurales correspondiente al material constituyente de cada capa.

$a_1 \ldots a_3$: Coeficientes de aporte estructural por unidad de espesor, es función de las características mecánicas de los materiales constitutivos de cada capa y de los porcentajes observados de los parámetros de deterioro de la calzada. Estos parámetros fueron estimados en función de las evaluaciones de la calzada efectuadas durante el mes de mayo del corriente.

$D_1 \ldots D_3$: Espesores de las distintas capas que componen el paquete verificado.
$m_2 \ldots m_3$: Coeficientes de drenaje de las capas no ligadas.

6.3.1 – Progresiva 0+000 a 26+000 y Pto. Mbopicua

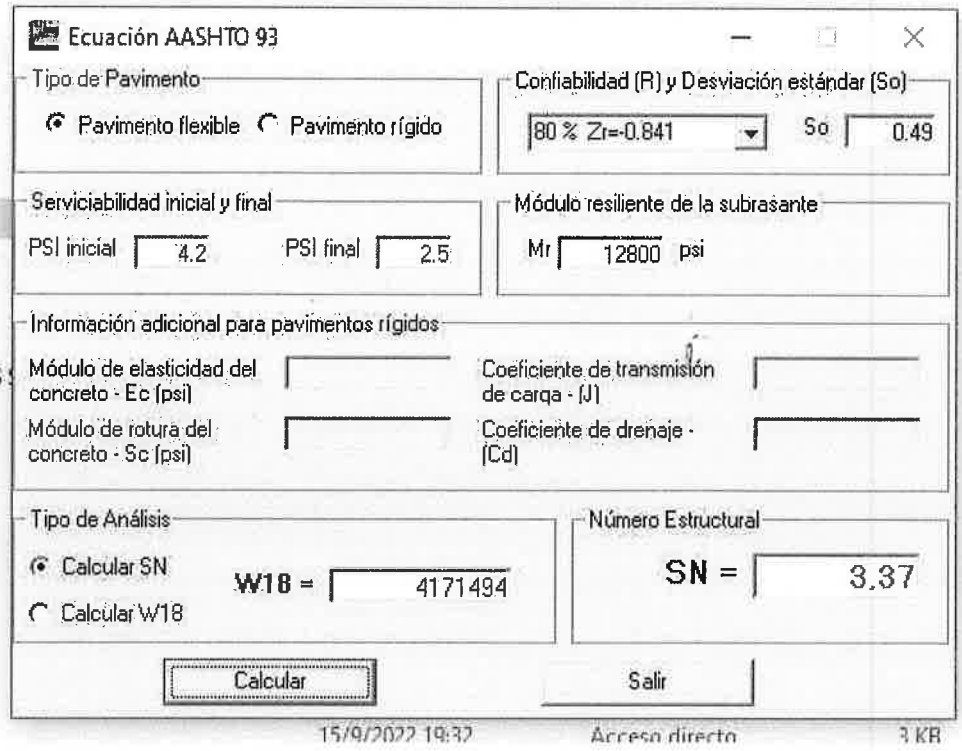
6.3.1-a – SN necesario

Para la determinación del SN necesario, se debe ingresar al AASHTO/93 los siguientes parámetros:

R = 80% - (Memoria de Ingeniería)
S_D = 0,49 - (ajustado por lo errático del tránsito durante el periodo de servicio)
ΔPSI = 1,7 - (Memoria de Ingeniería)
Mrdis = 12.800 psi
ESAL (10 años) = **4.171.494** – ejes simple estándar acumulados.
Con los que se obtuvieron los siguientes números estructurales:

SN necesario = 3,37

A través de estos parámetros de diseño están relacionados por la expresión (I) se obtuvo el SN necesario. Lo que fue verificado por el programa AASHTO siguiente:



6.3.1-b – SN efectivo.

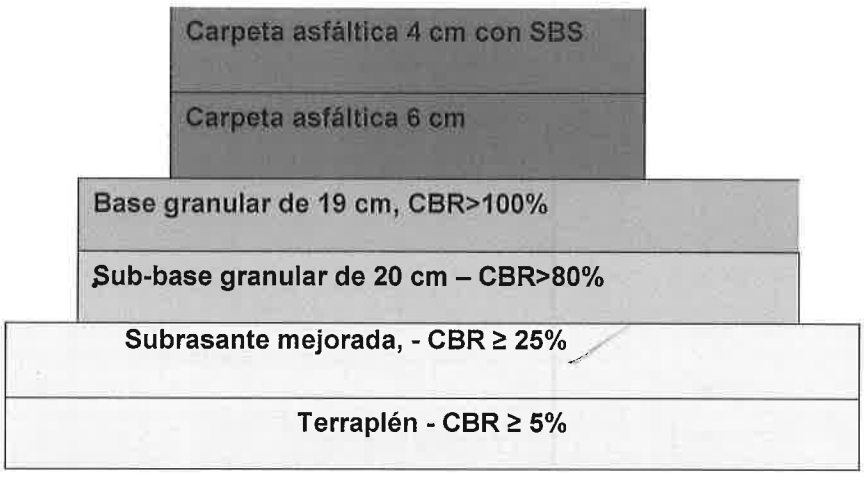
Con el número estructural determinado para el periodo de servicio de 10 años se dimensionó el paquete estructural que figura en tabla 7.

Tabla 7 – Número estructural efectivo (NSeff) – Progresiva 0+000 a 26+000 y Pto. Mbopicua

CAPA	Espesor (cm)	Coef. Est. (cm/cm)	SN efectivo	SN necesario
Carpeta concreto asfáltica c/polímero	4	0,44	0,691	
Carpeta concreto asfáltico	6	0,40	0,944	
Base con estabilizado granular CBR ≥ 100%	19	0,14	1,047	
Sub-base con estabilizado granular CBR ≥ 80%	20	0,12	0,944	
TOTAL SN efectivo			**3,626**	**3,37**

Verifica: SN efectivo > SN necesario (B.C.)

6.3.1-c – Gráfico estructural: 0+000 a 26+000 y Pto. Mbopicua



6.3.2 – Zona urbana – Volendam.

6.3.2-a – SN necesario

Para la determinación del SN necesario, se debe ingresar al AASHTO/93 los siguientes parámetros:

R = 80% - (Memoria de Ingeniería)
S_D = 0,49 - (ajustado por lo errático del tránsito durante el periodo de servicio)
ΔPSI = 1,7 - (Memoria de Ingeniería)
Mrdis = 14.814 psi –
ESAL (10 años) = **756000** – ejes simple estándar acumulados.
Con los que se obtuvieron los siguientes números estructurales:
SN necesario = 2,44

A través de estos parámetros de diseño están relacionados por la expresión (I) se obtuvo el SN necesario. Lo que fue verificado por el programa AASHTO siguiente:

6.3.1-b – SN efectivo zona urbana – Volendam.

Con el número estructural determinado para el periodo de servicio de 10 años se dimensionó el paquete estructural que figura en tabla 5.

Tabla 5 – Número estructural efectivo - Zona urbana – Volendam.

CAPA	Espesor (cm)	Coef. Est. (cm/cm)	SN efectivo	SN necesario
Carpeta concreto asfáltica c/polímero	5	0,44	0,867	
Base con estabilizado granular CBR ≥ 100%	16	0,14	0,882	
Sub-base con estabilizado granular CBR ≥ 80%	20	0,12	0,944	
TOTAL SN efectivo			**2,693**	**2,44**

Verifica: SN efectivo > SN necesario (B.C.)

6.3.2-c – Gráfico estructural zona urbana – Volendam.

7 – CONCLUSIÓN.

- Las condiciones particulares de la determinación del espectro de cargas y la incertidumbre generado, se ha valorado la expectativa de ejes equivalentes FC= 4,00
- La Contratista propone una modificación del valor soporte de la sub rasante, en los 30cm de espesor con un CBR ≥ 25 %, a construirse con los mejores suelos existentes en la zona del tipo A-4 y A2-4 que permitirán un valor superior de desempeño al proyecto licitado considerando el mejoramiento de la base del paquete.
- Con la estructura propuesta se mejoran tres aspectos técnicos que son los siguientes:
  SN necesario 3.37_Licitado y SN efectivo 3,626_
  EEq 2.744.526 Licitado y EEq. 4.171.494 Diseño
  la condición de apoyo (10.959 psi Licitado y 12.800 psi Diseño).
- Diseño del Paquete Estructural del Pavimento una estructura mejor técnicamente a la de licitación, pero con materiales locales y disponibles en la zona, usando principalmente el Ripio como capa de subrasante en función de:
  - la disponibilidad de los materiales para su constitución,
  - de las proyecciones de solicitaciones del tránsito
  - y de la capacidad portante de la sub rasante mejorada.

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos