MEJORAMIENTO DE VÍA TERCIARIA QUE INTERCOMUNICA A LOS CORREGIMIENTOS DE JARAQUIEL (MARGEN OCCIDENTAL), MARTINICA Y LETICIA, DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

SOPORTE GEOTÉCNICO S.A.S.

El original y las copias del presente estudio han sido entregados a las siguientes dependencias:

DEPENDENCIA	***ORIGINAL***	***COPIA***

Firma		
Cargo	ESPECIALISTA EN GEOTECNIA	
NOMBRE	DIEGO REYES	
Mat. Profesional	25202-75597 CND	
2.0 Versión 20/02/23 Fecha		

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 4
2 OBJETIVOS Y ALCANCE 5
2.1 OBJETIVO GENERAL 5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5
3 NORMATIVIDAD EMPLEADA EN LOS ESTUDIOS 6
4 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 7
5 TRABAJOS DE CAMPO 9
5.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 9
6 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO 12
6.1 ENSAYOS DE CAMPO 12
6.2 ENSAYOS DE LABORATORIO 13
7 ANÁLISIS DE TRÁNSITO 26
8 DISEÑO DE PAVIMENTOS 29
8.1 MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE 29
8.2 MÓDULO COMBINADO DE SUBRASANTE 29
8.3 ESPESORES DE DISEÑO DE PAVIMENTOS 31
9 SECCIONES TRANSVERSALES 38
10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 39
10.1 RECOMENDACIONES 40
10.2 RECOMENDACIONES DEL RELLENO 41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Localización de apiques realizados 9
Tabla 2. Estimación del CBR de subrasante mediante el PDC en cada apique realizado 13
Tabla 3 Tipos de ensayos de laboratorio realizados en los Estudios previos 13
Tabla 4. Resumen ensayos de laboratorio apiques realizados por el Ing. Rafael Méndez (2021) 14
Tabla 5. Resumen ensayos de laboratorio apiques 2022 19
Tabla 6. Resumen de resultados de ensayos de CBR inalterado para el proyecto 24
Tabla 7. Distribución vehicular Año 2021 26
Tabla 8. Distribución vehicular Año 2023 26

Tabla 9. Factor daño por tipo de vehículo 26
Tabla 10. Cálculo del número de ejes equivalentes de diseño 28
Tabla 11 Valores de $CBR_{promedio}$ para las pruebas realizadas en subrasante 29
Tabla 12 Cálculo del Módulo Combinado de Subrasante (Ivanov) 30
Tabla 13 Cálculo del Módulo Combinado de Subrasante (Ivanov) – Sector en Pedraplén K1+200 – K3+000 30
Tabla 14 Parámetros de Diseño para Capas Granulares sin tratar para el Método AASHTO 1993 34
Tabla 15 Espesores de pavimento para diseño 37
Tabla 16 Espesores de pavimento para construcción 39
Tabla 17 Especificaciones de Construcción 40
Tabla 18 Cuadro de requerimientos para mezclas asfálticas 41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del proyecto 7
Figura 2. Condiciones actuales de la vía 8
Figura 3. Cono Dinámico (PDC) 12
Figura 4. Correlación AASHTO del CBR con el coeficiente estructural a3 y el módulo E3 en subbases granulares 33
Figura 5. Correlación AASHTO del CBR con el coeficiente estructural a2 y el módulo E2 en bases granulares 34
Figura 6. Curva para la obtención del coeficiente estructural de la mezcla asfáltica densa 35
Figura 7. Cálculo de espesores de diseño de pavimento con la metodología AASHTO 1993 36
Figura 8. Sección transversal crítica 38
Figura 9. Sección de ampliación en terraplén 42

ANEXOS

ANEXO 1 – EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

1 INTRODUCCIÓN

Este documento reporta las actividades llevadas a cabo para realizar el Diseño de Pavimentos para el Mejoramiento y Mantenimiento de la VÍA TERCIARIA QUE INTERCOMUNICA A LOS CORREGIMIENTOS DE JARAQUIEL (MARGEN OCCIDENTAL), MARTINICA Y LETICIA, DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, esto con base en la información de tránsito disponible y con los resultados de la exploración geotécnica realizada para el proyecto.

Las actividades llevadas a cabo incluyeron:

- Revisión de Estudios Previos
- Ejecución de un Plan de Exploración Geotécnica
- Determinación del CBR de Diseño
- Estimación del Tránsito de Diseño a 10 años
- Diseño de Pavimentos con el Método AASHTO 1993

Los resultados permitieron establecer las recomendaciones de construcción pertinentes al proyecto.

2 OBJETIVOS Y ALCANCE

Se plantea un Objetivo General y varios Objetivos Específicos en el desarrollo del Estudio de Suelos para el Diseño de Pavimentos.

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la estructura de pavimento requerida para las obras contempladas en el proyecto "VÍA TERCIARIA QUE INTERCOMUNICA A LOS CORREGIMIENTOS DE JARAQUIEL (MARGEN OCCIDENTAL), MARTINICA Y LETICIA, DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA".

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Se prevé el desarrollo de los siguientes aspectos dentro del proyecto:

- Realizar la caracterización geotécnica para pavimentos de los suelos existentes en el corredor en estudio.
- Determinar el valor del Número de Ejes Equivalentes de 8.2 t para el diseño de la estructura de pavimento requerida.
- Plantear las recomendaciones constructivas necesarias para la construcción de los pavimentos diseñados.

En todos los casos son aplicables las Normas de Ensayo y las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías.

3 NORMATIVIDAD EMPLEADA EN LOS ESTUDIOS

Se consideraron los siguientes documentos:

1. “MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS EN VÍAS CON MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO”, elaborado por el Instituto Nacional de Vías, INVIAS (2015).
2. “NORMAS DE ENSAYO DE MATERIALES PARA CARRETERAS", elaboradas por el Instituto Nacional de Vías, INVIAS (2013).
3. “ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN PARA CARRETERAS” elaboradas por el Instituto Nacional de Vías, INVIAS (2013).

Esta información permitió definir, entre otros aspectos, las características que deberá tener la exploración geotécnica requerida, y los lineamientos para la ejecución de los análisis geotécnicos requeridos.

4 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto para el mejoramiento de la vía que une los corregimientos de Jaraquiel (Margen occidental), Martinica y Leticia del municipio de Montería, departamento de Córdoba, se encuentran localizada en la región norte del país. El tramo presenta una longitud de 22 km.

Figura 1. Localización del proyecto



De acuerdo con la información del proyecto, la vía se desarrolla en elevaciones variables entre los 18 m.s.n.m. y los 49 m.s.n.m., con mayores elevaciones hacia el final del tramo.

Con respecto de la información climática, el municipio de Montería tiene una temperatura promedio de 28°C, con precipitaciones anuales de 1,230 mm; el mes más seco suelo ser enero, con 3.3 mm, y el más lluvioso es septiembre, con 177 mm.

De acuerdo con el documento “INFORME TECNICO EJECUTIVO CORRESPONDIENTE A LA REVISION DE LOS ESTUDIOS HIDRAULICOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA TERCIARIA QUE COMUNICA A LOS CORREGIMIENTOS DE JARAQUIEL (MARGEN OCCIDENTAL), MARTINICA Y LETICIA, DEL MUNICIPIO DE MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA”, elaborado para el proyecto, se identifican las siguientes zonas de inundación en el proyecto:

- Zona 1: K1+360 – K7+080
- Zona 2: K16+960 – K20+600

El documento mencionado recomendó subir el nivel de rasante actual en 1.0 m en ambos casos, a fin de mantener la estructura de pavimento por encima de la lámina de agua esperada.

El estado de la vía actual no permite tener condiciones aptas para el tránsito, el cual circula sobre una capa de afirmado; durante las épocas de lluvias se presentan empozamientos debido al pobre desagüe longitudinal y transversal en el corredor vial.

Figura 2. Condiciones actuales de la vía.



La condición actual de la vía facilita la infiltración de aguas al terreno natural a través de las capas granulares superficiales, reduciendo la capacidad de soporte de los suelos naturales.

5 TRABAJOS DE CAMPO

Para el presente estudio se cuenta con una visita de inspección a la vía y con la ejecución de un programa de Exploración Geotécnico mediante apiques con ejecución de ensayos de Cono Dinámico (PDC) en subrasante.

5.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

El Consorcio Montajes Rural previó la ejecución de 22 apiques, con ensayos de Cono Dinámico (PDC), y recuperación de muestras de CBR en condición inalterada; en el deasarrollo de los Estudios Previos, desarrollados por el Ing. Rafael Méndes en el año 2021, se realizaron 75 apiques.

La ubicación de los apiques realizados por el Consorcio Montajes Rurales y por el Ing. Rafael Méndez se presenta a continuación:

Tabla 1. Localización de apiques realizados

PERFORACIÓN	ABSCISA	PROFUNDIDAD (m)
A1	K0+020	2.3
A2	K0+960	2.4
A3	K2+000	2.5
A4	K3+000	2.5
A5	K4+000	3.0
A6	K5+000	2.4
A7	K6+000	2.4
A8	K7+000	2.5
A9	K8+000	2.4
A10	K9+000	2.5
A11	K10+000	2.4
A12	K11+000	2.4
A13	K12+000	2.3
A14	K13+000	2.5
A15	K14+000	2.2
A16	K15+000	2.3
A17	K16+000	2.4
A18	K17+000	2.1
A19	K18+000	2.2
A20	K19+000	2.0
A21	K20+000	2.2
A22	K21+000	2.1
ESTUDIO GEOLÓGICO-	K0+000	1.5
	K0+250	1.5
	K0+500	1.5

PERFORACIÓN	ABSCISA	PROFUNDIDAD (m)
GEOTÉCNICO 2021	K0+750	1.5
	K1+000	1.5
	K1+250	1.5
	K1+500	1.5
	K1+750	1.5
	K2+000	1.5
	K2+250	1.5
	K2+500	1.5
	K2+750	1.5
	K3+000	1.5
	K3+250	1.5
	K3+500	1.5
	K3+750	1.5
	K4+000	1.5
	K4+250	1.5
	K4+500	1.5
	K4+750	1.5
	K5+000	1.5
	K5+250	1.5
	K5+500	1.5
	K5+750	1.5
	K6+000	1.5
	K6+250	1.5
	K6+500	1.5
	K6+750	1.5
	K7+000	1.5
	K7+250	1.5
	K7+500	1.5
	K7+750	1.5
	K8+000	1.5
	K8+250	1.5
	K8+500	1.5
	K8+750	1.5
	K9+000	1.5
	K9+250	1.5
	K9+500	1.5
	K9+750	1.5
	K10+000	1.5
	K10+250	1.5
	K10+500	1.5
	K10+750	1.5

PERFORACIÓN	ABSCISA	PROFUNDIDAD (m)
	K11+000	1.5
	K11+250	1.5
	K11+500	1.5
	K11+750	1.5
	K12+000	1.5
	K12+250	1.5
	K12+500	1.5
	K12+750	1.5
	K13+000	1.5
	K13+250	1.5
	K13+500	1.5
	K13+750	1.5
	K14+000	1.5
	K14+250	1.5
	K14+500	1.5
	K14+750	1.5
	K15+000	1.5
	K15+250	1.5
	K15+500	1.5
	K15+750	1.5
	K16+000	1.5
	K16+250	1.5
	K16+500	1.5
	K16+750	1.5
	K17+000	1.5
	K17+250	1.5
	K17+500	1.5
	K17+750	1.5
	K18+000	1.5
	K20+000	1.5
	K21+500	1.5

Se previó la recuperación de muestras de CBR inalterado para su caracterización en condiciones de humedad natural y luego de 96 horas de inmersión, con medición de expansión.

Los resultados de los trabajos de exploración geotécnica se incluyen en el Anexo 1 del presente Estudio.

6 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

La caracterización del terreno natural, desde el punto de vista de los parámetros de resistencia y deformación, se hizo por medio de ensayos de campo y de laboratorio, esto de acuerdo con los perfiles de exploración consultados en estudio previo y las perforaciones realizadas in-situ.

6.1 ENSAYOS DE CAMPO

Se previó la ejecución de ensayos de Penetración con el Cono Dinámico (PDC) para la caracterización de la subrasante; la prueba se ejecuta haciendo penetrar una varilla con longitud de 1,000 mm, con punta estándar, mediante la caída de una pesa de 20 kg sobre un manguito adherido a la varilla mencionada, registrando la profundidad que avanza con cada golpe.

Figura 3. Cono Dinámico (PDC)



Los registros de la prueba permiten establecer el Índice de Penetración, que es la razón entre el avance de varilla por cada golpes aplicado (mm/golpe); en el caso del presente proyecto se calculan todos los valore del Índice de Penetración (PDC) y se selecciona el menor para estimar el valor de CBR (%), esto de acuerdo con la expresión:

$$CBR\ (\%) = 292\ (PDC)^{-1.12}$$

Para el caso de la Vía Terciaria en estudio, los valores del Índice de Penetración y del CBR estimados a partir de la prueba son los siguientes:

Tabla 2. Estimación del CBR de subrasante mediante el PDC en cada apique realizado

APIQUE	ABSCISA	PDC (mm/golpe)	CBR (%)
A1	K0+000 - K0+020	100	1.68
A2	K0+020 - K0+960	90	1.89
A3	K0+960 - K2+000.	60	2.98
A4	K2+000 - K3+000.	90	1.89
A5	K3+000 - K4+000.	80	2.16
A6	K4+000 - K5+000.	110	1.51
A7	K5+000 - K6+000.	70	2.51
A8	K6+000 - K7+000.	60	2.98
A9	K7+000 - K8+000.	80	2.16
A10	K8+000 - K9+000.	110	1.51
A11	K9+000 - K10+000.	70	2.51
A12	K10+000 - K11+000.	80	2.16
A13	K11+000 - K12+000.	50	3.65
A14	K12+000 - K13+000.	60	2.98
A15	K13+000 - K14+000.	60	2.98
A17	K15+000 - K16+000.	70	2.51
A18	K16+000 - K17+000.	50	3.65
A19	K17+000 - K18+000.	60	2.98
A21	K19+000 - K20+000.	40	4.69
		$CBR_{promedio}$ (%)	**2.60**

Este resultado se compara con los de las pruebas de CBR inalterado para seleccionar el valor del CBR de diseño para el tramo.

6.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

La revisión de los Estudios muestra la ejecución de los siguientes tipos de ensayo de laboratorio para la caracterización del terreno:

Tabla 3 Tipos de ensayos de laboratorio realizados en los Estudios previos

Ensayo	Norma
Determinación del Contenido de Humedad	INV E-122
Gradación	INV E-123
Determinación del Límite Líquido	INV E-125
Determinación del Límite Plástico	INV E-126
Compresión inconfinada	INV E-152
Corte directo	INV E-154
CBR	INV E-148
CBR con penetrómetro dinámico de cono	INV E-172

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Los resultados de los ensayos de laboratorio son los siguientes:

Tabla 4. Resumen ensayos de laboratorio apiques realizados por el Ing. Rafael Méndez (2021)

PERFORACIÓN		PROFUNDIDAD(m)			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CLASIFICACION		TIPO DE SUELO	INDICES DE CONSISTENCIA					GRANULOMETRIA		
UBICACIÓN	M #	DESDE	HASTA	MEDIA		AASHTO	USCS		Wn %	LL %	LP %	IP %	IL %	Gravas %	Arenas %	Finos %
K0+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.8	NL	NP	NL-NP		55.00	33.00	12.00
K0+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7	29.0	18.0	11.0		18.00	40.00	42.00
K0+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4	NL	NP	NL-NP		45.00	38.00	17.00
K0+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7.2	32.0	17.0	15.0		25.00	34.00	41.00
K0+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5.3	NL	NP	NL-NP		42.00	40.00	18.00
K0+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	6.9	35.0	21.0	14.0		24.00	31.00	45.00
K0+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.7	NL	NP	NL-NP		50.00	33.00	17.00
K0+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	6.4	25.0	16.0	9.0		29.00	33.00	38.00
K1+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.2	NL	NP	NL-NP		54.00	31.00	15.00
K1+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8.2	29.0	19.0	10.0		27.00	33.00	40.00
K1+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	2.7	NL	NP	NL-NP		45.00	36.00	19.00
K1+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7.7	27.0	16.0	11.0		28.00	37.00	35.00
K1+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	6	NL	NP	NL-NP		49.00	35.00	16.00
K1+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7.5	30.0	15.0	15.0		24.00	37.00	39.00
K1+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5	NL	NP	NL-NP		45.00	43.00	12.00
K1+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	9	34.0	18.0	16.0		29.00	32.00	39.00
K2+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.1	NL	NP	NL-NP		56.00	26.00	18.00
K2+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8.6	36.0	21.0	15.0		20.00	39.00	41.00
K2+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	6.2	NL	NP	NL-NP		46.00	37.00	17.00
K2+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	5.4	39.0	14.0	25.0		19.00	44.00	37.00
K2+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.4	NL	NP	NL-NP		52.00	28.00	20.00
K2+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	9.1	22.0	12.0	10.0		26.00	38.00	36.00
K2+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5.4	NL	NP	NL-NP		40.00	39.00	21.00
K2+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8.1	25.0	14.0	11.0		25.00	35.00	40.00
K3+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5	NL	NP	NL-NP		47.00	39.00	14.00
K3+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7.2	24.0	15.0	9.0		23.0	36.00	41.00
K3+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.5	NL	NP	NL-NP		56.00	26.00	18.00
K3+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	6.5	31.0	20.0	11.0		30.00	32.00	38.00
K3+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.5	NL	NP	NL-NP		60.00	28.00	12.00

PERFORACIÓN		PROFUNDIDAD(m)			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CLASIFICACION		TIPO DE SUELO	INDICES DE CONSISTENCIA					GRANULOMETRIA		
UBICACIÓN	M #	DESDE	HASTA	MEDIA		AASHTO	USCS		Wn %	LL %	LP %	IP %	IL %	Gravas %	Arenas %	Finos %
K3+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	6.9	33.0	16.0	17.0		22.00	40.00	38.00
K3+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.5	NL	NP	NL-NP		64.00	21.00	15.00
K3+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	9	29.0	17.0	12.0		20.00	40.00	40.00
K4+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.5	NL	NP	NL-NP		59.00	23.00	18.00
K4+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8.5	34.0	20.0	14.0		24.00	28.00	48.00
K4+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.5	NL	NP	NL-NP		55.00	31.00	14.00
K4+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8.7	25.0	16.0	9.0		25.00	34.00	41.00
K4+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5.8	NL	NP	NL-NP		51.00	30.00	19.00
K4+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8.2	28.0	18.0	10.0		28.00	33.00	39.00
K4+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5.2	NL	NP	NL-NP		45.00	42.00	13.00
K4+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8.4	33.0	18.0	15.0		20.00	38.00	42.00
K5+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.4	NL	NP	NL-NP		49.00	36.00	15.00
K5+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7.5	35.0	20.0	15.0		18.0	46.00	36.00
K5+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	6.4	NL	NP	NL-NP		39.00	38.00	23.00
K5+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7.7	24.0	10.0	14.0		26.00	34.00	40.00
K5+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	2.5	NL	NP	NL-NP		67.00	21.00	12.00
K5+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7.9	26.0	17.0	9.0		22.00	39.00	39.00
K5+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.2	NL	NP	NL-NP		57.00	27.00	16.00
K5+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7.6	27.0	15.0	12.0		20.00	32.00	48.00
K6+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5	NL	NP	NL-NP		49.00	34.00	17.00
K6+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7.8	29.0	19.0	10.0		16.00	39.00	45.00
K6+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.9	NL	NP	NL-NP		56.00	28.00	16.00
K6+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	9	31.0	14.0	17.0		28.00	37.00	35.00
K6+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5	NL	NP	NL-NP		55.00	30.00	15.00
K6+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7.9	30.0	20.0	10.0		24.00	40.00	36.00
K6+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5.8	NL	NP	NL-NP		59.00	24.00	17.00
K6+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8.5	33.0	20.0	13.0		28.00	34.00	38.00
K7+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.9	NL	NP	NL-NP		54.00	29.00	17.00
K7+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8.5	27.0	14.0	13.0		25.00	42.00	33.00
K7+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5.9	NL	NP	NL-NP		44.00	37.00	19.00
K7+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7.6	29.0	18.0	11.0		20.00	39.00	41.00

PERFORACIÓN		PROFUNDIDAD(m)			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CLASIFICACION		TIPO DE SUELO	INDICES DE CONSISTENCIA					GRANULOMETRIA		
UBICACIÓN	M #	DESDE	HASTA	MEDIA		AASHTO	USCS		Wn %	LL %	LP %	IP %	IL %	Gravas %	Arenas %	Finos %
K7+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5.3	NL	NP	NL-NP		41.00	38.00	21.00
K7+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7.2	32.0	21.0	11.0		25.00	35.00	40.00
K7+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.6	NL	NP	NL-NP		50.00	32.00	18.00
K7+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	9.1	29.0	17.0	12.0		20.00	42.00	38.00
K8+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3	NL	NP	NL-NP		38.00	37.00	25.00
K8+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8.6	25.0	15.0	10.0		18.00	35.00	47.00
K8+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.5	NL	NP	NL-NP		49.00	37.00	14.00
K8+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8.8	33.0	16.0	17.0		23.00	37.00	40.00
K8+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4	NL	NP	NL-NP		55.00	30.00	15.00
K8+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7.55	27.0	14.0	13.0		27.00	38.00	35.00
K8+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.6	NL	NP	NL-NP		43.00	45.00	12.00
K8+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	6.9	24.0	15.0	9.0		24.00	32.00	44.00
K9+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.2	NL	NP	NL-NP		52.00	30.00	18.00
K9+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	10.2	31.0	21.0	10.0		20.00	48.00	32.00
K9+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.9	NL	NP	NL-NP		56.00	28.00	16.00
K9+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	10.5	35.0	18.0	17.0		25.00	34.00	41.00
K9+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5.2	NL	NP	NL-NP		41.00	47.00	12.00
K9+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	9.8	30.0	15.0	15.0		19.00	35.00	46.00
K9+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	2.9	NL	NP	NL-NP		44.00	43.00	13.00
K9+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	10.7	26.0	15.0	11.0		23.00	39.00	38.00
K10+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.2	NL	NP	NL-NP		50.00	38.00	12.00
K10+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7.3	28.0	16.0	12.0		26.00	41.00	33.00
K10+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.8	NL	NP	NL-NP		54.00	28.00	18.00
K10+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8.4	36.0	19.0	17.0		21.00	39.00	40.00
K10+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.5	NL	NP	NL-NP		56.00	27.00	17.00
K10+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8	32.0	16.0	16.0		29.00	35.00	36.00
K10+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4	NL	NP	NL-NP		53.00	30.00	17.00
K10+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	9.5	26.0	12.0	14.0		22.00	42.00	36.00
K11+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.5	NL	NP	NL-NP		51.00	36.00	13.00
K11+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8	23.0	19.0	4.0		22.00	33.00	45.00

PERFORACIÓN		PROFUNDIDAD(m)			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CLASIFICACION		TIPO DE SUELO	INDICES DE CONSISTENCIA					GRANULOMETRIA		
UBICACIÓN	M #	DESDE	HASTA	MEDIA		AASHTO	USCS		Wn %	LL %	LP %	IP %	IL %	Gravas %	Arenas %	Finos %
K11+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	2.7	NL	NP	NL-NP		58.00	26.00	16.00
K11+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	8.5	33.0	21.0	12.0		14.00	51.00	35.00
K11+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	1.7	NL	NP	NL-NP		47.00	34.00	19.00
K11+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	9	26.0	15.0	11.0		18.00	45.00	37.00
K11+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.5	NL	NP	NL-NP		50.00	29.00	21.00
K11+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	6.2	36.0	19.0	17.0		21.00	44.00	35.00
K12+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	2	NL	NP	NL-NP		53.00	32.00	15.00
K12+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arena arcillosa parda de baja plasticidad	A-4 (1)	SC	GRANULAR	7	29.0	18.0	11.0		17.00	43.00	40.00
K12+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.5	NL	NP	NL-NP		45.00	43.00	12.00
K12+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla arenosa parda de baja plasticidad	A-6 (12)	CL	FINO	11.2	35.0	20.0	15.0		9.00	9.00	82.00
K12+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	2.5	NL	NP	NL-NP		57.00	33.00	10.00
K12+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla arenosa parda de baja plasticidad	A-6 (13)	CL	FINO	14.1	40.0	23.0	17.0		8.00	17.00	75.00
K12+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.2	NL	NP	NL-NP		49.00	32.00	19.00
K12+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla arenosa parda de baja plasticidad	A-6 (12)	CL	FINO	12.2	38.0	20.0	18.0		10.00	19.00	71.00
K13+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.2	NL	NP	NL-NP		58.00	33.00	9.00
K13+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla arenosa parda de baja plasticidad	A-6 (11)	CL	FINO	10.1	29.0	15.0	14.0		5.00	10.00	85.00
K13+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.8	NL	NP	NL-NP		60.00	29.00	11.00
K13+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla arenosa parda de baja plasticidad	A-6 (14)	CL	FINO	12	41.0	22.0	19.0		10.00	15.00	75.00
K13+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	1.9	NL	NP	NL-NP		47.00	39.00	14.00
K13+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla arenosa parda de baja plasticidad	A-6 (15)	CL	FINO	15.2	43.0	27.0	16.0		4.00	14.00	82.00
K13+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.2	NL	NP	NL-NP		60.00	28.00	12.00
K13+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla arenosa parda de baja plasticidad	A-6 (13)	CL	FINO	9.8	39.0	20.0	19.0		7.00	21.00	72.00
K14+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.5	NL	NP	NL-NP		50.00	33.00	17.00
K14+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla arenosa parda de baja plasticidad	A-6 (11)	CL	FINO	13	33.0	18.0	15.0		6.00	15.00	79.00
K14+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.2	NL	NP	NL-NP		46.00	35.00	19.00
K14+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla arenosa parda de baja plasticidad	A-6 (11)	CL	FINO	15.5	39.0	15.0	24.0		3.00	14.00	83.00
K14+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5.5	NL	NP	NL-NP		53.00	26.00	21.00
K14+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla arenosa parda de baja plasticidad	A-6 (11)	CL	FINO	17	32.0	20.0	12.0		5.00	20.00	75.00
K14+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	6	NL	NP	NL-NP		47.00	38.00	15.00
K14+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla arenosa parda de baja plasticidad	A-6 (11)	CL	FINO	12	41.0	27.0	14.0		7.00	21.00	72.00

PERFORACIÓN		PROFUNDIDAD(m)			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CLASIFICACION		TIPO DE SUELO	INDICES DE CONSISTENCIA					GRANULOMETRIA		
UBICACIÓN	M #	DESDE	HASTA	MEDIA		AASHTO	USCS		Wn %	LL %	LP %	IP %	IL %	Gravas %	Arenas %	Finos %
K15+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3	NL	NP	NL-NP		44.00	38.00	18.00
K15+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla parda de alta plasticidad	A-7-6 (20)	CH	FINO	19	51.0	27.0	24.0		1.00	1.00	98.00
K15+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.2	NL	NP	NL-NP		49.00	36.00	15.00
K15+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla parda de alta plasticidad	A-7-6 (35)	CH	FINO	21	55.0	22.0	33.0		2.00	3.00	95.00
K15+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	2.5	NL	NP	NL-NP		40.00	37.00	23.00
K15+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla parda de alta plasticidad	A-7-6 (31)	CH	FINO	15	57.0	32.0	25.0		0.00	0.00	100.00
K15+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.8	NL	NP	NL-NP		47.00	28.00	25.00
K15+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla parda de alta plasticidad	A-7-6 (28)	CH	FINO	17	53.0	29.0	24.0		0.00	3.00	97.00
K16+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5	NL	NP	NL-NP		30.00	32.00	38.00
K16+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla parda de baja plasticidad con rastros de arena	A-6 (17)	CL	FINO	20	36.5	19.0	17.5		1.00	6.00	93.00
K16+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4.5	NL	NP	NL-NP		26.00	35.00	39.00
K16+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla parda de baja plasticidad con rastros de arena	A-6 (13)	CL	FINO	18	34.9	22.0	12.9		2.00	3.00	95.00
K16+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	6.5	NL	NP	NL-NP		28.00	32.00	40.00
K16+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla parda de baja plasticidad con rastros de arena	A-6 (21)	CL	FINO	22.5	39.0	16.0	23.0		3.00	6.00	91.00
K16+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5.5	NL	NP	NL-NP		30.00	34.00	36.00
K16+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla parda de baja plasticidad con rastros de arena	A-6 (15)	CL	FINO	21	38.0	23.0	15.0		0.00	5.00	95.00
K17+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	7	NL	NP	NL-NP		24.00	34.00	42.00
K17+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla parda de baja plasticidad con rastros de arena	A-6 (18)	CL	FINO	16.5	41.0	22.0	19.0		3.00	7.00	90.00
K17+250	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	6	NL	NP	NL-NP		31.00	34.00	35.00
K17+250	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla parda de baja plasticidad con rastros de arena	A-6 (17)	CL	FINO	18.5	34.5	17.0	17.5		0.00	3.00	97.00
K17+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3.5	NL	NP	NL-NP		25.00	35.00	40.00
K17+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla parda de baja plasticidad con rastros de arena	A-6 (16)	CL	FINO	22.5	42.0	27.0	15.0		3.00	4.00	93.00
K17+750	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	2	NL	NP	NL-NP		32.00	33.00	35.00

PERFORACIÓN		PROFUNDIDAD(m)			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CLASIFICACION		TIPO DE SUELO	INDICES DE CONSISTENCIA					GRANULOMETRIA		
UBICACIÓN	M #	DESDE	HASTA	MEDIA		AASHTO	USCS		Wn %	LL %	LP %	IP %	IL %	Gravas %	Arenas %	Finos %
K17+750	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla parda de baja plasticidad con rastros de arena	A-6 (21)	CL	FINO	24.5	40.0	20.0	20.0		0.00	2.00	98.00
K18+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda clara con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	4	NL	NP	NL-NP		40.00	44.00	16.00
K18+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla arenosa parda de baja plasticidad con presencia de gravas	A-6 (4)	CL	FINO	10	30.0	18.0	12.0		14.00	27.00	59.00
K20+000	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda oscura con presencia de limos	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	3	NL	NP	NL-NP		42.00	30.00	28.00
K20+000	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Arcilla gravosa rojiza de baja plasticidad con presencia de arenas	A-6 (15)	CL	FINO	9	35.0	24.0	11.0		19.00	10.00	71.00
K21+500	1	0.00	0.25	0.13	Lleno antrópico: Material de afirmado tipo grava arenosa parda oscura con presencia de limos	A-1-a (0)	SM	GRANULAR	2	NL	NP	NL-NP		43.00	44.00	13.00
K21+500	2	0.25	1.50	0.88	Depósito: Limo gravoso pardo no plástico con presencia de arenas	A-4 (0)	ML	FINO	8	NL	NP	NL-NP		24.00	18.00	58.00

Tabla 5. Resumen ensayos de laboratorio apiques 2022

PERFORACIÓN		PROFUNDIDAD(m)			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CLASIFICACION		TIPO DE SUELO	INDICES DE CONSISTENCIA					GRANULOMETRIA			COMPRESIÓN INCONFINADA (kg/cm²)	CBR				% Expansión
																		CBR 0,1 pulg		CBR 0,2 pulg		
N_o	M #	DESDE	HASTA	MEDIA		AASHTO	USCS		Wn %	LL %	LP %	IP %	IL %	Gravas %	Arenas %	Finos %		SIN INMERSIÓN	CON INMERSIÓN	SIN INMERSIÓN	CON INMERSIÓN	
A1	1	0.00	0.15	0.08	Arena de grano medio y arcilla gravosa (grava gruesa), color rojo con vetas blancas, su fracción fina presenta un comportamiento de plasticidad baja y de baja compresibilidad	A-4 (0)	SC	GRANULAR	9.4	23.0	13.0	10.0		29.70	33.80	36.50						
A1	2	0.15	1.20	0.68	Limo con trazas de arena de grano fino, con trazas de grava fina, color café claro con vetas amarillas de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-7-5 (13)	ML	FINO	15.8	49.0	30.0	19.0		0.60	2.40	97.00		17.8	0.7	17.6	0.7	0.88
A1	3	1.20	2.30	1.75	Limo con trazas de arena de grano fino, con trazas de grava fina, color café claro con vetas gris de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-7-5 (13)	ML	FINO	19.7	46.0	27.0	19.0		0.60	1.10	98.30						
A2	1	0.00	0.10	0.05	Grava gruesa y arcilla limosa arenosa (de grano grueso), color gris y blanco, su fracción fina presenta un comportamiento de plasticidad baja y de baja compresibilidad	A-4 (1)	GC-GM	GRANULAR	5.7	26.0	19.0	7.0		38.80	23.40	37.80						
A2	2	0.10	1.20	0.65	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, color café claro de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (9)	CL	FINO	15.4	36.0	23.0	13.0		0.00	3.30	96.70		3.8	3.3	4.3	4.2	0.72
A2	3	1.20	2.40	1.80	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, con trazas de grava fina, color café claro de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (11)	CL	FINO	20.2	37.0	19.0	17.0		0.30	3.00	96.70						
A3	1	0.00	0.40	0.20	Grava gruesa arenosa (de grano medio), con algo de limo color gris, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-2-6 (1)	GM	GRANULAR	10.6	NL	NP	NL-NP		57.20	24.60	18.20						

PERFORACIÓN		PROFUNDIDAD(m)			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CLASIFICACION		TIPO DE SUELO	INDICES DE CONSISTENCIA					GRANULOMETRIA			COMPRESIÓN INCONFINADA (kg/cm²)	CBR				% Expansión
																		CBR 0,1 pulg		CBR 0,2 pulg		
N_O	M #	DESDE	HASTA	MEDIA		AASHTO	USCS		Wn %	LL %	LP %	IP %	IL %	Gravas %	Arenas %	Finos %		SIN INMERSIÓN	CON INMERSIÓN	SIN INMERSIÓN	CON INMERSIÓN	
A3	2	0.40	1.30	0.85	Arcilla magra color café con vetas rojas de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (9)	CL	FINO	16.4	35.0	22.0	14.0		0.00	0.00	100.00		21.1	0.8	19.2	0.8	0.74
A3	3	1.30	2.50	1.90	Limo con trazas de arena de grano fino, color amarillo con vetas café de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (9)	ML	FINO	26.5	39.0	26.0	13.0		0.00	0.00	100.00						
A4	1	0.00	0.30	0.15	Arena de grano medio limosa gravosa (grava gruesa), color gris, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-2-6 (2)	SM	GRANULAR	7.2	NL	NP	NL-NP		22.80	53.30	23.90						
A4	2	0.30	1.30	0.80	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, color café con vetas amarillas de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-7-5 (11)	CL	FINO	13.9	40.0	23.0	18.0		0.00	3.00	97.00		10	3.1	14	4.6	0.83
A4	3	1.30	2.50	1.90	Limo con trazas de arena de grano fino, color café con vetas amarillas de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-7-5 (10)	ML	FINO	26.5	44.0	32.0	12.0		0.00	0.00	100.00						
A5	1	0.00	0.10	0.05	Grava gruesa limosa con algo de arena de grano medio, color gris, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-2-6 (2)	GM	GRANULAR	5	NL	NP	NL-NP		62.70	13.20	24.10						
A5	2	0.10	0.70	0.40	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, con trazas de grava fina, color amarillo de plasticidad baja y de baja compresibilidad	A-4 (8)	CL	FINO	15.2	31.0	22.0	9.0		2.70	7.10	90.20						
A5	3	0.70	1.20	0.95	Limo elástico con trazas de arena de grano fino, color café claro con vetas blancas de plasticidad alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (20)	MH	FINO	23.7	62.0	33.0	29.0		0.00	1.80	98.20		4.8	1.1	4.3	1.4	0.75
A5	4	1.20	2.00	1.60	Limo color café claro con vetas blancas de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-7-5 (12)	ML	FINO	22.7	44.0	27.0	17.0		0.00	0.00	100.00	0.61					
A5	5	2.00	3.00	2.50	Limo con trazas de arena de grano fino, color café claro con vetas blancas de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-7-5 (11)	ML	FINO	23.5	44.0	29.0	15.0		0.00	1.90	98.10						
A6	1	0.00	0.20	0.10	Grava gruesa limosa con algo de arena de grano grueso, color gris y café, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-2-6 (1)	GM	GRANULAR	4.8	NL	NP	NL-NP		60.90	18.20	20.90						
A6	2	0.20	1.30	0.75	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, con trazas de grava fina, color café con vetas blancas de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (8)	CL	FINO	23.7	33.0	23.0	10.0		1.20	2.80	96.10		3.6	2.1	4.9	3.1	1.19
A6	3	1.30	2.40	1.85	Limo con trazas de arena de grano fino, color amarillo con vetas gris de plasticidad baja y de baja compresibilidad	A-4 (8)	ML	FINO	24.1	31.0	23.0	8.0		0.00	6.30	93.70						
A7	1	0.00	0.20	0.10	Grava gruesa con algo de limo con algo de arena de grano grueso, color café claro, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-1-b (0)	GM	GRANULAR	3.9	NL	NP	NL-NP		68.70	14.20	17.20						
A7	2	0.20	1.20	0.70	Arcilla grasacolor café claro de plasticidad muy alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (20)	CH	FINO	24.9	74.0	35.0	40.0		0.00	0.00	100.00		8.9	0.8	7.3	0.9	1.00
A7	3	1.20	2.40	1.80	Limo elástico con trazas de arena de grano fino, color amarillo con vetas gris de plasticidad alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (18)	MH	FINO	19.1	60.0	36.0	24.0		0.00	0.70	99.30						

PERFORACIÓN		PROFUNDIDAD(m)			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CLASIFICACION		TIPO DE SUELO	INDICES DE CONSISTENCIA					GRANULOMETRIA			COMPRESIÓN INCONFINADA (kg/cm²)	CBR				% Expansión
																		CBR 0,1 pulg		CBR 0,2 pulg		
N_O	M #	DESDE	HASTA	MEDIA		AASHTO	USCS		Wn %	LL %	LP %	IP %	IL %	Gravas %	Arenas %	Finos %		SIN INMERSIÓN	CON INMERSIÓN	SIN INMERSIÓN	CON INMERSIÓN	
A8	1	0.00	0.45	0.23	Grava gruesa arenosa (de grano medio), con algo de limo color café claro, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-2-6 (1)	GM	GRANULAR	5.3	NL	NP	NL-NP		50.30	31.80	17.90						
A8	2	0.45	1.30	0.88	Limo elástico con trazas de arena de grano fino, con trazas de grava fina, color café con vetas blancas de plasticidad alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (15)	MH	FINO	16	53.0	33.0	20.0		0.50	3.30	96.20		18	0.9	22.6	1	0.88
A8	3	1.30	2.50	1.90	Limo color café con vetas blancas de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-7-5 (12)	ML	FINO	20.3	48.0	33.0	15.0		0.00	0.00	100.00						
A9	1	0.00	1.00	0.50	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, color café con vetas gris de plasticidad alta y de baja compresibilidad	A-7-5 (13)	CL	FINO	9.8	44.0	24.0	20.0		0.00	3.60	96.40						
A9	2	1.00	1.20	1.10	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, con trazas de grava fina, color café con vetas amarillas de plasticidad alta y de baja compresibilidad	A-7-5 (14)	CL	FINO	16.1	46.0	24.0	21.0		0.20	6.70	93.00		3.9	2.9	5.3	3.5	0.20
A9	3	1.20	2.40	1.80	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, con trazas de grava fina, color café con vetas amarillas de plasticidad alta y de baja compresibilidad	A-7-5 (14)	CL	FINO	21.3	47.0	25.0	21.0		0.30	9.30	90.30						
A10	1	0.00	0.40	0.20	Arena de grano grueso y grava fina, con algo de limo color café con gris, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-2-6 (1)	SM	GRANULAR	2.5	NL	NP	NL-NP		36.80	44.00	19.20						
A10	2	0.40	1.30	0.85	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, con trazas de grava fina, color café claro con vetas rojas de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (10)	CL	FINO	16.7	38.0	23.0	15.0		1.70	4.10	94.20		7.9	1.8	6.6	1.7	0.75
A10	3	1.30	2.50	1.90	Arcilla grasa con trazas de arena de grano fino, color café claro con vetas rojas de plasticidad alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (20)	CH	FINO	27.6	64.0	31.0	33.0		0.00	2.10	97.90						
A11	1	0.00	0.20	0.10	Arcilla grasa con trazas de arena de grano medio, color café con vetas gris de plasticidad muy alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (20)	CH	FINO	21.4	71.0	29.0	43.0		0.00	1.50	98.50						
A11	2	0.20	1.10	0.65	Limo elástico con trazas de arena de grano fino, color café con vetas amarillas de plasticidad alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (20)	MH	FINO	18.5	67.0	5.0	32.0		0.00	1.00	99.00						
A11	3	1.10	1.30	1.20	Arcilla grasa con trazas de arena de grano fino, color café claro de plasticidad muy alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (20)	CH	FINO	22	72.0	31.0	41.0		0.00	3.90	96.10		4.4	1.1	3.8	1	0.87
A11	4	1.30	2.40	1.85	Arcilla grasacolor café claro de plasticidad muy alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (20)	CH	FINO	24.99	75.0	32.0	43.0		0.00	0.00	100.00						
A12	1	0.00	0.30	0.15	Arena de grano medio limosa gravosa (grava fina), color café, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-2-6 (3)	SM	GRANULAR	6.3	NL	NP	NL-NP		24.70	45.00	30.30						
A12	2	0.30	1.20	0.75	Arcilla magra arenosa (de grano fino), color café con vetas gris de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (8)	CL	FINO	17	33.0	22.0	11.0		0.00	20.60	79.40		4.5	0.8	5.2	0.8	1.11
A12	3	1.20	2.40	1.80	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, color amarillo con	A-6 (9)	CL	FINO	24.2	35.0	24.0	11.0		0.00	8.00	92.00						

PERFORACIÓN		PROFUNDIDAD(m)			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CLASIFICACION		TIPO DE SUELO	INDICES DE CONSISTENCIA					GRANULOMETRIA			COMPRESIÓN INCONFINADA (kg/cm²)	CBR				% Expansión
																		CBR 0,1 pulg		CBR 0,2 pulg		
No	M #	DESDE	HASTA	MEDIA		AASHTO	USCS		Wn %	LL %	LP %	IP %	IL %	Gravas %	Arenas %	Finos %		SIN INMERSIÓN	CON INMERSIÓN	SIN INMERSIÓN	CON INMERSIÓN	
					vetas café de plasticidad media y de baja compresibilidad																	
A13	1	0.00	0.30	0.15	Grava gruesa y arena de grano grueso, con algo de limo color rojo con vetas café, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	1.3	NL	NP	NL-NP		51.90	35.50	12.60						
A13	2	0.30	1.20	0.75	Arcilla grasacolor café con vetas rojas de plasticidad alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (20)	CH	FINO	15.8	64.0	29.0	35.0		0.00	0.00	100.00		10.8	1.4	13.6	1.4	0.89
A13	3	1.20	2.30	1.75	Limo elásticocolor café con vetas amarillas de plasticidad alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (20)	MH	FINO	22.4	67.0	34.0	34.0		0.00	0.00	100.00						
A14	1	0.00	0.30	0.15	Arena de grano medio gravosa (grava fina), limosa color rojo, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-2-6 (1)	SM	GRANULAR	6.4	NL	NP	NL-NP		33.40	45.30	21.30						
A14	2	0.30	0.50	0.40	Arcilla magra, con algo de arena de grano fino, con algo grava gruesa, color café oscuro de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (6)	CL	FINO	10.9	29.0	18.0	11.0		17.50	17.60	64.90						
A14	3	0.50	1.30	0.90	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, color café con vetas rojas de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-7-5 (13)	CL	FINO	20.8	44.0	24.0	20.0		0.00	8.10	91.90		4.3	1.3	4.5	1.3	1.11
A14	4	1.30	2.50	1.90	Limo con trazas de arena de grano fino, color café con vetas rojas de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-7-5 (10)	ML	FINO	19.11	42.0	27.0	15.0		0.00	6.20	93.80						
A15	1	0.00	0.10	0.05	Limo arenosa (de grano fino), con algo grava gruesa, color rojo no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-6 (14)	ML	FINO	11.2	NL	NP	NL-NP		15.40	29.50	55.10						
A15	2	0.10	1.10	0.60	Arcilla grasa con trazas de arena de grano medio, color café con vetas rojas de plasticidad muy alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (20)	CH	FINO	17.3	65.0	29.0	36.0		0.00	1.10	98.90		14.7	2	13.6	1.9	1.11
A15	3	1.10	2.20	1.65	Arcilla grasa con trazas de arena de grano medio, color café claro de plasticidad muy alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (20)	CH	FINO	30.9	72.0	29.0	43.0		0.00	0.80	99.20						
A16	1	0.00	0.15	0.08	Grava gruesa arenosa (de grano grueso), limosa color gris, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-2-6 (2)	GM	GRANULAR	5.6	NL	NP	NL-NP		44.60	32.00	23.40						
A16	2	0.15	1.30	0.73	Limo con trazas de arena de grano fino, color amarillo de plasticidad baja y de baja compresibilidad	A-5 (9)	ML	FINO	24.6	47.0	42.0	5.0		0.00	5.00	95.00						
A16	3	1.30	2.30	1.80	Limo elástico con trazas de arena de grano fino, color gris de plasticidad alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (15)	MH	FINO	25	51.0	29.0	21.0		0.00	4.90	95.10	0.99					
A17	1	0.00	0.20	0.10	Arena de grano medio y grava de grano grueso, con algo de limo color rojo, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-1-b (0)	SM	GRANULAR	3.9	NL	NP	NL-NP		38.00	44.50	17.50						
A17	2	0.20	1.20	0.70	Arcilla magra , con algo de arena de grano fino, color rojo de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (10)	CL	FINO	12	35.0	21.0	14.0		0.00	12.70	87.30		12.5	5	15.9	5.3	0.37
A17	3	1.20	2.40	1.80	Arcilla magra , con algo de arena de grano fino, color rojo de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (10)	CL	FINO	13.8	36.0	22.0	14.0		0.00	19.00	81.00						

PERFORACIÓN		PROFUNDIDAD(m)			DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CLASIFICACION		TIPO DE SUELO	INDICES DE CONSISTENCIA					GRANULOMETRIA			COMPRESIÓN INCONFINADA (kg/cm²)	CBR				% Expansión
																		CBR 0,1 pulg		CBR 0,2 pulg		
N_O	M #	DESDE	HASTA	MEDIA		AASHTO	USCS		Wn %	LL %	LP %	IP %	IL %	Gravas %	Arenas %	Finos %		SIN INMERSIÓN	CON INMERSIÓN	SIN INMERSIÓN	CON INMERSIÓN	
A18	1	0.00	0.10	0.05	Arena de grano medio y grava de grano grueso, limosa color rojo, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-2-6 (1)	SM	GRANULAR	9.6	NL	NP	NL-NP		37.80	40.20	22.10						
A18	2	0.10	1.00	0.55	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, color rojo de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (10)	CL	FINO	14.2	38.0	23.0	15.0		0.00	11.50	88.50		5.2	1.6	9.9	1.8	0.44
A18	3	1.00	2.10	1.55	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, color rojo de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-7-5 (11)	CL	FINO	20.3	42.0	25.0	17.0		0.00	3.60	96.40						
A19	1	0.00	0.20	0.10	Grava gruesa con algo de arena de grano medio, con algo de limo color rojo, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5.7	NL	NP	NL-NP		66.30	18.80	14.80						
A19	2	0.20	1.20	0.70	Arcilla grasacolor amarillo con vetas rojas de plasticidad alta y de alta compresibilidad	A-7-5 (18)	CH	FINO	15.2	52.0	24.0	28.0		0.00	0.00	100.00						
A19	3	1.20	2.20	1.70	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, color amarillo de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (11)	CL	FINO	9.3	33.0	14.0	19.0		0.00	8.90	91.10						
A20	1	0.00	0.20	0.10	Grava gruesa arenosa (de grano grueso), limosa color rojo, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-2-6 (2)	GM	GRANULAR	4.9	NL	NP	NL-NP		46.00	30.20	23.80						
A20	2	0.20	1.10	0.65	Arcilla magra arenosa (de grano fino), con trazas de grava gruesa, color café oscuro de plasticidad alta y de baja compresibilidad	A-7-5 (14)	CL	FINO	9.7	47.0	21.0	27.0		6.70	25.00	68.20						
A20	3	1.10	2.00	1.55	Arcilla magra arenosa (de grano fino), con trazas de grava fina, color rojo con vetas gris de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (11)	CL	FINO	27.9	39.0	20.0	20.0		6.30	21.30	72.40						
A21	1	0.00	0.30	0.15	Grava bien gradada gruesa con algo de arena de grano medio, con trazas de limo color rojo, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-1-a (0)	GW-GM	GRANULAR	13.2	NL	NP	NL-NP		72.60	18.10	9.30						
A21	2	0.30	1.20	0.75	Arcilla magra , con algo de arena de grano fino, con algo grava gruesa, color amarillo de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (9)	CL	FINO	7.8	32.0	16.0	16.0		14.70	19.50	65.80						
A21	3	1.20	2.20	1.70	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, color amarillo de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (11)	CL	FINO	9.1	34.0	16.0	17.0		0.00	11.70	88.30						
A22	1	0.00	0.30	0.15	Grava gruesa arenosa (de grano grueso), con algo de limo color rojo, su fracción fina presenta un comportamiento no líquido no plástico y de baja compresibilidad	A-1-a (0)	GM	GRANULAR	5.6	NL	NP	NL-NP		57.10	30.40	12.50						
A22	2	0.30	1.10	0.70	Arcilla magra con trazas de arena de grano fino, color rojo de plasticidad alta y de baja compresibilidad	A-7-5 (17)	CL	FINO	13.1	48.0	21.0	27.0		0.00	2.60	97.40		11.1	3.7	15.8	3.3	0.57
A22	3	1.10	2.10	1.60	Arcilla magra arenosa (de grano fino), con trazas de grava fina, color café con vetas gris de plasticidad media y de baja compresibilidad	A-6 (9)	CL	FINO	10	30.0	14.0	16.0		3.10	27.90	69.00						

Los resultados de las pruebas de campo y de laboratorio procedentes de las campañas de exploración de 2021 y de 2022 muestran los siguientes aspectos:

- La subrasante natural está conformada por suelos cohesivos, básicamente arcillas de baja compresibilidad (CL), arcillas de alta compresibilidad (CH), limos de baja compresibilidad (ML), y limos de alta compresibilidad (MH). La superficie de rodadira está conformada por Gravas (GM, GW-GM) y Arenas (SM) extendidas sobre los materiales cohesivos.

- Los contenidos de humedad son más cercanos al límite plástico (LP) que al límite líquido (LL), indicando que los suelos estudiados están preconsolidados y tienen, además, un potencial de contracción medio por desecación.

- Los resultados de los ensayos de CBR inalterado muestran que los suelos, en general, reducen drásticamente su capacidad de soporte con la inmersión; además, y de acuerdo con los valores de porcentaje de expansión obtenidos, en todos los casos inferiores a 2.0%, puede considerarse que el potencial de hinchamiento es bajo a medio.

Para la definición del valor de capacidad portante se propone calcular:

- El promedio de todos los ensayos de CBR obtenidos para la condición de inmersión, que corresponde al escenario más conservador.

- El promedio de los valores intermedios entre los resultados de CBR Sin Inmersión y Con Inmersión, teniendo en cuenta que las condiciones estacionales húmedas no son permanentes.

Los resultados de los ensayos de laboratorio y el CBR arrojado por estas pruebas se presentan a continuación:

Tabla 6. Resumen de resultados de ensayos de CBR inalterado para el proyecto

PERFORACIÓN		PROFUNDIDAD(m)			ABSCISA	CBR		
						CBR 0,1 pulg		
N_o	M #	DESDE	HASTA	MEDIA		SIN INMERSIÓN (%)	CON INMERSIÓN (%)	CBR MEDIO (%)
A1	2	0.15	1.20	0.68	K0+020	17.8	0.7	9.25
A2	2	0.10	1.20	0.65	K0+960	3.8	3.3	3.55
A3	2	0.40	1.30	0.85	K2+000	21.1	0.8	10.95
A5	3	0.70	1.20	0.95	K4+000	4.8	1.1	2.95
A6	2	0.20	1.30	0.75	K5+000	3.6	2.1	2.85
A7	2	0.20	1.20	0.70	K6+000	8.9	0.8	4.85
A8	2	0.45	1.30	0.88	K7+000	18	0.9	9.45
A9	2	1.00	1.20	1.10	K8+000	3.9	2.9	3.4
A10	2	0.40	1.30	0.85	K9+000	7.9	1.8	4.85
A11	3	1.10	1.30	1.20	K10+000	4.4	1.1	2.75

PERFORACIÓN		PROFUNDIDAD(m)			ABSCISA	CBR		
						CBR 0,1 pulg		
N_O	M #	DESDE	HASTA	MEDIA		SIN INMERSIÓN (%)	CON INMERSIÓN (%)	CBR MEDIO (%)
A12	2	0.30	1.20	0.75	K11+000	4.5	0.8	2.65
A13	2	0.30	1.20	0.75	K12+000	10.8	1.4	6.1
A14	3	0.50	1.30	0.90	K13+000	4.3	1.3	2.8
A15	2	0.10	1.10	0.60	K14+000	14.7	2	8.35
A17	2	0.20	1.20	0.70	K16+000	12.5	5	8.75
A18	2	0.10	1.00	0.55	K17+000	5.2	1.6	3.4
A22	2	0.30	1.10	0.70	K21+000	11.1	3.7	7.4
					$CBR_{promedio}$ (%)	9.25	1.84	**5.55**

De acuerdo con lo anterior, el valor del CBR para la condición de inmersión es de 1.84%, mientras que el promedio de los valores intermedios es de 5.55%; de estos valores se escoge el de inmersión para los análisis.

Este valor se compara con el obtenido mediante las pruebas de Cono Dinámico para definir el valor del CBR de diseño final para el proyecto.

7 ANÁLISIS DE TRÁNSITO

Para el cálculo del número de ejes equivalentes, se tomó la información presentada en el informe realizado por Rafael Méndez del año 2021.

De acuerdo con los aforos vehiculares, se calculó un Tránsito promedio diario anual (TPDA) para el año 2021 el cual arrojó el resultado de 110 vehículos, y la distribución vehicular es la siguiente:

Tabla 7. Distribución vehicular Año 2021

Vehículo	Autos	Buses	C2P	C2G	C3
Cantidad	33	13	31	20	13
%	30	12	18	11	7

A partir de estos datos, y teniendo en cuenta que se planteó un crecimiento de 4.20% anual, el TPD para el año 2023 calculado es de 120 vehículos y la distribución vehicular se presenta a continuación:

Tabla 8. Distribución vehicular Año 2023

AÑO	TIPO DE VEHÍCULO				
	AUTO	BUS	C2-P	C2-G	C3
	30.2%	12.1%	27.6%	18.1%	12.1%
2023	36	14	33	22	15

El periodo de diseño para la vía se asume de 10 años teniendo en cuenta las recomendaciones del INVIAS. Para la conversión del tránsito a ejes equivalentes de 8.2 ton, se base en el factor daño, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 9. Factor daño por tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Factor de Daño	Carga Máxima
Liviano (< 5t)	0.00	-
Buseta	0.05	16
Bus	0.40	17
Bus Metropolitano	1.00	17
Bus Alimentador	2.51	20
C2P	1.14	16
C2G	2.15	17
C3	3.15	28
C2-S1	3.13	27
C4	6.73	34
C3-S1	2.33	39
C2-S2	2.27	39
C3-S2	4.21	50
C3-S3	5.31	52

El número de ejes equivalentes se cálculo de la siguiente manera para el año inicial de diseño (2023):

$$N_o = N_{diario} \times F_d \times F_{ca} \times 365$$

Donde

N_o: Número de ejes de referencia (8.2 ton) durante el año inicial

N_{diario}: Número de ejes de referencia (8.2 ton) promedio diario

F_d: Factor de distribución direccional

F_{ca}: Factor de distribución por carril

Para el cálculo de los ejes equivalentes que circularán por el carril de diseño en el periodo de diseño se realiza el siguiente cálculo

$$N = N_o \times \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde

N: Número de ejes equivalentes (8.2 ton) que circularan por el carril de diseño en el periodo de diseño

N_o: Número de ejes equivalentes (8.2 ton) durante el año inicial

r: Tasa de crecimiento anual de tránsito de vehículos

n: Número de años del periodo de diseño.

Se tiene en cuenta una confiabilidad del 90%, donde la expresión para la corrección por confiabilidad es la siguiente:

$$N' = 10^{0.05Zr} \times N$$

Donde:

N': Tránsito equivalente corregido para proporcionar un determinado nivel de confianza.

Z_r: Valor del coeficiente correspondiente a una distribución normal y a la confiabilidad deseada (1.282 para un nivel de confiabilidad de 90%

En la siguiente tabla se presenta el número de ejes equivalentes durante el periodo de diseño, incluyendo la corrección a un nivel de confiabilidad del 90%:

Tabla 10. Cálculo del número de ejes equivalentes de diseño

TIPO DE VEHÍCULO	%	TPD	FACTO DAÑO	Ni
AUTO	30.2%	36	0	0
BUS	12.1%	14	0.4	5.6
C2-P	27.6%	33	1.14	37.62
C2-G	18.1%	22	2.15	47.3
C3	12.1%	15	3.15	47.25
Promedio diario de ejes equivalentes				137.77
Factor de distribución direccional				55%
Factor de distribución por carril				100%
Número de ejes equivalentes año inicial				27657
Tasa de crecimiento del tránsito				4.20%
Periodo de diseño (años)				10
Número de ejes equivalentes sin corregir				335149
Confiabilidad				90%
Zr				1.282
Número de ejes equivalentes de diseño (NEE)				**388,453**

Este resultado muestra que los volúmenes de tránsito esperados son limitados, por lo que se propone emplear finalmente para diseño un valor NEE' de $5x10^5$ Ejes de 8.2 t; este valor, con respecto del Número de Ejes Equivalentes calculado, permite asumir los tránsitos atraído y generado que pueden esperarse luego de la ejecución del mejoramiento de la Vía Terciaria.

8 DISEÑO DE PAVIMENTOS

Se prevé obtener los espesores de pavimento flexible para la intervención de la VÍA TERCIARIA QUE INTERCOMUNICA A LOS CORREGIMIENTOS DE JARAQUIEL (MARGEN OCCIDENTAL), MARTINICA Y LETICIA, DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

En este caso se requiere definir el valor del CBR de diseño y, con él, del módulo resiliente Mr de la subrasante natural.

8.1 MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE

De acuerdo con la información presentada en el Capítulo 6, para el corredor vial se obtuvieron valores promedio de CBR para los ensayos de Cono Dinámico (PDC) y de CBR inalterado con inmersión; los valores obtenidos son los siguientes:

Tabla 11 Valores de $CBR_{promedio}$ para las pruebas realizadas en subrasante

Ensayo	$CBR_{promedio}$ (%)
Cono Dinámico	2.60
CBR Inalterado	1.84

De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta que el valor arrojado por las pruebas de Cono Dinámico es ligeramente superior al de los ensayos con inmersión en laboratorio, se propone emplear un CBR de diseño de 2.60% para la totalidad del corredor en Estudio.

El valor del módulo de resiliencia Mr de la subrasante se obtiene de la expresión:

$$Mr\ (MPa) = 10\ CBR\ (\%)$$

El valor del módulo de resiliencia para diseño es de Mr = 26.0 MPa (260 kg/cm^2).

8.2 MÓDULO COMBINADO DE SUBRASANTE

Teniendo en cuenta que el diseño geométrico del proyecto prevé elevar la rasante en una altura mínima de 1.0 m con respecto del nivel existente, es necesario estimar el valor del Módulo Combinado de Subrasante E_{eq}, esto de acuerdo con la metodología de Ivanov.

El Módulo Combinado E_{eq} se calcula como:

$$E_{eq} = \frac{E_{sbr}}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right) tan^{-1}\left(n \frac{e_{mej}}{2a}\right)}$$

Dónde:

E_{eq} : Módulo elástico equivalente del sistema, MPa

E_{sbr} : Módulo elástico de la subrasante, MPa

E_{mej} : Módulo elástico del mejoramiento, MPa

e_{mej} : Espesor de la capa de mejoramiento, m

a : Radio del área de carga, 0.15 m

n : Parámetro adimensional determinado con la expresión $n = \sqrt[2.5]{E_{mej} / E_{sbr}}$

El cálculo se hace para un radio de carga de 0.15 m, de acuerdo con indicaciones de la Interventoría, valor que corresponde a un diámetro de placa de carga de 0.30 m;

Con esta información la aplicación de la metodología de Ivanov establece que, con una altura de terraplén de al menos 0.30 m y con un módulo resiliente para ese material E_{mej} de 80.0 MPa se obtiene:

Tabla 12 Cálculo del Módulo Combinado de Subrasante (Ivanov)

CÁLCULO DEL MÓDULO COMBINADO (IVANOV)	
Espesor de Granular (m)	0.30
Módulo de Subrasante (MPa)	26.00
Diámetro de Placa de Carga	0.300
Módulo del Granular (MPa)	80.00
A	81.50
h3	0.48
B	1.60
Módulo Combinado Subrasante - Granular (MPa)	50.83

De acuerdo con lo anterior, se asigna para diseño un valor del Módulo Combinado de Subrasante E_{eq} de 50.0 MPa.

Para el caso del sector K1+200 – K3+000, empleando un valor de CBR de 10% para una explanación en pedraplén y el CBR de subrasante de 1.84% para condiciones extremas de inmersión, se encuentra que se requiere un espesor de 0.32 m para este material a fin de alcanzar el módulo combinado de diseño requerido:

Tabla 13 Cálculo del Módulo Combinado de Subrasante (Ivanov) – Sector en Pedraplén K1+200 – K3+000

CÁLCULO DEL MÓDULO COMBINADO (IVANOV)	
Espesor de Granular (m)	0.32
Módulo de Subrasante (MPa)	18.40
Diámetro de Placa de Carga	0.300
Módulo del Granular (MPa)	100.00
A	100.40
h3	0.62
B	1.99
Módulo Combinado Subrasante - Granular (MPa)	50.37

Valga decir que, en las zonas susceptibles de inundación, el espesor mínimo de terraplén de 0.30 m o el de pedraplén de 0.32 m no permite dejar totalmente estas explanaciones por encima de la cota de aguas máximas determinada para el proyecto, por lo que resulta necesario llevarlas al menos 0.50 m por encima de dicha cota, con espesores mayores.

8.3 ESPESORES DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

La determinación de los espesores de estructura se hace con ayuda del método AASHTO 1993 para pavimentos flexibles; según el cual la capacidad del pavimento es función del número de ejes equivalentes en el período de diseño, el número estructural, la pérdida de serviciabilidad en el tiempo y del módulo de resiliencia de la subrasante, de acuerdo con la siguiente relación:

$$LogW_{18} = ZrS_0 + 9.36Log(SN+1) - 0.2 + \frac{Log\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32LogM_R - 8.07$$

Donde:

W_{18} = Cantidad de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas (80 KN)

Z_R = Desviación estándar normal

S_0 = Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad

M_R = Módulo de resiliencia de la subrasante (Lb/plg^2)

SN = Número estructural determinado por la expresión:

SN = $a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$

En esta expresión:

a_i = Coeficiente estructural de la capa i (1/ple)

D_i = Espesor de la capa i (plg)

m_i = Coeficiente de drenaje de la capa granular i.

El Coeficiente estructural de cada capa de pavimento es función de su módulo de elasticidad, y en el caso de los materiales granulares puede ser estimado por medio de las siguientes expresiones:

Para Subbase Granular:

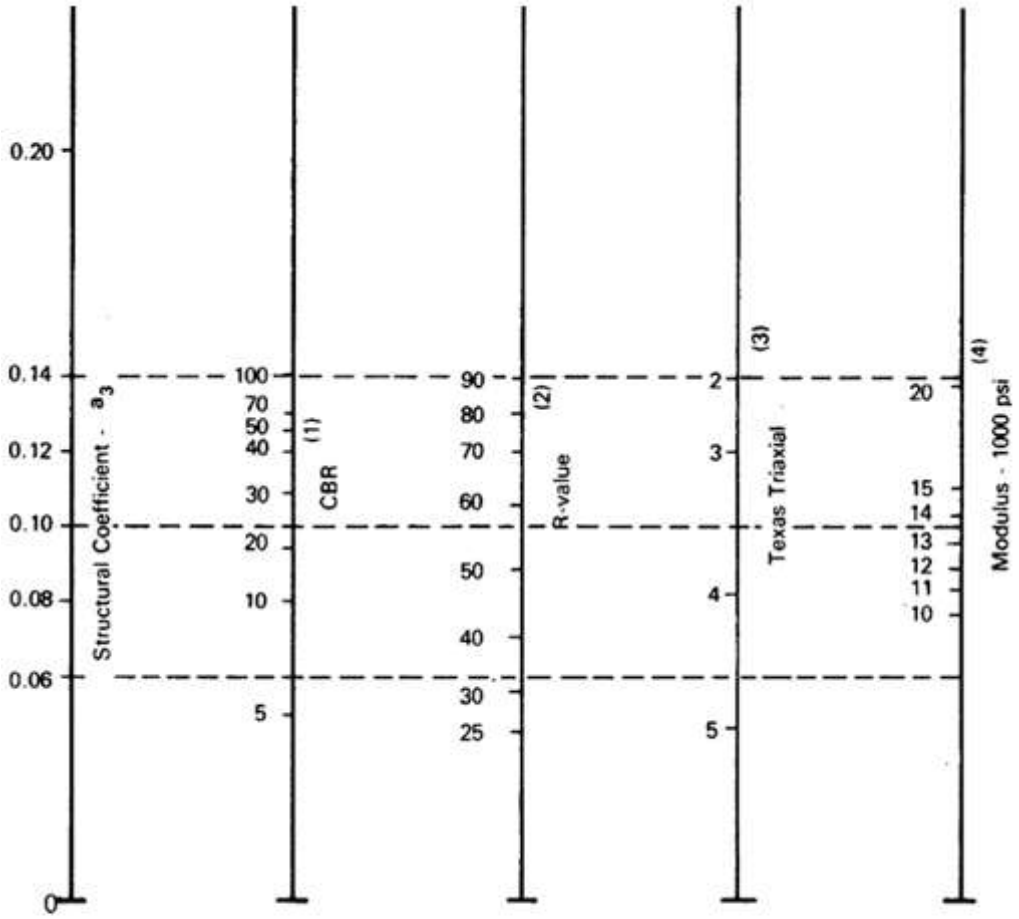
$$a_3 = 0.227log(E_1(psi))-0.839$$

Para Base Granular:

$$a_2 = 0.249log(E_2(psi))-0.977$$

Los módulos de elasticidad E1 y E2, y también los coeficientes de aporte estructural a2 y a3 para los materiales de Subbase y Base Granular, se obtienen mediante las correlaciones indicadas por el Manual de Diseño AASHTO 1993 entre esos parámetros y distintas pruebas de caracterización, incluyendo en CBR de la capa.

Figura 4. Correlación AASHTO del CBR con el coeficiente estructural a3 y el módulo E3 en subbases granulares



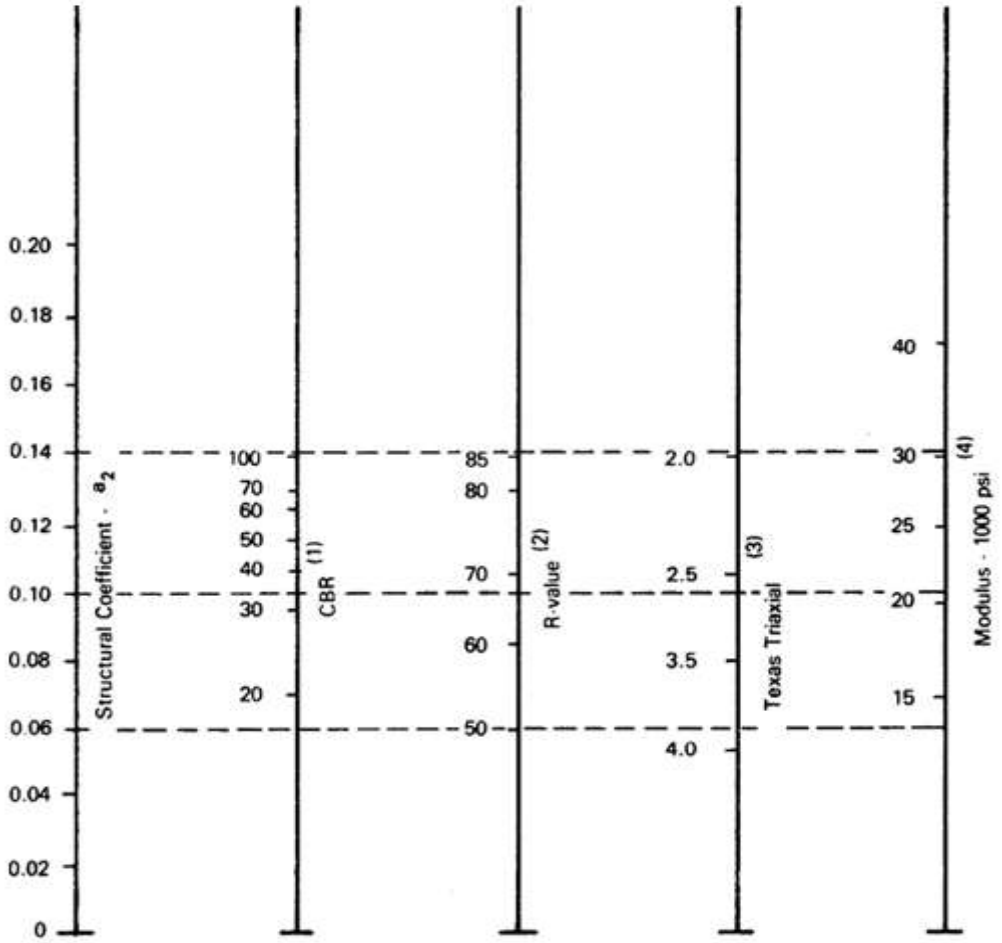
(1) Scale derived from correlations from Illinois.

(2) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming.

(3) Scale derived from correlations obtained from Texas.

(4) Scale derived on NCHRP project *(3)*.

Figura 5. Correlación AASHTO del CBR con el coeficiente estructural a2 y el módulo E2 en bases granulares



(1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois.
(2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico and Wyoming.
(3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas.
(4) Scale derived on NCHRP project *(3)*.

Considerando los valores mínimos de CBR exigidos por los Artículos 320 y 330 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías para las capas de Subbase y Base Granular, respectivamente, los parámetros para diseño según estas correlaciones y las expresiones indicadas anteriormente son los siguientes:

Tabla 14 Parámetros de Diseño para Capas Granulares sin tratar para el Método AASHTO 1993

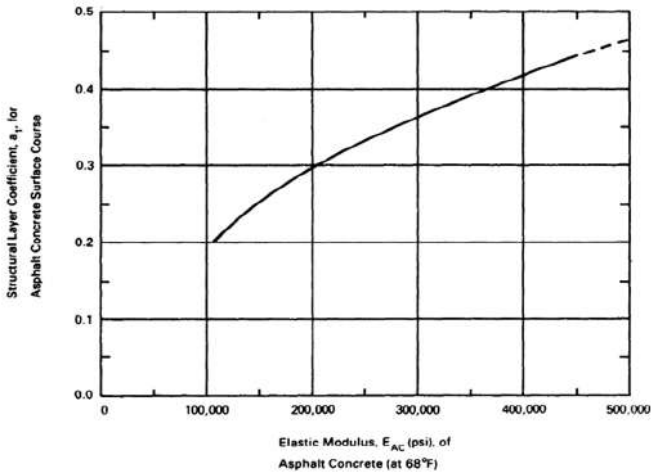
Capa	Tipo de Tránsito	CBR (%)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Coeficiente de Aporte Estructural
Subbase Granular Clase B	NT2	30	100	0.104

Capa	Tipo de Tránsito	CBR (%)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Coeficiente de Aporte Estructural
Base Granular Clase B	NT2	100	210	0.138

En este caso se recomienda que el menor valor de CBR para la capa de Base Granular sea del 100%.

Para el caso de los concretos asfálticos el coeficiente estructural a1 se obtiene mediante la curva AASHTO para mezclas asfálticas superficiales densas a una temperatura de 20°C:

Figura 6. Curva para la obtención del coeficiente estructural de la mezcla asfáltica densa



En este caso, para una mezcla asfáltica con un módulo dinámico E_{AC} de 2,500 MPa ($3.57x10^5$ psi) a 20°C se obtiene un coeficiente de aporte estructural a1 de 0.375 para el diseño de pavimentos.

El diseño se hace de forma iterativa, modificando los espesores hasta que los valores de $\log_{10}W_{18}$ calculados con la ecuación anterior y tomando directamente el logaritmo coincidan o el primero de ellos sea superior al segundo.

La memoria de cálculo de los espesores de pavimento requeridos es la siguiente:

Figura 7. Cálculo de espesores de diseño de pavimento con la metodología AASHTO 1993

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL MÉTODO AASHTO 1993

VÍA: VÍA TERCIARIA QUE INTERCOMUNICA A LOS CORREGIMIENTOS DE JARAQUIEL (MARGEN OCCIDENTAL), MARTINICA Y LETICIA

SECTOR: K0+000 - K20+000

EMPRESA: SOPORTE GEOTÉCNICO S.A.S.

1. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 t EN EL PERIODO DE DISEÑO (W_{18})	**5.00E+05**
2. CONFIABILIDAD (R)	90
3. DESVIACIÓN NORMAL (Z_R)	**-1.282**
4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (So)	0.45
5. NIVEL DE SERVICIO INICIAL (p_i)	4.2
6. NIVEL DE SERVICIO FINAL (p_t)	2.0
7. ΔPSI	**2.2**
8. MÓDULO RESILIENTE DE SUBRASANTE (MPa)	50.00
9. NÚMERO ESTRUCTURAL PROPORCIONADO POR EL PAVIMENTO (SN)	**3.11**

VERIFICACIÓN	
log W_{18}	**5.70**
log W_{18} pavimento	**5.76**
CUMPLE	

CAPA	ESPESOR (D)		MÓDULO		a	m	$a_i m_i D_i$	SN
	(cm)	(in)	(MPa)	(psi)				
RODADURA MDC-19	10.00	3.94	2500	357143	0.375	1.00	1.48	3.11
BASE ASFÁLTICA MDC-25	0.00	0.00	2500	357143	0.375	1.00	0.00	1.63
BASE GRANULAR	20.00	7.87	210	30000	0.138	0.90	0.98	1.63
SUBBASE GRANULAR	20.00	7.87	100	14286	0.104	0.80	0.66	0.66
MEJORAMIENTO	0.00	0.00	0	0	0.000	0.80	0.00	0.00
SUBRASANTE								

50.00

Los espesores de estructura de pavimento calculados con ayuda de la metodología AASHTO 1993 son los siguientes:

Tabla 15 Espesores de pavimento para diseño

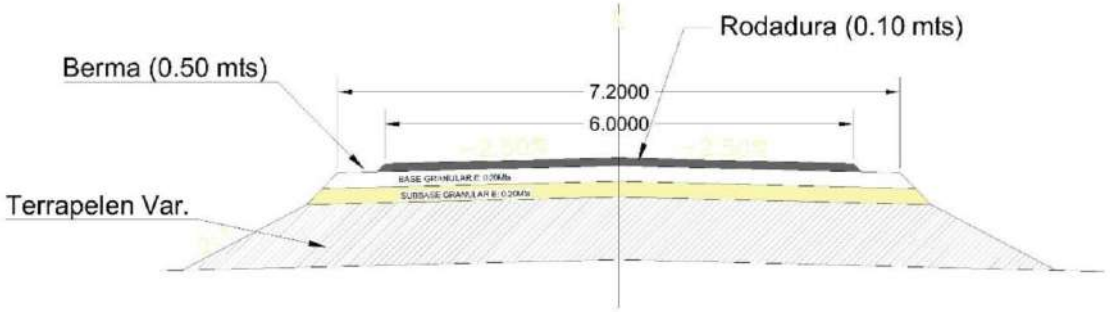
Capa Estructural	Espesores (cm)
Rodadura MDC-19	10.0
Base Granular Clase B	20.0
Subbase Granular Clase B	20.0

Estos espesores son válidos para apoyo sobre terraplén nuevo.

9 SECCIONES TRANSVERSALES

Se presenta la planta de ubicación de los ramales y las secciones transversales típicas de la sección del pavimento para cada uno de ellos en el Hito I del proyecto:

Figura 8. Sección transversal crítica



Los espesores de pavimento que se presentan en esta sección deberán ser los mínimos con los que se construya cada una de las capas de la estructura de pavimento proyectada.

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con la información consultada, con las condiciones encontradas en el terreno y con los resultados de la exploración geotécnica directa, los suelos en los que se construirá VÍA TERCIARIA QUE INTERCOMUNICA A LOS CORREGIMIENTOS DE JARAQUIEL (MARGEN OCCIDENTAL), MARTINICA Y LETICIA, DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA corresponden a materiales cohesivos de consistencia baja a media, sobre los cuales se han extendido materiales granulares como superficie de rodadura.

La exploración geotécnica para pavimentos mostró la presencia de suelos con una capacidad portante baja a media, esto de acuerdo con las pruebas de Resistencia a la Penetración con el Cono Dinámico (PDC) y de CBR Inalterado, con las que fue posible asignar un valor de CBR de diseño del 2.6% para la subrasante natural; no se encontraron condiciones de saturación debido a la ausencia de niveles freáticos.

La subrasante natural está conformada por suelos cohesivos, básicamente arcillas de baja compresibilidad (CL), arcillas de alta compresibilidad (CH), limos de baja compresibilidad (ML), y limos de alta compresibilidad (MH). La superficie de rodadira está conformada por Gravas (GM, GW-GM) y Arenas (SM) extendidas sobre los materiales cohesivos.

Los contenidos de humedad son más cercanos al límite plástico (LP) que al límite líquido (LL), indicando que los suelos estudiados están preconsolidados y tienen, además, un potencial de contracción medio por desecación.

Los resultados de los ensayos de CBR inalterado muestran que los suelos, en general, reducen drásticamente su capacidad de soporte con la inmersión; además, y de acuerdo con los valores de porcentaje de expansión obtenidos, en todos los casos inferiores a 2.0%, puede considerarse que el potencial de hinchamiento es bajo a medio.

Para el caso de las estructuras de pavimento proyectadas para el Hito I del proyecto se estimó un número de Ejes Equivalentes de $4.43x10^6$ ejes de 8.2 para el periodo de diseño, correspondiendo a una categoría de tránsito NT2.

Los espesores de pavimento se obtuvieron con ayuda de la metodología AASHTO 1993 para pavimentos asfálticos, y son los siguientes:

Tabla 16 Espesores de pavimento para construcción

Capa Estructural	Espesores (cm)
Rodadura MDC-19	10.0
Base Granular Clase B	20.0
Subbase Granular Clase B	20.0

10.1 RECOMENDACIONES

La construcción de la estructura de pavimento deberá iniciarse con la excavación y la conformación de la subrasante natural, la cual deberá ser compactada cuando menos al 90% su densidad seca máxima con la humedad óptima determinada en las pruebas de compactación en laboratorio; en este caso es necesario verificar que el valor de CBR de la subrasante sea superior al 2.60% para lo cual, una vez se haya conformado y nivelado la capa, podrán efectuase ensayos de CBR de campo o de determinación del módulo con el LWD.

También se recomienda efectuar pruebas de LWD en la parte superior de la capa de mejoramiento proyectada con espesor mínimo de 0.30 m, un vez ésta se haya conformado y compactado sobre la subrasante, esto para verificar que se alcanzó el módulo combinado requerido de 50 MPa como mínimo.

Se recomienda extender un geotextil de separación sobre la subrasante nivelada a fin de restringir o evitar la contaminación de las capas granulares de la estructura del pavimento; este geosintético deberá cumplir los lineamientos establecidos en el Artículo 231 – Separación de Suelos de Subrasante y Capas Granulares con Geotextil.

Posteriormente podrá procederse a la construcción de las capas granulares y asfálticas de la estructura; en general, el espesor mínimo de las capas deberá ser igual o superior a dos (2) veces el tamaño máximo de agregado, a fin de garantizar la compactación final con las densidades máximas determinadas en las pruebas de caracterización de materiales en laboratorio.

Los materiales de las capas de pavimento deberán cumplir con las exigencias de las siguientes especificaciones de construcción:

Tabla 17 Especificaciones de Construcción

Capa Estructural	Especificación de Construcción
Rodadura MDC-19	Artículo 450 – INVIAS
Base Granular Clase B	Artículo 330 – INVIAS
Subbase Granular Clase B	Artículo 320 – INVIAS
Geotextil de Separación	Artículo 231 - INVIAS

Para el caso de la capa de Subbase Granular Clase B el grado de compactación mínimo deberá ser del 95% con respecto de la densidad máxima seca, mientras que la Base Granular Clase B deberá alcanzar un grado de compactación de al menos el 98%.

Por otra parte, los concretos asfálticos deberán ser mezclas densas en caliente (MDC) y su diseño deberá cumplir con las siguientes exigencias mínimas

Tabla 18 Cuadro de requerimientos para mezclas asfálticas

Parámetro	Valor
Compactación	75 golpes por cara
Estabilidad Mínima	7,500 N
Flujo	2.0 mm a 4.0 mm
Relación Estabilidad / Flujo	3.0 a 5.0
Vacíos con Aire en Rodadura	3.0% a 5.0%
Vacíos con Aire en Base Asfáltica	5.0% a 8.0%
Vacíos en Agregados Minerales en Rodadura	15.0% mínimo
Vacíos en Agregados Minerales en Rodadura	14.0% mínimo
Vacíos llenos de asfalto	65% a 78%

La rodadura asfáltica deberá mostrar un grado de compactación mínimo del 94%.

10.2 RECOMENDACIONES DEL RELLENO

De acuerdo con el análisis geotécnico de los tramos de estudio, se calcularon asentamientos variables de acuerdo con el dimensionamiento de las estructuras, se propone un mejoramiento de 0.50 m en las estructuras.

El material de mejoramiento de la subrasante deberá cumplir con los lineamientos establecidos en el Articulo 230-13 del INVIAS, Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014., empleando material adicionado.

Por su parte, los terraplenes, pedraplenes y rellenos para las estructuras deberán cumplir con lo especificado en los Artículos 220-13, 221-13 y 610-13, respectivamente, de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS, de acuerdo con las cuales:

- En las zonas de ampliación, el terreno natural deberá ser estabilizada con una capa de rajón de 0.5m de espesor y deberá ajustarse a las exigencias del Artículo 221-13, “Pedraplenes” de las especificaciones de construcción del INVIAS.

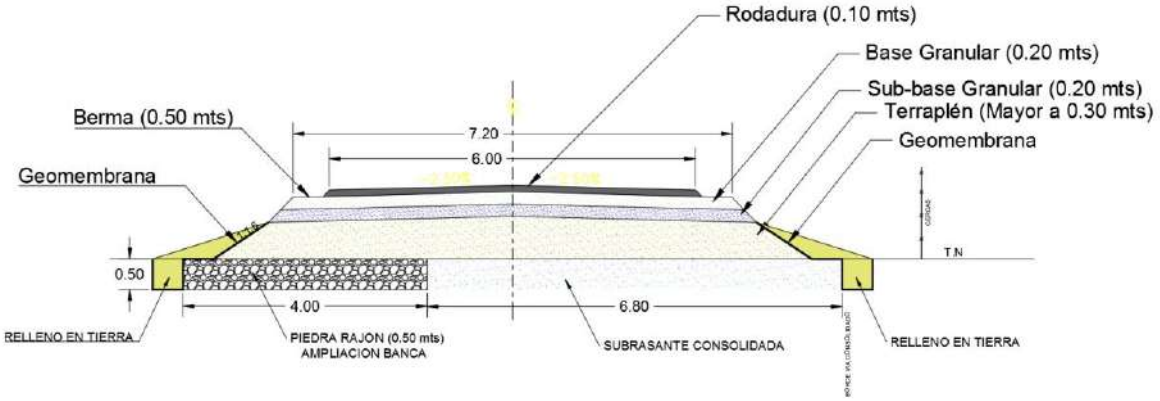
- Los materiales de relleno se extenderán en capas sensiblemente horizontales y de espesor uniforme.

- Se recomienda realizar el lleno en material granular seleccionado capas de 0.20 m máximo.
- La compactación de los materiales se debe realizar considerando que la densidad no esté por debajo del 90% del ensayo Proctor modificado.
- Los materiales no deben presentar sobretamaños.

- El material debe presentar bajos índices de IP, para lograr esto se debe mezclar el material de la zona con arena de rio cuando se requiera rellenar con el material de la excavación.

La sección de ampliación recomendada es la siguiente:

Figura 9. Sección de ampliación en terraplén



Los taludes de las explanaciones en material de terraplén que queden expuestos a condiciones de inundación prolongadas deberán ser protegidos con geomembranas permanentes HDPE de al menos 20 MILS, ancladas al terreno natural y, protegidas a su vez, con rellenos de tierra provenientes de las excavaciones.

Para el caso de taludes en terraplén que no estén expuestos a inundación podrán emplearse cespedones o biomantos permanentes para su protección contra la erosión.