

## ÍNDICE GENERAL

ESTUDIO DE SUELOS, PAVIMENTOS, CANTERAS Y FUENTES DE AGUA .....	5
1. ESTUDIOS DE SUELOS.....	8
1.1. Objetivo.....	8
1.1.1 Objetivos Generales .....	8
1.1.2 Objetivos Específicos.....	8
1.2. Normatividad.....	8
1.3. Metodología .....	9
1.4. Condición Actual de la Superficie de Rodadura.....	10
1.5. Trabajo en Campo .....	22
1.5.1.Ejecución de Calicatas .....	22
1.6. Trabajo de Gabinete .....	24
1.6.1.Ejecución de Laboratorio .....	24
1.6.2.Resultados Obtenidos.....	25
1.6.3.Análisis de los Resultados Obtenidos .....	28
1.7. Determinación de Espesor de Mejoramiento de Suelos.....	43
1.8. Remoción de Materiales de Desmonte.....	46
1.9. Conclusiones y Recomendaciones .....	47
2. DISEÑO DE PAVIMENTOS.....	51

2.1. Introducción .....	51
2.2. Objetivos .....	51
2.2.1. Objetivos Generales .....	51
2.2.2. Objetivos Específicos .....	51
2.3. Diseño de Pavimento Flexible – Metodo AASHTO 93 – Vias Auxiliares a Nivel en el Eje Principal (Av. Santa Rosa: Av. La paz km 00+130- Av. E. Meiggs km 03+338).....	53
2.3.1. Ejes equivalentes .....	54
2.3.2. Suelos de Fundación .....	55
2.3.3. Modulo Equivalente .....	56
2.3.4. Sectorización .....	56
2.3.5. Confiabilidad.....	61
2.3.6. Coeficiente de Desviación Estándar.....	61
2.3.7. Desviación Estándar Combinado .....	62
2.3.8. Índice de Serviciabilidad.....	62
2.3.9. Condiciones de Drenaje .....	63
2.3.10. Coeficientes de Capa.....	64
2.3.11. Consideraciones de Clima.....	64
2.3.12. Calculo de Espesores de Pavimento.....	65

2.4. Diseño de Pavimento Flexible- Metodo Instituto de Asfalto Version 1991- Vias Auxiliares a Nivel en el Eje Principal (Av. Santa Rosa: Av. La paz km 00+130 – Av. E. Meiggs km. 03+338) .....	70
2.4.1. Módulo Resiliente .....	70
2.4.2. Ejes Equivalentes .....	71
2.4.3. Calculo de Espesores de Pavimento.....	72
2.5. Mantenimiento Rutinario y Periódico (Pavimento Flexible) Mantenimiento Rutinario del Pavimento Flexible (Superficie de Rodadura Carpeta Asfaltica en Caliente) .....	74
2.6. Diseño de Pavimento Rigido – Método AASTHO 93- Vias Auxiliares a Nivel en el Eje Principal (Av. Santa Rosa:Av.La paz km.00+130- Av. E. Meiggs km. 03+338) 79	
2.6.1. Calculo de Espesores Requerido .....	79
2.6.2. Características de la Subrasante .....	79
2.6.3. ESALs de Diseño .....	81
2.6.4. Factores Hidrometeorológicos .....	82
2.6.5. Calidad de los Materiales a emplearse Modulo de Elasticidad del concreto .....	82
2.6.6. Aplicación del Método de Diseño AASTHO.....	84
2.6.7. Estructura de Pavimento Proyectada.....	85
2.6.8. Detalle de Juntas .....	86
2.7. Diseño de Pavimento Rigido – Método PCA- Vías Auxiliares a Nivel en el Eje Principal (Av. Santa Rosa: Av.La paz km.00+130- Av. E. Meiggs km. 03+338) .....	91

---

2.7.1. Consideraciones Básicas .....	91
2.7.2. Factores de Diseño (Resumen).....	91
2.7.3. Estructura de Pavimento Proyectado .....	91
2.7.4. Detalle de Juntas .....	93
2.8. Mantenimiento Rutinario y Periódico (Pavimento Rígido) .....	94
2.9. Mantenimiento Rutinario del Pavimento Rígido (Superficie de Rodadura Concreto de Cemento Portland) .....	94
2.10. Diseño de Pavimento Flexible – Accesos a Viaducto a Intercambio Viales .....	96
2.11. Conclusiones y Recomendaciones .....	100

## ESTUDIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS

### Introducción

De acuerdo a PROVIAS, dentro de las políticas del Sector Transportes, en lo que se refiere a vialidad, se contempla potenciar y expandir los impactos positivos que conlleva la mejora de la transitabilidad de las redes viales y la recuperación del patrimonio vial del país, a partir de una visión de conjunto. Siendo el propósito principal, mejorar y alcanzar niveles razonables de transitabilidad y gestión en los tres tipos de redes viales: nacional, departamental y vecinal.

En sentido, se plantea la elaboración del Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil de la Av. Santa Rosa (Ruta PE-20 I), Tramo: Emp. Av. Argentina – Av. Santa Rosa – Emp. Av. Costanera – Callao (Ruta PE-20 I), el mismo que fue adjudicado a JNR Consultores S.A.

Por lo tanto, el presente documento corresponde al Estudio de Suelos, Pavimentos, Canteras y Fuentes de Agua del proyecto mencionado. Para la elaboración del presente Informe, se han efectuado trabajos de campo y gabinete orientados a ejecutar el estudio de suelos, canteras y fuentes de agua, a través de extracción de muestra representativas y posterior ejecución de ensayos de laboratorio, siendo esta información procesada y analizada en conjunto con información de campo y de otras especialidades (tráfico, drenaje, geología, etc.) para obtener el diagnóstico actual de la vía y poder finalmente proyectar los diseños de pavimento, que permita seleccionar la solución más adecuada para el proyecto tanto técnica como económicamente.

### Objetivo General

Desarrollar los informes correspondientes a la especialidad: Estudio de Suelos, Pavimentos, Canteras y Fuentes de Agua del proyecto: Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil de la Av. Santa Rosa (Ruta PE-20 I), Tramo: Emp. Av. Argentina – Av. Santa Rosa – Emp. Av. Costanera – Callao (Ruta PE-20 I).

### Ubicación del Proyecto

El proyecto pertenece a una zonificación urbana – distrital, desarrollándose en los distritos de Bellavista, La perla, Callao, provincia de Callao, departamento de Lima. El eje del proyecto de intervención contempla la avenida Santa Rosa, iniciando en la avenida la Paz (km. 00+130) y culminando en la avenida Enrique Meiggs (km. 03+338). Para mayor detalle ver anexo: “Plano de Planta General – Viaductos Av. Santa Rosa”.

### **Configuración del Proyecto (Diseño Geométrico)**

El proyecto se desarrolla en la avenida Santa Rosa, iniciando la intervención en la avenida La Paz (km. 00+130) y culminando en la avenida Enrique Meiggs (km. 03+338). Contempla en general el diseño de dos viaductos y vías auxiliares a nivel, en la avenida Santa Rosa (eje principal). Asimismo, considera la proyección de tres intercambios viales en avenidas transversales a la avenida Santa Rosa, las cuales se desarrollan con zonas deprimidas (a desnivel). En ese sentido, a continuación se describe con mayor detalle los aspectos más importantes del diseño geométrico, el cual es considerado en el diseño de pavimento a proyectar, descripción que se contempla además en el anexo: “Plano de Planta General – Viaductos Av. Santa Rosa”.

#### **a) Av. Santa Rosa (Av. La paz km. 00+130 – Av. E. Meigss km. 03+338)**

Se proyectara vías auxiliares a nivel cuyo desarrollo se detalla a continuación (para mayor detalle ver anexo: “Plano de Planta General – Viaductos Av. Santa Rosa”):

- Vía Auxiliar a nivel Sur Norte (Calzada derecha): Cuyo inicio es en km. 00+130 (Av. Santa Rosa) y final es en el km. 03+338 (Av. Santa Rosa).
- Vía Auxiliar a nivel Norte Sur (Calzada Izquierda): Cuyo inicio es en km. 00+130 (Av. Santa Rosa) y final es en el km. 03+338 (Av. Santa Rosa).

Asimismo, como se mencionó en párrafos anteriores, en la avenida Santa Rosa se contempla proyectar dos viaductos cuyos accesos en el inicio de la intervención serán considerados para el diseño de pavimentos. Caso contrario ocurre en el final de la intervención (Av. E. Meiggs - km. 03+338), pues, este culmina a nivel de viaducto, razón por la cual no se proyectará diseño de pavimento de accesos en el punto mencionado. Por lo tanto se tiene los siguientes accesos al inicio de los viaductos que serán contemplados en el diseño de pavimentos (para mayor detalle ver anexo: “Plano de Planta General – Viaductos Av. Santa Rosa”):

- Acceso a Viaducto sentido Sur Norte (Lado Derecho): Cuyo inicio es en km. 00+000 (Av. La Marina) y final es en el km. 00+170 (Av. La Marina).
- Acceso a Viaducto sentido Norte Sur (Lado Izquierdo): Cuyo inicio es en km. 00+130 (Av. Santa Rosa) y final es en el km. 00+435 (Av. Santa Rosa).

#### **b) Intercambios Viales**

De acuerdo al diseño geométrico, se tiene la proyección de tres intercambios viales en avenidas transversales a la avenida Santa Rosa, las cuales se desarrollan con zonas deprimidas (a desnivel), que a continuación describimos (para mayor detalle ver anexo: “Plano de Planta General – Viaductos Av. Santa Rosa”):

- Intercambio vial en el Óvalo Colonial (Av. Santa Rosa con Av. Oscar Benavides/ex Colonial):
  - Vía a nivel 01: Auxiliar Callao (km. 00+000 – km. 00+326)
  - Vía a nivel 02: Auxiliar Colonial – Lima/Costanera (km. 00+000 – km. 00+317)
  - Vía a nivel 03: Auxiliar Colonial – Aeropuerto/Callao (km. 00+000 – km. 00+331)
  - Vía a nivel 04: Auxiliar Costanera – Lima (km. 00+000 – km. 00+331)
  - Vía a desnivel 05: Callao – Lima (km. 00+000 – km. 00+657)
  - Vía a desnivel 06: Lima – Callao (km. 00+000 – km. 00+657)

Cabe indicar, que la vía 05 y 06 corresponde a la zona deprimida.

- Intercambio vial Pérez Salmón (Av. Santa Rosa con Av. Comandante Pérez Salmón):
  - Vía a nivel 01: Auxiliar Pérez Salmón – Aeropuerto – Callao/Costanera (km. 00+000 – km. 00+618)
  - Vía a nivel 02: Auxiliar Pérez Salmón – Lima/Costanera (km. 00+000 – km. 00+525)
  - Vía a desnivel 03: Lima - Callao (km. 00+000 – km. 00+546)
  - Vía a desnivel 04: Callao - Lima (km. 00+000 – km. 00+546)

Cabe indicar, que la vía 03 y 04 corresponde a la zona deprimida.

- Intercambio vial en el Óvalo Argentina (Av. Santa Rosa con Av. Argentina):
  - Vía a nivel 01: Auxiliar Argentina – Aeropuerto – Callao/Costanera (km. 00+440 – km. 00+712)
  - Vía a nivel 02: Auxiliar Argentina – Lima/Costanera (km. 00+440 – km. 00+712)
  - Vía a nivel 03: Auxiliar Argentina – Callao/Aeropuerto (km. 00+000 – km. 00+370)
  - Vía a nivel 04: Auxiliar Argentina – Costanera/Lima (km. 00+440 – km. 00+370)
  - Vía a desnivel 05: Lima - Callao (km. 00+000 – km. 00+712)
  - Vía a desnivel 06: Callao - Lima (km. 00+000 – km. 00+712)

Cabe indicar, que la vía 05 y 06 corresponde a la zona deprimida.

### **Alcance del Proyecto**

El presente documento, corresponde al proyecto: Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil de la Av. Santa Rosa (Ruta PE-20 I), Tramo: Emp. Av. Argentina – Av. Santa Rosa – Emp. Av. Costanera – Callao (Ruta PE-20 I). Cuyos alcances del trabajo abarcan las actividades de campo, laboratorio y gabinete referido a la especialidad de Suelos y Pavimentos contemplando los siguientes capítulos o componentes:

- Estudio de Suelos.
- Estudio de Canteras y Fuentes de Agua.
- Diseño de Pavimentos.

## 1. ESTUDIOS DE SUELOS

Este estudio se desarrolló con la finalidad de determinar las características físico-mecánicas de los suelos de subrasante y/o fundación en el eje proyectado para el Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil de la Av. Santa Rosa (Ruta PE-20 I), Tramo: Emp. Av. Argentina – Av. Santa Rosa – Emp. Av. Costanera – Callao (Ruta PE-20 I), así como su sectorización por el tipo de material, la que se empleará como parámetro para el dimensionamiento del pavimento. También se establecerán los sectores donde, por deficiencia de calidad (capacidad de soporte), se requiera su mejoramiento.

### 1.1. Objetivos

#### 1.1.1. Objetivos Generales

Desarrollar el informe del Estudio de Suelos, con el objetivo de conocer y evaluar las propiedades físicas mecánicas de los suelos de subrasante y/o fundación, información que se utilizará de insumo para el análisis y diseño de pavimento a proyectar. Identificar los suelos inadecuados de acuerdo a los criterios descritos en el desarrollo del presente documento, planteando las soluciones respectivas para cada caso.

#### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Identificar los tipos de suelos existentes, describir y analizar la vía en función a las características de los suelos encontrados.
- Elaborar el Perfil Estratigráfico de los suelos estudiados.
- Establecer la capacidad de soporte del terreno, definiendo el CBR o CBR's de diseño, especificando así la condición de diseño que permita calcular los espesores del pavimento, para los tramos o sectores identificados.
- Proyectar espesores de Mejoramientos (si fuera el caso), para los suelos inadecuados identificados en el Estudio.
- Plantear soluciones de estabilización de los suelos de fundación si fuera el caso.

### 1.2. Normatividad

El Estudio se basa en los siguientes documentos:

- Términos de Referencia del presente proyecto.
- Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras EM 2016.
- Manual Peruano de Carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos del 2013, Revisado en Abril del 2014 (Resolución Directoral 05-2013-MTC/14).
- Especificaciones Técnicas Generales Para la Construcción de Carreteras (EG-2013).

Y en donde se precise o se complemente con las normas AASHTO, ASTM u otras normas internacionales pertinentes.

### 1.3. Metodología

La metodología seguida ha comprendido las siguientes actividades:

- Inspección de la zona donde se emplazará el proyecto, a fin de tener una idea general de los suelos superficiales. Así mismo plantear la estrategia para la campaña de campo.
- Reconocimiento del terreno y la elaboración de un programa de exploración de campo para la determinación de las características del suelo según las normas MTC E101, MTC E102, MTC E103 y MTC E104, que recoge los mencionados alcances de AASHTO Y ASTM.
- Excavación de calicatas, con una profundidad mínima de 1.50 m o hasta encontrar imposibilidad de un mayor avance debido a la presencia de la napa freática, la existencia de suelos cementados, bolonería y/o mantos rocosos.
- La excavación de calicatas en la plataforma proyectada será efectuada cada 1000 metros como distanciamiento máximo, para obtener muestras que permitan conocer y evaluar las características físico-mecánicas del suelo de fundación.
- Para el análisis del CBR de la subrasante, se tomaron muestras cada 2000 metros como máximo, de acuerdo a los Términos de Referencia del Proyecto.
- Registro del perfil estratigráfico en cada calicata.
- Muestreo representativo de las diferentes capas que componen los suelos de sub rasante y/o fundación, para ensayos correspondientes.
- Ensayos de laboratorio y trabajos de gabinete para determinar las características técnicas de los suelos.
- Análisis e interpretación de los resultados obtenidos y la información de campo, para la elaboración del Estudio de Suelos.

#### 1.4. Condición Actual de la Superficie de Rodadura

La superficie de rodadura actual se divide en 5 sectores a lo largo del eje proyectado según el tipo de pavimento que poseen:

**Tabla. Condición actual de la superficie de rodadura**

Sector	Progresiva		Tipo de pavimento	Estado de la vía (calificación)
	Inicio	Fin		
I	00+000	00+800	Rígido	Regular a Malo
II	00+800	01+090	Flexible	Regular
III	01+090	02+000	Rígido	Regular a Malo
IV	02+000	02+800	Flexible	Malo
V	03+260	03+400	Flexible	Regular a Malo

#### SECTOR I: KM 00+000 – KM 00+800

En este sector se tiene un pavimento rígido en ambas calzadas derecha e izquierda, las principales fallas que se pueden apreciar son grietas de borde, grieta lineal, losa dividida, parcheo y pulimiento de agregados. El estado de la vía se puede calificar de regular a malo.



Se puede apreciar la falla grieta de borde de severidad alta, así mismo se puede apreciar desnivel carril berma.



Se puede apreciar la falla parqueo de severidad alta y falla de esquina de severidad alta.



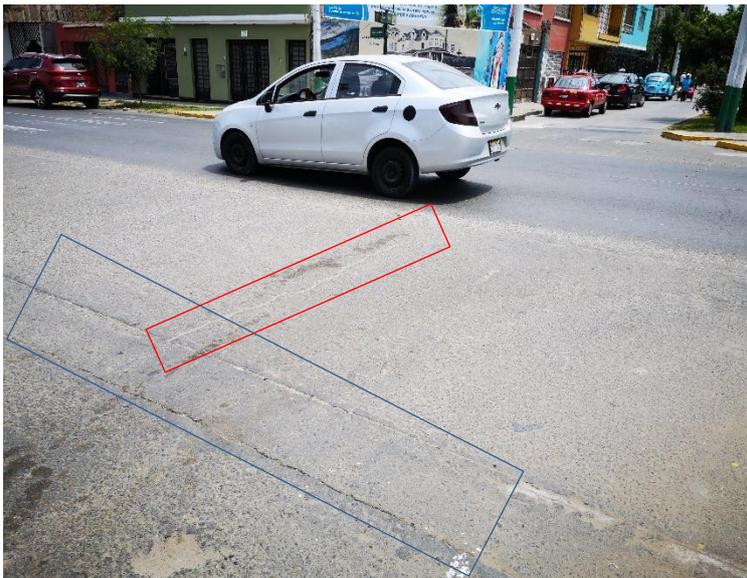
Se puede apreciar la falla pulimiento de agregados de severidad alta.

## SECTOR II: KM 00+800 – KM 01+090

En este sector se tiene un pavimento flexible en ambas calzadas derecha e izquierda, así mismo incluye el ovalo la perla, las principales fallas que se pueden apreciar son pulimiento de agregados, grietas longitudinal y transversal, parqueo y piel de cocodrilo. El estado de la vía se puede calificar como regular.



Se puede apreciar fisuras longitudinales de severidad alta y pulimiento de agregados de severidad media.



Se puede apreciar fisuras longitudinales de severidad alta, parcheo de severidad media y pulimiento de agregados de severidad media.



Se puede apreciar parche en pésimo estado de severidad alta, grietas longitudinales de severidad alta y pulimiento de agregados de severidad media.



Se puede apreciar fisuras longitudinales de severidad media y pulimiento de agregados de severidad media



Se puede apreciar desprendimiento de agregados de severidad baja.



Se puede apreciar la vía en buen estado, así como el cambio de superficie de rodadura de flexible a rígido.

### SECTOR III: KM 01+090 – KM 02+000

En este sector se tiene un pavimento rígido en ambas calzadas derecha e izquierda, las principales fallas que se pueden apreciar son grietas de borde, grieta lineal, losa dividida, parcheo y pulimiento de agregados. El estado de la vía se puede calificar de regular a malo.



Se puede apreciar pulimiento de agregados de severidad media.



Se puede apreciar fisura longitudinal de severidad alta, losa dividida de severidad baja y pulimiento de agregados de severidad baja.



Se puede apreciar losa dividida de severidad baja, grieta lineal de severidad media y pulimiento de agregados de severidad media.



Se puede apreciar grieta lineal de severidad alta y pulimiento de agregados de severidad media.



Se puede apreciar pulimiento de agregados de severidad baja.



Se puede apreciar losa dividida de severidad media y grietas longitudinales de severidad alta.

#### SECTOR IV: KM 02+000 – KM 02+800

En este sector se tiene un pavimento flexible en ambas calzadas derecha e izquierda, las principales fallas que se pueden apreciar son pulimiento de agregados, piel de cocodrilo, parches, huecos. El estado de la vía se puede calificar como malo.



Se puede apreciar pulimiento de agregados de severidad alta y parches de severidad baja



Se puede apreciar fisura longitudinal de severidad baja, pulimiento de agregados de severidad media y parcheo de severidad media



Se puede apreciar huecos de severidad alta, pulimiento de agregados de severidad alta y piel de cocodrilo de severidad alta



Se puede apreciar huecos de severidad alta, pulimiento de agregados de severidad alta y piel de cocodrilo de severidad alta.

**SECTOR V: KM 03+260 – KM 03+400**

En este sector se tiene un pavimento flexible en ambas calzadas derecha e izquierda, las principales fallas que se pueden apreciar son pulimiento de agregados, piel de cocodrilo, parches, huecos. El estado de la vía se puede calificar de regular a malo.



Se puede apreciar huecos de severidad media en la vía.



Se puede apreciar la vía en regular estado



Se puede apreciar desprendimiento de agregados de severidad baja y fisuras transversales de severidad alta.

**Nota:** Cabe indicar que las progresivas del Km 02+800 al Km 03+260 se encuentra ubicadas entre la Av. Argentina – Calle Abancay, sin acceso alguno entre ellas. Así mismo este tramo posee propietarios privados (inmuebles), tal como se muestra en la siguiente imagen satelital.



## 1.5. Trabajo de Campo

El trabajo de campo se realizó en el mes de setiembre del 2018, donde se excavaron calicatas de 1.50 m de profundidad como mínimo, 12 calicatas en la Av. Santa Rosa (Ruta PE-20 I), Tramo: Emp. Av. Argentina – Av. Santa Rosa – Emp. Av. Costanera – Callao (Ruta PE-20 I), 6 calicatas en cada calzada de acuerdo al eje proyectado, de tal manera que se tenga muestras de suelos más representativos.

En todas las calicatas excavadas se efectuó el registro de excavación, en el cual se consignó la descripción de los estratos del suelo encontrado de acuerdo a la metodología ASTM D-2488, las coordenadas UTM de la calicata y el respectivo registro fotográfico.

### 1.5.1. Ejecución de Calicatas

Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de prospecciones destructivas, mediante calicatas a cielo abierto con fines de obtener el Perfil Estratigráfico en la franja de terreno que comprenda los ejes proyectados hasta una profundidad de 1.50 m. como mínimo, distanciadas cada 1000 m. como máximo, muestreándose los suelos de fundación y sub rasante a fin de obtener las características físicas y mecánicas de los materiales de los diferentes estratos.

Las excavaciones de las calicatas, se realizaron empleando herramientas manuales, y en cada calicata se efectuó un registro de excavación indicando:

- Coordenadas UTM del elipsoide WGS 84
- Espesores y descripción (tipo de material, color, humedad, etc.), en concordancia con la norma ASTM D-2488-09 de cada uno de los estratos encontrados.
- Vistas Fotográficas de cada calicata, donde se aprecia los estratos encontrados y la profundidad de excavación.

En ese sentido, se ejecutó 12 calicatas (06 en la calzada derecha y 06 en la calzada izquierda) en el eje principal (Av. Santa Rosa). Las muestras disturbadas de suelo, debidamente identificadas con el kilometraje y protegidas mediante recipientes adecuados (sacos de polipropileno y doble bolsa de polietileno), se trasladaron para realizar ensayos en el laboratorio OHL Ingenieros S.A.C. Cabe indicar que las muestras representativas fueron extraídas en cantidad suficiente, de tal manera que se pueda efectuar ensayos de verificación, si fuera necesario, a continuación se detalla las ubicaciones con sus respectivas codificaciones de las prospecciones realizadas en el estudio:

**Tabla N° 1.1a. Relación de calicatas ejecutadas Calzada Derecha**

Calicata	Progresiva Campo	Progresiva Actualizada	Lado	Muestra	Profundidad (m)
C - 1	00+000	00+045	Calzada Derecha	M - 1	0.00 - 0.10
				M - 2	0.10 - 1.50
C - 2	01+180	01+167	Calzada Derecha	S/M	0.00 - 0.60
				M - 1	0.60 - 1.00
				M - 2	1.00 - 1.50
C - 3	02+065	02+086	Calzada Derecha	M - 1	0.00 - 1.00
				M - 2	1.00 - 1.50
C - 4	02+789	02+802	Calzada Derecha	S/M	0.00 - 0.85
				M - 1	0.85 - 1.50
C - 5	03+300	03+316	Calzada Derecha	S/M	0.00 - 0.05
				M - 1	0.05 - 0.25
				M - 2	0.25 - 1.00
C - 6	03+861	03+876	Calzada Derecha	S/M	> 1.00
				M - 1	0.00 - 0.05
				M - 2	0.05 - 0.30
				M - 3	0.30 - 0.70
C - 6	03+861	03+876	Calzada Derecha	M - 3	0.70 - 1.50
				M - 4	1.50 - 1.60

**Tabla N° 1.1b. Relación de calicatas ejecutadas Calzada Izquierda**

Calicata	Progresiva Campo	Progresiva Actualizada	Lado	Muestra	Profundidad (m)
C - 1	00+000	00+046	Calzada Izquierda	M - 1	0.00 - 1.35
				M - 2	1.35 - 1.50
C - 2	01+027	01+075	Calzada Izquierda	S/M	0.00 - 0.10
				M - 1	0.10 - 0.50
				M - 2	0.50 - 0.90
C - 2	01+027	01+075	Calzada Izquierda	M - 3	0.90 - 1.50
				M - 1	0.00 - 0.40
				M - 2	0.40 - 0.90
C - 3	02+065	02+112	Calzada Izquierda	M - 3	0.90 - 1.50
				M - 1	0.00 - 0.45
				M - 2	0.45 - 1.20
C - 4	02+789	02+829	Calzada Izquierda	M - 3	1.20 - 1.60
				S/M	0.00 - 0.85
				M - 1	0.85 - 1.10
C - 5	03+300	03+367	Calzada Izquierda	M - 2	1.10 - 1.50
				S/M	0.00 - 0.45
				M - 1	0.45 - 1.60
C - 6	03+861	03+918	Calzada Izquierda	M - 1	0.85 - 1.50

Nota: Cabe indicar que las progresivas de campo fueron actualizadas en gabinete, debido a que las calicatas se ejecutaron con un eje inicial tentativo el cual se actualizado por la especialidad de Trazo y Diseño Geométrico.

## 1.6. Trabajo de Gabinete

Para determinar la calidad de los suelos, se evaluaron aquellas características que más influyen en el comportamiento estructural del pavimento o como material de construcción, incluyendo: granulometría, límites, humedad, Proctor Modificado, CBR, etc. que permitan determinar el tipo de suelos o material encontrado.

El conocimiento de estas características permitió clasificar los suelos de acuerdo a los sistemas AASHTO y SUCS, con la finalidad de analizar y correlacionar los suelos y elaborar el perfil estratigráfico del terreno de fundación. Así mismo, para conocer la capacidad de soporte de la explanación actual, es decir su resistencia a la deformación bajo la acción de cargas, se realizaron los ensayos y pruebas que permitieron determinar los correspondientes valores de CBR.

### 1.6.1. Ensayos de Laboratorio

De las prospecciones realizadas se obtuvieron muestras representativas que se ejecutaron mediante los ensayos de laboratorio adecuados para cada caso. Todos los ensayos se ejecutaron de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC (EM-2016), o de ser requerido por norma AASHTO y ASTM, conforme los Términos de Referencia.

Por lo tanto, a continuación detallamos los ensayos de laboratorio ejecutados para cada muestra extraída en campo, conforme el caso que le corresponda:

Ensayos en terreno natural (suelo de fundación y/o subrasante)

- |  |              |
|--|--------------|
| • Análisis Granulométrico de un suelo por Tamizado | MTC E 107    |
| • Determinación del Contenido de Humedad           | MTC E 108    |
| • Determinación del Límite Líquido de los Suelos   | MTC E 110    |
| • Determinación del Límite Plástico                | MTC E 111    |
| • Determinación del Índice de Plasticidad          | MTC E 111    |
| • Clasificación de Suelos método SUCS              | ASTM D-2487  |
| • Clasificación de Suelos método AASHTO            | AASHTO M-145 |

Adicionalmente a los ensayos indicados, se han realizado los siguientes ensayos especiales, para aquellas calicatas ubicadas a un distanciamiento máximo de 2000 m.:

- |                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| • Proctor Modificado          | MTC E 115 |
| • CBR de Suelos (Laboratorio) | MTC E 132 |

### 1.6.2. Resultados Obtenidos

Se tiene la siguiente tabla, el resumen de los resultados obtenidos de los ensayos ejecutados en laboratorio según los TDR del proyecto (para mayor detalle y sustento referenciarse a los anexos correspondientes).

Tabla N° 1.2a. Resumen de ensayos de laboratorio – Calzada Derecha

IDENTIFICACIÓN						LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN		HUMEDAD NATURAL (%)	PROCTOR MODIFICADO		CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	
Calicata	Progresiva Campo (Km)	Progresiva Actualizada (Km)	Lado	Muestra	Profundidad (m)	LL (%)	IP (%)	SUCS	AASHTO		OCH (%)	MDS (g/cm³)	100% 2.5mm	95% 2.5mm
C - 1	00+000	00+045	Calzada Derecha	M - 1	0.00 - 0.10	NP	NP	SP-SM	A-1-b ( 0 )	6.6	7.1	2.138	81.5	47.3
C - 1				M - 2	0.10 - 1.50	24	7	ML-CL	A-4 ( 2 )	12.2	8.9	2.014	15.1	8.7
C - 2	01+180	01+167	Calzada Derecha	S/M	0.00 - 0.60	<b>Material gravoso con considerable presencia ladrillo y bolsas plásticas (Desmonte).</b>								
C - 2				M - 1	0.60 - 1.00	22	6	ML-CL	A-4 ( 0 )	9.3				
C - 2				M - 2	1.00 - 1.50	NP	NP	ML	A-4 ( 0 )	6				
C - 3	02+065	02+086	Calzada Derecha	M - 1	0.00 - 1.00	26	5	ML-CL	A-4 ( 3 )	22.2	15.8	1.783	8.5	5.6
C - 3				M - 2	1.00 - 1.50	28	6	ML-CL	A-4 ( 3 )	19.5	15.3	1.856	9.4	5.7
C - 4	02+789	02+802	Calzada Derecha	S/M	0.00 - 0.85	<b>Material gravoso con considerable presencia de restos de ladrillo, telas y bolsas plásticas (Desmonte).</b>								
C - 4				M - 1	0.85 - 1.50	52	15	MH	A-7-5 ( 11 )	27.8				
C - 5	03+300	03+316	Calzada Derecha	S/M	0.00 - 0.05	<b>Capa vegetal</b>								
C - 5				M - 1	0.05 - 0.25	22	NP	ML	A-4 ( 0 )	11				
C - 5				M - 2	0.25 - 1.00	22	5	ML-CL	A-4 ( 0 )	10.2				
C - 5				S/M	> 1.00	<b>Presencia de bloque de concreto</b>								
C - 6	03+861	03+876	Calzada Derecha	S/M	0.00 - 0.05	<b>Capa Vegetal.</b>								
C - 6				M - 1	0.05 - 0.30	NP	NP	GW-GM	A-1-a ( 0 )	4	6.4	2.208	>100	59
C - 6				M - 2	0.30 - 0.70	NP	NP	SP-SM	A-1-b ( 0 )	3	6.9	2.176	>100	53.6
C - 6				M - 3	0.70 - 1.50	NP	NP	ML	A-4 ( 0 )	29.6	17.5	1.75	12.4	7.8
C - 6				M - 4	1.50 - 1.60	NP	NP	GP-GM	A-1-a ( 0 )	4	6.7	2.185	91.1	52.2

**Cuadro N° 1.2b. Resumen de ensayos de laboratorio – Calzada Izquierda**

IDENTIFICACIÓN						LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN		HUMEDAD NATURAL (%)	PROCTOR MODIFICADO		CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	
Calicata	Progresiva Campo (Km)	Progresiva Actualizada (Km)	Lado	Muestra	Profundidad (m)	LL (%)	IP (%)	SUCS	AASHTO		OCH (%)	MDS (g/cm³)	100% 2.5mm	95% 2.5mm
C - 1	00+000	00+046	Calzada Izquierda	M - 1	0.00 - 1.35	33	16	CL	A-6 ( 7 )	16.8	11.8	1.951	11.5	6.7
C - 1				M - 2	1.35 - 1.50	27	9	CL	A-4 ( 4 )	20.8	11.1	1.987	13.8	7.6
C - 2	01+027	01+075	Calzada Izquierda	S/M	0.00 - 0.10	<b>Material contaminado con restos de asfalto.</b>								
C - 2				M - 1	0.10 - 0.50	NP	NP	SM	A-1-b ( 0 )	3.4				
C - 2				M - 2	0.50 - 0.90	23	5	ML-CL	A-4 ( 1 )	8.4				
C - 2				M - 3	0.90 - 1.50	NP	NP	SM	A-2-4 ( 0 )	8.6				
C - 3	02+065	02+112	Calzada Izquierda	M - 1	0.00 - 0.40	21	NP	GM	A-2-4 ( 0 )	4.6	6.5	2.154	86.2	44.2
C - 3				M - 2	0.40 - 0.90	25	NP	ML	A-4 ( 0 )	14.4	16.3	1.761	12.7	8
C - 3				M - 3	0.90 - 1.50	36	11	ML	A-6 ( 12 )	26	17.2	1.739	2.1	1.4
C - 4	02+789	02+829	Calzada Izquierda	M - 1	0.00 - 0.45	22	4	SM-SC	A-1-a ( 0 )	3.4				
C - 4				M - 2	0.45 - 1.20	51	21	MH	A-7-5 ( 13 )	24.8				
C - 4				M - 3	1.20 - 1.60	55	20	GM	A-7-5 ( 4 )	15				
C - 5	03+300	03+367	Calzada Izquierda	S/M	0.00 - 0.85	<b>Material gravoso con considerable presencia de restos de ladrillos y bolsas plásticas (Desmante).</b>								
C - 5				M - 1	0.85 - 1.10	22	6	ML-CL	A-4 ( 1 )	15.4				
C - 5				M - 2	1.10 - 1.50	NP	NP	SM	A-4 ( 0 )	10.9				
C - 6	03+861	03+918	Calzada Izquierda	S/M	0.00 - 0.45	<b>Material gravoso con considerable presencia de restos de ladrillos y bolsas plásticas (Desmante).</b>								
C - 6				M - 1	0.45 - 1.60	NP	NP	GM	A-1-b ( 0 )	7.7	6.8	2.14	94.8	47.8

### 1.6.3. Análisis de los Resultados Obtenidos

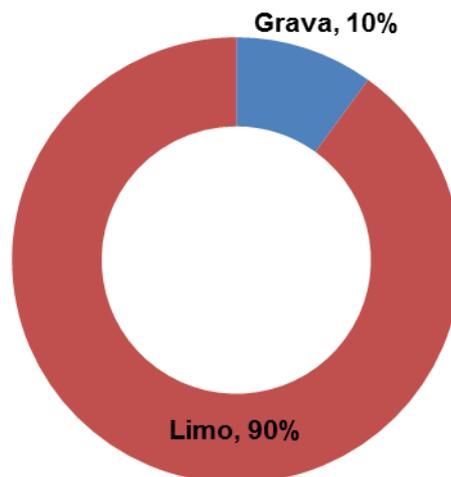
El análisis de los suelos se ha efectuado en base a la investigación de campo llevada a cabo, del 100% de la longitud del proyecto (eje proyectado).

De acuerdo a las inspecciones de campo, las muestras obtenidas de las prospecciones realizadas a lo largo del eje proyectado y el diseño geométrico del proyecto, se ha visto conveniente considerar cada eje de calzada a los cuales se realizó el respectivo análisis detallado a continuación.

#### a1) Suelos de Sub rasante y/o Fundación

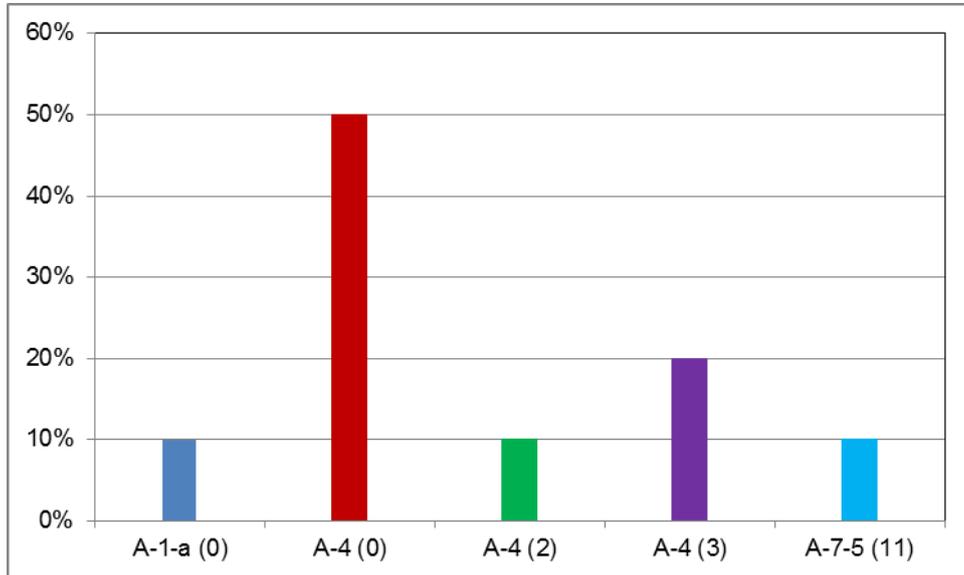
##### *Calzada Derecha*

La estratigrafía identificada a lo largo de todo el tramo de la vía, muestra que el suelo de fundación está conformado predominantemente por limos con una 90% y en un porcentaje menor (10%) por grava, tal como se puede apreciar en la siguiente figura.

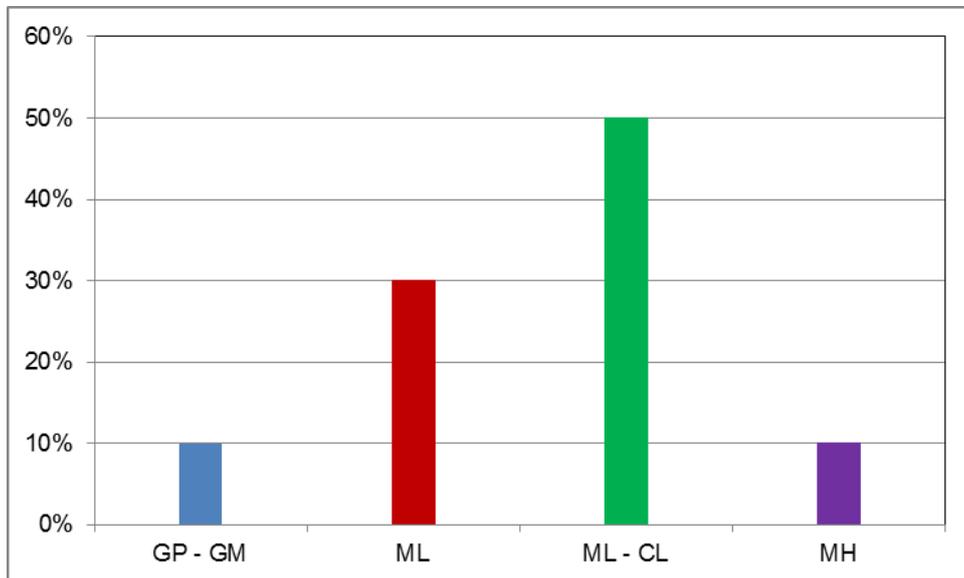


**Figura N° 1.1. Distribución por Tipo de Suelo. (Fuente: Adaptado de los resultados de laboratorio)**

Asimismo, el terreno existente está constituido por suelos limosos con presencia de grava y arena, cuyas pruebas de identificación (ensayos granulométricos y límites de Atterberg) han dado como resultado que los materiales corresponden en la clasificación AASHTO un A-4 (0) con un 50.0%, A-4 (3) con 20.0%, A-1-a (0) con 10.0%, A-4 (2) con 10.0% y A-7-5 (11) con un 10.0%, y en la clasificación SUCS se tiene un ML-CL con un 50.0%, ML con un 30.0% y GP-GM y MH con un 10.0% cada uno respectivamente, tal como se observan en las siguientes figuras.



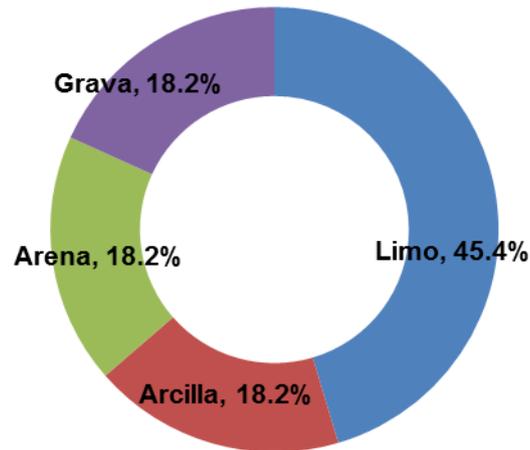
**Figura N° 1.2. Distribución por Tipo de Suelo AASHTO. (Fuente: Adaptado de los resultados de laboratorio)**



**Figura N° 1.3. Distribución por Tipo de Suelo SUCS. (Fuente: Adaptado de los resultados de laboratorio)**

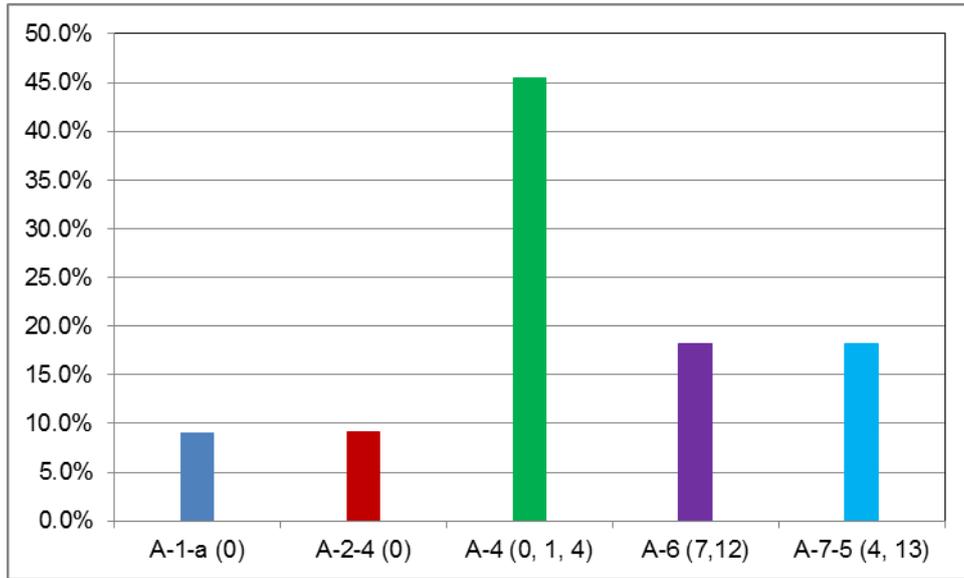
### **Calzada Izquierda**

La estratigrafía identificada a lo largo de todo el tramo de la vía, muestra que el suelo de fundación está conformado por limos con 45.4%, grava con 18.2%, arena con 18.2% y arcilla con 18.2%, tal como se puede apreciar en la siguiente figura.

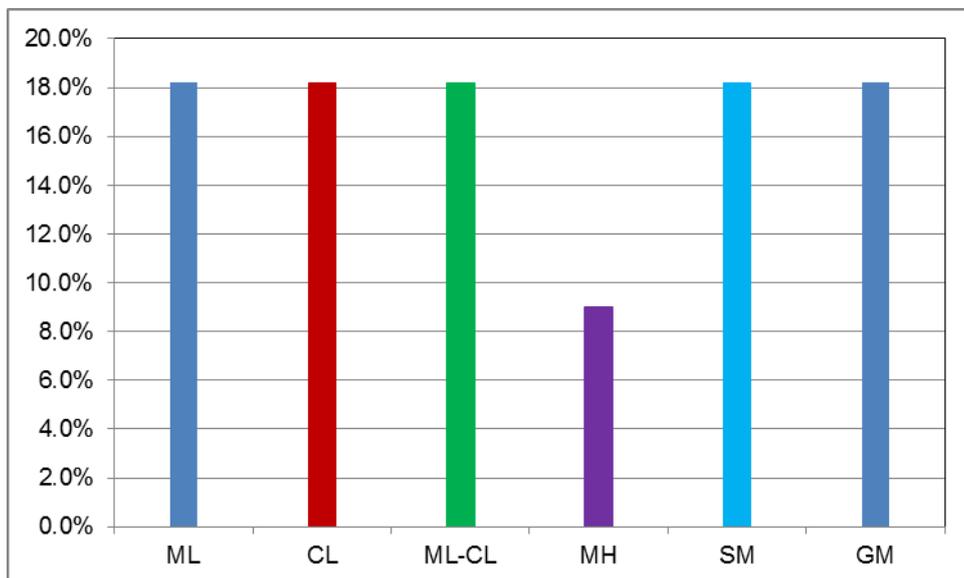


**Figura N° 1.4. Distribución por Tipo de Suelo. (Fuente: Adaptado de los resultados de laboratorio)**

Asimismo, el terreno existente está constituido por suelos limosos con presencia de grava, arena y arcilla, cuyas pruebas de identificación (ensayos granulométricos y límites de Atterberg) han dado como resultado que los materiales corresponden en la clasificación AASHTO un A-4 (0,1,4) con un 45.4%, A-6 (7,12) y A-7-5 (4,13) con 18.2% cada uno respectivamente, A-1-b (0) y A-2-4 (0) con 9.1% cada uno respectivamente, y en la clasificación SUCS se tiene ML-CL, ML, CL, GM y SM con 18.2% cada uno respectivamente y MH con 9.0%, tal como se puede apreciar en las siguientes figuras.



**Figura N° 1.5. Distribución por Tipo de Suelo AASHTO. (Fuente: Adaptado de los resultados de laboratorio)**



**Figura N° 1.6. Distribución por Tipo de Suelo SUCS. (Fuente: Adaptado de los resultados de laboratorio)**

### **b) Análisis y Descripción de la Humedad y Filtración en los Estratos Identificados**

Se determinó el contenido de humedad natural, especialmente en los suelos finos, con la finalidad de conocer las relaciones entre esta y la plasticidad en su condición natural, así como la presencia de filtración y su profundidad la cual puede afectar la estabilidad de la plataforma generando problemas como deformaciones en la sub rasante por pérdida de capacidad de soporte o arrastre de finos de los materiales que componen las capas de pavimentos.

#### ***Calzada Derecha***

De acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio, se obtuvo un % de humedad natural en promedio de 13.2%, y un rango de dispersión de: mínimo 3.0% - máximo 29.6%.

Asimismo, se analizó los valores de humedad obtenidos versus el límite líquido de cada estrato, observándose que 7 (representando el 53.8%) de las 13 muestras extraídas presentan finos no plásticos, por lo que no tendrán mayor problema con la variación de humedad que puedan presentar. De igual manera, todas las demás muestras tienen valores de humedad inferiores de su límite líquido, lo cual nos indica que el suelo actual al momento de su exploración en campo, se encontraba por debajo del nivel de saturación.

No se identificó presencia de filtraciones en el momento de las exploraciones en campo.

#### ***Calzada Izquierda***

De acuerdo a los resultados de ensayos, se obtuvo el % de humedad natural en promedio de 15.3%, y un rango de dispersión de: mínimo 7.7% - máximo 24.8%.

Asimismo, se analizó los valores de humedad obtenidos versus el límite líquido de cada estrato, observándose que 6 (representando el 42.9%) de las 14 muestras extraídas presentan finos no plásticos, por lo que no tendrán mayor problema con la variación de humedad que puedan presentar. De igual manera, todas las demás muestras tienen valores de humedad inferiores de su límite líquido, lo cual nos indica que el suelo actual al momento de su exploración en campo, se encontraba por debajo del nivel de saturación.

No se identificó presencia de filtraciones en el momento de las exploraciones en campo.

### **c) Condición de la Capacidad de Soporte**

De acuerdo a las características de los suelos descritos anteriormente y lo establecido en los TDR para el presente informe se efectuó la toma selectiva de muestras para ejecutar los ensayos de C.B.R. (MTC E 132) cada 2000 metros como distanciamiento máximo. En la tabla adjunta se presentan los resultados de los ensayos de C.B.R. de los distintos estratos de suelos encontrados, tanto para la calzada derecha como para la calzada izquierda:

**Tabla N° 1.3a. Valores de CBR – Calzada Derecha**

IDENTIFICACIÓN						CLASIFICACIÓN		CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	
Calicata	Progresiva Campo	Progresiva Actualizada	Lado	Muestra	Profundidad	CLASIFICACIÓN	AASHTO	100%	95%
								2.5mm	2.5mm
C - 1	00+000	00+045	Calzada Derecha	M - 1	0.00 - 0.10	SP-SM	A-1-b ( 0 )	81.5	47.3
C - 1				M - 2	0.10 - 1.50	ML-CL	A-4 ( 2 )	15.1	8.7
C - 2	01+180	01+167	Calzada Derecha	S/M	0.00 - 0.60	<b>Material gravoso con considerable presencia ladrillo y bolsas plásticas (Desmonte).</b>			
C - 2				M - 1	0.60 - 1.00	ML-CL	A-4 ( 0 )		
C - 2				M - 2	1.00 - 1.50	ML	A-4 ( 0 )		
C - 3	02+065	02+086	Calzada Derecha	M - 1	0.00 - 1.00	ML-CL	A-4 ( 3 )	8.5	5.6
C - 3				M - 2	1.00 - 1.50	ML-CL	A-4 ( 3 )	9.4	5.7
C - 4	02+789	02+802	Calzada Derecha	S/M	0.00 - 0.85	<b>Material gravoso con considerable presencia de restos de ladrillo, telas y bolsas plásticas (Desmonte).</b>			
C - 4				M - 1	0.85 - 1.50	MH	A-7-5 ( 11 )		1.4(*)
C - 5	03+300	03+316	Calzada Derecha	S/M	0.00 - 0.05	<b>Capa vegetal</b>			
C - 5				M - 1	0.05 - 0.25	ML	A-4 ( 0 )		
C - 5				M - 2	0.25 - 1.00	ML-CL	A-4 ( 0 )		
C - 5				S/M	> 1.00	<b>Presencia de bloque de concreto</b>			
C - 6	03+861	03+876	Calzada Derecha	S/M	0.00 - 0.05	<b>Capa Vegetal.</b>			
C - 6				M - 1	0.05 - 0.30	GW-GM	A-1-a ( 0 )	>100	59
C - 6				M - 2	0.30 - 0.70	SP-SM	A-1-b ( 0 )	>100	53.6
C - 6				M - 3	0.70 - 1.50	ML	A-4 ( 0 )	12.4	7.8
C - 6				M - 4	1.50 - 1.60	GP-GM	A-1-a ( 0 )	91.1	52.2

Nota: (\*) Para efectos de análisis se asumió valores de CBR en concordancia con suelos de características similares existentes en la carretera en estudio, tomando los valores más críticos obtenidos.

**Tabla N° 1.3b. Valores de CBR – Calzada Izquierda**

IDENTIFICACIÓN						CLASIFICACIÓN		CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	
Calicata	Progresiva Campo	Progresiva Actualizada	Lado	Muestra	Profundidad	CLASIFICACIÓN	AASHTO	100%	95%
								2.5mm	2.5mm
C - 1	00+000	00+046	Calzada Izquierda	M - 1	0.00 - 1.35	CL	A-6 ( 7 )	11.5	6.7
C - 1				M - 2	1.35 - 1.50	CL	A-4 ( 4 )	13.8	7.6
C - 2	01+027	01+075	Calzada Izquierda	S/M	0.00 - 0.10	<b>Material contaminado con restos de asfalto.</b>			
C - 2				M - 1	0.10 - 0.50	SM	A-1-b ( 0 )		
C - 2				M - 2	0.50 - 0.90	ML-CL	A-4 ( 1 )		
C - 2				M - 3	0.90 - 1.50	SM	A-2-4 ( 0 )		
C - 3	02+065	02+112	Calzada Izquierda	M - 1	0.00 - 0.40	GM	A-2-4 ( 0 )	86.2	44.2
C - 3				M - 2	0.40 - 0.90	ML	A-4 ( 0 )	12.7	8.0
C - 3				M - 3	0.90 - 1.50	ML	A-6 ( 12 )	2.1	1.4
C - 4	02+789	02+829	Calzada Izquierda	M - 1	0.00 - 0.45	SM-SC	A-1-a ( 0 )		
C - 4				M - 2	0.45 - 1.20	MH	A-7-5 ( 13 )		1.4(*)

**Tabla N° 1.3b. Valores de CBR – Calzada Izquierda**

IDENTIFICACIÓN						CLASIFICACIÓN		CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	
Calicata	Progresiva Campo	Progresiva Actualizada	Lado	Muestra	Profundidad	CLASIFICACIÓN	AASHTO	100%	95%
								2.5mm	2.5mm
C - 4				M - 3	1.20 - 1.60	GM	A-7-5 ( 4 )		1.4(*)
C - 5	03+300	03+367	Calzada Izquierda	S/M	0.00 - 0.85	<b>Material gravoso con considerable presencia de restos de ladrillos y bolsas plásticas (Desmonte).</b>			
C - 5				M - 1	0.85 - 1.10	ML-CL	A-4 ( 1 )		
C - 5				M - 2	1.10 - 1.50	SM	A-4 ( 0 )		
C - 6	03+861	03+918	Calzada Izquierda	S/M	0.00 - 0.45	<b>Material gravoso con considerable presencia de restos de ladrillos y bolsas plásticas (Desmonte).</b>			
C - 6				M - 1	0.45 - 1.60	GM	A-1-b ( 0 )	94.8	47.8

Nota: (\*) Para efectos de análisis se asumió valores de CBR en concordancia con suelos de características similares existentes en la carretera en estudio, tomando los valores más críticos obtenidos.

El Manual de Carreteras, Sección de Suelos y Pavimentos (aprobado el 2014) clasifica la sub rasante en categorías en función del CBR, tal como se describe en la siguiente tabla.

**Tabla 1.4 Categoría de Sub Rasante**

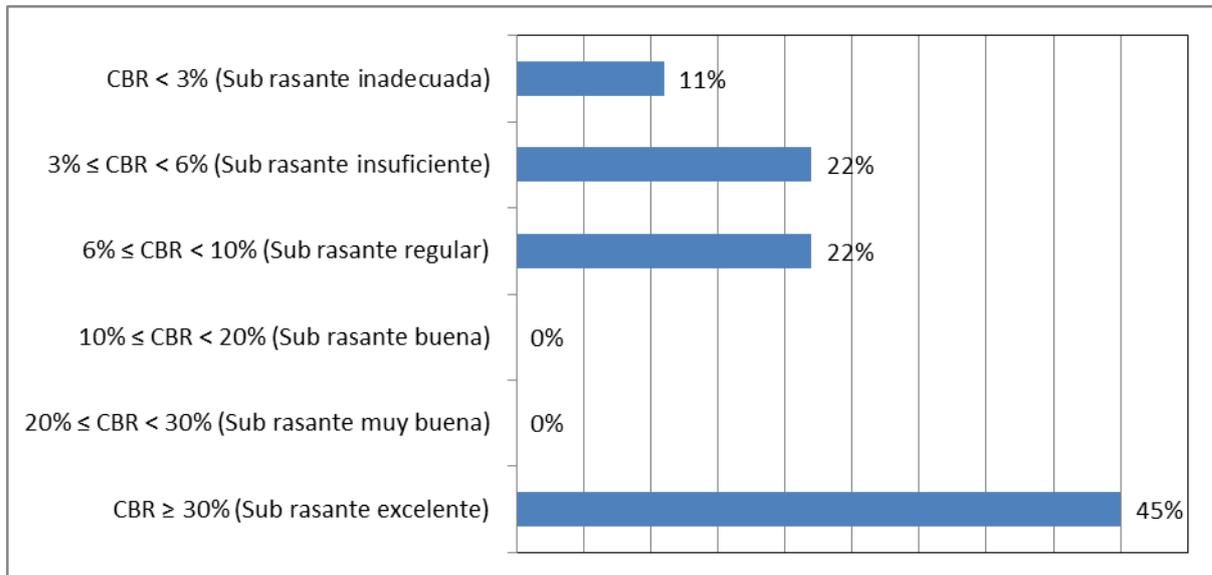
Categoría de Sub Rasante	CBR
Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
Sub rasante insuficiente	3% ≤ CBR < 6%
Sub rasante regular	6% ≤ CBR < 10%
Sub rasante buena	10% ≤ CBR < 20%
Sub rasante muy buena	20% ≤ CBR < 30%
Sub rasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual Peruano. Sección de Suelos y Pavimentos

En ese sentido, se tiene el siguiente análisis para la calzada derecha y la calzada izquierda.

### **Calzada Derecha**

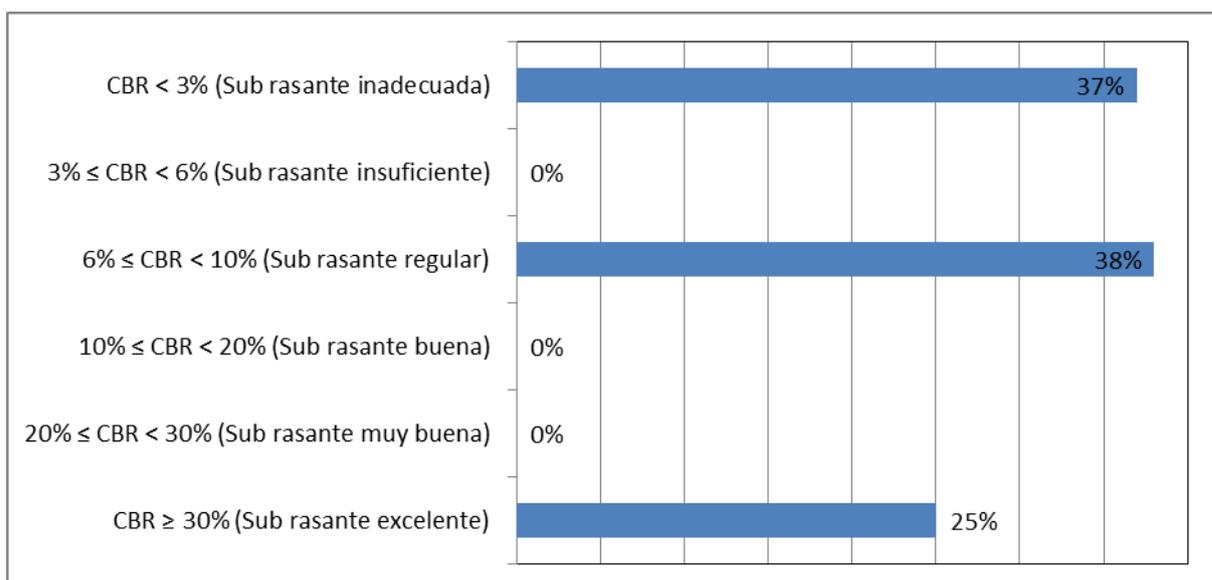
De acuerdo a los CBR obtenidos se observa que el tramo muestra un 45.0% de sub rasante excelente, un 22.0% de sub rasante regular, un 22% de sub rasante insuficiente, y un 11% de subrasante inadecuada, con respecto a las muestras ensayadas con Proctor y CBR, corroborándose la presencia de suelos inadecuados que podrían requerir mejoramiento, tal como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 1.7. Categoría de Sub Rasante Calzada Derecha. (Fuente: Adaptado de los resultados de laboratorio)**

#### **Calzada Izquierda**

De acuerdo a los CBR obtenidos se observa que el tramo muestra un 25.0% de sub rasante excelente, un 38.0% de sub rasante regular, y un 37% de subrasante inadecuada, con respecto a las muestras ensayadas con Proctor y CBR, corroborándose la presencia de suelos inadecuados que podrían requerir mejoramiento, tal como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 1.8. Categoría de Sub Rasante Calzada Izquierda. (Fuente: Adaptado de los resultados de laboratorio)**

#### **d) Estabilización de la Sub Rasante**

Según el “Manual de Carreteras”, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos”, la estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de sub rasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio cuando se estabiliza una sub base granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como sub base o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc).

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.

El manual ilustra diferentes metodologías de estabilización como: mejoramiento por sustitución de suelos de la sub rasante, estabilización mecánica de suelos, mejoramiento por combinación de suelos, suelos estabilizados con cal, cemento, escorias, emulsión asfáltica, estabilización química del suelo, estabilización con geosintéticos (geotextiles, geomallas u otros). Sin embargo, debe destacarse la significación que adquiere contar con ensayos de laboratorio, que demuestren la aptitud y tramos construidos que ratifiquen el buen resultado. Además, se debe garantizar que tanto la construcción como la conservación vial, puedan realizarse en forma simple, económica y con el equipamiento disponible.

El presente proyecto contempla el mejoramiento por sustitución de suelos de subrasante, para lo cual se tomara los criterios detallados en el “Manual de Carreteras”, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos”, complementándose con criterios de bibliografía especializada. Con el objetivo principal de determinar sectores de suelos inadecuados para su mejoramiento con sus respectivas dimensiones (largo, ancho y profundidad de reemplazo de suelos inadecuados). Estos sectores serían mejorados (reemplazados) por suelos cuyas características técnicas superen las deficiencias descritas en el presente capítulo.

##### **d.1) Criterios para Determinar Suelos Inadecuados**

Los proyectos ejecutados han demostrado que por distintas razones se encuentran suelos que requieren el manejo consensuado de criterios geotécnicos que permitan calificar con adecuado nivel técnico, concordante con el proceso constructivo y su temporalidad. Sabiendo que la aplicación de estos conceptos durante la ejecución de las obras significan necesariamente trámites administrativos y técnicos que tienen un plazo limitado y que pueden resultar en perjudiciales en el avance de la obra en mayores costos y en dificultades en los tramites de

aprobación por las Entidades competentes si no son simples y suficientes, se considera necesario sean considerados en el análisis durante la etapa de estudio.

Por lo tanto, a partir de las características físicas y mecánicas de los suelos, se ha establecido criterios de selección, con la finalidad de poder establecer los sectores con presencia de suelos inadecuados, el cual pasamos a describir.

#### **d.1.1) Calidad de la Subrasante según su Capacidad de Soporte.**

Para clasificar el comportamiento del suelo inadecuado se ha considerado el análisis mediante la capacidad de soporte (CBR), cabe mencionar que este tipo de análisis es recomendado por el Manual Peruano de Carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos del 2013, Revisado en Abril del 2014 (Resolución Directoral 05-2013-MTC/14).

En la etapa de estudio se determina el CBR de diseño, considerando que éste se encuentra al 95% de la Máxima Densidad Seca. Sin embargo, es probable que en el campo se presenten suelos de baja capacidad de soporte que se encuentren por debajo de este nivel de compactación, siendo así la resistencia ofrecida inferior a la supuesta, también es probable que se encuentre suelos cuya humedad se aleje demasiado del óptimo contenido de humedad originando que la compactación de este suelo natural no sea la supuesta en la etapa de Diseño. Por lo tanto, para garantizar que la estructura del terraplén este conformado por capas consolidadas (afirmado antiguo) y materiales granulares provenientes de mejoramiento del terraplén anterior así como mejoramientos de subrasante y ampliación de la plataforma. Y siendo que no se puede determinar la verdadera resistencia en sus condiciones naturales de densidad y humedad, ya que el ensayo de CBR se trabaja bajo condición óptima y posterior saturado, se considerará como suelo inadecuado a aquellos que califiquen como subrasante inadecuada y subrasante pobre, conforme se describe en la siguiente tabla:

**Tabla 1.5 Categoría de Sub Rasante según CBR**

<b>Categorías de Subrasante</b>	<b>CBR</b>
S <sub>0</sub> : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual Peruano de Carreteras Suelos, Geología, y Pavimentos del 2013, Revisado en Abril del 2014 (Resolución Directoral 05-2013-MTC/14).

#### **d.1.2) Otras Consideraciones**

Si bien para el proyecto, el criterio principal para determinar suelos inadecuados que requieran mejoramiento es el descrito en el ítem anterior (Capacidad de Soporte), los materiales aptos para la conformación del cuerpo y corona del terraplén deben cumplir ciertas características indicadas en el Expediente Técnico y en las Especificaciones Técnicas, para ello podemos valernos de otros criterios para determinar si el suelo es apropiado o no para formar parte del terraplén que servirá de soporte al pavimento, tales criterios son los que se indican a continuación:

- Suelos Blandos
- Suelos Expansivos (alta expansión)
- Índice de consistencia

#### ***Suelos Blandos***

La deformación de suelos cohesivos aún bajo cargas relativamente pequeñas, es tradicionalmente reconocida como un problema de fundamental interés, por ser causa de graves deficiencias de comportamiento.

Posiblemente el problema más grave que entraña un suelo de cimentación fino y compresible, es el que se refiere a los asentamientos que en él pueden producirse al recibir la sobrecarga que representan los terraplenes, dichos asentamientos causan:

- Pérdida de bombeo, pues la presión ejercida por el terraplén es mayor bajo el centro de la corona que bajo los hombros.
- Aparición de asentamiento diferenciales en el sentido longitudinal, por heterogeneidad en la cadencia del terreno de cimentación; estos producen perjuicios en la funcionalidad del caminos, en el pavimento, en el drenaje superficial, etc.
- Disminución de la altura del terraplén, grave cuando se atraviesan zonas inundables o inundadas.
- Perjuicios en el comportamiento de obras de drenaje menor, que adquieran una conformación hidráulicamente inconveniente y se agrietan, al hundirse más en el centro que en los extremos.
- Agrietamiento en la corona del terraplén, especialmente cuando esta es muy ancha y cuando el terraplén tiene bermas.

Cabe indicar que en terrenos de cimentación constituidos por limos plásticos y arcillas, deben distinguirse dos casos diferentes:

- Cuando su Compresibilidad es relativamente baja (suelos CL, ML, y OL).
- Cuando sean francamente compresibles (suelos CH, MH, OH y Pt).

En suelos de Compresibilidad relativamente baja, CL y ML, no se plantean problemas especiales, los pequeños asentamientos que puedan llegar a producirse son absorbidos fácilmente por la flexibilidad propia de la estructura y la capacidad de carga del terreno suele ser suficiente para soportar a los terraplenes que hayan de ser construidos.

Los materiales OL, debidos al contenido de materia orgánica, pudieran no ser apropiados, en casos extremos, para usarse como materiales de construcción.

Sin embargo, es diferente el panorama cuando el terreno de cimentación está constituido por limos o arcillas altamente compresibles, suelos OH, MH, CH, y Pt (Rico Del Castillo, "La Ingeniería de Suelos").

Carlos Crespo Villalaz, en su texto Mecánica de Suelos y Cimentaciones, muestra un cuadro en el que determina el grado de Compresibilidad de un suelo en función al Índice de Compresibilidad:

**Tabla 1.6. Compresibilidad**

<b>Cc</b>	<b>Compresibilidad</b>
0.00 - 0.19	Baja
0.20 - 0.39	Media
0.39 - 0.40	Alta

Terzaghi y Peck, demuestran que el índice de compresibilidad de un suelo puede ser expresado en función al límite líquido; la expresión es la siguiente según W. Lambe - R. Whitman, "Mecánica de Suelos":

$$C_c = 0.009(LL-10)$$

Con esta expresión podemos calcular inmediatamente la Compresibilidad de un suelo en el cual se considera como inadecuado cuando el índice de compresibilidad (Cc) es mayor o igual a 0.20, para aquellos suelos con alta plasticidad (OH, MH, CH, y Pt).

### ***Suelos Expansivos (expansión alta a muy alta)***

Los suelos arcillosos presentan características de expansividad, es decir, sufren grandes cambios de volumen cuando absorben agua afectando su estabilidad volumétrica y características de resistencia al esfuerzo cortante. Los principales efectos que un suelo expansivo puede producir a un pavimento flexible son:

- Contracción por secado.
- Expansión por humedecimiento.

- Desarrollo de presiones de expansión en los suelos confinados en que se restringe la expansión.
- Disminución de la resistencia al esfuerzo cortante y capacidad de carga como consecuencia de la expansión.

Es normal que se presenten algunos de estos fenómenos por presencia de suelos finos, siendo las consecuencias:

- Elevación o descensos de la superficie de rodamiento en una longitud importante, que se traduce en desigualdades e irregularidades, aunque no produzcan agrietamiento u otros daños visibles (más frecuente).
- Agrietamiento longitudinal.
- Deformaciones significativas localizadas, generalmente acompañadas de agrietamientos.

El potencial de expansión puede estimarse en base al límite de contracción, índice plástico, % de partículas menores a una micra y la expansión libre. De acuerdo con Holts y Gibbs en su publicación de la Bureau of Reclamation, edición 1956, califica el grado de expansividad de los suelos, en función de su plasticidad y límite líquido tal como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 1.7. Potencial de Expansión**

Potencial de Expansión	Índice de Plasticidad	Límite Líquido
Muy alto	> 32.0	> 70.0
Alto	23.0 – 32.0	50.0 – 70.0
Medio	12.0 – 23.0	35.0 – 50.0
Bajo	< 12.0	20.0 – 35.0

Para el presente proyecto, los suelos a considerarse inadecuados y por ende con necesidad de mejoramiento serán aquellos que presente el potencial de expansión desde alto hasta muy alto, de acuerdo al cuadro anterior.

### Índice de Consistencia

Este criterio corresponde a determinar el estado del suelo mediante el valor del índice de consistencia, el cual corresponde a la diferencia entre el límite líquido y el contenido de humedad, todo dividido por el índice de plasticidad (Arquíé, 1972).

$$I_c = \frac{LL - W}{IP}$$

Dónde:

- Ic : Índice de Consistencia  
LL : Límite líquido  
W : Humedad  
IP : Índice de Plasticidad

José A. Jiménez Salas en su libro de mecánica de suelos y sus aplicaciones en la Ingeniería realizó un estudio referente a los índices de consistencia determinando unas características del suelo de acuerdo a los rangos establecidos, conforme la siguiente tabla:

**Tabla 1.8. Índice de Consistencia**

Índice de Consistencia	Caracterización
< 0.00	El suelo es líquido
0.00 – 0.25	Semi Líquido
0.25 – 0.50	Plástico muy blando
0.50 – 0.75	Plástico blando
0.75 – 1.00	Plástico Duro
> 1.00	Estado Sólido

Si el valor tiende a cero es indicativo que se encuentra en el estado líquido y si tiende a 1.0 indicará que está en su estado sólido, en el intermedio existen otros estados en los cuales será posible o no la trabajabilidad del suelo dependiendo de la humedad y límite líquido.

En general, si el Índice de Consistencia está por debajo de 0.5 el suelo tiene una consistencia de un barro líquido y prácticamente no es posible compactarlo; cuando está entre 0.5 y 0.75 la compactación es muy difícil; y cuando está por encima de 0.75 la compactación es posible, pero poco eficaz. Se requiere alcanzar como mínimo el valor de 1 para decir que la compactación será eficaz.

Sin embargo, de acuerdo a los resultados de los ensayos, no se ha identificado sectores en el tramo de estudio que presente valores excesivos de humedad (por encima del límite líquido), siendo además que la zona de proyecto es carente de precipitaciones pluviales, se sugiere escarificar, y dejar reducir su contenido de humedad hasta que el suelos obtenga una consistencia el cual sea trabajable y posible compactarlos (valor mínimo de 1), cabe indicar, que no se ha identificado sectores con filtración.

#### **d.2) Determinación Suelos Inadecuados**

A partir del análisis de resultados de los ensayos de laboratorio y los criterios antes mencionados, se ha podido determinar sectores con presencia de suelos inadecuados.

Cabe indicar, que para el análisis de suelos inadecuados, en aquellos sectores donde no se cuenta con valores de CBR de laboratorio, éstos fueron asumidos en concordancia con suelos de características físicas - mecánicas similares y la cercanía existente entre ellas en la carretera en estudio; para estos casos se adoptó el valor más crítico o representativo obtenido en laboratorio. A continuación, se detalla los sectores de suelos inadecuados en las siguientes tablas, tanto para calzada derecha y calzada izquierda.

Tabla N° 1.9a. Evaluación de Sectores de Suelos Inadecuados Calzada Derecha

Sector Identificados				Calzada	N° Cal	Prof. (m.)	Muestra	Límites de Consistencia			Clasificación		% Hum.	CBR (%) 95% (1")	OCH (%)	Subrasante según CBR	Compresibilidad		Potencial de Expansión	Caracterización según Índice de Consistencia	
N°	Inicio (km.)	Fin (km.)	Long. (m.)					L.L	L.P	I.P.	SUCS	AASHTO					Cc	Grado		IC	Característica
1	01+625	02+445	820	Calzada Derecha	C - 3	0.00 - 1.00	M - 1	26	21	5	ML-CL	A-4 ( 3 )	22.2	5.6	15.8	Insuficiente	0.14	Baja	Bajo	0.76	Plástico Duro
						1.00 - 1.50	M - 2	28	22	6	ML-CL	A-4 ( 3 )	19.5	5.7	15.3	Insuficiente	0.16	Baja	Bajo	1.42	Estado Sólido
2	02+445	03+060	615	Calzada Derecha	C - 4	0.00 - 0.85	S/M	Material gravoso con considerable presencia de restos de ladrillo, telas y bolsas plásticas (Desmorte).					-	-	-	-	-	-	-	-	-
						0.85 - 1.50	M - 1	52	37	15	MH	A-7-5 ( 11 )	27.8	1.4 (*)		Inadecuada	0.38	Media	Medio	1.61	Estado Sólido

**Legenda:**

(\*) CBR asumidos en concordancia con suelos de características similares existentes en la carretera en estudio, tomando para tal caso el valor más crítico obtenido en laboratorio.

Sectores que poseen suelos inadecuados.

Tabla N° 1.9b. Evaluación de Sectores de Suelos Inadecuados Calzada Izquierda

Sector Identificados				Calzada	N° Cal	Prof. (m.)	Muestra	Límites de Consistencia			Clasificación		% Hum.	CBR (%) 95% (1")	OCH (%)	Subrasante según CBR	Compresibilidad		Potencial de Expansión	Caracterización según Índice de Consistencia	
N°	Inicio (km.)	Fin (km.)	Long. (m.)					L.L	L.P	I.P.	SUCS	AASHTO					Cc	Grado		IC	Característica
3	01+595	02+470	875	Calzada Izquierda	C - 3	0.00 - 0.40	M - 1	21	NP	NP	GM	A-2-4 ( 0 )	4.6	44.2	6.5	Excelente	0.1	Baja	Bajo	NP	Estado Sólido
						0.40 - 0.90	M - 2	25	NP	NP	ML	A-4 ( 0 )	14.4	8	16.3	Regular	0.14	Baja	Bajo	NP	Estado Sólido
						0.90 - 1.50	M - 3	36	25	11	ML	A-6 ( 12 )	26	1.4	17.2	Inadecuada	0.23	Media	Bajo	0.91	Plástico Duro
4	02+470	03+100	630	Calzada Izquierda	C - 4	0.00 - 0.45	M - 1	22	18	4	SM-SC	A-1-a ( 0 )	3.4	-	-	-	-	-	-	-	-
						0.45 - 1.20	M - 2	51	30	21	MH	A-7-5 ( 13 )	24.8	1.4 (*)		Inadecuada	0.37	Media	Medio	1.25	Estado Sólido
						1.20 - 1.60	M - 3	55	35	20	GM	A-7-5 ( 4 )	15	1.4 (*)		Inadecuada	0.41	Alta	Medio	2	Estado Sólido

**Legenda:**

(\*) CBR asumidos en concordancia con suelos de características similares existentes en la carretera en estudio, tomando para tal caso el valor más crítico obtenido en laboratorio.

Sectores que poseen suelos inadecuados.

### 1.7. Determinación del Espesor de Mejoramiento de Suelos

El diseño geométrico contempla la proyección de secciones transversales en corte, tanto a lo largo de la avenida Santa Rosa (para las vías auxiliares a nivel), como en las avenidas transversales de los intercambios viales, donde además se tiene proyectados pasos a desnivel (zonas deprimidas). En tal sentido, en aquellos sectores donde el corte en plataforma existente, resulte la exposición de suelos no adecuados que quedarán como subrasante, se hace necesario el reemplazo de suelo (Mejoramiento), para lo cual, se utilizará la siguiente metodología para el cálculo de los espesores de mejoramientos.

#### Método AASHTO 93

Se calculará el número estructural SN del pavimento para 20 años, el material a emplear tendrá un CBR  $\geq 10\%$  e IP menor a 10, o en todo caso será similar. Cuando en los sectores adyacentes al sector de sustitución de suelos presentan un CBR  $>10\%$ , para el cálculo del SN se utilizará el mayor valor de CBR de diseño, que representa el material de reemplazo, este número estructural SN calculado se denominará SNm (mejorado), luego se calculará el SN del pavimento para el CBR del material de subrasante existente (menor a 6%), que se denominará SNe (existente).

Se realizará la diferencia algebraica de números estructurales

$$\Delta SN = SNe - SNm$$

Habiéndose seleccionado el material de reemplazo (CBR  $\geq 10\%$ ) a colocar (según SNmCalculado), se obtendrán los valores correspondientes de coeficiente estructural ( $a_i$ ) y coeficiente de drenaje ( $m_i$ ), luego de obtener dichos valores se procederá a obtener el espesor

$$E = \frac{\Delta SN.}{a_i \times m_i}$$

E, aplicando la siguiente ecuación:

Siendo:

E: Espesor de reemplazo en cm.

$a_i$ : Coeficiente estructural del material a colocar en cm.

$m_i$ : Coeficiente de drenaje del material a colocar.

### Resultados Obtenidos

De acuerdo a las prospecciones y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados, el tramo presenta suelos inadecuados, presentando suelos con capacidades portantes menores a 6% (al 95% de su Máxima Densidad Seca con penetración de 0.1”), para los cuales se ha calculado los espesores de mejoramiento por sector de diseño, descritos en las siguientes tablas:

**Tabla 1.10a Resumen de Espesores de Mejoramiento - Calzada Derecha (Sur Norte)**

Sector de Suelo Inadecuado			Sub Sector		E Calculado (cm)	E asumido (cm)
N°	Inicio	Fin	Inicio(km.)	Fin (km.)		
01	01+625	02+445	01+625	02+140	28.8	30
			02+140	02+445	29.2	30
02	02+445	03+060	02+445	02+900	110.2	110
			02+900	03+060	103.0	105

**Tabla 1.10b Resumen de Espesores de Mejoramiento - Calzada Izquierda (Norte Sur)**

Sector de Suelo Inadecuado			Sub Sector		E Calculado (cm)	E asumido (cm)
N°	Inicio	Fin	Inicio(km.)	Fin (km.)		
01	01+595	02+470	01+595	02+140	91.5	95
			02+140	02+470	105.9	110
02	02+470	03+100	02+470	02+900	105.9	110
			02+900	03+100	106.4	110

El detalle del cálculo de los espesores de mejoramiento se presenta en los anexos correspondientes.

Cabe indicar, que estos espesores de mejoramientos asumidos, son contrastados con las secciones transversales del diseño geométrico, de tal manera de definir finalmente la necesidad de mejoramiento, tal como se describe en el siguiente ítem.

### Sectores de Mejoramientos Definidos

Los resultados obtenidos en las tablas anteriores son contrastados con las secciones transversales del diseño geométrico (sectores de corte y relleno), con la finalidad de definir los sectores que van a requerir mejoramientos de suelos, describiendo ubicación, y espesor de reemplazo. Por lo tanto considerando un corte promedio de 0.70 m., se tiene los mejoramientos descritos en las siguientes tablas:

**Tabla 1.11a Resumen de Espesores de Mejoramiento - Calzada Derecha (Sur Norte)**

Sector de Suelo Inadecuado					Espesor de Mejoramiento (cm)
N°	Inicio (km.)	Fin (km.)	Long. (m.)	Calzada	
1	1+625	2+445	820	Derecha	30
2	2+445	3+060	615	Derecha	100

Cabe indicar que para el sector km. 2+445 – km. 3+060 el mejoramiento se ejecutará por debajo y luego de realizar el corte considerado en el diseño geométrico (0.70 m. en promedio) y la remoción de material de desmonte identificada en la calicata C-4 (km. 2+445 – 3+060).

El material de reemplazo deberá ser granular proveniente de cantera, el mismo que tendrá como valores de CBR mínimo de 10 % al 95% de su Máxima Densidad Seca con penetración de 0.1”, y deberá cumplir las especificaciones técnicas generales – EG 2013 para material de Terraplén.

**Tabla 1.11b Resumen de Espesores de Mejoramiento - Calzada Izquierda (Norte Sur)**

Sector de Suelo Inadecuado					Espesor de Mejoramiento (cm)
N°	Inicio	Fin	Long. (m.)	Calzada	
1	1+595	2+140	545	Izquierda	95
2	2+140	2+900	760	Izquierda	110
3	2+900	3+100	200	Izquierda	110

El material de reemplazo deberá ser granular proveniente de cantera, el mismo que tendrá como valores de CBR mínimo de 10 % al 95% de su Máxima Densidad Seca con penetración de 0.1”, y deberá cumplir las especificaciones técnicas generales – EG 2013 para material de Terraplén.

### 1.8. Remoción de Material de Desmante

Para los sectores donde se tiene material de desmante (restos de basura, escombros, raíces, etc.), se está considerando la remoción de la capa material contaminado.

Cabe indicar, que estas remociones de material contaminado (desmante), son realizados luego del corte considerando en el diseño geométrico (0.70 m. en promedio), y se encuentran detalladas en las siguientes tablas:

**Tabla 1.12a Resumen de Remoción de Material de Desmante - Calzada Derecha (Sur Norte)**

Sector de Remoción de Material de Desmante					Espesor de Remoción (cm)
N°	Inicio (km.)	Fin (km.)	Long. (m.)	Calzada	
1	2+445	3+060	615	Derecha	15

**Tabla 1.12b Resumen de Remoción de Material de Desmante - Calzada Izquierda (Norte Sur)**

Sector de Remoción de Material de Desmante					Espesor de Remoción (cm)
N°	Inicio (km.)	Fin (km.)	Long. (m.)	Calzada	
1	3+100	3+338	238	Izquierda	15

El material de reemplazo deberá ser granular proveniente de cantera, el mismo que tendrá como valores de CBR mínimo de 10 % al 95% de su Máxima Densidad Seca con penetración de 0.1", y deberá cumplir las especificaciones técnicas generales – EG 2013 para material de Terraplén. Los sectores de remoción, están considerados dentro de los trabajos estipulados en la partida denominada "Excavación para Explanaciones".

## 1.9. Conclusiones y Recomendaciones

- El presente Estudio de Suelos, ha sido desarrollado con el objetivo de conocer y evaluar las propiedades físicas mecánicas de los suelos de subrasante y/o fundación, información que se utilizará de insumo para el análisis y diseño de pavimento a proyectar. Identificar los suelos inadecuados de acuerdo a los criterios descritos en el desarrollo del presente documento, planteando las soluciones respectivas para cada caso.
- De acuerdo a las inspecciones de campo, las muestras obtenidas de las prospecciones realizadas a lo largo del eje proyectado y el diseño geométrico del proyecto, se ha visto conveniente considerar cada eje de calzada a los cuales se realizó el respectivo análisis detallado a continuación.

**En cuanto a la Calzada Derecha**, el terreno existente está constituido por suelos limosos con presencia de grava y arena, cuyas pruebas de identificación (ensayos granulométricos y límites de Atterberg) han dado como resultado que los materiales corresponden en la clasificación AASHTO un A-4 (0) con un 50.0%, A-4 (3) con 20.0%, A-1-a (0) con 10.0%, A-4 (2) con 10.0% y A-7-5 (11) con un 10.0%, y en la clasificación SUCS se tiene un ML-CL con un 50.0%, ML con un 30.0% y GP-GM y MH con un 10.0% cada uno respectivamente. De acuerdo a los CBR obtenidos se observa que el tramo muestra un 45.0% de sub rasante excelente, un 22.0% de sub rasante regular, un 22% de sub rasante insuficiente, y un 11% de subrasante inadecuada, con respecto a las muestras ensayadas con Proctor y CBR, corroborándose la presencia de suelos inadecuados que podrían requerir mejoramiento.

**Asimismo, para la calzada izquierda**, el terreno existente está constituido por suelos limosos con presencia de grava, arena y arcilla, cuyas pruebas de identificación (ensayos granulométricos y límites de Atterberg) han dado como resultado que los materiales corresponden en la clasificación AASHTO un A-4 (0,1,4) con un 45.4%, A-6 (7,12) y A-7-5 (4,13) con 18.2% cada uno respectivamente, A-1-b (0) y A-2-4 (0) con 9.1% cada uno respectivamente, y en la clasificación SUCS se tiene ML-CL, ML, CL, GM y SM con 18.2% cada uno respectivamente y MH con 9.0%.

De acuerdo a los CBR obtenidos se observa que el tramo muestra un 25.0% de sub rasante excelente, un 38.0% de sub rasante regular, y un 37% de subrasante inadecuada, con respecto a las muestras ensayadas con Proctor y CBR, corroborándose la presencia de suelos inadecuados que podrían requerir mejoramiento.

- A partir del análisis de resultados de los ensayos de laboratorio y los criterios antes mencionados, se ha podido determinar la presencia de suelos inadecuados (que se detallan en la tabla 1.9a y 1.9b. Por otra parte, según los resultados de laboratorio ejecutados en el presente proyecto no se ha encontrado suelos expansivos.

- En ese sentido, se tiene los siguientes sectores de mejoramientos, cabe indicar, que estos sectores han sido contrastados con las secciones transversales del diseño geométrico - sectores de corte y relleno. Por lo tanto, considerando un corte promedio de 0.70 m., se tiene los mejoramientos descritos en las siguientes tablas:

**Tabla 1.13a Resumen de Espesores de Mejoramiento - Calzada Derecha (Sur Norte)**

Sector de Suelo Inadecuado					Espesor de Mejoramiento (cm)
N°	Inicio (km.)	Fin (km.)	Long. (m.)	Calzada	
1	1+625	2+445	820	Derecha	30
2	2+445	3+060	615	Derecha	100

Cabe indicar que para el sector km. 2+445 – km. 3+060 el mejoramiento se ejecutará por debajo y luego de realizar el corte considerado en el diseño geométrico (0.70 m. en promedio) y la remoción de material de desmonte identificada en la calicata C-4 (km. 2+445 – 3+060).

El material de reemplazo deberá ser granular proveniente de cantera, el mismo que tendrá como valores de CBR mínimo de 10 % al 95% de su Máxima Densidad Seca con penetración de 0.1", y deberá cumplir las especificaciones técnicas generales – EG 2013 para material de Terraplén.

**Tabla 1.13b Resumen de Espesores de Mejoramiento - Calzada Izquierda (Norte Sur)**

Sector de Suelo Inadecuado					Espesor de Mejoramiento (cm)
N°	Inicio	Fin	Long. (m.)	Calzada	
1	1+595	2+140	545	Izquierda	95
2	2+140	2+900	760	Izquierda	110
3	2+900	3+100	200	Izquierda	110

El material de reemplazo deberá ser granular proveniente de cantera, el mismo que tendrá como valores de CBR mínimo de 10 % al 95% de su Máxima Densidad Seca con penetración de 0.1", y deberá cumplir las especificaciones técnicas generales – EG 2013 para material de Terraplén.

- Para los sectores donde se tiene material de desmonte (restos de basura, escombros, raíces, etc.), se está considerando la remoción de la capa material contaminado.  
Cabe indicar, que estas remociones de material contaminado (desmonte), son realizados luego del corte considerando en el diseño geométrico (0.70 m. en promedio), y se encuentran detalladas en las siguientes tablas:

**Tabla 1.14a Resumen de Remoción de Material de Desmante - Calzada Derecha (Sur Norte)**

Sector de Remoción de Material de Desmante					Espesor de Remoción (cm)
N°	Inicio (km.)	Fin (km.)	Long. (m.)	Calzada	
1	2+445	3+060	615	Derecha	15

**Tabla 1.14b Resumen de Remoción de Material de Desmante - Calzada Izquierda (Norte Sur)**

Sector de Remoción de Material de Desmante					Espesor de Remoción (cm)
N°	Inicio (km.)	Fin (km.)	Long. (m.)	Calzada	
1	3+100	3+338	238	Izquierda	15

El material de reemplazo deberá ser granular proveniente de cantera, el mismo que tendrá como valores de CBR mínimo de 10 % al 95% de su Máxima Densidad Seca con penetración de 0.1", y deberá cumplir las especificaciones técnicas generales – EG 2013 para material de Terraplén.

Cabe mencionar, que los sectores de remoción, están considerados dentro de los trabajos estipulados en la partida denominada "Excavación para Explanaciones".

## 2. DISEÑO DE PAVIMENTOS

### 2.1. Introducción

El estudio de pavimentos comprende principalmente el diseño de la estructura de pavimento del proyecto: “Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil de la Av. Santa Rosa (Ruta PE-20 I), Tramo: Emp. Av. Argentina – Av. Santa Rosa – Emp. Av. Costanera – Callao (Ruta PE-20 I)”

### 2.2. Objetivos

#### 2.2.1. Objetivos Generales

El objetivo del estudio es diseñar y definir la estructura de pavimento con mejor performance para el proyecto, tanto desde la perspectiva técnica como económica. En tal sentido, se diseñara y evaluará diferentes estructuras de pavimentos tanto para pavimento flexible y pavimento rígido, basados en metodologías de diseño normadas y/o mundialmente aceptadas.

#### 2.2.2. Objetivos Específicos

- Definir los sectores de diseño, en base a la información obtenida del estudio de suelos, Esals, condiciones específicas del diseño geométrico del proyecto (sectores de corte y relleno), etc.
- Diseñar la estructura de pavimento flexible, conformado por carpeta asfáltica en caliente y capas granulares para un periodo de diseño de 20 años, definido en dos etapas (0 a 10 años y 10 a 20 años) y una etapa (0 a 20 años), basado en la metodología AAHTO 93.
- A manera de referencia de acuerdo a los TDR del estudio, diseñar la estructura de pavimento flexible, conformado por carpeta asfáltica en caliente y capas granulares para un periodo de diseño de 20 años, definido en dos etapas (0 a 10 años y 10 a 20 años) y una etapa (0 a 20 años), basado en la metodología ASPHAL INSTITUTE edición 1991.
- Diseñar la estructura de pavimento rígido, compuesto por una superficie de rodadura de concreto de cemento portland y capa granular para un periodo de diseño de 20 años, basado en la metodología AAHTO 93.
- A manera de referencia de acuerdo a los TDR del estudio, diseñar la estructura de pavimento rígido, por una superficie de rodadura de concreto de cemento portland y capa granular para un periodo de diseño de 20 años, basado en la metodología PCA.

Es preciso mencionar, que de acuerdo al Diseño Geométrico, el proyecto se desarrolla en la avenida Santa Rosa, iniciando la intervención en la avenida la Paz (km. 00+130) y culminando en la avenida Enrique Meiggs (km. 03+338). Contempla en general el diseño de dos viaductos y vías auxiliares a nivel, en la avenida mencionada como eje principal. Asimismo, considera la proyección de tres intercambios viales en avenidas transversales a la avenida Santa Rosa, las

cuales se desarrollan con zonas deprimidas (a desnivel). Configuración del diseño que se explica a mayor detalle en el ítem “Configuración del Proyecto (Diseño Geométrico)”, descripción que se contempla además en el anexo: “Plano de Planta General – Viaductos Av. Santa Rosa”.

En tal sentido, se desarrollará los diseños de pavimentos anteriormente mencionados con sus respectivas metodologías, para luego seleccionar la mejor alternativa técnica económica para al proyecto.

### 2.3. Diseño de Pavimento Flexible – Método AASHTO 93 – Vías Auxiliares a Nivel en el Eje Principal (Av. Santa Rosa: Av. La paz km. 00+130 – Av. E. Meigss km. 03+338)

Se proyectara vías auxiliares a nivel cuyo desarrollo se detalla a continuación (para mayor detalle ver anexo: “Plano de Planta General – Viaductos Av. Santa Rosa”):

- Vía Auxiliar a nivel Sur Norte (Calzada derecha): Cuyo inicio es en km. 00+130 (Av. Santa Rosa) y final es en el km. 03+338 (Av. Santa Rosa).
- Vía Auxiliar a nivel Norte Sur (Calzada Izquierda): Cuyo inicio es en km. 00+130 (Av. Santa Rosa) y final es en el km. 03+338 (Av. Santa Rosa).

El diseño del pavimento flexible se ha desarrollado siguiendo los lineamientos de lo estipulado en la AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993 reconocida a nivel mundial por el sustento experimental en el que está basado, el cual consiste en determinar un Número Estructural (SN) requerido por el pavimento para soportar el volumen de tránsito vehicular satisfactoriamente durante su periodo de diseño. La metodología AASHTO considera cuatro categorías principales de entrada de datos para el diseño:

- Variables de diseño: Período de análisis, vida de diseño, tráfico, confiabilidad, condiciones ambientales (hinchamiento de la subrasante, levantamiento por heladas).
- Criterios de desempeño: Serviciabilidad.
- Propiedades estructurales de los materiales: módulo resiliente efectivo de la subrasante, características de los materiales de las diferentes capas del pavimento y coeficientes de capa.
- Características estructurales del pavimento: Drenaje.

Teniendo en cuenta las cuatro categorías de datos el procedimiento de diseño del pavimento consistirá en determinar mediante la fórmula (1) el número estructural que se requiere para soportar las cargas impuestas por el tráfico de diseño sobre un suelo que tiene un determinado módulo resiliente y que además permita al pavimento tener un nivel de serviciabilidad adecuado.

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07 \dots (1)$$

Dónde:

W18: número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 t.

ZR: confiabilidad

S0: desviación estándar

Δ PSI: pérdida de serviciabilidad

Pt: serviciabilidad final

MR: módulo resiliente de la subrasante

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

Siendo:

$a_1, a_2, a_3$ : Coeficientes de capa

$m_1, m_2$ : Coeficientes de drenaje

$D_1, D_2, D_3$ : Espesor de capa

Las características de materiales proyectados para la estructura del pavimento deberán ser las siguientes:

#### **Sub-rasante**

Definida bajo los criterios de diseño de rasante la capa de afirmado/lastrado existente podrán constituir en algunos casos el material de Subrasante y en otros el material constituyente de la segunda capa o estrato.

La caracterización de estos suelos ha sido definida en la tabla de "Resumen de Ensayos de Plataforma" y perfiles estratigráficos de los cuales se empleará los valores de CBR obtenidos y presentados en ítems precedentes.

#### **Sub Base**

Como lo indican las Especificaciones Técnicas EG-2013 y las características de Canteras la sub-base granular será compactada hasta el 100% de la MDS para alcanzar el CBR mínimo de 40%.

#### **Base Granular**

De similar modo la base granular será construida con materiales granulares de cantera procesados para obtener las características que satisfagan las Especificaciones Técnicas con un CBR mínimo de 100% para el 100% de la MDS.

#### **Carpeta Asfáltica**

Dadas las condiciones climáticas del proyecto (temperatura media anual de 20.05 °C), el diseño geométrico (no presenta curvas cerradas ni pendientes pronunciadas), el Consultor ha visto conveniente la utilización de concreto asfáltico convencional tipo 60/70 y agregados competentes para obtener características que satisfagan las Especificaciones Técnicas EG-2013.

#### **2.3.1. Ejes Equivalentes**

De acuerdo al Estudio de Tráfico del presente proyecto, se tiene la siguiente tabla de proyección de ejes equivalentes, con inicio de servicio en el año 2022:

**Tabla 2.1 Ejes Equivalentes (Estudio de Trafico)-Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa)**

Tramos Homogéneos	Año 10 (2031)		Año 20 (2041)	
	NS	SN	NS	SN
La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	3.22E+07	2.67E+07	1.04E+08	6.60E+07
La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	2.43E+06	1.80E+07	7.72E+06	4.87E+07
Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	1.30E+07	1.76E+07	3.37E+07	5.15E+07
Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	1.55E+07	1.02E+07	3.73E+07	2.63E+07

Fuente: Estudio de Tráfico del Proyecto

Nota: Calzada Derecha: Sentido Sur Norte (SN)

Calzada Izquierda: Sentido Norte Sur (NS)

### 2.3.2. Suelo de Fundación

En el estudio de suelos se definió los CBRs de diseño, para acceder a los ábacos de diseño AASHTO 93, es necesario que este valor de CBR sea traducido a módulo resiliente ( $M_r$ ). Dada la escasa información existente en el medio sobre estos ensayos, se ha empleado dos correlaciones útiles cuando se dispone solamente de resultados de CBR.

Siendo la primera correlación utilizada, la presentada originalmente por el TRL (Powell et al., 1984) y posteriormente incluida en la guía de diseño MEPDG (ARA Inc. And ERES Consultant Division 2004). Esta Expresión se muestra en la página 38 de la publicación 1132 del TRRL (Powell et al., 1984), en la página 2.2.6.8 Parte 2, Capítulo 2 de la guía MEPDG del Proyecto NCHRP 1-37<sup>a</sup> (ARA Inc. And ERES Consultant Division 2004) y el software comercializado por AASHTO bajo la denominación AASTOWare Pavement (<http://www.aashtoware.org/Pavement/Pages/default.aspx>):

$$M_r = 2555 \times \text{CBR}^{0.64} \quad (\text{psi})$$

Cabe indicar que esta expresión, de acuerdo a la publicación del TRL pagina 38 (Powell et al., 1984) y pagina 329 de Walsh (2011), es válida para valores de CBR entre 2% y 12%.

Asimismo, la segunda correlación utilizada en este proyecto para valores de CBR comprometidos entre 12% y 80% fue presentada en la página 123 del Manual de Carreteras de Chile (MOP, 2002) y es concordante con los resultados que se obtienen del ábaco mostrado en la página 28 de Van Til (Van Til et al., 1972), descrita a continuación:

$$M_r = 3205 \times \text{CBR}^{0.55} \quad (\text{psi})$$

### 2.3.3. Modulo Equivalente

El comportamiento del suelo de fundación es considerado en términos del módulo resiliente compuesto o equivalente, para calcularlo se considera los espesores de los diferentes estratos de suelos identificados en las prospecciones de campo a lo largo del eje de la vía proyectada teniendo en cuenta que las capas participantes serán aquellas que se encuentren por debajo de 1.50 m. de profundidad a partir de la rasante.

Por lo tanto, para el cálculo del módulo de resiliencia, se ha visto conveniente aplicar el concepto de módulo equivalente recomendado en el documento "Design Pamphlet for the Determination of Design Subgrade in Support of the 1993 AASHTO Guide for the Design of Pavement Structures" elaborado en el año 1997. Donde se tiene la siguiente expresión:

$$M_R (Equivalent) = \frac{D_{S1}^3 M_{R1} + D_{S2}^3 M_{R2}}{(D_{S1})^3 + (D_{S2})^3}$$

Dónde:

$D_{S1}$	Espesor de material del estrato 1
$D_{S2}$	Espesor de material del estrato 2
$M_{R1}$	Módulo resiliente de material del estrato 1
$M_{R2}$	Módulo resiliente de material del estrato 2

### 2.3.4. Sectorización

Con la finalidad de determinar los sectores homogéneos en el tramo, se efectuó el análisis y sectorización de la vía de acuerdo a la inspección de campo, y los resultados obtenidos del Estudio de Suelos, Tráfico, etc., para lo cual se analizó los CBR representativos, descartando los inadecuados. Cabe indicar que la Guía AASHTO 1993, recomienda efectuar la sectorización analizando los gráficos de los resultados obtenidos, los cuales muestran el comportamiento de la variable medida a lo largo del proyecto.

A continuación, se menciona algunos principales criterios considerados para la sectorización del tramo en estudio:

- Se consideró para la sectorización los valores de CBR obtenidos del suelo de fundación y su variación si se encontraban en corte, relleno o cuenta con una capa granular existente cuya permanencia según el perfil estratigráfico sea comprobado en la rasante proyectada.
- El tipo de suelo predominante del perfil estratigráfico

- Los valores de CBR que no son representativos del Sector por ser muy altos o muy bajos no se han tomado en cuenta.
- Los valores de CBR cuyos valores sean deficientes ( $\text{CBR} < 6\%$ ), han sido descartados para el cálculo del CBR de Diseño.

Para el proyecto, se estará considerado lo descrito en el ítem 2.3.2 y 2.3.3. Finalmente los sectores de diseño, basado en la interpretación directa de los gráficos que recomienda AASHTO como método primario, se definen de acuerdo a las siguientes tablas.

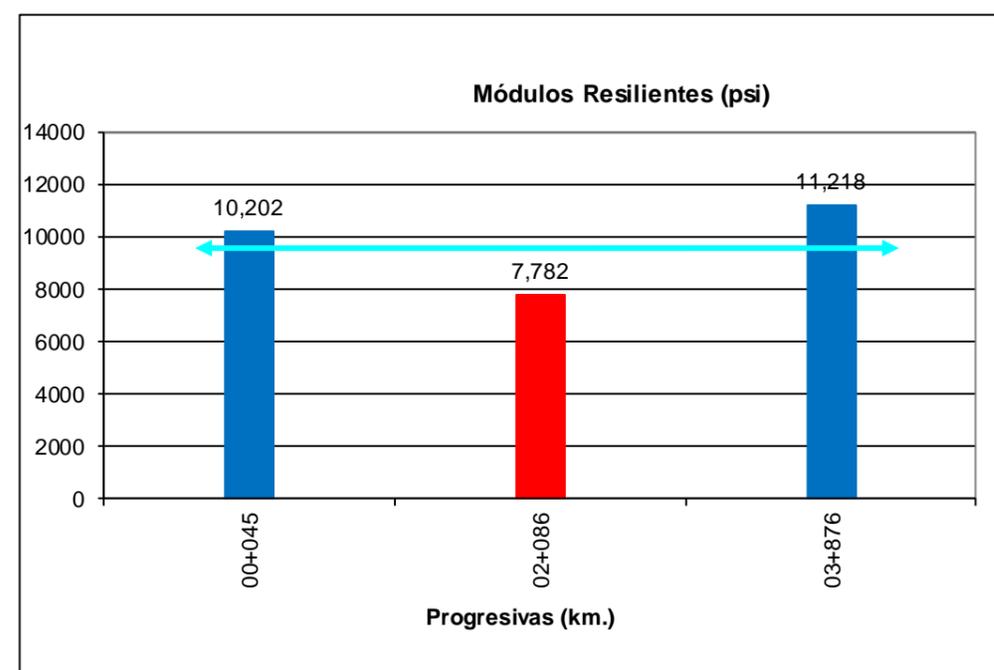
**Tabla 2.2a Sectorización del Tramo - Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa: km. 00+130 - km. 03+338) - Calzada Derecha (Sur Norte)**

Progresiva (km.)	Lado	Nº Calicata	Profundidad (m.)	Muestra No	Límites de Consistencia		CLASIFICACION		CBR Laborat. (0.1")	DISEÑO GEOMETRICO			CALCULO DEL MODULO RESILIENTE EQUIVALENTE						
					Pasante Malla Nº 40 (%)		SUCS	AASHTO		95%	Alt. Relleno	Alt. Reemp	Alt. Corte	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	MR <sub>1</sub>	MR <sub>2</sub>	MR <sub>3</sub>
					L.L.	I.P.													
00+045	Calzada Derecha	C - 1	0.00 - 0.10	M - 1	NP	NP	SP-SM	A-1-b ( 0 )	47.3										
		C - 1	0.10 - 1.50	M - 2	24	7	ML-CL	A-4 ( 2 )	8.7			0.70	1.5			10202		10202	
02+086	Calzada Derecha	C - 3	0.00 - 1.00	M - 1	26	5	ML-CL	A-4 ( 3 )	5.6			0.70	0.30	1.20		7695	7783	7782 (*)	
		C - 3	1.00 - 1.50	M - 2	28	6	ML-CL	A-4 ( 3 )	5.7										
03+876	Calzada Derecha	C - 6	0.05 - 0.30	M - 1	NP	NP	GW-GM	A-1-a ( 0 )	59										
		C - 6	0.30 - 0.70	M - 2	NP	NP	SP-SM	A-1-b ( 0 )	53.6			0.40	0.30	0.80	0.40	20809	9513	20809	
		C - 6	0.70 - 1.50	M - 3	NP	NP	ML	A-4 ( 0 )	7.8										
		C - 6	1.50 - 1.60	M - 4	NP	NP	GP-GM	A-1-a ( 0 )	52.2										

Nota: (\*) Módulos resilientes descartados por presentar valores deficientes.

**Sectores de Diseño por Tipo de Suelo**

	Inicio (km.)	Fin (km.)	Long. (km.)	Mr (psi)
01	00+130	03+338	3.21	10710



Módulos resilientes descartados por presentar valores deficientes.

**Tabla 2.2b Sectorización del Tramo - Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa: km. 00+130 - km. 03+338) - Calzada Izquierda (Norte Sur)**

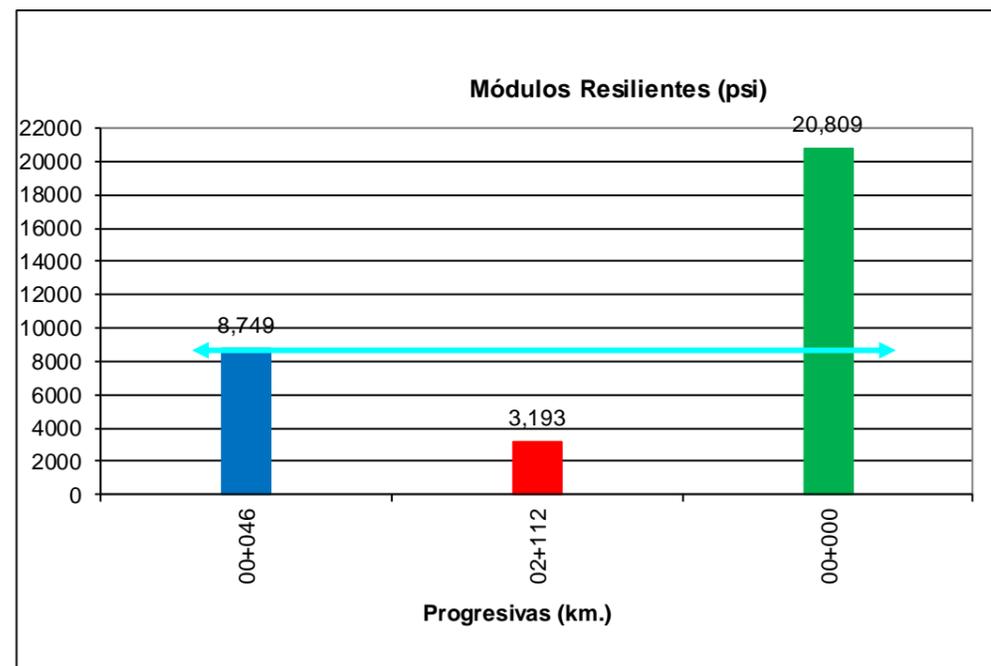
Progresiva (km.)	Lado	Nº Calicata	Profundidad (m.)	MUESTRA No	Límites de Consistencia		CLASIFICACION		CBR Laborat. (0.1")	DISEÑO GEOMETRICO			CALCULO DEL MODULO RESILENTE EQUIVALENTE						
					Pasante Malla Nº 40 (%)		SUCS	AASHTO		95%	Alt. Relleno	Alt. Reemp	Alt. Corte	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	MR <sub>1</sub>	MR <sub>2</sub>	MR <sub>3</sub>
					L.L.	I.P.													
00+046	Calzada Izquierda	C - 1	0.00 - 1.35	M - 1	33	16	CL	A-6 ( 7 )	6.7			0.40	0.95	0.55		8631	9356		8749
		C - 1	1.35 - 1.50	M - 2	27	9	CL	A-4 ( 4 )	7.6										
02+112	Calzada Izquierda	C - 3	0.00 - 0.40	M - 1	21	NP	GM	A-2-4 ( 0 )	44.2										
		C - 3	0.40 - 0.90	M - 2	25	NP	ML	A-4 ( 0 )	8			0.70	0.20	1.30		9669	3169		3193 (*)
		C - 3	0.90 - 1.50	M - 3	36	11	ML	A-6 ( 12 )	1.4										
03+918	Calzada Izquierda	C - 6	0.45 - 1.60	M - 1	NP	NP	GM	A-1-b ( 0 )	47.8			0.70	1.50		20809			20809 (**)	

Nota: (\*) Módulo resiliente descartados por presentar valores deficientes.

(\*) (\*) Módulo resiliente descartados por presentar valores no representativos.

**Sectores de Diseño por Tipo de Suelo**

	Inicio (km.)	Fin (km.)	Long. (km.)	Mr (psi)
01	00+130	03+338	3.21	8749



■ Módulos resilientes descartados por presentar valores deficientes.  
■ Módulos resilientes descartados por no presentar valores representativos.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los sectores homogéneos derivados del Estudio de Tráfico, se tiene la siguiente sectorización final para el diseño de pavimentos.

**Tabla 2.3a Sectores de Diseño Finales (Considerando Tráfico) - Calzada Derecha - Sur Norte**

Sectores de Diseño		Long. (km.)	Año 10 (2031)	Año 20 (2041)	Mr (psi)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	2.67E+07	6.60E+07	10710
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	1.80E+07	4.87E+07	10710
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	1.76E+07	5.15E+07	10710
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	1.02E+07	2.63E+07	10710

Para mayor detalle ver anexo "Diseño de Pavimento".

**Tabla 2.3b Sectores de Diseño Finales (Considerando Tráfico) - Calzada Izquierda - Norte Sur**

Sectores de Diseño		Long. (km.)	Año 10 (2031)	Año 20 (2041)	Mr (psi)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	3.22E+07	1.04E+08	8749
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	2.43E+06	7.72E+06	8749
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	1.30E+07	3.37E+07	8749
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	1.55E+07	3.73E+07	8749

Para mayor detalle ver anexo "Diseño de Pavimento".

### 2.3.5. Confiabilidad

La confiabilidad es un parámetro relacionado con el grado de incertidumbre, la variación en las predicciones del tráfico y la importancia de la vía los valores fluctúan entre 50% para vías locales y 99.9% en vías nacionales tal como se aprecia en la siguiente tabla:

**Tabla 2.4 Niveles de Confiabilidad**

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	Nivel recomendado por AASHTO para carreteras	
	Urbano	Rural
Carretera interestatal o autopista	80-99.9	80-99.9
Red principal o federal	80-99	75-95
Red secundaria o estatal	80-95	75-95
Red rural o local	50-80	50-80

Fuente: AASHTO guide for design of pavements structures

De acuerdo a los términos de referencia del estudio, el nivel de confiabilidad del diseño de pavimento es 90%, tanto para una etapa (0 a 20 años), como en dos etapas (0 a 10 años y 10 a 20 años).

### 2.3.6. Coeficiente de Desviación Estándar

El coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ) representa el valor de la confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal. En la siguiente tabla se muestran los valores de la desviación estándar normal según la Guía de Diseño AASHTO, que se adopta en base al nivel de confiabilidad seleccionado.

**Tabla 2.5 Valores Sugeridos  $Z_r$**

Niveles de confiabilidad (%)	Desviación estándar normal
80	-0.841
90	-1.282
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054

Niveles de confiabilidad (%)	Desviación estándar normal
99	-2.327
99.9	-3.090

Fuente: AASHTO guide for design of pavements structures,

Tabla 4.1. Part II: Pavement Design Procedures for New Construcción or Reconstruction

Es así, que se tiene por coeficiente de desviación estándar ( $Z_r$ ) el valor de -1.282, para la confiabilidades de periodo de diseño en una sola etapa (0 a 20 años) y en dos etapas (0 a 10 años y 10 a 20 años).

### 2.3.7. Desviación Estándar Combinado

La Desviación Estándar Combinada ( $S_o$ ), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo. La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles y para pavimentos rígidos, valores de  $S_o$  comprendidos entre 0.40 a 0.50 y 0.30 a 0.40 respectivamente, para el presente proyecto, considerando que se ha efectuado un estudio de tráfico detallado que ha incluido censos de vehículos y de cargas, se adopta para pavimento flexibles un valor  $S_o = 0.45$ .

### 2.3.8. Índice de Serviciabilidad

La Serviciabilidad de un pavimento está definida como su habilidad para servir al tipo de tráfico (automóviles y camiones) que usa la vía. La medida fundamental de la Serviciabilidad, tal como fue establecida en el Experimento Vial de la AASTHO, es el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI- Present Serviciability Index), que varía entre 0 (camino intransitable) a 5 (camino perfecto). Los índices de serviciabilidad inicial ( $p_o$ ) y final o terminal ( $p_t$ ), deben ser establecidos para calcular el cambio total en serviciabilidad que será incorporado en la ecuación de diseño del pavimento flexible en este caso.

El Índice de serviciabilidad Inicial ( $p_o$ ) es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el experimento vial de la AASHTO para los pavimentos flexibles fue de 4.2, valor que será adoptado para el presente proyecto.

El Índice de serviciabilidad Final ( $p_t$ ), es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo

pavimento se diseña, para el presente proyecto asumiremos el valor definido en los TDR para el diseño del pavimento flexible de  $pt= 2.0$ .

Por lo tanto, los valores de serviciabilidad empleados se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 2.6 Serviciabilidad**

Tipo de Pavimento	Condición Inicial	Condición Final
Flexible	4.2	2

### 2.3.9. Condiciones de Drenaje

El drenaje está considerado dentro del diseño como un factor que afecta directamente el coeficiente de capa y se estima en función del porcentaje de tiempo que la estructura está próximo a la saturación y de acuerdo a la calidad del drenaje.

La saturación de la estructura está en función de las características granulométricas de los componentes del pavimento y de la porosidad, así como del caudal de agua que pueda ingresar por precipitaciones fluviales, capilaridad o nivel freático.

**Tabla 2.7 Calificación de la calidad de drenaje**

calidad del drenaje	tiempo de remoción del agua
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drena

Fuente: AASHTO guide for design of pavements structures

**Tabla 2.8 Valores de coeficiente de drenaje (mi) para pavimentos flexibles**

Calidad del drenaje	% del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximas a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Malo	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy malo	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: AASHTO guide for design of pavements structures

En base a las condiciones climáticas, y a las condiciones particulares donde se desarrolla el tramo en estudio, así como la habilidad de las capas granulares para drenar el agua; se estima que el tiempo de exposición de la estructura a nivel de humedad próxima a la saturación es entre 5% y 25%, considerando la calidad de drenaje bueno.

En base a estas estimaciones se ha determinado que los coeficientes de drenaje para las capas de Sub Base y Base son:  $m_1 = 1.0$  y  $m_2 = 1.0$  respectivamente.

### 2.3.10. Coeficientes de Capa

Los coeficientes de capa fueron estimados a partir de las correlaciones que la guía AASHTO-93 presenta y las ecuaciones indicadas a continuación:

$$a_2 = 0.249(\text{Log (EBS)}) - 0.977$$

$$a_3 = 0.227(\text{Log (ESB)}) - 0.839$$

**Tabla 2.9 coeficiente de capa tramo nuevos**

capa	CBR (%)	M <sub>R</sub> (psi)	Coef. Estructural
Carpeta	-	450,000	0.43
Base granular	100	30,000	0.14
Sub base	40	16,000	0.12

### 2.3.11. Consideraciones de Clima

Dentro del diseño de pavimento el clima representa una variable importante para la determinación de los requerimientos de los materiales a ser aplicados y para la determinación de las características de la estructura del pavimento.

Según la guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO 1993, indica en el numeral 1.7 ENVIROMENT, pagina I-22, que existen dos principales factores ambientales que deben ser considerados para el desempeño y diseño estructural del pavimento, los cuales son la temperatura y la precipitación.

El tramo se desarrolla en zona de costa, con una temperatura media anual de 20.05 °C para la estación Campo de Marte (para mayor detalle ver Anexo: Temperaturas SENAMHI).

De acuerdo a las temperaturas medias anuales registradas, se estará utilizando de cemento asfáltico convencional, conforme a las Especificaciones Técnicas Generales 2013.

**Tabla 2.10**
*Selección del tipo de cemento asfáltico*

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40-50 ó 60-70 o modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

Dado las condiciones de temperatura, el diseño geométrico (que no presenta cuervas cerradas, ni pendientes pronunciadas), el Consultor ha visto conveniente recomendar la utilización de cemento asfáltico convencional tipo PEN 60/70.

**2.3.12. Calculo de Espesores de Pavimento**
**a) Diseño de Pavimento para 20 años (Ejecución en dos etapas)**

La estructura de pavimento flexible proyectado se detalla en la siguiente tabla, para lo cual se ha considerado los parámetros previamente asignados:

**Tabla 2.11a Pavimento Flexible (0 a 10 años) – Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Sur Norte (Calzada Derecha)**

				Espesores Proyectados			
Sectores de Diseño	Long. (km.)	Año 10 (2031)	Mr (psi)	MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real
01 La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	2.67E+07	10710	12	25.0	30.0	4.83
02 La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	1.80E+07	10710	10	25.0	30.0	4.49
03 Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	1.76E+07	10710	10	25.0	30.0	4.49
04 Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	1.02E+07	10710	10	25.0	25.0	4.25

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

**Tabla 2.11b Pavimento Flexible (0 a 10 años) – Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Norte Sur (Calzada Izquierda)**

Sectores de Diseño		Long. (km.)	Año 10 (2031)	Mr (psi)	Espesores Proyectados			SN real
					MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	3.22E+07	8749	12	25.0	37.5	5.18
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	2.43E+06	8749	9.0	20.0	22.5	3.69
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	1.30E+07	8749	10	25.0	32.5	4.61
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	1.55E+07	8749	10	25.0	35.0	4.72

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

#### Calculo del refuerzo del pavimento a los 10 años

La ejecución en dos etapas, contempla la ejecución inmediata de un refuerzo consistente en una carpeta asfáltica sobre la calzada ya existente. La implementación correcta de ésta etapa, está condicionada a una evaluación integral de pavimento a fin de verificar el nivel de degradación de la superficie existente.

Por ello, al cabo de los 10 primeros años se debe realizar una evaluación del pavimento como es realizar medidas de la rugosidad, daños (agrietamientos, parchados, ahuellamiento) y deflectometría para saber el estado real de pavimento y tomar las correctas acciones como son dar mantenimiento o rehabilitar el pavimento.

Para hallar el refuerzo del pavimento a los 10 años en el presente estudio se ha empleado el método de la vida remanente del pavimento existente descrito en el manual de diseño AASHTO. En primer lugar, se ha calculado la vida remanente del pavimento existente luego de haberse producido una serviciabilidad final de 1.5, mediante la siguiente formula:

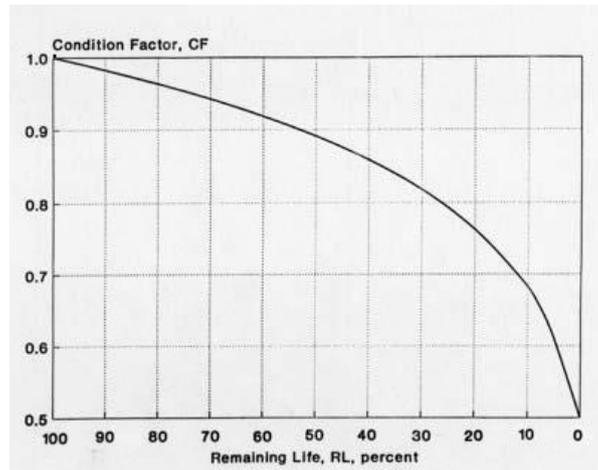
$$RL = \left(1 - \frac{N_P}{N_{1.5}}\right) \times 100$$

Dónde:

RL - Porcentaje de vida remanente

- Np - EAL a la fecha de refuerzo  
 N1.5 - EAL al término de la vida útil o cuando  $pt=1.5$

Obtenida la vida remanente del pavimento (RL), a partir del siguiente grafico se obtiene el factor de condición CF.



Partiendo del número estructural del pavimento existente y el factor de condición se determina el número estructural efectivo.

$$S_{Neff} = CF * S_{N0}$$

Dónde:

- $S_{Neff}$  - Número Estructural efectivo en el año del refuerzo (año 10)  
 CF - Factor de condición obtenido a partir de RL  
 $S_{N0}$  - Numero Estructural en el año del refuerzo (año 10)

Finalmente el espesor de refuerzo que tendrá el pavimento para soportar el tráfico desde el año 10 hasta el año 20 será calculado a partir del número estructural de refuerzo el cual se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$S_{Nref} = S_{Nreq} - S_{Neff}$$

Dónde:

- $S_{Nref}$  - Numero Estructural de Refuerzo  
 $S_{Nreq}$  - Numero Estructural requerido para el nuevo periodo de diseño  
 $S_{Neff}$  - Numero Estructural efectivo en el año del refuerzo

En base a la aplicación de la metodología AASHTO 1993 se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 2.12a Pavimento Flexible (10 a 20 años) - Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) –  
Sur Norte (Calzada Derecha)**

	<b>Sectores de Diseño</b>	<b>Long. (km.)</b>	<b>Refuerzo (cm.)</b>
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	5.0
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	7.0
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	7.0
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	5.0

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

**Tabla 2.12b Pavimento Flexible (10 a 20 años) - Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) –  
Norte Sur (Calzada Izquierda)**

	<b>Sectores de Diseño</b>	<b>Long. (km.)</b>	<b>Refuerzo (cm.)</b>
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	8.5
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	6.0
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	6.5
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	5.5

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

**b) Diseño de Pavimento para 20 años (Ejecución en una etapa)**

La estructura de pavimento flexible proyectado se detalla en la siguiente tabla, para lo cual se ha considerado los parámetros previamente asignados:

**Tabla 2.13a Pavimento Flexible (0 a 20 años) – Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) –  
Sur Norte (Calzada Derecha)**

Sector de Diseño		Long. (km.)	Año 20 (2041)	Mr (psi)	Espesores Proyectados			SN real
					MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	6.60E+07	10710	15	27.5	27.5	5.35
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	4.87E+07	10710	15	25.0	27.5	5.22
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	5.15E+07	10710	15	25.0	27.5	5.22
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	2.63E+07	10710	12	25.0	30.0	4.83

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

**Tabla 2.13b Pavimento Flexible (0 a 20 años) – Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) –  
Norte Sur (Calzada Izquierda)**

Sector de Diseño		Long. (km.)	Año 20 (2041)	Mr (psi)	Espesores Proyectados			SN real
					MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	1.04E+08	8749	15	32.5	37.5	6.10
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	7.72E+06	8749	10	25.0	27.5	4.37
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	3.37E+07	8749	12	30.0	32.5	5.22
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	3.73E+07	8749	12	30.0	35.0	5.34

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

#### 2.4. Diseño de Pavimento Flexible – Método Instituto del Asfalto Versión 1991 - Vías Auxiliares a Nivel en el Eje Principal (Av. Santa Rosa: Av. La paz km. 00+130 – Av. E. Meigss km. 03+338)

Se efectuó un diseño comparativo de pavimento empleando el Método del Instituto del Asfalto, el cual se desarrolla conforme a lo establecido en el Manual Series N° 1 (MS.1) “Thickness Design, Asphalt Pavements for Highways & Streets” de febrero 1991.

El método se basa en dos condiciones específicas de esfuerzo-deformación. La primera es la aplicación de una carga sobre la superficie del pavimento, la estructura distribuye los esfuerzos reduciendo su intensidad a medida que profundiza en la subrasante. La segunda condición, es cuando la carga aplicada al pavimento, refleja la estructura, causando esfuerzos y deformaciones de tensión compresión en la carpeta asfáltica.

El Instituto del Asfalto ha desarrollado un programa de cómputo denominado DAMA y una serie de nomogramas para facilitar el diseño. Este considera temperaturas de 7 °C, 15.5 °C y 24 °C.

##### 2.4.1. Módulo Resiliente

La metodología del Instituto de Asfalto versión 1991, considera valores percentiles para los módulos resilientes de diseño en función del nivel de tráfico, tal como se describe en la siguiente tabla.

**Tabla 2.14**

Nivel de Tráfico (EAL)	Percentil de Diseño (%)
10 <sup>4</sup> ó menor	60
Entre 10 <sup>4</sup> y 10 <sup>6</sup>	75
10 <sup>6</sup> ó más	87.5

En ese sentido, se tiene la siguiente tabla que muestra los valores de Módulo Resiliente de diseño a utilizar para el proyecto (para mayor detalle ver Anexo “Diseño de Pavimento”).

**Tabla 2.15a Sectores de Diseño Finales (Considerando Tráfico) - Calzada Derecha - Sur Norte**

Sectores de Diseño		Long. (km.)	Mr (psi)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	10375
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	10375
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	10375
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	10375

Para mayor detalle ver anexo “Diseño de Pavimento”.

**Tabla 2.15b Sectores de Diseño Finales (Considerando Tráfico) - Calzada Izquierda - Norte Sur**

Sectores de Diseño		Long. (km.)	Mr (psi)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	8749
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	8749
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	8749
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	8749

Para mayor detalle ver anexo "Diseño de Pavimento".

#### 2.4.2. Ejes Equivalentes

De acuerdo al Estudio de Tráfico del presente proyecto, se tiene la siguiente tabla de proyección de ejes equivalentes:

**Tabla 2.16a ESALs - Calzada Derecha - Sur Norte**

Sectores de Diseño		Long. (km.)	Año 10 (2031)	Año 20 (2041)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	2.71E+07	6.70E+07
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	1.87E+07	5.04E+07
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	1.85E+07	5.41E+07
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	1.12E+07	2.89E+07

Fuente: Estudio de Tráfico.

**Tabla 2.16b ESALs - Calzada Izquierda - Norte Sur**

Sector de Diseño		Long. (km.)	Año 10 (2031)	Año 20 (2041)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	3.28E+07	1.06E+08
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	2.71E+06	8.63E+06
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	1.36E+07	3.52E+07
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	1.79E+07	4.31E+07

Fuente: Estudio de Tráfico.

### 2.4.3. Cálculo de Espesores de Pavimento

Determinadas las repeticiones de carga a las que estará sometido el pavimento y considerando el Mr de diseño percentil adoptado, se procede a determinar el espesor del pavimento en base a los métodos establecidos por ASPHALT INSTITUTE.

La metodología está basada en los monogramas de diseño propuestos por MANUAL SERIES N° 1 (MS-1) versión de febrero del 1991 del ASPHALT INSTITUTE. Los resultados de cálculos de los espesores del pavimento para los periodos de diseño de 10 y 20 años se presentan a continuación.

#### a) Diseño de Pavimento para 20 años (Ejecución en dos etapas)

La estructura de pavimento flexible proyectado se detalla en la siguiente tabla para cada sector, para lo cual se ha considerado los parámetros previamente asignados:

**Tabla 2.17a Pavimento Flexible (0 a 10 años) – Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Sur Norte (Calzada Derecha)**

Sector de Diseño		Long. (km.)	Año 10 (2031)	Mr (psi)	Espesores Proyectados	
					MAC (cm.)	Base (cm.)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	2.71E+07	10375	40.0	30.0
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	1.87E+07	10375	37.5	30.0

Sectores de Diseño		Long. (km.)	Año 10 (2031)	Mr (psi)	Espesores Proyectados	
					MAC (cm.)	Base (cm.)
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	1.85E+07	10375	37.5	30.0
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	1.12E+07	10375	32.5	30.0

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

**Tabla 2.17b Pavimento Flexible (0 a 10 años) – Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Norte Sur (Calzada Izquierda)**

Sectores de Diseño		Long. (km.)	Año 10 (2031)	Mr (psi)	Espesores Proyectados	
					MAC (cm.)	Base (cm.)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	3.28E+07	8749	42.5	30.0
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	2.71E+06	8749	25.0	30.0
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	1.36E+07	8749	35.0	30.0
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	1.79E+07	8749	37.5	30.0

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

### Diseño de 10 años a 20 años

#### Metodología de la Deficiencia Estructural

Dónde:

Tr : Espesor de Sobrecapa

Tf : Espesor Requerido para soportar tránsito futuro

Te : Espesor Efectivo del Pavimento Existente

El Espesor Efectivo del Pavimento (Te) se estima en función del espesor de cada capa y de factores de conversión de espesor, dependientes de la condición de los materiales constitutivos.

$$T_e = CA \times FC_{CA} + BG \times FC_{BG}$$

Dónde:

CA : Espesor de Carpeta Asfáltica Calculada para 10 años

FCCA : Factor de Condición de la Carpeta Asfáltica

CA : Espesor de Base Granular Calculada para 10 años

FCBG : Factor de Condición de la Base Granular

FACTORES DE CONVERSIÓN SUGERIDOS POR EL INSTITUTO DEL ASFALTO		
MATERIAL	CONDICIÓN SUPERFICIAL	FACTOR
Concreto asfáltico	Poco agrietado o sin grietas	0.90 - 1.00
	Con agrietamiento extensivo	0.50 - 0.70
Concreto hidráulico	Estable, subsellado y sin grietas	0.90 - 1.00
	Fragmentado en pequeños trozos	0.30 - 0.50
Base estabilizada	Con cemento o cal y patrones de agrietamiento	0.30 - 0.50
	Con emulsión y grietas o deformaciones	0.30 - 0.50
	Subbases modificadas con cemento	0.10 - 0.30
Capas granulares	Con CBR > 20	0.10 - 0.30

Determinación del Espesor Requerido para Tráfico Futuro (Tf): Empleando la gráfica del I.A. de Full Depth (A-1), para diseño de pavimentos nuevos y con el módulo de la subrasante obtenido mediante ensayos de laboratorio.

De acuerdo al diseño de pavimentos se tiene:

**Tabla 2.18a Pavimento Flexible (10 a 20 años) - Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Sur Norte (Calzada Derecha)**

Sector de Diseño		Long. (km.)	Refuerzo (cm.)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	8.0
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	8.0
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	8.0
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	8.0

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes

**Tabla 2.18b Pavimento Flexible (10 a 20 años) - Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Norte Sur (Calzada Izquierda)**

Sectores de Diseño		Long. (km.)	Refuerzo (cm.)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	8.5
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	9.0
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	7.5
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	8.0

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes

**b) Diseño de Pavimento para 20 años (Ejecución en una etapa)**

La estructura de pavimento flexible proyectado se detalla en la siguiente tabla para cada sector, para lo cual se ha considerado los parámetros previamente asignados:

**Tabla 2.19a Pavimento Flexible (0 a 20 años) – Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Sur Norte (Calzada Derecha)**

					Espesores Proyectados	
Sectores de Diseño	Long. (km.)	Año 20 (2041)	Mr (psi)	MAC (cm.)	Base (cm.)	
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	6.70E+07	10375	42.5	30.0
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	5.04E+07	10375	42.5	30.0
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	5.41E+07	10375	42.5	30.0
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	2.89E+07	10375	40.0	30.0

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

**Tabla 2.19b Pavimento Flexible (0 a 20 años) – Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) –  
Norte Sur (Calzada Izquierda)**

Sectores de Diseño		Long. (km.)	Año 20 (2041)	Mr (psi)	Espesores Proyectados	
					MAC (cm.)	Base (cm.)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	1.06E+08	8749	42.5	30.0
02	La Marina (km. 01+030)- Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	8.63E+06	8749	32.5	30.0
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	3.52E+07	8749	42.5	30.0
04	Av. Argentina (km. 02+900)- Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	4.31E+07	8749	42.5	30.0

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

## **2.5. Mantenimiento Rutinario y Periódico (Pavimento Flexible)**

### **Mantenimiento Rutinario del Pavimento Flexible (Superficie de Rodadura Carpeta Asfáltica en Caliente)**

Consiste en el conjunto de servicios de reparación localizados en el pavimento, limpieza y remoción de escombros.

Además de las reparaciones localizadas, la conservación rutinaria cumple con la función de mantener la superficie de pavimento limpia, a través de la remoción de basura, material y escombros, lo que es esencial tanto para la seguridad vial como para evitar obstrucciones en las estructuras de drenaje.

Debemos indicar que las actividades de conservación rutinaria del pavimento, tiene como objetivo intervenir en forma oportuna sobre las fallas detectadas en la evaluación de los pavimentos durante el periodo de vida útil, estas actividades conforme al Manual de Carreteras – Mantenimiento o Conservación Vial (aprobado con resolución RD N° 08-2014-MTC/14 (27.03.2014)) son:

- Sellado de fisuras y grietas en calzada.
- Sellado de fisuras y grietas en bermas.
- Parchado superficial en calzada.
- Parchado profundo en calzada.
- Parchado superficial de bermas con tratamiento asfáltico.
- Parchado profundo de bermas con tratamiento asfáltico.

### **Mantenimiento Periódico del Pavimento Flexible (Superficie de Rodadura Carpeta Asfáltica en Caliente)**

El mantenimiento periódico consiste en las actividades destinadas a la preservación de la integridad estructural y calidad de la superficie de rodadura, Es decir, se trata de la ejecución de actividades de mantenimiento preventivo (preservación de las cualidades características de la estructura del pavimento).

Por tanto, las actividades de mantenimiento periódico deben tener la finalidad de:

Asegurar la prolongación de la vida útil del pavimento.

Mantener los requisitos mínimos de comodidad y seguridad ofrecidos por la vía a los usuarios en las velocidades de operación.

Garantizar que los costos operacionales de los vehículos y el tiempo de viaje están siempre dentro de los niveles aceptables y compatibles con las inversiones realizadas.

Por lo tanto, el mantenimiento periódico deberá corregir los defectos que pueda tener la vía, con el objetivo de alcanzar un grado de serviciabilidad adecuado durante un periodo de tiempo

prolongado que justifique la inversión requerida. Las actividades de conservación periódica conforme al Manual de Carreteras – Mantenimiento o Conservación Vial (aprobado con resolución RD N° 08-2014-MTC/14 (27.03.2014)) son:

Sellos asfálticos.

- Recapeos asfálticos.
- Fresado de Carpeta asfáltica.
- Microfresado de Carpeta asfáltica.
- Nivelación de bermas con mezcla asfáltica.

## 2.6. Diseño de Pavimento Rígido – Método AASHTO 93 - Vías Auxiliares a Nivel en el Eje Principal (Av. Santa Rosa: Av. La paz km. 00+130 – Av. E. Meigss km. 03+338)

El diseño de pavimento se realizó siguiendo la metodología American Association of State Highway and transportation Officials (AASHTO), la cual establece que la estructura de un pavimento debe satisfacer un determinado espesor de capa de Concreto de Cemento Portland, en función de:

- El tráfico que transcurrirá por la vía, durante un determinado número de años (período de diseño);
- La resistencia del suelo que soportará al pavimento, expresado como módulo de reacción; y
- Los niveles de serviciabilidad deseados para la vía, tanto al inicio como al final de su vida de servicio.

Adicionalmente, debe considerarse determinados parámetros estadísticos, que funcionan como factores de seguridad, garantizando que la solución obtenida cumple con un determinado nivel de confianza.

### 2.6.1. Cálculo de Espesores Requerido

Para el cálculo del espesor de losa requerido el Método AASHTO proporciona la siguiente expresión:

$$\log(N18) = Z_R * S_0 + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left[\frac{PPS}{4.5 - 1.5}\right]}{1 + \frac{1.624 * 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32p_t) * \log\left[\frac{S'_c * C_d [D^{0.75} - 1.132]}{215.63 * J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}}\right]}\right]$$

Dónde:

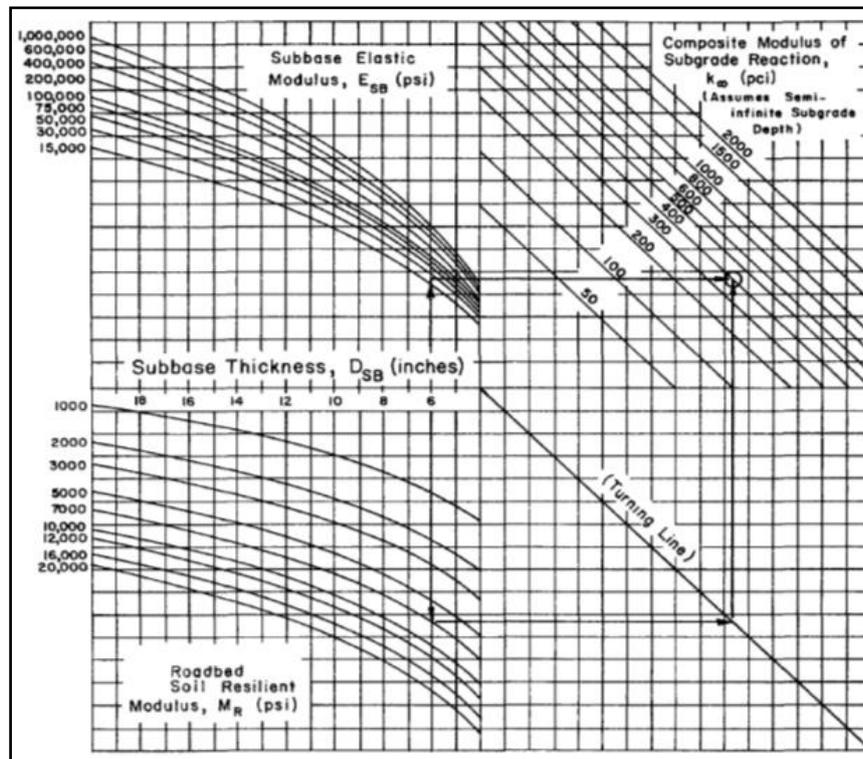
- N18 : Número Total de Ejes Equivalentes, para el período de diseño.
- Ec : Módulo de elasticidad del concreto
- S'c : Módulo de rotura del concreto
- Cd : Coeficiente de drenaje
- J : Factor de transferencia de carga
- Pi : Serviciabilidad inicial.
- Pt : Serviciabilidad final.
- D : Espesor requerido según diseño
- k : Módulo de Reacción de la subrasante.
- Zr : Desviación Standard Normal
- So : Desviación Standard Total

En los siguientes ítems detallaremos los parámetros de diseño asumidos para el presente diseño de pavimento.

### 2.6.2. Características de la Subrasante

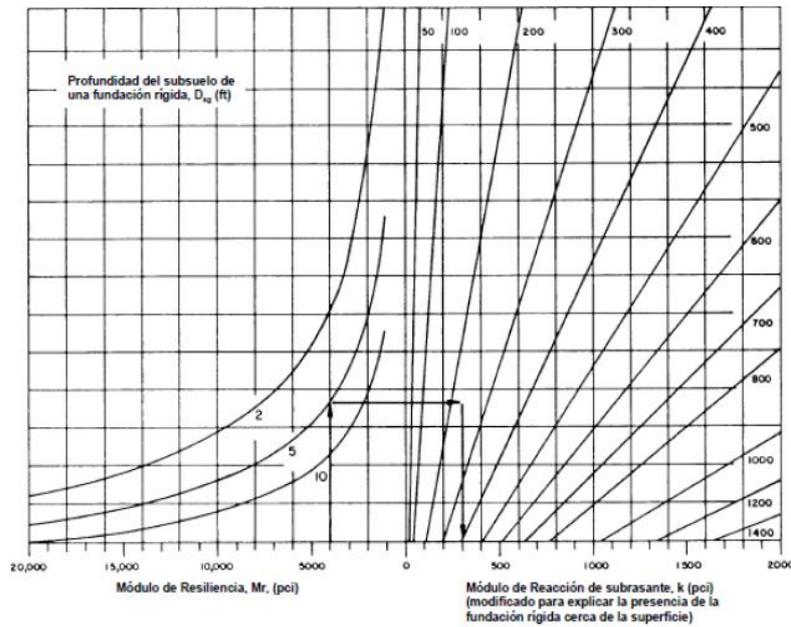
De acuerdo al método AASHTO, para caracterizar la capacidad de soporte del suelo, se emplea el Módulo de Reacción de la Subrasante ( $K$ ) y Módulo Elástico o Módulo Resiliente ( $MR$ ).

Los valores de módulo de reacción se han calculado en base a los valores de CBR utilizando los ábacos de la AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES - 1993 Part II: Pavement Design Procedures for New Construcción or Reconstruction, que a continuación se muestran:



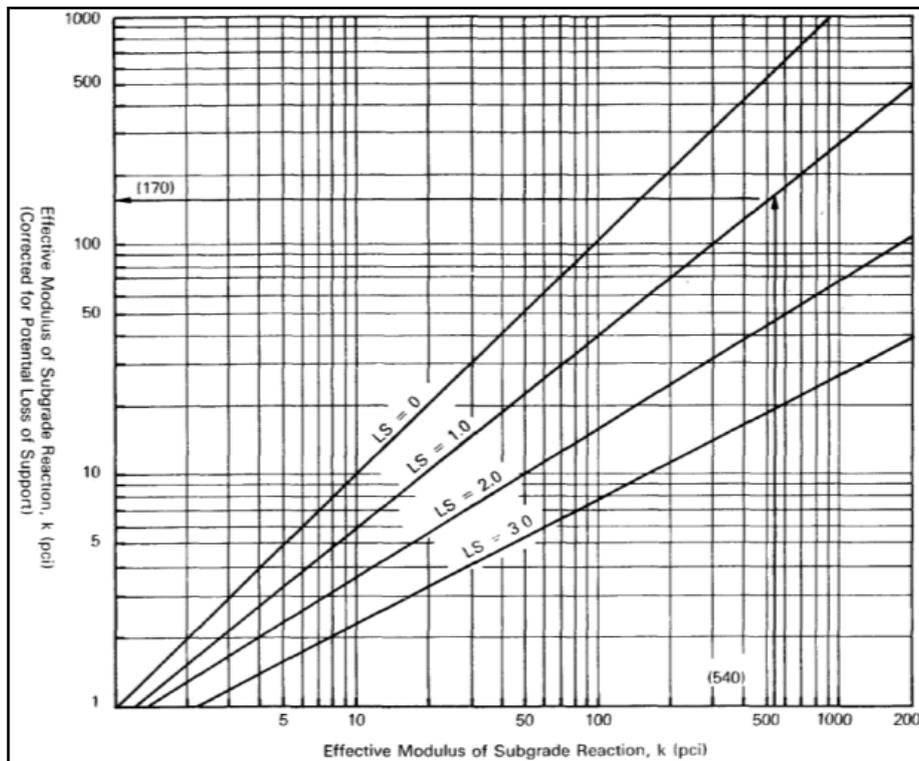
Fuente: AASHTO guide for design of pavements structures - 1993, Part II: Pavement Design Procedures for New Constructions or Reconstruction

En caso que el valor de  $k$  incluya el efecto de la fundación rígida cerca de la superficie, si esta se encuentra a menos de 3 m de profundidad. Esto se hace con el ábaco que a continuación se presenta:



Abaco para Modificar el Módulo de la Subrasante para Considerar Capa Rígida Cerca de la Superficie

Finalmente se debe ajustar el valor efectivo de  $k$  para tener en cuenta la pérdida de soporte de la sub base, LS por erosión. Este ajuste se hace por medio de la figura que se presenta a continuación:



Fuente: AASHTO guide for design of pavements structures - 1993, Part II: Pavement Design Procedures for New Constructions or Reconstruction

El cálculo del Módulo de Reacción se detalla en los anexos correspondientes.

### 2.6.3. ESALs de Diseño

De acuerdo al Estudio de Tráfico del presente proyecto, se tiene la siguiente tabla de proyección de ejes equivalentes para pavimentos rígidos, con un inicio de servicio en el año 2022:

**Tabla 2.20a ESALs - Calzada Derecha - Sur Norte**

Sectoros de Diseño		Long. (km.)	Año 20 (2041)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	6.70E+07
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	5.04E+07
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	5.41E+07
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	2.83E+07

Fuente: Estudio de Tráfico.

**Tabla 2.20b ESALs - Calzada Izquierda - Norte Sur**

Sectoros de Diseño		Long. (km.)	Año 20 (2041)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	1.06E+08
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	8.63E+06
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	3.52E+07
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	4.31E+07

Fuente: Estudio de Tráfico.

#### 2.6.4. Factores Hidrometeorológicos

Para determinar cómo afectan los factores hidrometeorológicos de la zona en el diseño de pavimento, se ha analizado la altitud, precipitación y temperaturas en el área de estudio.

#### 2.6.5. Calidad de los Materiales a emplearse

##### Módulo de Elasticidad del Concreto

El módulo de elasticidad del concreto se obtiene con la siguiente relación, según la AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES - 1993 (Part II: Design Requirements, 2.3.3 Pavement Layer Materials Caracterización):

$$E_c = 57,000 (f'_c)^{0.5}$$

Dónde:

$E_c$  = Módulo de elasticidad del concreto

$f'_c$  = Resistencia a la compresión del PCC (psi).

El módulo de rotura promedio a los 28 días se obtiene con la siguiente relación:

$$S'_c = 43.5 (E_c / 10^6) + 488.5$$

##### Coefficiente de transferencia de carga (J)

Para el presente proyecto se está proyectando utilizar pavimentos rígidos con mecanismos de transferencia de carga en las juntas, asumiendo bermas de asfalto. La guía AASHTO 93 recomienda valores de J de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 2.21 Coeficiente de Transmisión de Carga J**

Tipo de Berma	Granular o Asfáltica		Concreto Hidráulico	
	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)
Valores J	3.2	3.8 - 4.4	2.8	3.8

Fuente: Adaptado de AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES - 1993 (Part II: Design Requirements, 2.4. Pavement Structural Caracterización).

Conforme al cuadro anterior, considerando la utilización de dowels y asumiendo bermas de concreto de cemento portland se está adoptando un valor de 2.8 para J.

### Coeficiente de Drenaje (Cd)

La saturación de la estructura está en función de las características granulométricas de los componentes del pavimento y de la porosidad, así como del caudal de agua que pueda ingresar por precipitaciones fluviales, capilaridad o nivel freático.

Las siguientes tablas resumen el criterio aplicado para calificar la calidad del drenaje:

**Tabla 2.22 Calificación de la Calidad de Drenaje**

calidad del drenaje	tiempo de remoción del agua
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drena

Fuente: AASHTO guide for design of pavements structures

**Tabla 2.23 Valores de coeficiente de drenaje (m<sub>i</sub>)**

Calidad del drenaje	% del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximas a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Malo	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy malo	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: AASHTO guide for design of pavements structures

En base a las condiciones climáticas, y a las condiciones particulares donde se desarrolla el tramo en estudio, así como la habilidad de las capas granulares para drenar el agua; se estima que el tiempo de exposición de la estructura a nivel de humedad próxima a la saturación es entre 5% y 25%, considerando la calidad de drenaje bueno.

En base a estas estimaciones, considerando una capa de sub base granular para el diseño de pavimento rígido, se ha definido el coeficiente de drenaje para las capas de Sub Base m<sub>1</sub> = 1.0.

### 2.6.6. Aplicación del Método de Diseño AASHTO

El método AASHTO contempla el uso de ciertos parámetros relacionados con la confiabilidad del diseño y la serviciabilidad inicial y final del pavimento, para los cuales es necesario fijar valores. Los valores de los parámetros de diseño han sido asumidos siguiendo las recomendaciones de la Guía AASHTO 93. Por lo tanto se tiene:

#### **Nivel de Confiabilidad (R) y Standard Normal Deviate (ZR):**

La determinación de estos parámetros, se encuentran descritos en los ítems 3.3.5 Confiabilidad y 3.3.6 Coeficiente de Desviación Estándar ( $Z_r$ ). Para el presente diseño, de acuerdo a los TDR del proyecto, se está definiendo los siguientes parámetros: 90% de confiabilidad y -1.282 de coeficiente de desviación estándar, para un periodo de diseño de 0-20 años.

#### **Standard Deviation (So):**

Para el presente proyecto la Desviación estándar combinada” se adoptó: 0.35 de acuerdo a recomendaciones de la guía AASHTO.

#### **Módulo de Reacción de la Subrasante-k (pci):**

Cálculo de acuerdo los ábacos mencionados en el ítem 3.6.2 “Características de la subrasante”:

#### **Serviciabilidad inicial (pi) y Final (pt):**

El Índice de serviciabilidad Inicial ( $p_0$ ) es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción, para el presente proyecto adoptaremos el valor de  $p_0 = 4.5$ .

El Índice de serviciabilidad Final ( $p_t$ ), es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña, de acuerdo a los términos de referencia del estudio, la serviciabilidad final debe ser  $p_t = 2.5$ .

#### **Módulo de Elasticidad del Concreto (psi):**

La determinación de este parámetro, se encuentra descrito en el ítem 3.6.5 Calidad de los materiales a emplearse. Por lo que se asume un  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ , valor utilizado para el cálculo del Módulo de Elasticidad del Concreto.

#### **Coeficiente de Transferencia de Carga (J):**

La determinación de este parámetro, se encuentra descrito en el ítem 3.6.5 Calidad de los materiales a emplearse. Por lo que se adopta el valor de transferencia de carga de 2.8.

#### **Coeficiente de drenaje (Cd):**

La determinación de este parámetro, se encuentra descrito en el ítem 3.6.5 Calidad de los materiales a emplearse. Por lo que se adoptó un coeficiente de drenaje de 1.0.

### 2.6.7. Estructura de Pavimento proyectada

La estructura de pavimento rígido proyectado se detalla en la siguiente tabla, para lo cual se ha considerado los parámetros previamente asignados:

**Tabla 2.24a Pavimento Rígido (AASHTO 93) - Periodo 0 a 20 Años - Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Sur Norte (Calzada Derecha)**

Sector de Diseño						Espesores Proyectados	
						Long. (km.)	Año 20 (2041)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	6.70E+07	350	160	32.0	15.0
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	5.04E+07	350	160	30.0	15.0
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	5.41E+07	350	160	31.0	15.0
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	2.83E+07	350	160	28.0	15.0

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

**Tabla 2.24b Pavimento Rígido (AASHTO 93) - Periodo 0 a 20 Años - Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Norte Sur (Calzada Izquierda)**

Sector de Diseño						Espesores Proyectados	
						Long. (km.)	Año 20 (2041)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	1.06E+08	350	140	35.0	15.0

					<b>Espesores Proyectados</b>		
<b>Sectores de Diseño</b>		<b>Long. (km.)</b>	<b>Año 20 (2041)</b>	<b>F'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>K (psi)</b>	<b>Losa (cm.)</b>	<b>Sub Base (cm.)</b>
02	La Marina (km. 01+030)- Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	8.63E+06	350	140	23.0	15.0
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	3.52E+07	350	140	29.0	15.0
04	Av. Argentina (km. 02+900)- Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	4.31E+07	350	140	30.0	15.0

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

Adicionalmente se está considerando la colocación de 0.15 m. de material granular de Sub base previa a la colocación de la estructura de pavimento proyectado, conforme se observa en las tablas anteriores.

#### **2.6.8. Detalle de Juntas**

En los pavimentos de concreto, la junta es diseñada para formar un plano de debilidad para controlar la formación de grietas transversales y longitudinales, las juntas son necesarias para que no se formen grietas transversales intermedias o aleatorias.

Las juntas además son necesarias por las siguientes razones:

##### **Por requisitos de construcción**

Cuando tenemos la construcción varios carriles, generándose la juntas longitudinales. Además se presentan juntas por construcción transversales, cuando se suspenden las labores de colocación del concreto, bien sea por la finalización de la jornada laboral o por alguna interrupción no contemplada, tales como falta de materiales, averías de algún equipo, etc.

##### **Retracción del concreto**

La retracción lineal de un elemento de concreto es tanto mayor cuanto menor sea la relación entre su volumen y su área superficial; en el caso de losas de un pavimento esta relación es pequeña, debido al bajo espesor de ellas comparado con su superficie y, por lo tanto, se presenta una retracción longitudinal considerable.

##### **Dilatación térmica del concreto**

El aumento de temperatura en el concreto ocasiona, ausencia de restricciones, un incremento en su volumen, y por ser las losas del pavimento elemento de poco espesor en relación con su área superficial, este aumento de volumen es más notorio en su dimensión longitudinal.

##### **Aparición de fisuras**

Por alabeo tienen su origen cuando el concreto se ha endurecido, y se somete a los cambios climáticos diarios de las condiciones climáticas, entonces se inducen esfuerzos debido a los gradientes de humedad y temperatura.

Para minimizar el efecto de la dilatación térmica de las losas de concreto se han desarrollado las juntas de expansión, que son discontinuidades transversales en las losas, con una separación suficiente como para permitir el movimiento longitudinal de estas.

Para el presente diseño se está considerando losas con un ancho de 3.60 m. (ancho de carril en promedio) y 4.0 m. de longitud, contemplando además el uso de dispositivos de transmisión de carga.

#### **a) Juntas Transversales de Contracción**

El intervalo de juntas se diseña para evitar fisuras transversales intermedias. Usualmente, el espacio entre juntas no debe ser mayor a 24 veces el espesor de la losa. Es importante también mantener las losas lo más cuadradas posibles. El espaciamiento entre juntas transversales tampoco debe exceder en 1.25 al ancho de la losa.

Como ya se mencionó anteriormente el pavimento estará compuesto por losas de 4.0 m. de longitud, por lo que la separación de las juntas transversales de contracción estará dada por esta última medida.

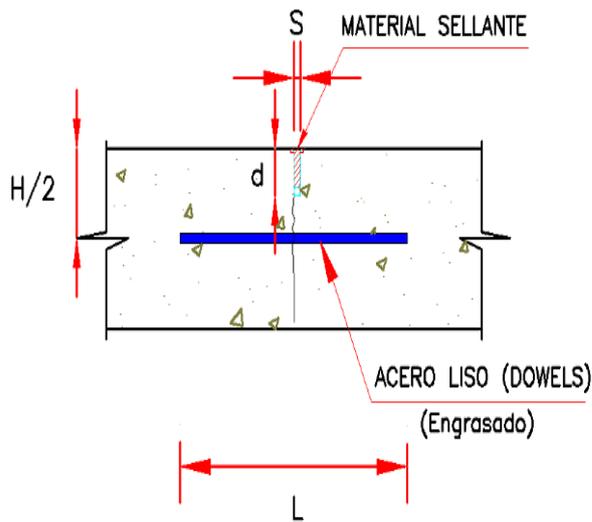
Para el diseño de las barras pasajuntas (Dowells), AASHTO recomienda usar barras de diámetro igual o mayor a 1/8 del espesor de la losa. La longitud de estas barras varía entre 25 a 50 cm.

Asimismo el Manual Peruano recomienda la disposición de los Dowells de acuerdo al siguiente cuadro:

**Tabla 2.25 Diámetros y Longitudes recomendados en Pasadores**

<b>Espesor de La Losa (mm.)</b>	<b>Diámetro (mm.) (pulg.)</b>		<b>Longitud (mm.)</b>	<b>Separación (mm.)</b>
150 – 200	25	1	410	300
200 – 300	32	1 1/4	460	300
300 - 430	38	1 1/2	510	300

Los espesores de losas proyectados son variables, tanto para la calzada derecha como para la calzada izquierda, en ese sentido, se tiene que la configuración de la junta transversal de contracción es como sigue:


**Espesor de Losa: 23 cm – 29 cm**

Acero liso Ø 1 1/4" @ 0.30 m.

 $L=46.0$  cm.

 $d = H/3$ 
 $S = 6$  mm.

**Espesor de Losa: 30 cm – 35 cm**

Acero liso Ø 1 1/2" @ 0.30 m.

 $L=51.0$  cm.

 $d = H/3$ 
 $S = 6$  mm.

Se recomienda embeber las barras pasajuntas con pintura epóxica para evitar la corrosión y posteriormente colocarles una capa muy delgada de grasa o aceite sucio para permitir su libre movimiento. Este antiadherente puede colocarse en la mitad de la barra o en toda la barra, recomendándose esta última opción para facilitar el deslizamiento de la barra. En caso de utilizar equipos de alto rendimiento con insertadotes automáticos de barras, las barras deben llevar un barniz antiadherente y de ninguna manera grasa o aceite sucio.

**b) Juntas Transversales de Construcción**

Cuando es posible, estas juntas deben ser construidas coincidiendo con una junta de contracción, en el caso de que esto no sea posible, su ubicación deberá ser dentro el tercio medio de la longitud de la losa y siempre en forma perpendicular a la línea central. Estas juntas, al igual que las transversales de contracción, requieren pasajuntas lisas para proporcionar la transferencia de carga necesaria, siguiendo todas las recomendaciones ya mencionadas en las juntas de transversales de contracción. Sólo en el caso de que la junta se localice en el tercio central de la losa y ya existan losas adyacentes se deberán colocar barras de acero corrugado, para evitar que esta junta se refleje en las losas adyacentes. Se recomienda que estas barras sean del mismo diámetro de las barras lisas.

**c) Juntas Transversales de Dilatación**

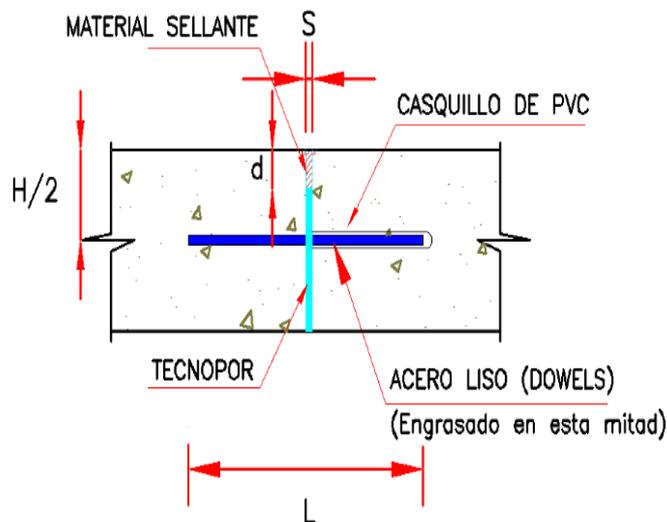
Son construidas para permitir el movimiento de las losas sin dañar pavimentos adyacentes, intersección de calles, estructuras de drenaje, puentes y otras estructuras fijas.

Debido a que estas juntas tienen una separación de 2 cm (3/4") o más, requieren la presencia de un material de relleno preformado, constituido por un material flexible, no extruible y no absorbente, cubriendo todo el ancho y espesor de la losa, por debajo de 2.5 cm o más debajo

de la superficie, finalmente se colocará el sello que deberá ser compatible con el relleno preformado.

Para las juntas de dilatación también se ha considerado las barras pasajuntas, las cuales estarán provistas en unos de sus extremos de un casquillo de pvc, que permitirán a éstas que se muevan libremente por expansión y contracción (extremo que deberá estar engrasado).

Por lo tanto se tiene la siguiente configuración para las juntas de dilatación:



**Espesor de Losa: 23 cm – 29 cm**

Acero liso  $\varnothing$  1 1/4" @ 0.30 m.

L=46.0 cm.

$d = H/3$

S = 20 mm.

**Espesor de Losa: 30 cm – 35 cm**

Acero liso  $\varnothing$  1 1/2" @ 0.30 m.

L=51.0 cm.

$d = H/3$

S = 20 mm.

#### d) Juntas Longitudinales

Son aquellas que van paralelas al eje central de la vía, controlan la fisuración y en algunos casos delinean las líneas de tráfico. Cuando se realiza el vaciado en una sola pasada de dos o más carriles, la transferencia de carga generalmente se produce por la trabazón mecánica de los agregados que se origina en la junta después del corte, sin embargo, se recomienda además el colocado de barras corrugadas.

Para el presente proyecto se está recomendando la disposición de las barras de amarre de acuerdo al cuadro siguiente del Manual Peruano:

**Tabla 3.26 Diámetros y Longitudes recomendados en Barras de Amarres**

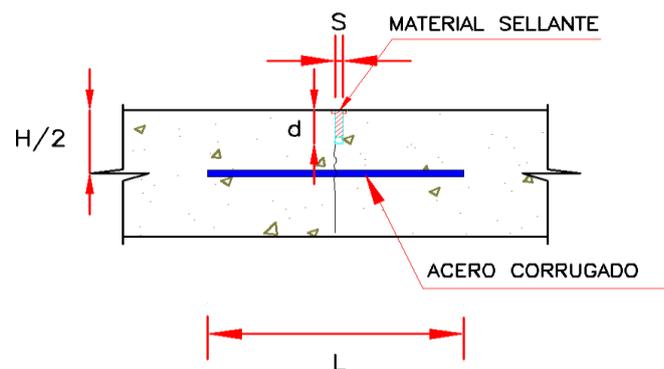
ESPESOR DE LOSA (MM)	TAMAÑO DE VARILLA (CM) DIAM. X LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 M	3.60 M
150	1.27 x 66	@ 76 cm	@ 76 cm
160	1.27 x 69	@ 76 cm	@ 76 cm
170	1.27 x 70	@ 76 cm	@ 76 cm
180	1.27 x 71	@ 76 cm	@ 76 cm
190	1.27 x 74	@ 76 cm	@ 76 cm
200	1.27 x 76	@ 76 cm	@ 76 cm
210	1.27 x 78	@ 76 cm	@ 76 cm
220	1.27 x 79	@ 76 cm	@ 76 cm
230	1.59 x 76	@ 91 cm	@ 91 cm
240	1.59 x 79	@ 91 cm	@ 91 cm
250	1.59 x 81	@ 91 cm	@ 91 cm
260	1.59 x 82	@ 91 cm	@ 91 cm
270	1.59 x 84	@ 91 cm	@ 91 cm
280	1.59 x 86	@ 91 cm	@ 91 cm
290	1.59 x 89	@ 91 cm	@ 91 cm
300	1.59 x 91	@ 91 cm	@ 91 cm

Por lo tanto, la configuración para las juntas longitudinales se definirá según los espesores de losa, de acuerdo a la tabla anterior:

**Espesor de Losa: 23 cm – 35 cm**

Acero corrugado 5/8" @ 0.91 m.

L=Variable de acuerdo a tabla 3.26.

 $d = H/3$ 
 $S = 6 \text{ mm.}$ 


## 2.7. Diseño de Pavimento Rígido – Método PCA - Vías Auxiliares a Nivel en el Eje Principal (Av. Santa Rosa: Av. La paz km. 00+130 – Av. E. Meigss km. 03+338)

De acuerdo a los TDR, y a manera de referencia, se efectuó un diseño comparativo de pavimento rígido empleando la Metodología de la Portland Cement Association (PCA) de los Estados Unidos de América. En este método, se pretende obtener espesores mínimos de pavimento proyectado, lo que se traducirá a costos de inversión óptimos.

### 2.7.1. Consideraciones Básicas

- a) El grado de transferencia de carga proporcionado por las juntas transversales.
- b) El efecto de usar bermas de concreto, adyacentes al pavimento las cuales reducen los esfuerzos a flexión y deflexiones producidas por las cargas de vehículos.
- c) El efecto de subir una Subbase de concreto pobre, reduciendo las deflexiones produciendo un mejor soporte.

### 2.7.2. Factores de Diseño (Resumen)

El método considera en resumen los siguientes factores de diseño:

- Resistencia a la flexión del concreto (Módulo de rotura)
- Resistencia de la subrasante o del conjunto de ella
- Los tipos de magnitudes y frecuencia de cargas por eje

### 2.7.3. Estructura de Pavimento Proyectada

La estructura de pavimento rígido proyectado se detalla en el siguiente cuadro para cada sector, para lo cual se ha considerado los parámetros previamente asignados:

**Tabla 2.27a Pavimento Rígido (AASHTO 93) - Periodo 0 a 20 Años - Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Sur Norte (Calzada Derecha)**

Sectores de Diseño					Espesores Proyectados al año 20 (2041)	
					Long. (km.)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	350	225	33.0	15.0
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	350	225	33.0	15.0

					<b>Espesores Proyectados al año 20 (2041)</b>	
<b>Sectores de Diseño</b>		<b>Long. (km.)</b>	<b>F'c (kg/cm2)</b>	<b>K (psi)</b>	<b>Losa (cm.)</b>	<b>Base (cm.)</b>
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	350	225	33.0	15.0
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	350	225	31.0	15.0

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

**Tabla 2.27b Pavimento Rígido (AASHTO 93) - Periodo 0 a 20 Años - Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Norte Sur (Calzada Izquierda)**

					<b>Espesores Proyectados al año 20 (2041)</b>	
<b>Sectores de Diseño</b>		<b>Long. (km.)</b>	<b>F'c (kg/cm2)</b>	<b>K (psi)</b>	<b>Losa (cm.)</b>	<b>Sub Base (cm.)</b>
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	350	201	36.0	15.0
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	350	201	26.0	15.0
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	350	201	31.0	15.0
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	350	201	31.0	15.0

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

Adicionalmente se está considerando la colocación de 0.15 m. de material granular de Sub base previa a la colocación de la estructura de pavimento proyectado, conforme se observa en las tablas anteriores.

#### 2.7.4. Detalle de Juntas

La disposición de paños y juntas asumidas, son las mismas que se desarrollas en el ítem 3.6.8 Detalle de Juntas.

## **2.8. Mantenimiento Rutinario y Periódico (Pavimento Rígido)**

### **Mantenimiento Rutinario del Pavimento Rígido (Superficie de Rodadura Concreto de Cemento Portland)**

Consiste en el conjunto de servicios de reparación localizados en el pavimento, limpieza y remoción de escombros.

Además de las reparaciones localizadas, la conservación rutinaria cumple con la función de mantener la superficie de pavimento limpia, a través de la remoción de basura, material y escombros, lo que es esencial tanto para la seguridad vial como para evitar obstrucciones en las estructuras de drenaje.

Debemos indicar que las actividades de conservación rutinaria del pavimento, tiene como objetivo intervenir en forma oportuna sobre las fallas detectadas en la evaluación de los pavimentos durante el periodo de vida útil, estas actividades conforme al Manual de Carreteras – Mantenimiento o Conservación Vial (aprobado con resolución RD N° 08-2014-MTC/14 (27.03.2014)) son:

- Sellado de fisuras y grietas en calzada y berma.
- Reparación de losas de calzada y/o berma en espesor parcial.
- Bacheo de bermas de material granular.
- Nivelación de bermas de material granular.

### **Mantenimiento Periódico del Pavimento Rígido (Superficie de Rodadura Concreto de Cemento Portland)**

El mantenimiento periódico consiste en las actividades destinadas a la preservación de la integridad estructural y calidad de la superficie de rodadura, Es decir, se trata de la ejecución de actividades de mantenimiento preventivo (preservación de las cualidades características de la estructura del pavimento).

Por tanto, las actividades de mantenimiento periódico deben tener la finalidad de:

Asegurar la prolongación de la vida útil del pavimento.

Mantener los requisitos mínimos de comodidad y seguridad ofrecidos por la vía a los usuarios en las velocidades de operación.

Garantizar que los costos operacionales de los vehículos y el tiempo de viaje están siempre dentro de los niveles aceptables y compatibles con las inversiones realizadas.

Por lo tanto el mantenimiento periódico deberá corregir los defectos que pueda tener la vía, con el objetivo de alcanzar un grado de serviciabilidad adecuado durante un periodo de tiempo

prolongado que justifique la inversión requerida. Las actividades de conservación periódica conforme al Manual de Carreteras – Mantenimiento o Conservación Vial (aprobado con resolución RD N° 08-2014-MTC/14 (27.03.2014)) son:

- Resellado de juntas y sellado de grietas en calzada y berma.
- Reparación de losas de calzada y/o berma en espesor total.
- Colocación de barras de transferencia de cargas.
- Microfresado de losas en calzadas y bermas.
- Reemplazo de losas en calzada y bermas.
- Reemplazo de losas por pavimento flexible en calzada y bermas.

## 2.10. Diseño de Pavimento Flexible – Accesos a Viaducto e Intercambio Viales

Como se mencionó anteriormente, el Diseño Geométrico contempla el desarrollo de accesos al viaducto y vías auxiliares en tres intercambios viales en avenidas transversales a la avenida Santa Rosa, las cuales se desarrollan con zonas deprimidas (a desnivel). Configuración del diseño que se explica a mayor detalle en el ítem “Configuración del Proyecto (Diseño Geométrico)”, y en el anexo: “Plano de Planta General – Viaductos Av. Santa Rosa”.

Por lo tanto, se realizó el diseño de pavimento en las estructuras antes mencionadas, para lo cual nos basamos en la metodología AASHTO 93.

### a) Accesos a Viaductos

**Tabla 2.28 Acceso a Viaducto sentido Sur Norte (Lado Derecho): km. 00+000 (Av. La Marina) - km. 00+170 (Av. La Marina)**

		Espesores Projectados				
ESALs - Año 10 (2031)	Mr (psi)	MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real	Refuerzo (cm.)
6.72E+06	20809	9	15	17.5	3.18	5.0
		Espesores Projectados				
ESALs - Año 20 (2041)	Mr (psi)	MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real	
1.66E+07	20809	10	17.5	20.0	3.6	

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

Cabe mencionar, que se definió un CBR de diseño de 30%, debido a que los accesos se desarrollan en relleno (en promedio 4 m.). Asimismo, debido a que en los viaductos solo circularan vehículos menores, se está tomando el 25% del ESALs correspondiente al tramo perteneciente a: La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030) Sur Norte (Calzada Derecha).

**Tabla 2.29 Acceso a Viaducto sentido Norte Sur (Lado Izquierdo): km. 00+130 (Av. Santa Rosa) - km. 00+435 (Av. Santa Rosa).**

		Espesores Projectados				
ESALs - Año 10 (2031)	Mr (psi)	MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real	Refuerzo (cm.)
8.12E+06	20809	10	15	15	3.23	8.0
		Espesores Projectados				
ESALs - Año 20 (2041)	Mr (psi)	MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real	
2.63E+07	20809	10	20	22.5	3.86	

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

Cabe mencionar, que se definió un CBR de diseño de 30%, debido a que los accesos se desarrollan en relleno (en promedio 4 m.). Asimismo, debido a que en los viaductos solo circularan vehículos menores, se está tomando el 25% del ESALs correspondiente al tramo perteneciente a: La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030) Norte Sur (Calzada Izquierda).

**b) Intercambios Viales**

**Tabla 2.30 Intercambio vial en el Óvalo Colonial (Av. Santa Rosa con Av. Oscar Benavides/ex Colonial)**

Sector de Diseño	Año 10 (2031)	Mr (psi)	Espesores Propyectados				SN real	Refuerzo (cm.)
			MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real		
Vía a nivel 01: Auxiliar Callao (km. 00+000 – km. 00+326)	3.42E+04	8749	5	15	15	2.38	2.5	
Vía a nivel 02: Auxiliar Colonial – Lima/Costanera (km. 00+000 – km. 00+317)	1.08E+05	8749	5	15	15	2.38	2.5	
Vía a nivel 03: Auxiliar Colonial – Aeropuerto/Callao (km. 00+000 – km. 00+331)	2.99E+05	8749	6.5	15	15	2.64	6.0	
Vía a nivel 04: Auxiliar Costanera – Lima (km. 00+000 – km. 00+331)	2.44E+05	8749	6.5	15	15	2.64	3.0	
Vía a desnivel 05 (deprimido): Callao – Lima (km. 00+000 – km. 00+657)	1.13E+06	8749	7.5	17.5	22.5	3.3	4.0	
Vía a desnivel 06 (deprimido): Lima – Callao (km. 00+000 – km. 00+657)	1.30E+06	8749	7.5	17.5	22.5	3.3	6.0	

Sector de Diseño	Año 20 (2041)	Mr (psi)	Espesores Propyectados				SN real
			MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real	
Vía a nivel 01: Auxiliar Callao (km. 00+000 – km. 00+326)	8.68E+04	8749	5	15	15	2.38	
Vía a nivel 02: Auxiliar Colonial – Lima/Costanera (km. 00+000 – km. 00+317)	2.85E+05	8749	6.5	15	15	2.64	
Vía a nivel 03: Auxiliar Colonial – Aeropuerto/Callao (km. 00+000 – km. 00+331)	7.79E+05	8749	7.5	15	20	3.04	
Vía a nivel 04: Auxiliar Costanera – Lima (km. 00+000 – km. 00+331)	5.69E+05	8749	7.5	15	17.5	2.92	
Vía a desnivel 05 (deprimido): Callao – Lima (km. 00+000 – km. 00+657)	2.85E+06	8749	9.0	20	22.5	3.69	
Vía a desnivel 06 (deprimido): Lima – Callao (km. 00+000 – km. 00+657)	3.28E+06	8749	9.0	20	25	3.81	

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

Cabe mencionar, que se asumió el Módulo Resiliente de Diseño más conservador (entre calzada derecha y calzada izquierda). Asimismo, se está tomando los valores de ESALs del Estudio de Tráfico.

De igual manera, las vías 05 y 06 corresponden a la zona deprimida del paso a desnivel.

**Tabla 2.31 Intercambio vial Pérez Salmón (Av. Santa Rosa con Av. Comandante Pérez Salmón)**

Sectores de Diseño	Año 10 (2031)	Mr (psi)	Espesores Proyectados				Refuerzo (cm.)
			MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real	
Vía a nivel 01: Auxiliar Pérez Salmón – Aeropuerto – Callao/Costanera (km. 00+000 – km. 00+618)	3.02E+04	8749	5	15	15	2.38	2.50
Vía a nivel 02: Auxiliar Pérez Salmón – Lima/Costanera (km. 00+000 – km. 00+525)	7.55E+03	8749	5	15	15	2.38	2.50
Vía a desnivel (deprimido) 03: Lima - Callao (km. 00+000 – km. 00+546)	6.04E+04	8749	5	15	15	2.38	2.50
Vía a desnivel (deprimido) 04: Callao - Lima (km. 00+000 – km. 00+546)	7.20E+04	8749	5	15	15	2.38	2.50

Sectores de Diseño	Año 20 (2041)	Mr (psi)	Espesores Proyectados			
			MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real
Vía a nivel 01: Auxiliar Pérez Salmón – Aeropuerto – Callao/Costanera (km. 00+000 – km. 00+618)	8.11E+04	8749	5	15	15	2.38
Vía a nivel 02: Auxiliar Pérez Salmón – Lima/Costanera (km. 00+000 – km. 00+525)	2.03E+04	8749	5	15	15	2.38
Vía a desnivel (deprimido) 03: Lima - Callao (km. 00+000 – km. 00+546)	1.63E+05	8749	6.5	15	15	2.64
Vía a desnivel (deprimido) 04: Callao - Lima (km. 00+000 – km. 00+546)	1.83E+05	8749	6.5	15	15	2.64

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

Cabe mencionar, que se asumió el Módulo Resiliente de Diseño más conservador (entre calzada derecha y calzada izquierda). Asimismo, se está tomando los valores de ESALs del Estudio de Tráfico.

De igual manera, las vías 03 y 04 corresponden a la zona deprimida del paso a desnivel.

**Tabla 2.32 Intercambio vial en el Óvalo Argentina (Av. Santa Rosa con Av. Argentina)**

Sectores de Diseño	Año 10 (2031)	Mr (psi)	Espesores Proyectados				Refuerzo (cm.)
			MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real	
Vía a nivel 01: Auxiliar Argentina – Aeropuerto – Callao/Costanera (km. 00+440 – km. 00+712)	1.12E+06	8749	7.5	17.5	22.5	3.3	5.00
Vía a nivel 02: Auxiliar Argentina – Lima/Costanera (km. 00+440 – km. 00+712)	7.99E+05	8749	7.5	17.5	20	3.18	4.00
Vía a nivel 03: Auxiliar Argentina – Callao/Aeropuerto (km. 00+000 – km. 00+370)	4.26E+05	8749	6.5	15	20	2.87	4.00
Vía a nivel 04: Auxiliar Argentina – Costanera/Lima (km. 00+440 – km. 00+370)	2.55E+05	8749	6.5	15	15	2.64	4.00
Vía a desnivel (deprimido) 05: Lima - Callao (km. 00+000 – km. 00+712)	7.83E+06	8749	10	25	27.5	4.37	5.00
Vía a desnivel (deprimido) 06: Callao - Lima (km. 00+000 – km. 00+712)	8.61E+06	8749	10	25	27.5	4.37	5.00

Sectores de Diseño	Año 20 (2041)	Mr (psi)	Espesores Proyectados			
			MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real
Vía a nivel 01: Auxiliar Argentina – Aeropuerto – Callao/Costanera (km. 00+440 – km. 00+712)	3.02E+06	8749	9.0	20.0	25.0	3.81
Vía a nivel 02: Auxiliar Argentina – Lima/Costanera (km. 00+440 – km. 00+712)	2.16E+06	8749	9.0	17.5	22.5	3.55
Vía a nivel 03: Auxiliar Argentina – Callao/Aeropuerto (km. 00+000 – km. 00+370)	1.14E+06	8749	7.5	17.5	22.5	3.30
Vía a nivel 04: Auxiliar Argentina – Costanera/Lima (km. 00+440 – km. 00+370)	6.80E+05	8749	7.5	15.0	20.0	3.04
Vía a desnivel (deprimido) 05: Lima - Callao (km. 00+000 – km. 00+712)	1.97E+07	8749	10	30	32.5	4.88
Vía a desnivel (deprimido) 06: Callao - Lima (km. 00+000 – km. 00+712)	2.18E+07	8749	10	30	35	5.00

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

Cabe mencionar, que se asumió el Módulo Resiliente de Diseño más conservador (entre calzada derecha y calzada izquierda). Asimismo, se está tomando los valores de ESALs del Estudio de Tráfico.

De igual manera, las vías 05 y 06 corresponden a la zona deprimida del paso a desnivel.

### 2.11. Conclusiones y Recomendaciones

- Es el objetivo de este informe, considerando los términos de referencia, efectuar y analizar diferentes alternativas de estructuración de pavimento, en función de la capacidad de soporte de la subrasante, tráfico proyectado, condiciones ambientales, diseño geométrico, etc. Por lo tanto, se describe a continuación los resultados finales de las estructuras de pavimento proyectadas tanto para pavimento flexible como para pavimento rígido.
- En ese sentido, se ha proyectado estructuras de pavimento con la metodología AASHTO 93 e Instituto del Asfalto 1991 para el pavimento flexible, y las metodologías AASHTO 93 y PCA para el pavimento rígido. Seleccionándose los diseños bajo la metodología AASHTO para su análisis. Puesto que, por lo general las otras metodologías dan resultados más conservadores (como es el caso de este proyecto) y son tomadas como referencia, tal como lo indican los TDR del estudio.
- Para el caso de los ESALs proyectados, se ha tomado la información proporcionada por el Estudio de tráfico, las cuales se detallan en el presente informe (Tabla 3.1, 3.20a, y 3.20b).
- Es preciso mencionar, que de acuerdo al Diseño Geométrico, el proyecto se desarrolla en la avenida Santa Rosa, iniciando la intervención en la avenida la Paz (km. 00+130) y culminando en la avenida Enrique Meiggs (km. 03+338). Contempla en general el diseño de dos viaductos y vías auxiliares a nivel, en la avenida mencionada como eje principal. Asimismo, considera la proyección de tres intercambios viales en avenidas transversales a la avenida Santa Rosa, las cuales se desarrollan con zonas deprimidas (a desnivel). Configuración del diseño que se explica a mayor detalle en el ítem “Configuración del Proyecto (Diseño Geométrico)”, descripción que se contempla además en el anexo: “Plano de Planta General – Viaductos Av. Santa Rosa”.
- Por lo tanto, se tiene las siguientes estructuras proyectadas de pavimento flexible con carpeta asfáltica y capas granulares para un periodo de diseño de 20 años en dos etapas (0 a 10 años y 10 a 20 años), para las vías auxiliares nivel en el Eje Principal (Av. Santa Rosa: Av. La paz km. 00+130 – Av. E. Meiggs km. 03+338):

**Tabla 2.33a Pavimento Flexible (0 a 10 años) – Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Sur Norte (Calzada Derecha)**

					Espesores Proyectados			
Sectores de Diseño		Long. (km.)	Año 10 (2031)	Mr (psi)	MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	2.67E+07	10710	12	25.0	30.0	4.83

				<b>Espesores Proyectoados</b>				
<b>Sectores de Diseño</b>		<b>Long. (km.)</b>	<b>Año 10 (2031)</b>	<b>Mr (psi)</b>	<b>MAC (cm.)</b>	<b>Base (cm.)</b>	<b>Sub Base (cm.)</b>	<b>SN real</b>
02	La Marina (km. 01+030)- Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	1.80E+07	10710	10	25.0	30.0	4.49
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	1.76E+07	10710	10	25.0	30.0	4.49
04	Av. Argentina (km. 02+900)- Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	1.02E+07	10710	10	25.0	25.0	4.25

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

**Tabla 2.33b Pavimento Flexible (0 a 10 años) – Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Norte Sur (Calzada Izquierda)**

				<b>Espesores Proyectoados</b>				
<b>Sectores de Diseño</b>		<b>Long. (km.)</b>	<b>Año 10 (2031)</b>	<b>Mr (psi)</b>	<b>MAC (cm.)</b>	<b>Base (cm.)</b>	<b>Sub Base (cm.)</b>	<b>SN real</b>
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	3.22E+07	8749	12	25.0	37.5	5.18
02	La Marina (km. 01+030)- Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	2.43E+06	8749	9.0	20.0	22.5	3.69
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	1.30E+07	8749	10	25.0	32.5	4.61
04	Av. Argentina (km. 02+900)- Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	1.55E+07	8749	10	25.0	35.0	4.72

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

La ejecución en dos etapas, contempla la ejecución inmediata de un refuerzo consistente en una carpeta asfáltica sobre la calzada ya existente a los 10 años de servicio. Por lo que se recomienda para tener una implementación correcta de ésta etapa, una evaluación integral de pavimento (mínimo deflectometría, rugosidad IRI y relevamiento de fallas superficiales) a fin de verificar el nivel de degradación real del pavimento.

**Tabla 2.34a Pavimento Flexible (10 a 20 años) - Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Sur Norte (Calzada Derecha)**

Sectores de Diseño		Long. (km.)	Refuerzo (cm.)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	5.0
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	7.0
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	7.0
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	5.0

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

**Tabla 2.34b Pavimento Flexible (10 a 20 años) - Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Norte Sur (Calzada Izquierda)**

Sectores de Diseño		Long. (km.)	Refuerzo (cm.)
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	8.5
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	6.0
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	6.5
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	5.5

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

Se recomienda utilizar asfalto líquido MC-30 para la imprimación a ejecutar en las estructuras señalizadas en los cuadros anteriores.

Dado las condiciones de temperatura (temperatura media anual igual a 20.05 °C, ver anexo: Temperaturas SENAMHI), el diseño geométrico (que no presenta curvas cerradas, ni pendientes pronunciadas), el Consultor ha visto conveniente recomendar la utilización de cemento asfáltico convencional tipo PEN 60/70, lo cual concuerda con lo recomendado en las EG 2013 (ver tabla 3.10).

Para el caso de las bermas, el proyecto contempla proyectar la misma estructura de pavimento, de acuerdo al sector de diseño de pavimento correspondiente.

- Asimismo, se tiene las siguientes estructuras proyectadas de pavimento rígido con concreto de cemento portland para un periodo de diseño de 20, para las vías auxiliares nivel en el Eje Principal (Av. Santa Rosa: Av. La paz km. 00+130 – Av. E. Meigss km. 03+338):

**Tabla 2.35a Pavimento Rígido (AASHTO 93) - Periodo 0 a 20 Años - Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Sur Norte (Calzada Derecha)**

						<b>Espesores Proyectados</b>	
<b>Sectores de Diseño</b>		<b>Long. (km.)</b>	<b>Año 20 (2041)</b>	<b>F'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>K (psi)</b>	<b>Losa (cm.)</b>	<b>Base (cm.)</b>
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	6.70E+07	350	160	32.0	15.0
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	5.04E+07	350	160	30.0	15.0
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	5.41E+07	350	160	31.0	15.0
04	Av. Argentina (km. 02+900)-Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	2.83E+07	350	160	28.0	15.0

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

**Tabla 2.35b Pavimento Rígido (AASHTO 93) - Periodo 0 a 20 Años - Vías Auxiliares a Nivel (Av. Santa Rosa) – Norte Sur (Calzada Izquierda)**

						<b>Espesores Proyectados</b>	
<b>Sectores de Diseño</b>		<b>Long. (km.)</b>	<b>Año 20 (2041)</b>	<b>F'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>K (psi)</b>	<b>Losa (cm.)</b>	<b>Sub Base (cm.)</b>
01	La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030)	0.90	1.06E+08	350	140	35.0	15.0
02	La Marina (km. 01+030)-Benavides/ex Colonial (km. 02+140)	1.11	8.63E+06	350	140	23.0	15.0
03	Av. Benavides/ex Colonial (km. 02+140)-Av. Argentina (km. 02+900)	0.76	3.52E+07	350	140	29.0	15.0

						<b>Espesores Proyectados</b>	
<b>Sectores de Diseño</b>		<b>Long. (km.)</b>	<b>Año 20 (2041)</b>	<b>F'c (kg/cm2)</b>	<b>K (psi)</b>	<b>Losa (cm.)</b>	<b>Sub Base (cm.)</b>
04	Av. Argentina (km. 02+900)- Enrique Meigss (km. 03+338)	0.44	4.31E+07	350	140	30.0	15.0

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

Se está considerando la colocación de 0.15 m. de material granular de sub base previa a la colocación de la losa de concreto proyectada, conforme se observa en la tabla anterior. Cabe indicar, que las losas proyectadas se encuentran configuradas con un ancho de 3.60 m. y un largo de 4.0 m., las mismas que contemplan dispositivos de transferencias de carga el cual se detalla con otros aspectos técnicos en el ítem 3.6.8 Detalle de Juntas.

- Finalmente, la alternativa seleccionada (pavimento flexible o rígido) será resultado de la evaluación económica del proyecto.
- Como se mencionó anteriormente, el Diseño Geométrico contempla el desarrollo de accesos al viaducto y vías auxiliares en tres intercambios viales en avenidas transversales a la avenida Santa Rosa, las cuales se desarrollan con zonas deprimidas (a desnivel). Configuración del diseño que se explica a mayor detalle en el ítem “Configuración del Proyecto (Diseño Geométrico)”, y en el anexo: “Plano de Planta General – Viaductos Av. Santa Rosa”. Por lo tanto, se realizó el diseño de pavimento en las estructuras antes mencionadas, para lo cual nos basamos en la metodología AASHTO 93.

**a) Accesos a Viaductos**

**Tabla 2.36 Acceso a Viaducto sentido Sur Norte (Lado Derecho): km. 00+000 (Av. La Marina) - km. 00+170 (Av. La Marina)**

		<b>Espesores Proyectados</b>			
<b>ESALs - Año 10 (2031)</b>	<b>Mr (psi)</b>	<b>MAC (cm.)</b>	<b>Base (cm.)</b>	<b>Sub Base (cm.)</b>	<b>SN real</b>
6.72E+06	20809	9.0	15.0	17.5	3.18

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

Cabe mencionar, que se definió un CBR de diseño de 30%, debido a que los accesos se desarrollan en relleno (en promedio 4 m.). Asimismo, debido a que en los viaductos solo circularan vehículos menores, se está tomando el 25% del ESALs correspondiente al tramo perteneciente a: La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030) Sur Norte (Calzada Derecha).

**Tabla 2.37 Acceso a Viaducto sentido Norte Sur (Lado Izquierdo): km. 00+130 (Av. Santa Rosa) - km. 00+435 (Av. Santa Rosa).**

ESALs - Año 10 (2031)	Mr (psi)	Espesores proyectados			
		MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real
8.12E+06	20809	10.0	15.0	15.0	3.23

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

Cabe mencionar, que se definió un CBR de diseño de 30%, debido a que los accesos se desarrollan en relleno (en promedio 4 m.). Asimismo, debido a que en los viaductos solo circularan vehículos menores, se está tomando el 25% del ESALs correspondiente al tramo perteneciente a: La Paz (km. 00+130)-La Marina (km. 01+030) Norte Sur (Calzada Izquierda).

**b) Intercambios Viales**

**Tabla 2.38 Intercambio vial en el Óvalo Colonial (Av. Santa Rosa con Av. Oscar Benavides/ex Colonial)**

Sector de Diseño	Año 10 (2031)	Mr (psi)	Espesores proyectados			
			MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real
Vía a nivel 01: Auxiliar Callao (km. 00+000 – km. 00+326)	3.42E+04	8749	5.0	15.0	15.0	2.38
Vía a nivel 02: Auxiliar Colonial – Lima/Costanera (km. 00+000 – km. 00+317)	1.08E+05	8749	5.0	15.0	15.0	2.38
Vía a nivel 03: Auxiliar Colonial – Aeropuerto/Callao (km. 00+000 – km. 00+331)	2.99E+05	8749	6.5	15.0	15.0	2.64
Vía a nivel 04: Auxiliar Costanera – Lima (km. 00+000 – km. 00+331)	2.44E+05	8749	6.5	15.0	15.0	2.64
Vía a desnivel 05 (deprimido): Callao – Lima (km. 00+000 – km. 00+657)	1.13E+06	8749	7.5	17.5	22.5	3.30
Vía a desnivel 06 (deprimido): Lima – Callao (km. 00+000 – km. 00+657)	1.30E+06	8749	7.5	17.5	22.5	3.30

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

Cabe mencionar, que se asumió el Módulo Resiliente de Diseño más conservador (entre calzada derecha y calzada izquierda). Asimismo, se está tomando los valores de ESALs del Estudio de Tráfico.

De igual manera, las vías 05 y 06 corresponden a la zona deprimida del paso a desnivel.

**Tabla 2.39 Intercambio vial Pérez Salmón (Av. Santa Rosa con Av. Comandante Pérez Salmón)**

Sector de Diseño	Año 10 (2031)	Mr (psi)	Espesores Proyectados			
			MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real
Vía a nivel 01: Auxiliar Pérez Salmón – Aeropuerto – Callao/Costanera (km. 00+000 – km. 00+618)	3.02E+04	8749	5.0	15.0	15.0	2.38
Vía a nivel 02: Auxiliar Pérez Salmón – Lima/Costanera (km. 00+000 – km. 00+525)	7.55E+03	8749	5.0	15.0	15.0	2.38
Vía a desnivel (deprimido) 03: Lima - Callao (km. 00+000 – km. 00+546)	6.04E+04	8749	5.0	15.0	15.0	2.38
Vía a desnivel (deprimido) 04: Callao - Lima (km. 00+000 – km. 00+546)	7.20E+04	8749	5.0	15.0	15.0	2.38

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

Cabe mencionar, que se asumió el Módulo Resiliente de Diseño más conservador (entre calzada derecha y calzada izquierda). Asimismo, se está tomando los valores de ESALs del Estudio de Tráfico.

De igual manera, las vías 03 y 04 corresponden a la zona deprimida del paso a desnivel.

**Tabla 2.40 Intercambio vial en el Óvalo Argentina (Av. Santa Rosa con Av. Argentina)**

Sectores de Diseño	Año 10 (2031)	Mr (psi)	Espesores Proyectados			
			MAC (cm.)	Base (cm.)	Sub Base (cm.)	SN real
Vía a nivel 01: Auxiliar Argentina – Aeropuerto – Callao/Costanera (km. 00+440 – km. 00+712)	1.12E+06	8749	7.5	17.5	22.5	3.30
Vía a nivel 02: Auxiliar Argentina – Lima/Costanera (km. 00+440 – km. 00+712)	7.99E+05	8749	7.5	17.5	20.0	3.18
Vía a nivel 03: Auxiliar Argentina – Callao/Aeropuerto (km. 00+000 – km. 00+370)	4.26E+05	8749	6.5	15.0	20.0	2.87
Vía a nivel 04: Auxiliar Argentina – Costanera/Lima (km. 00+440 – km. 00+370)	2.55E+05	8749	6.5	15.0	15.0	2.64
Vía a desnivel (deprimido) 05: Lima - Callao (km. 00+000 – km. 00+712)	7.83E+06	8749	10.0	25.0	27.5	4.37
Vía a desnivel (deprimido) 06: Callao - Lima (km. 00+000 – km. 00+712)	8.61E+06	8749	10.0	25.0	27.5	4.37

Las salidas electrónicas de los espesores calculados se detallan en los anexos correspondientes.

Cabe mencionar, que se asumió el Módulo Resiliente de Diseño más conservador (entre calzada derecha y calzada izquierda). Asimismo, se está tomando los valores de ESALs del Estudio de Tráfico.

De igual manera, las vías 05 y 06 corresponden a la zona deprimida del paso a desnivel.

# ANEXOS

# SUELO MEJORADO

# DISEÑO DE PAVIMENTO

# CÁLCULO AASTHO

# **DISEÑO DE PAVIMENTO AUX. NIVEL**

- AASHTO FLEXIBLE**
- IA FLEXIBLE**
- AASHTO RÍGIDO**
- PCA RÍGIDO**

# DISEÑO DE PAVIMENTO AUX. NIVEL

- AASHTO FLEXIBLE

# DISEÑO DE PAVIMENTO AUX. NIVEL

- AI FLEXIBLE

# DISEÑO DE PAVIMENTO AUX. NIVEL

- AASHTO RÍGIDO

# DISEÑO DE PAVIMENTO AUX. NIVEL

- PCA RÍGIDO

# DISEÑO DE PAVIMENTO ACCESO VIADUCTO

# **DISEÑO DE PAVIMENTO INTERCAMBIOS**

- OV. COLONIAL**
- P. SALOMON**
- OV. ARGENTINA**

# DISEÑO DE PAVIMENTO INTERCAMBIOS

- OV. COLONIAL

# DISEÑO DE PAVIMENTO INTERCAMBIOS

- P. SALOMON

# **DISEÑO DE PAVIMENTO INTERCAMBIOS**

**-OV. ARGENTINA**

# SENAMHI

# PLANO DE JUNTAS

# PLANO DE INTERSECCIONES

# PERFIL ESTRATIGRÁFICO

# ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS