ALCALDÍA MUNICIPAL VICTORIA CALDAS
NIT:890.801.151-0

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA URBANA DEL MUNICIPIO DE VICTORIA

CONTRATO DA-300-MC-077-2024

PRODUCTO
ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO

VERSIÓN 1.0

SEPTIEMBRE 14 DE 2024

Control de Versiones

Versión	Fecha	Descripción Modificación
1.0	14/09/2024	Entrega final

CONTRATO DA-300-MC-077-2024

Validado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Nombre: David Alejandro Bernal Sánchez	Nombre: David Alejandro Bernal Sánchez	Nombre: Juan Carlos Jaramillo
Cargo: Especialista en Pavimentos	Cargo: Especialista en Pavimentos	Cargo: secretario de planeación

Contenido

1 GENERALIDADES 6
1.1 OBJETIVO 7
1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES 7
1.3 GRUPO DE TRABAJO 8
1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y SU ENTORNO 8
2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 10
3 RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN GENERAL Y GEOLÓGICA 11
3.1 GEOLOGIA 12
3.2 ASPECTOS SISMICOS 13
3.3 NIVEL FREÁTICO 14
4 PLAN DE EXPLORACION 15
4.1 ENSAYOS DE LABORATORIO 16
5 ESTUDIO DE TRÁNSITO 17
6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 17
6.1 relleno antrópico 18
6.2 SUBRASANTE (LIMO ARCILLOSO) 18
7 DISEÑO DEL PAVIMENTO 20
7.1 CHEQUEO RÍGIDO PCA 21
7.1.1 Parámetros de Entrada 22
7.1.2 Resultados Modelación 25
7.2 chequeo aashto 27
8 Juntas en pavimentos rígidos 28
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 32
10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 34
ANEXO 1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO
ANEXO 2 MEMORIAS DE CÁLCULO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 Localización de la zona de estudio. 9

Figura 3-1 Se observan materiales limo arcillosos como material de soporte de los materiales granulares a colocar. 11

Figura 3-2 Vista desde el área sin intervenir hacia la zona ya conformada con estructura de pavimento 11

Figura 3-3 Losas de concreto fisuradas 12

Figura 3-4 Panorámica estructura 12

Figura 5 Localización del área de interés. 13

Figura 3-6 Aspectos sísmicos 14

Figura 4-1 Plan de exploración 16

Figura 6-1 Perfil geotécnico promedio área de 1200m2 18

Figura 6-2 Comportamiento en la Carta de Casagrande 19

Figura 7-1 Mejoramiento IVANOV 21

Figura 7-2. Correlación aproximada clasificación suelos y diferentes ensayos. 24

Figura 3. Resultados obtenidos del programa de computo BS-PCA. 25

Figura 4. Resultados obtenidos del programa de computo BS-PCA. 26

Figura 8-1. Alternativa detalle de las juntas 28

Figura 8-2 Detalle colocación de las barras. 29

Figura 8-3. Dimensiones losa tipo. 32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-1. Relación de personal que realizó los trabajos. 8

Tabla 4-1. Plan de exploración 15

Tabla 4-2 Ensayos de laboratorio 16

Tabla 7-1. Resistencia que debe alcanzar el concreto (camiones por día). 23

Tabla 7-2 Estructura recomendada 27

Tabla 8-1. Recomendaciones para la selección de pasadores de carga. 30
Tabla 9-1 Alternativas propuestas 33

1 GENERALIDADES

El presente documento se desarrolla como parte del contrato MC-077-2024 suscrito por La Alcaldía Municipal de Victoria Caldas y el Suscrito David Alejandro Bernal Sánchez el cual tiene como objeto los **"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA URBANA DEL MUNICIPIO DE VICTORIA**

Como parte de las obras que tiene proyectadas ejecutar en el Municipio de Victoria, Departamento de Caldas, se plantea en este documento el Estudio Geotécnico para el diseño del pavimento, para diferentes tramos de vía urbana.

En cada uno de los capítulos que conforman este documento, se realizan los razonamientos a cada una de las variables que determinará la alternativa y/o solución de intervención adecuadas y equivalentes de acuerdo con la normatividad vigente (Concreto hidráulico). Asi mismo, se presentan las características generales de la zona del proyecto, los resultados y análisis de las exploraciones al subsuelo y ensayos de laboratorio, el análisis de tránsito para diseño de pavimentos, la determinación de parámetros geotécnicos para el diseño de pavimentos, materiales a emplear y sus propiedades, así como la alternativa en concreto hidráulico y demás aspectos que permitan dar cumplimiento al alcance del volumen en desarrollo.

Las recomendaciones contenidas en el presente informe se basan en la experiencia de los especialistas, la recopilación de la información secundaria o precedente, la exploración del subsuelo, los análisis empleados bajo las hipótesis propuestas por los especialistas y su percepción de los procesos en campo; por ende, puede contener imprecisiones propias de las incertidumbres, relacionadas el diseño, la génesis aleatoria de los depósitos de suelo, las unidades de roca y por consiguiente de su comportamiento termo, físico, químico y mecánico.

Si durante la siguiente etapa de construcción se presentan situaciones o condiciones no previstas en este informe, deberá darse aviso oportuno a esta oficina para estudiar la solución más adecuada, esto también incluye cambios en el diseño, que puedan generar una variación en la localización, uso, niveles o cargas utilizados para este informe.

Este documento no podrá ser alterado o modificado sin autorización explícita de este suscrito

1.1 OBJETIVO

Los estudios ingenieriles para la realización de este informe tienen como objetivo, realizar todo el conjunto de actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el estudio de suelo y diseño del pavimento, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de la estructura vial.

Así las cosas, identificará, analizará y evaluará mediante guías [1] [2], ensayos y metodologías [3] [4] [5], los requerimientos necesarios para determinar los diseños para estructuras de pavimentos nuevos en las áreas proyectadas para el tránsito de vehículos pesados y movimiento de contenedores.

1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES

El presente estudio se realiza con el fin de ampliar el conocimiento de las condiciones de los materiales encontrados, con base en la exploración del subsuelo donde se tiene prevista la construcción del proyecto.

El propósito de este estudio es identificar y caracterizar los materiales que conforman el depósito de suelo, estableciendo su distribución y espesores, basado en información secundaria, exploración del subsuelo, el reconocimiento de campo e integrarlo con diferentes parámetros como son la topografía, estructuras actuales y proyectadas, zona sísmica, tipo de drenaje, entre otros aspectos, con el objeto de determinar y diseñar la alternativa en concreto hidráulico.

En este sentido, se tienen las siguientes consideraciones:

- Identificar y caracterizar mediante técnicas de exploración y muestreo los diferentes materiales que conforman la subrasante en toda la longitud del proyecto
- Determinar y caracterizar mediante ensayos de laboratorio las propiedades físicas y mecánicas más importantes de los suelos representativos de la subrasante y homogeneizar los resultados de los ensayos de laboratorio.
- Plantear y establecer los diferentes materiales que componen la estructura de pavimento, en especial materiales de rodadura y de capas granulares o estabilizadas, según sea el caso
- Definir los espesores y materiales más adecuados que pueden ser colocados de acuerdo con las condiciones del proyecto y que constituirán la estructura del pavimento.
- Diseñar una estructura cómoda, funcional, segura, económica y que cumpla técnicamente con la normativa vigente
- Presentar recomendaciones técnicas, en especial en el proceso constructivo que contribuyan durante el proceso de obra para mitigar inadecuadas

interpretaciones del diseño o malas prácticas de ingeniería que disminuyen la vida útil del pavimento.
- Las repeticiones de cargas fueron tomadas a partir del estudio de tránsito.

Este documento no podrá ser alterado o modificado sin autorización explícita del ingeniero responsable del informe presente.

1.3 GRUPO DE TRABAJO

Con el objeto de llevar a cabo las diferentes actividades relacionadas con el presente estudio, se conformó el siguiente grupo de profesionales de trabajo, relacionados en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Relación de personal que realizó los trabajos.

NOMBRE	FUNCIÓN O CARGO
David Alejandro Bernal Sánchez	Especialista en Pavimentos

1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y SU ENTORNO

El proyecto se desarrollará en el Municipio de Victoria Departamento de Caldas. El sector de estudio se encuentra ubicado al Oriente de este departamento, en a la región conocida como Magdalena Centro. Se encuentra entre el piedemonte oriental de la cordillera central y el valle interandino del río Magdalena. El Municipio limita al oriente con el municipio de la Dorada; por el occidente con los Municipios de Marquetalia y Samaná y por el norte con Norcasia y por el Sur con los Municipios del Tolima: Honda y Mariquita.

Dado que se tiene proyectada la construcción de redes de Acueducto y alcantarillado junto con la reconstrucción de la estructura de pavimento, se han identificado 10 sectores los cuales, de intervención, los cuales se relacionan en la siguiente figura teniendo en cuenta una serie de colores.

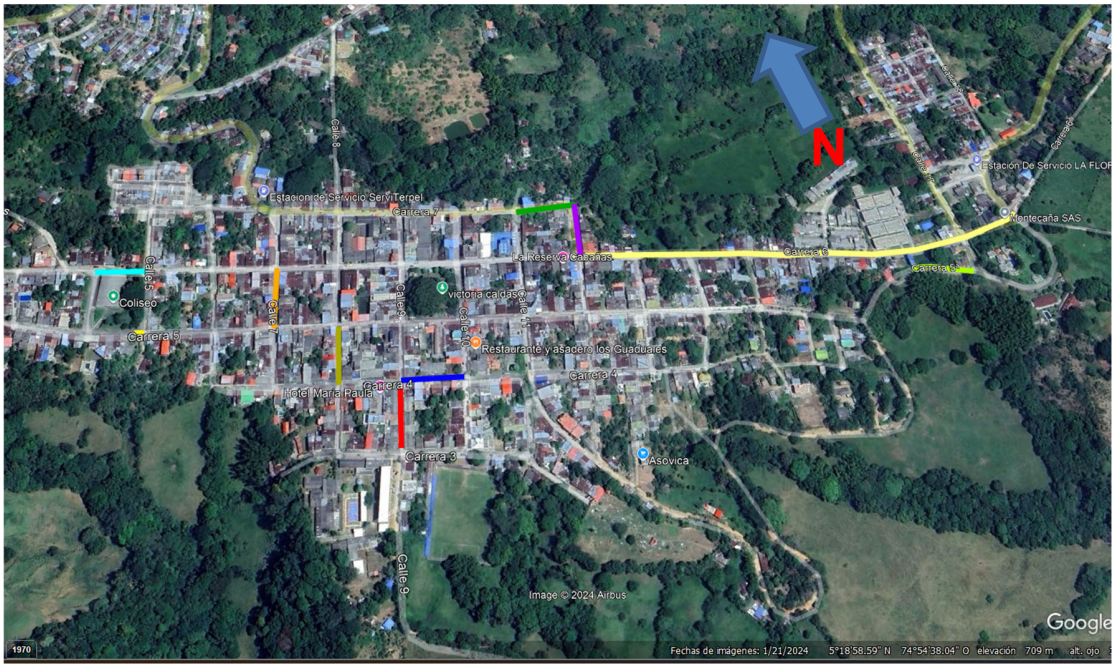


Figura 1-1 Localización de la zona de estudio.
Fuente: Adaptado y Modificado Google Earth

2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo se establecen criterios básicos para la elaboración del diseño del pavimento que comprenden la recopilación de la información secundaria, investigación del subsuelo, los análisis y las recomendaciones necesarias para el diseño, construcción y mantenimiento de las estructuras de pavimento, de manera que garantice un adecuado comportamiento de éstas.

El estudio para el diseño del pavimento tendrá varias etapas en las cuales se cuenta los trabajos de campo, programas de exploración y la ejecución de las exploraciones, ensayos de laboratorio (numeral 4), Diseño del pavimento (numeral 7), y conclusiones y recomendaciones (numeral 11) con respecto a las estructuras que se proyecten.

Referente al estudio de tránsito (numeral 5) está encaminado a determinar las solicitaciones en número de eje equivalentes y espectros de carga.

El diseño del pavimento (numeral 7) contiene el estudio y análisis completo de la alternativa propuesta de acuerdo con las metodologías empleadas por la Portland Cement Association (PCA) [1]. Para tal fin, se tendrá en cuenta la información geotécnica y análisis del tránsito.

La estructura recomendada estará adaptada a los materiales disponibles siempre y cuando estos cumplan con las especificaciones y ensayos del INVIAS vigentes y las características climáticas de la región del proyecto.

Por último, en el numeral 10 se presentan de forma clara las conclusiones a que llegó el estudio, indicando las precisiones de éste, de igual manera las sugerencias o aportes que genera el estudio para ser tenidas en cuenta, durante la construcción y etapa de operación.

3 RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN GENERAL Y GEOLÓGICA

Por medio de la exploración geotécnica para el diseño del pavimento, se elaboró un reconocimiento previo del sector de estudio, identificando que la zona de estudio contempla una superficie plana a ondulada, donde se exigirá movimiento de tierras (posibles terraplenes para los mejoramientos y estructuras de pavimento no mayores a 1.0m). A continuación, se muestran cuatro figuras que relacionan lo anteriormente descrito:



Figura 3-1 Se observan materiales limo arcillosos como material de soporte de los materiales granulares a colocar.



Figura 3-2 Vista desde el área sin intervenir hacia la zona ya conformada con estructura de pavimento



Figura 3-3 Losas de concreto fisuradas



Figura 3-4 Panorámica estructura

3.1 GEOLOGIA

Se presenta a continuación la información geológica asociada al sector y su entorno, la cual fue tomada del Mapa Geológico Colombiano, expuesto en el Servicio Geológico Colombiano. En general el sitio de estudio se encuentra sobre complejos de Arenitas líticas con intercalaciones de arcillolitas de color gris verdoso y conglomerados, con edad Serravaliano-Mesiniano (n4n6-Sc) Ver siguiente figura

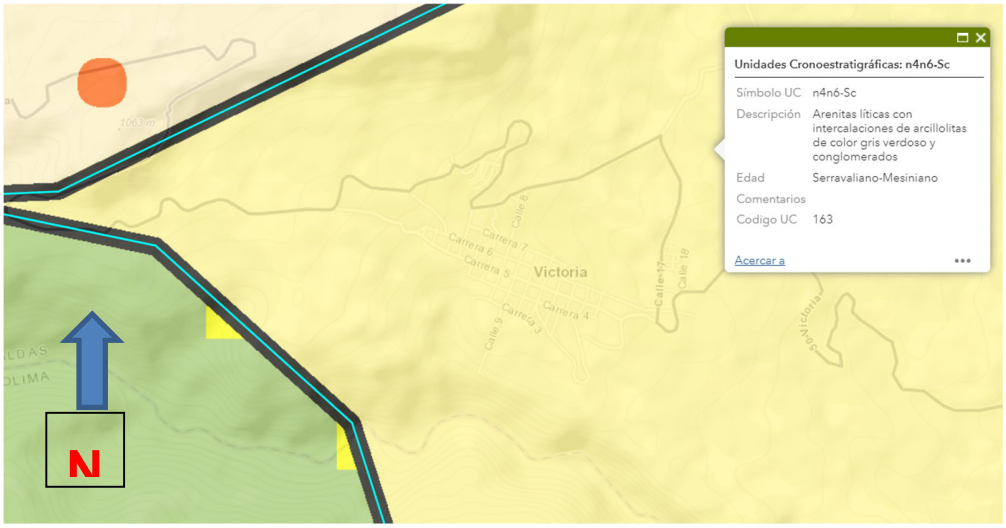


Figura 5 Localización del área de interés.
Fuente: Geoportal SGC-Mapa geológico de Colombia 2023

3.2 ASPECTOS SISMICOS

La zona de estudio está inmersa en zonas de sismicidad intermedia (Figura A.2.- 1 NSR-10), presentando un Aa: 0.20g y un Av: 0.25g

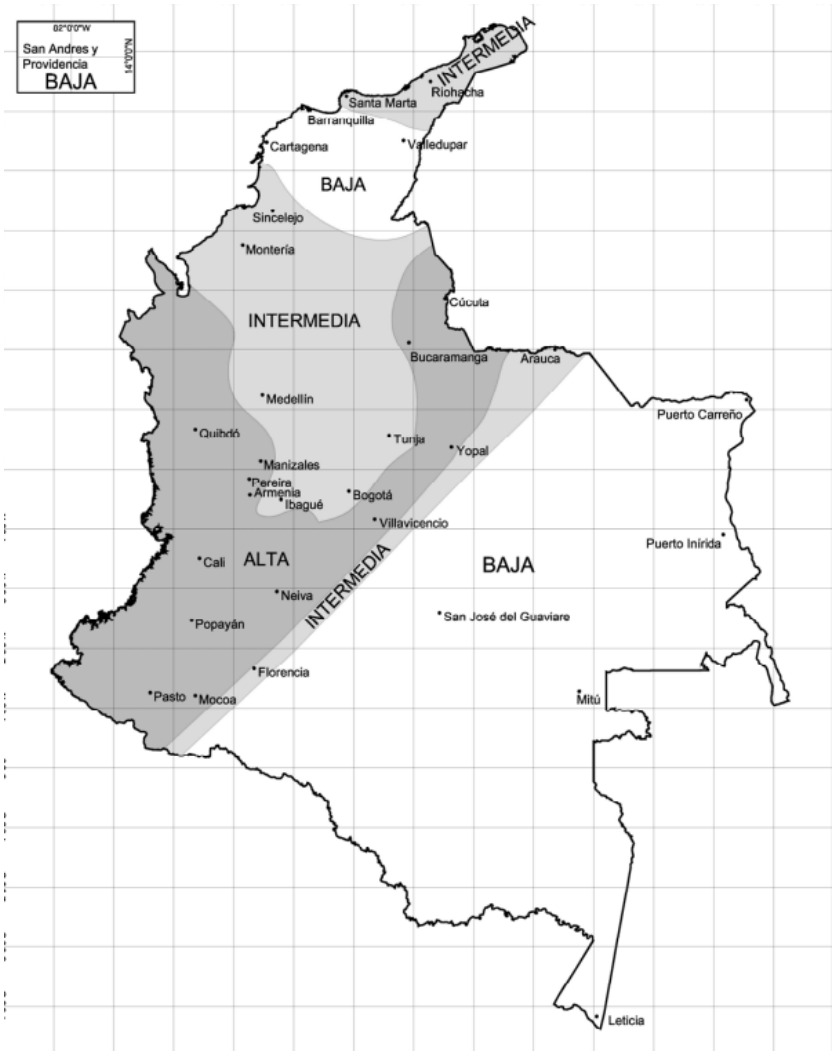


Figura 3-6 Aspectos sísmicos

Fuente: NSR-10

3.3 NIVEL FREÁTICO

Las consideraciones del flujo subterráneo en la zona de estudio están ligadas a las características hidráulicas de los materiales que constituyen el subsuelo, como ya se ha mencionado, estos pertenecen a depósitos de limos con intercalaciones de arcilla con baja permeabilidad.

Con base en los registros de perforación de los apiques no se reportó nivel freático, sin embargo, si se presenta saturación de los materiales, dados los fenómenos de humedecimiento y posiblemente precipitaciones recientes.

4 PLAN DE EXPLORACION

Tras la identificación del terreno se dispuso de un plan de exploración con el objetivo de identificar, localizar y delimitar, tanto horizontalmente, como verticalmente, los diferentes tipos de suelos y/o unidades de roca en el área del proyecto, para así definir las propiedades geomecánicas de los materiales en el subsuelo por muestreo, ensayos de campo y laboratorio.

La adecuada localización de los apiques, la veracidad en la toma de datos y un adecuado manejo de las muestras por parte del equipo de trabajo son el punto de partida para el buen desarrollo de la exploración del subsuelo

En este sentido se ejecutaron 4 apiques a 1,5 metros de profundidad. Se realizaron los ensayos de exploración en el terreno realizando registro estratigráfico, registro fotográfico, ensayos de granulometría, humedad natural, índice de Plasticidad, CBR inalterado.

A continuación, se relaciona una tabla y una figura con las principales características de la exploración;

Tabla 4-1. Plan de exploración

Coordenadas Apiques				
AP	**Norte**	**Este**	**Profundidad**	**Nivel freático**
1	5°18'54.57"N	74°54'20.68"O	1.50	NR
2	5°18'59.31"N	74°54'35.99"O		
3	5°18'57.64"N	74°54'45.53"O		
4	5°19'3.73"N	74°54'48.60"O		

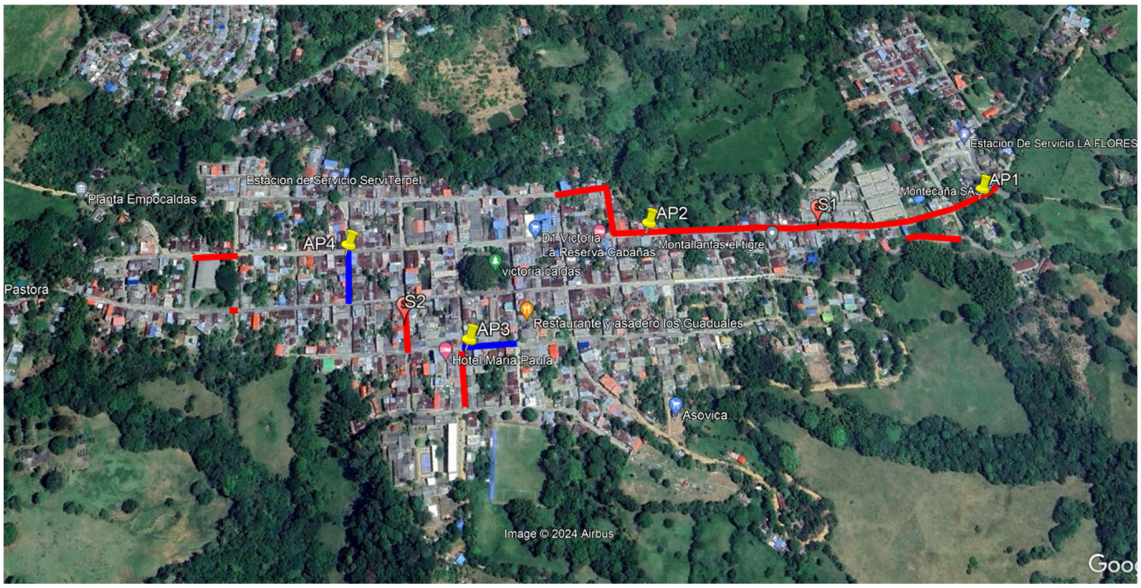


Figura 4-1 Plan de exploración

Fuente: Adaptado Google Earth

4.1 ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras obtenidas durante la exploración de campo fueron el resultado de su buen manejo y cuidado, el cual garantiza su representatividad y conservación. Todas las muestras obtenidas de los trabajos de exploración del subsuelo fueron identificadas visualmente, y sobre un número representativo de los tipos de suelos encontrados se realizaron los ensayos de laboratorio, que permitieron conocer con claridad la clasificación, propiedades in-situ y su resistencia.

A continuación, se presenta en la Tabla 4-2 los ensayos realizados, su respectiva norma y la cantidad total ejecutada de los ensayos de los laboratorios los cuales se presentan en detalle en el Anexo 1 “Exploración del subsuelo”.

Tabla 4-2 Ensayos de laboratorio

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos I.N.V.E-125 Y 126-13	UN	4
Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos I.N.V.E-123-13	UN	4

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
CBR Inalterado I.N.V.E-148-13	UN	4
Contenido de humedad INVE-150-13	UN	4
PDC	UN	4

5 ESTUDIO DE TRÁNSITO

Teniendo en cuenta que se requiere el diseño de pavimento tipo rígido de las zonas de interés y de acuerdo con la información de la especialidad de tránsito, se proyecta un TPD de 5092 para un periodo de 20 años. Este valor se utilizará para el diseño del pavimento en concreto hidráulico.

6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Se ejecutó un análisis de la información, para esto se evaluaron los resultados de laboratorio resumidos en la tabla de resultados adjunta en el Anexo 1. Dentro de los documentos que soportan los ensayos de laboratorio se da a conocer el perfil estratigráfico con la información recopilada a través de la investigación del subsuelo, que se compone por la exploración del subsuelo.

Con lo anterior, se determinó el perfil estratigráfico el cual se relaciona a continuación.

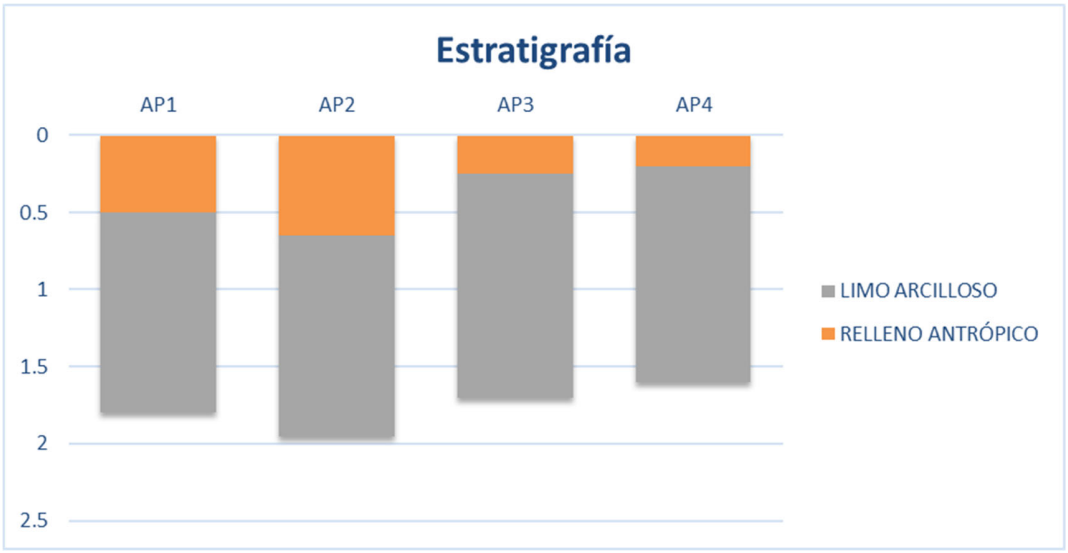


Figura 6-1 Perfil geotécnico promedio área de 1200m2

Fuente: Propia

Como se observa en las anteriores figuras, se tiene un horizonte estratigráfico

- Rellenos antrópicos: 0.0m a 0.60m de profundidad
- Limo arcilloso gris: 0.60 m a 1.50m de profundidad

Ahora bien, a continuación, se describen los estratos encontrados junto con los comportamientos a nivel de plasticidad de cada uno de ellos.

6.1 RELLENO ANTRÓPICO

Relleno de limo color café oscuro con mal olor, consistencia media, contenido de agua bajo.

6.2 SUBRASANTE (LIMO ARCILLOSO)

Una vez superada la capa de relleno antrópico se identifican limos arcillosos (de grano fino) con trazas de grava fina de consistencia dura, plasticidad media y de baja compresibilidad. Ver siguiente figura.

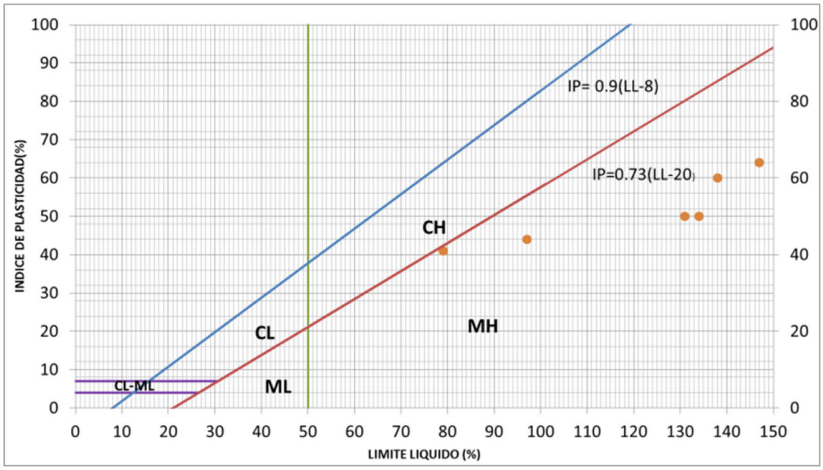


Figura 6-2 Comportamiento en la Carta de Casagrande

Fuente: Propia

Como clasificación USC se encuentran arcillas de baja compresibilidad (CL) con intercalaciones de limos de baja compresibilidad (ML) y como AASHTO de A-6 y A-7-5 respectivamente.

Las humedades oscilan de 40% a 45% y los CBR de 1% a 3%

7 DISEÑO DEL PAVIMENTO

La metodología de diseño empleada en el presente estudio es la presentada en el manual de diseño de pavimentos asfaltico [2] para medios y altos volúmenes de tránsito. De las alternativas propuestas se extrae la estructura recomendada que obedecerá a la mejor alternativa técnica, económica y funcional para el proyecto.

Teniendo en cuenta los resultados de la exploración junto con los ensayos de CBR insitu, se hace necesaria la estabilización de la subrasante, con el fin de mitigar en mayor medida las cargas actuantes sobre la misma.

Es de entender que el alcance del proyecto refiere a la colocación de materiales tipo terraplén, sabiendo que los mismos deberán cumplir como mínimo las condiciones de suelos tolerables, adecuados y seleccionados.

En este sentido se utilizó la metodología de IVANOF la cual se expone a continuación junto con los resultados en el Anexo 2 Memorias de cálculo

$$h1 = \left(\frac{2a}{n}\right) * Tan\left[\frac{\left(1 - \frac{E\ inferior}{E\ equivalente}\right)}{\left(\frac{2}{\pi} * \left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right)\right)}\right]$$

$$n = \left(\frac{E\ inferior}{E\ equivalente}\right)^{1/2.5}$$

MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

Se deberán colocar como mínimo 0.30cm de material Tipo terraplén seleccionado (que cumpla con los requerimientos de terraplén (CBR 10%)), colocando inicialmente un geotextil de separación (T2400) como mínimo.

DETERMINACIÓN DEL ESPESOR NECESARIO PARA OBTENER UN MÓDULO EQUIVALENTE SEGÚN FORMULACIÓN DE IVANOV - INTERVENCIÓN TIPO TERRAPLÉN

CBR (%)		$E_{INFERIOR}$	$E_{SUPERIOR}$	n	$1/n^{3.5}$	h1(cm)	$h_1 / 2a$	$\tan^{-1}(n*h_1/2a)$ (I) (rad)	$1-(1/n^{3.5})$ (J)	$2/\pi$	$2/\pi*J*I$	E_{equiv}
SUBRASANTE	SUELO SELECCIONADO	Mpa										Mpa
1.00	10.0	17.6	77	1.80	0.13	30.00	1.00 (I)	1.06 (J)	-6.87	0.64	-4.65	43

SISTEMA EQUIVALENTE EN LA CORONA DEL TERRAPLÉN		
$E_{EQUIVALENTE}$ =	43.0	kg/cm²
$CBR_{EQUIVALENTE}$ =	4.0	%

Página 1

Figura 7-1 Mejoramiento IVANOV

Fuente: propia

En este sentido se analiza la metodología IVANOF para lo cual resulta que el mejoramiento mencionado sobre el CBR de 1.0%, resulta un CBR equivalente de 4.0 %.

7.1 CHEQUEO RÍGIDO PCA

El método de diseño de la Portland Cement Association (PCA-84) considera dos criterios de falla del pavimento: falla por fatiga y falla por erosión; de modo que se considera que un espesor de losa de concreto hidráulico satisface los criterios de control cuando para los mismos se obtienen valores inferiores a 100% (consumo <100%). Para la determinación de los espesores requeridos de losa bajo control de criterios de consumo total por fatiga y erosión inferior a 100%, se utilizó la herramienta de cómputo BS-PCA, diseñado por los ingenieros Efraín de Jesús Solano Fajardo y Carlos Alberto Benavides, en la Universidad del Cauca.

El método propuesto por la PCA “PORTLAND CEMENT ASSOCIATION”, consiste en hallar los espesores de pavimento que ofrezcan un buen comportamiento estructural con bajos costos de mantenimiento, por tanto se hace necesario un sano criterio de ingeniería que implica la determinación y selección de espesores de diseño que equilibren los costos iniciales y los de mantenimiento, traduciéndose esto en una estructura confiable y capaz de soportar el número de repeticiones esperadas para su período de vida útil.

7.1.1 Parámetros de Entrada

- **Período de diseño**

De acuerdo con lo establecido en las especificaciones del puerto, en cuanto a que esta plataforma, se establece como período de diseño estructural quince (20) años.

De igual manera, para el presente estudio se ha considerado como primer año de servicio o año base del proyecto el año 2025, razón por la que las proyecciones se realizaron hasta el año 2045.

- **Factores de diseño**

Módulo de rotura (MR): Resistencia del concreto a la flexión promedio a los 28 días. Este parámetro refiere a 4.5 MPa.

Capacidad de soporte de la subrasante o del conjunto subrasante – subbase, en Mpa/m. Esta capacidad se mide en términos del Módulo de reacción “k” de la superficie sobre la cual se apoyará el pavimento (bases o subbases granulares, bases tratadas con cemento, base asfáltica, etc.).

El valor de “k” de la subrasante se estima generalmente por correlación con la prueba de CBR. Cabe aclarar que al incluir una capa de subbase se están mejorando las condiciones de soporte, por lo que este módulo se ve mayorado, es decir se incrementa convirtiéndolo en el “k combinado o de diseño, kd”, mejoramiento que permite bajar en algo los espesores de la capa o losa de concreto.

- **Tránsito**

El factor que más influye en el diseño es el número y la magnitud de cargas por eje más pesadas, esperadas para el período de diseño de 20 años. Los análisis y valores relacionados a esta variable se desarrollaron en el Capítulo 5.

- **Factores de seguridad de carga**

Con base en lo establecido en el “Manual de Diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos Volúmenes de Tránsito”, elaborado por el Instituto Colombiano de Productores de Cemento – ICPC, para el INVÍAS, y realizado por el Ingeniero Civil Cipriano A. Londoño N., en su literal 4.3.3.7., se tiene que, para vías con un alto volumen de tráfico pesado, **Fsc = 1.2**.

- **Condiciones y consideraciones específicas adoptadas para el diseño**

Transferencia de carga: Para el diseño del pavimento se considera que el mismo estará dotado de pasadores para transferencia de carga.

Sin berma de concreto: Dadas las características de al zona objeto del presente informe, no se considera la existencia del efecto de aporte de una berma ligada al pavimento para reducir los esfuerzos de flexión y las deflexiones producidas por las cargas de los vehículos, dado que hay áreas que no presentarán la condición de confinamiento que se puede dar en la zona

Período de diseño: Los presentes diseños se efectuarán para un período de diseño de **quince (20) años**.

Factor de seguridad de carga: Para este sector se tomó como factor de seguridad, **FS=1.2**. Este factor se multiplica por los datos obtenidos de carga por eje para el tráfico estimado.

Módulo de rotura del concreto: Con base en lo establecido en la Tabla 3-1. "Resistencia que debe alcanzar el concreto", del "Manual de Diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos Volúmenes de Tránsito", la cual se muestra a continuación, se establece que para un número de camiones por día mayor de 300 camiones día (369 camiones/día), el módulo de rotura que se debe emplear es **4.5 MPa ≈ 45.89 kgf/cm² ≈ 652.67 psi**.

Tabla 7-1. Resistencia que debe alcanzar el concreto (camiones por día).

Calidad del Concreto	Número de camiones por día			
	> 300	150 –300	25 – 150	< 25
A flexión (MPa)	4,5	4,2	4,0	3,8

Tabla 3-1. Resistencia que debe alcanzar el concreto

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito – INVÍAS.

Módulo de reacción de la subrasante: Teniendo en cuenta lo indicado en el numeral anterior donde se obtuvo el valor de CBR equivalente igual a **CBR_{eq} = 4.0%** para que el que corresponde un Módulo Resiliente **Mr = 3.5 kg/cm²**, en la siguiente figura se establece el valor del módulo de reacción de la subrasante mejorada.

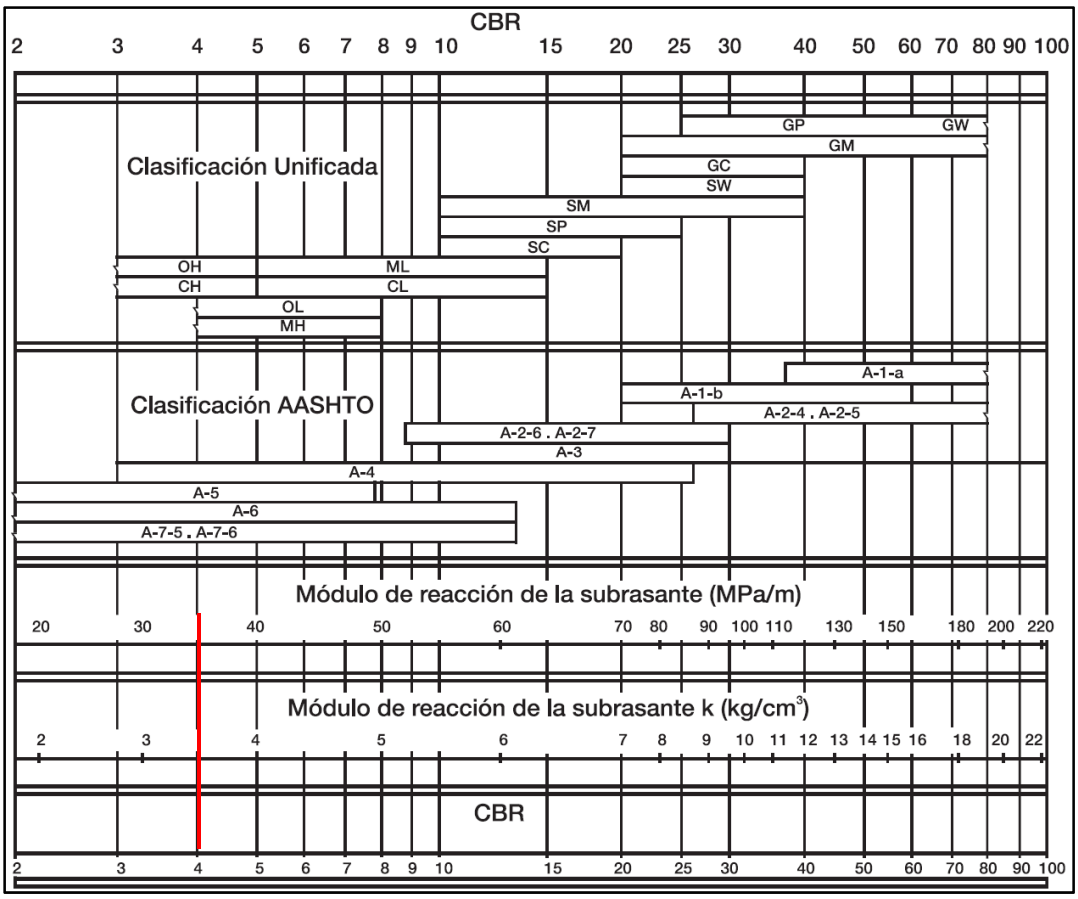


Figura 7-2. Correlación aproximada clasificación suelos y diferentes ensayos.
Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito – INVÍAS.

Teniendo en cuenta la anterior figura, se obtiene para la subrasante mejorada el siguiente valor de módulo de reacción:

$$k_{subr} = 3.5 \text{ kg/cm}^3 \approx 35 \text{ Mpa/m}$$

Se requiere que, durante la ejecución de las obras, el Módulo de Reacción de Diseño (K), sea determinado y verificado mediante ensayo de placa, bajo la normativa INVÍAS de Ensayos de Materiales para Carreteras INV. E-168-13, de modo que puedan realizarse los ajustes de obra a que haya lugar. El valor mínimo

de K que deberá garantizarse a nivel de capa de apoyo de la losa terminada, debe ser el indicado anteriormente.

- **Criterios de diseño**

Criterio por Fatiga: Se utiliza para mantener los esfuerzos del pavimento producidos por la acción repetida de las cargas, dentro de límites de seguridad, y con ello prevenir la fatiga por agrietamiento. Factor por fatiga (Esfuerzo): Se obtiene dividiendo el valor de repeticiones esperadas entre el valor de repeticiones admisibles por fatiga y multiplicando por cien; este se determina para cada valor de carga y para cada tipo de eje (Simple, Doble -Tándem- y Triple -Trídem).

Criterio por Erosión: Para limitar los efectos de la deflexión del pavimento en los bordes de las losas, juntas y esquinas, y controlar así la erosión de la fundación y de los materiales de las bermas. Factor por erosión: Se obtiene dividiendo el valor de repeticiones esperadas entre el valor de repeticiones admisibles por erosión y multiplicando por cien; este se determina para cada valor de carga y para cada tipo de eje (Simple, Doble y Triple). El diseño más apropiado es aquel en que la sumatoria de estos porcentajes (Factores por Fatiga y por Erosión), para cada tipo de ejes, debe estar cerca al cien por ciento (100%), de lo contrario se tendrá que entrar a modificar alguna condición del problema.

7.1.2 Resultados Modelación

Haciendo uso del software PCA, se obtienen los resultados que se presentan en la Figura 3 y se resumen en la Tabla en seguida.

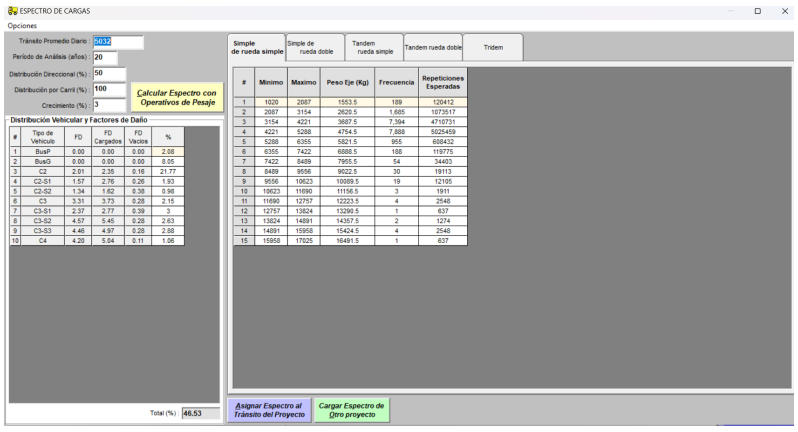


Figura 3. Resultados obtenidos del programa de computo BS-PCA.
Fuente: Captura de pantalla software PCA, 2024.

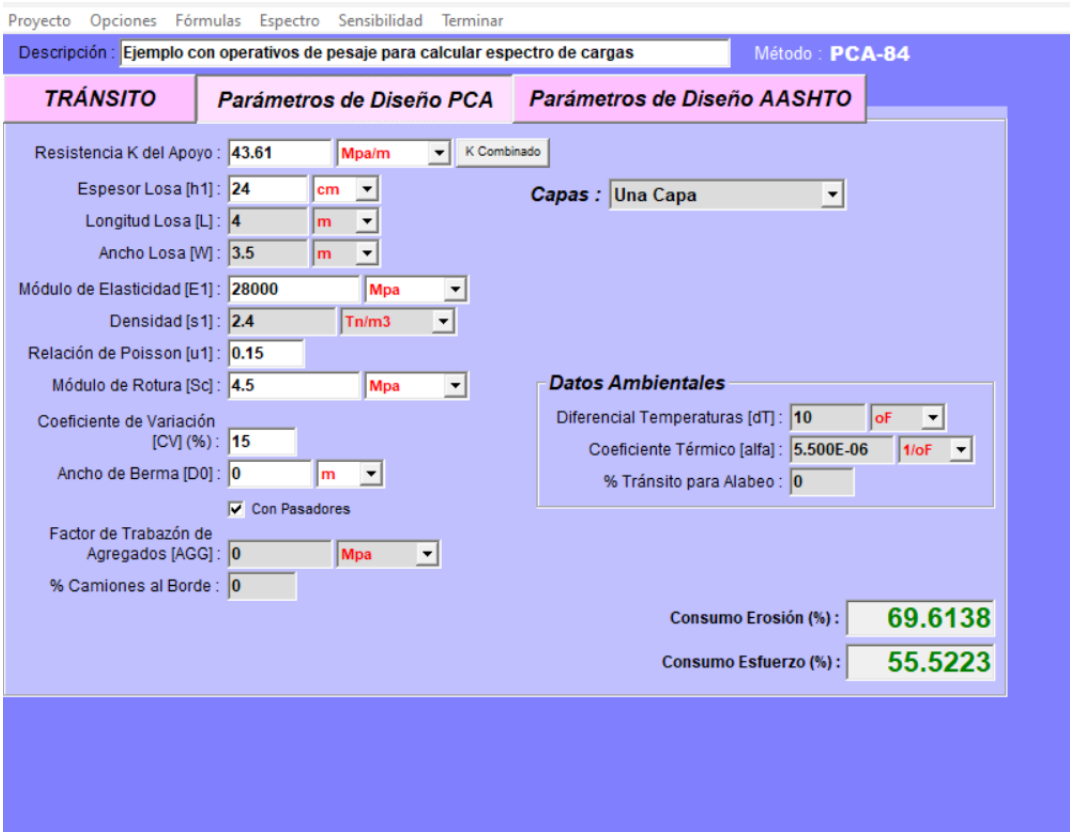


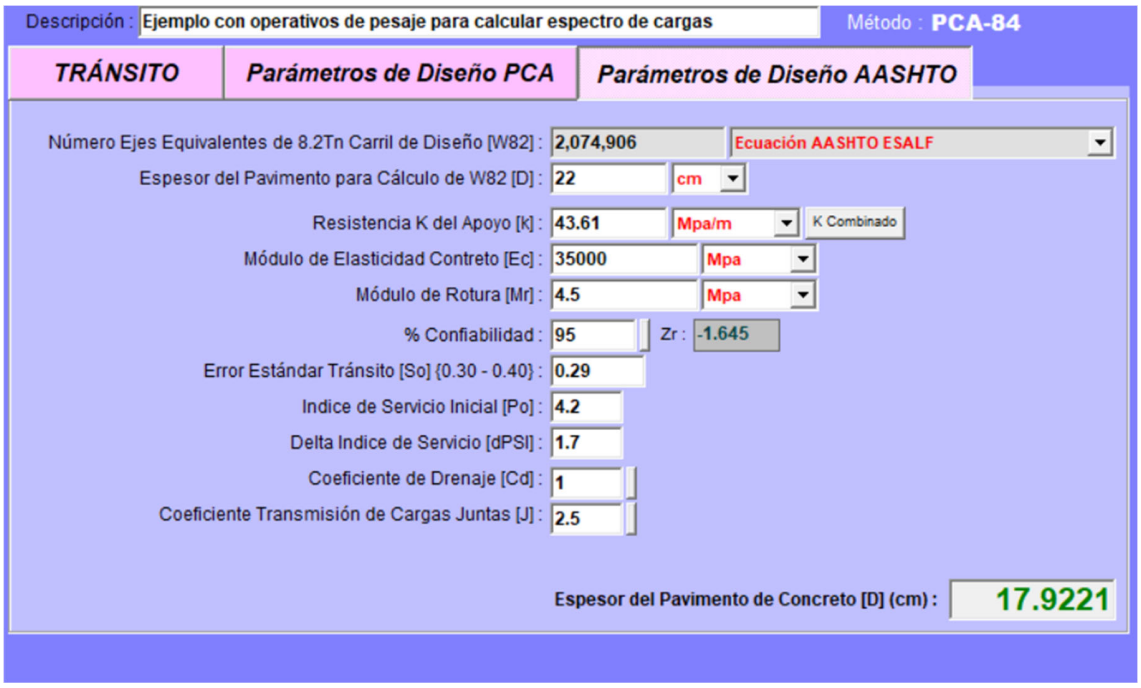
Figura 4. Resultados obtenidos del programa de computo BS-PCA.
Fuente: Captura de pantalla software PCA, 2024.

El espesor de la placa será de 24cm. Ver siguiente tabla **Tabla 7-2** Estructura recomendada

CAPA	ESPESOR (cm)	ESPECIFICACIÓN
MR-45	24.0	Artículo 500-13
Geocelda con SBG-38 Art 320-13 Clase A	20.0	Artículo 330-13
MEJORAMIENTO (suelo Seleccionado (min 10%CBR) con geotextil en la base T2400)	30	Artículo 220-13

7.2 CHEQUEO AASHTO

Con los valores del capítulo anterior se elaboró el chequeo por la metodología AASHTO, destacando que se le da prioridad a la modalidad de PCA, encontrando que el diseño cumple con lo mínimo requerido. Ver siguiente figura:



8 Juntas en pavimentos rígidos

Las principales funciones, entre otras, de las juntas (ver siguiente figura), son la ubicación adecuada para evitar el agrietamiento que se pudieran ocasionar por retracción del concreto, dilatación térmica y alabeo principalmente. Una segunda función principal de las juntas es la transmisión de las cargas con la losa adyacente para evitar fallas por deformaciones excesivas. Varios son los sistemas de transmisión de carga, entre los que encontramos:

- Trabazón de agregados.
- Junta machi – hembrada.
- Junta con pasadores.

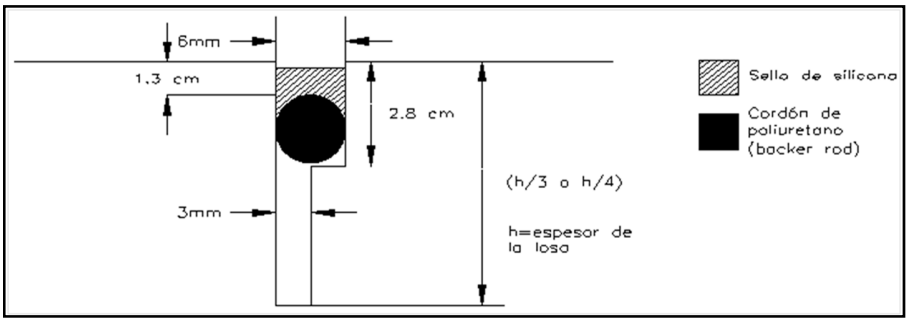


Figura 8-1. Alternativa detalle de las juntas.
Fuente: Elaboración propia, 2022.

La estructura de pavimento rígido se evalúa considerando un mecanismo de transmisión de carga y el empleo de pasadores (barras de acero liso), teniendo presente que sobre la estructura circulará tráfico pesado.

El sello propuesto para las juntas longitudinales y transversales es un producto con base en silicona o poliuretano, aplicado sobre un cordón de polipropileno (backer rod), que se coloca entre las juntas con el fin de evitar que el material sellante se pierda al llegar a la parte inferior de la losa.

El corte se realiza pocas horas después de fundir las losas, cuando la superficie de concreto puede soportar el peso de la máquina cortadora; se procede a cortar las juntas en los sitios en que previamente se han instalado las canastillas de las barras de transferencia. Se realiza con máquinas con discos de diamante, generalmente auto propulsadas para evitar que dejen huella sobre la superficie fresca del concreto. Si en una sola pasada se vacía todo el ancho de la vía, las juntas longitudinales deben cortarse de la misma manera que las transversales. Si la

construcción del pavimento se hace por carril, puede que sea necesario hacer un corte para rectificar la junta, o que ésta quede lista al hacer las dos pasadas del equipo y solamente requiera el sello.

El primer corte induce la fisura que separará a las losas adyacentes; tiene aproximadamente 3.0 mm de espesor y una profundidad de la tercera o cuarta parte del espesor de la losa. Luego, se hace un segundo corte, de aproximadamente 28.0 mm de profundidad, para crear la caja que alojará el material sellante, la cual debe garantizar que el sello cumpla con un factor de forma que le permita trabajar correctamente. La junta queda entonces de unos 6 mm de espesor.

Las barras de transferencia de carga deben ir en la mitad del espesor de la losa y deben estar engrasadas, en por lo menos la mitad de la longitud, para permitir el libre movimiento de las losas, tal y como se ilustra en la siguiente figura.

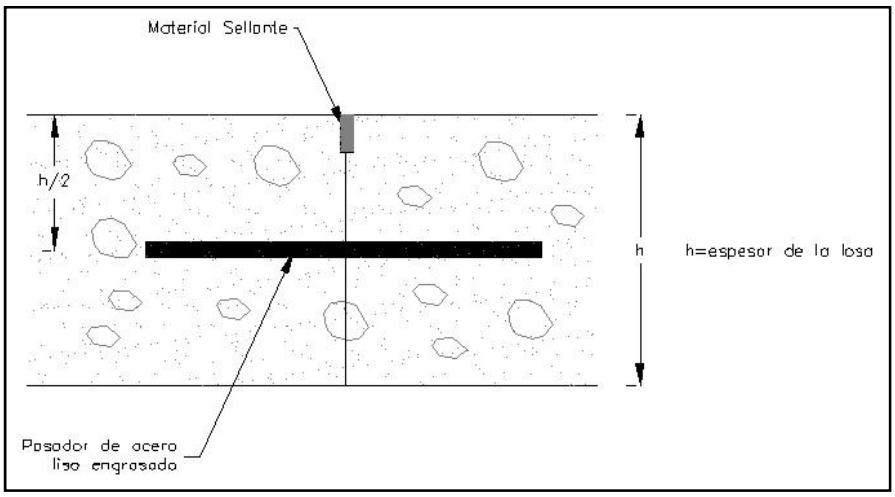


Figura 8-2 Detalle colocación de las barras.
Fuente: Elaboración propia, 2022.

- **Pasadores**

Este mecanismo transmite tanto fuerzas de cizalladura como momento flector permitiendo el movimiento horizontal de las losas, por lo que es necesario engrasar una mitad del pasador para evitar la adherencia con el concreto, con el condicionante que la totalidad de los pasadores empleados sean ubicados paralelos al sentido de la calzada. Los pasadores de carga, sus longitudes y separación entre ellos están en función del espesor de la losa de concreto y se indican en la tabla que se presenta a continuación.

Tabla 8-1. Recomendaciones para la selección de pasadores de carga.

ESPESOR DEL PAVIMENTO	DIÁMETRO DEL PASADOR		LONGITUD TOTAL	SEPARACIÓN ENTRE CENTROS
(mm)	(mm)	(pulg.)	(mm)	(mm)
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	**29**	**1 1/8**	**400**	**300**
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Fuente: American Association of State of Highway and Transportation AASHTO. Guide for Design of Pavements Structures 1986, Washington.

De la tabla anterior, al ingresar con el espesor de losa de concreto de 220 mm, se requiere el empleo de pasadores lisos, constituidos por barras de 1 1/8” de diámetro, de 400 mm de longitud mínima y separación entre centros de 300 mm.

- **Barras de anclaje**

Para las juntas longitudinales en nuestro caso se emplearán barras de anclaje que mantengan unidas las caras de las juntas y mejoren su eficiencia, el objeto de estas barras de anclaje es resistir esfuerzos a tracción generados por la fricción entre la losa y la capa de apoyo.

Los modelos matemáticos empleados para determinar la sección transversal de acero por unidad de longitud de las juntas dan origen a la tabla “RECOMENDACIONES PARA LA SELECCIÓN DE BARRAS DE ANCLAJE” presentada a continuación:

Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")				Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")				Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")			
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de fy= 187,5 MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de fy= 280 MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Nota: Cuando se empleen barras de acero liso, las longitudes dadas en la Tabla se multiplicarán por 1.5.

De la tabla anterior se obtiene que para un ancho de carril de 3.65 m y un espesor de losa de 220mm, en las juntas longitudinales se emplearán barras corrugadas de ½ pulgada (12.7 mm) de diámetro, de fy = 280.0 MPa, con una longitud de 0.85 m y una separación entre las mismas de 1.20 m.

Como criterio ingenieril, es cierto que la losa cuadrada presenta mejor comportamiento por distribuir de mejor forma los esfuerzos, por lo que se recomienda, en la medida de lo posible, construir losas cuadradas de 3.65 m por 3.65 m dado el significativo comportamiento del pavimento durante su vida de servicio producto de esta consideración. No obstante, debido a que en algunos casos no es posible manejar esta dimensión, se deberá mantener la relación de esbeltez de la losa, la cual debe ser de 1.25 veces, entonces partiendo del ancho de carril, que para este caso es de 3.65 m, se determina la longitud de la losa de concreto con la siguiente expresión:

Longitud de losa / Ancho de losa ≤ 1.25

Luego para un ancho de losa = 3.65 m, se define una longitud de losa de 4.0 m, por lo que la relación largo y ancho resultante es:

4.0 / 3.65 = 1.10 < 1.25 **Cumple criterio**

Las losas de concreto tendrán las siguientes dimensiones tipo, que se ilustran en la siguiente figura.

- 3.65m de ancho (sentido transversal).
- 4.0 m de longitud (sentido longitudinal máximo)

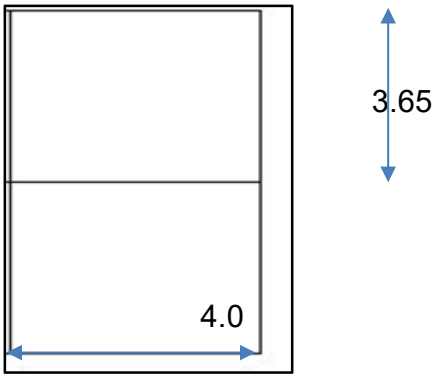


Figura 8-3. Dimensiones losa tipo.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

De otra parte, aunque no se tiene documentación técnica relacionada con el comportamiento de los pavimentos de concreto hidráulico en zonas de frenado, parada y arranque, si se conoce por el comportamiento de las vías que las losas afectadas por el frenado y arranque, presentan un deterioro más acelerado y de forma severa, que las otras, para la misma solicitación de carga.

Ahora bien, las losas en donde requiera construcción de cámaras, pozos o sean irregulares, se recomienda el refuerzo de las losas con una parrilla tanto en la parte inferior como superior con acero de ½" de diámetro, de alta resistencia, con una separación cada 250 mm, asegurando un recubrimiento de 60 mm.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ejecutaron 4 apiques sobre la zona de intervención, cada uno a 1.50 metros de profundidad

El terreno cuenta con una losa en concreto de 15cm, seguidos de rellenos antrópicos e ingenieriles e infrayaciendo limos arcillosos de alta compresibilidad, en las zonas de los apiques 1 y 4 seguidos

En general la subrasante cuenta con un CBR de 1%, por lo que fue necesario plantear un mejoramiento del terreno así:

- Se deberán colocar como mínimo 0.30cm de material de terraplén (que cumpla con los requerimientos de terraplén tolerable (CBR 10%)), colocando inicialmente un geotextil de separación (T2400).
- Posteriormente se deberá colocar una capa de Sub Base Granular (SBG Artículo 320-22) de 0.20m de espesor.
- Losa en concreto MR45 de 24cm de espesor. Ver siguiente tabla y numeral 7

Tabla 9-1 Alternativas propuestas

CAPA	ESPESOR (cm)	ESPECIFICACIÓN
MR-45	24.0	Artículo 500-13
Geocelda con SBG-38 Art 320-13 Clase A	20.0	Artículo 330-13
MEJORAMIENTO (suelo seleccionado (min 10%CBR) con geotextil en la base T2400)	30	Artículo 220-13

Se recomienda controlar los porcentajes de compactación, mínimo al 95% del Proctor modificado para cada material granular a utilizar

En lo que concierne a las barras corrugadas y lisas junto con el refuerzo estructural de la losa, estas se relacionan en el ítem 8 del presente informe.

Se recomienda ejecutar obras de drenaje con el fin de proteger la estructura de pavimento ante la escorrentía y precipitaciones que puedan llegar a afectar la transitabilidad en la zona.

Es de entender, que los cambios de niveles freáticos y aumentos de caudal se deberán manejar con cunetas y filtros que descolen a estructuras hidráulicas tipo box coulvert o alcantarillas, de tal suerte que no se produzcan infiltraciones dentro de la estructura y en consecuencia evitar los fenómenos de humedecimiento y secado de los materiales de subrasante y de la estructura proyectada, lo cual es crítico para la funcionalidad de la estructura.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO adoptado mediante Resolución No. 003482 de 2007 del INVIAS.

[2] MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS CON MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO, adoptado mediante Resolución No 002857 del 6 de julio de1999 del INVIAS

[3] GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DISEñO DE OBRAS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE CARRETERAS. Adoptada por la Resolución No .743 de 2009 del Ministerio de Transporte.

[4] NORMAS DE ENSAYOS PARA CARRETERAS INVE-13

[5] AASHTO GUIDE FOR DESING OF PAVEMENT STRUCTURES.1993

[6] PCA

ANEXO 1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

1.1 REGISTRO DE PERFORACIÓN

	PERFIL ESTRATIGRÁFICO OBTENIDO DE CAMPO	Código versión	Página
		V03 - 01 / 01	1 de 1

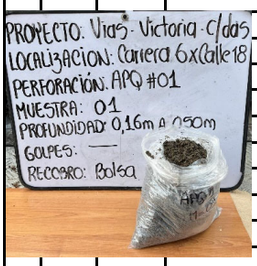
PROYECTO: VÍAS VICTORIA - CALDAS — SONDEO: **APQ 1**

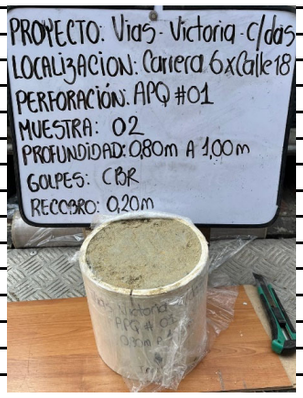
LOCALIZACION: CARRERA 6 X CALLE 18 — FECHA: 28/08/2024

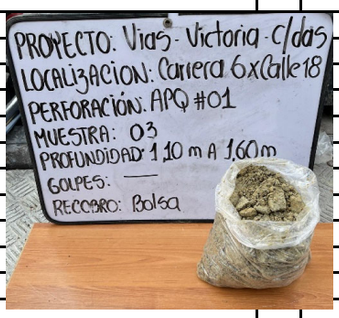
INTERESADO: — PROFUNDIDAD: 1,60m

COORDENADAS: NORTE: 5° 18' 54.5" / ESTE: 74° 54' 20.2"

Profundidad (m)	SIMBOLO	MUESTRA Nº	PROFUNDIDAD DE ESTRATO DE	A	DESCRIPCIÓN VISUAL DEL SUELO ENCONTRADO	SHELBY Nº	SHELBY Recobro	VELETA Inalterada	VELETA Residual	SPT N/6	SPT N/6	SPT N/6	RECOBRO (m)
0.0			DE	A	De 0,00m a 0,16 Placa de concreto con gravas de diferentes tamaños.								
			0.16	0.50	Relleno de limo color café oscuro con gravas y raíces, consistencia media,								
		1			contenido de agua bajo.						BOLSA		
			0.50	0.90	Suelo compuesto por derivados de cenizas volcánicas color gris claro con								
					vetas café claras y oxidadas, consistencia media, contenido de agua bajo.								
1.0		2	0.90	1.60	Suelo compuesto por derivados de cenizas volcánicas color café claro con								0.20
					vetas oxidadas, consistencia media, contenido de agua bajo.								
		3									BOLSA		
				1.60									
2.0													
3.0													
4.0													
5.0													
6.0													
7.0													







OBSERVACIONES:

POSICIÓN DEL NIVEL FREATICO (m)

FECHA	A.M	P.M
28/08/2024		NO

Perforador:

Revisado y Aprobado por:
Addison Jair López Cárdenas

RESUMEN MUESTRAS RECUPERADAS

MUESTRA	TIPO	DE (m)	A (m)
1	B	0.16	0.50
2	CBR	0.80	1.00
3	B	1.10	1.60

TIPO DE
SH: Shelby
SS: SPT
B: Bolsa
NQ: Barrena
SV: Veleta

	PERFIL ESTRATIGRÁFICO OBTENIDO DE CAMPO	Código versión	Página
		V03 - 01 / 01	1 de 1

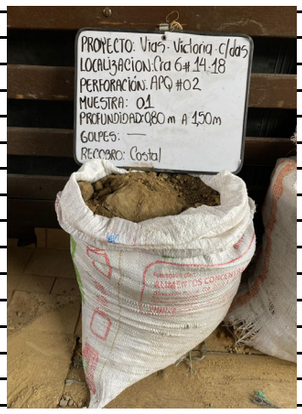
PROYECTO: VÍAS VICTORIA - CALDAS — SONDEO: **APQ 2**

LOCALIZACION: CARRERA 6 N° 14 - 18 — FECHA: 28/08/2024

INTERESADO: — PROFUNDIDAD: 1,60m

COORDENADAS: NORTE: 5° 18' 58.3" / ESTE: 74° 54' 32.3"

Profundidad (m)	SIMBOLO	MUESTRA N°	PROFUNDIDAD DE ESTRATO DE	PROFUNDIDAD DE ESTRATO A	DESCRIPCIÓN VISUAL DEL SUELO ENCONTRADO	SHELBY Nº	SHELBY Recobro	VELETA Inalterada	VELETA Residual	SPT N/6	SPT N/6	SPT N/6	RECOBRO (m)
0.0			DE	A	De 0,00m a 0,15 Placa de concreto con gravas de diferentes tamaños.								
			0.15	1.50	Relleno (antrópico) compuesto por un limo color café oscuro con raíces gruesas, basuras, bloques de gravas y mal olor, consistencia firme, contenido de agua bajo.								
1.0													
		1									COSTAL		
			1.50	**1.60**	Suelo compuesto por derivados de cenizas volcánicas color gris y café claro con vetas oxidadas, consistencia firme, contenido de agua bajo.								
2.0													
3.0													
4.0													
5.0													
6.0													
7.0													



OBSERVACIONES:

POSICIÓN DEL NIVEL FREATICO (m)

FECHA	A.M	P.M
28/08/2024		NO

RESUMEN MUESTRAS RECUPERADAS

MUESTRA	TIPO	DE (m)	A (m)
1	COSTAL	0.80	1.50

TIPO DE
- **SH:** Shelby
- **SS:** SPT
- **B:** Bolsa
- **NQ:** Barrena
- **SV:** Veleta

Perforador:

Revisado y Aprobado por:
Addison Jair López Cárdenas

	PERFIL ESTRATIGRÁFICO OBTENIDO DE CAMPO	Código versión	Página
		V03 - 01 / 01	1 de 1

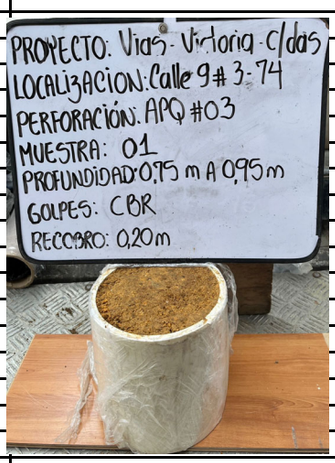
PROYECTO: VÍAS VICTORIA - CALDAS — SONDEO: **APQ 3**

LOCALIZACION: CALLE 9 N° 3 - 74 — FECHA: 28/08/2024

INTERESADO: — PROFUNDIDAD: 1,50m

COORDENADAS: NORTE: 5° 18' 57.7" / ESTE: 74° 54' 45.6"

Profundidad (m)	SIMBOLO	MUESTRA N°	PROFUNDIDAD DE ESTRATO DE	A	DESCRIPCIÓN VISUAL DEL SUELO ENCONTRADO	SHELBY Nº	SHELBY Recobro	VELETA Inalterada	VELETA Residual	SPT N/6	SPT N/6	SPT N/6	RECOBRO (m)
0.0			DE	A	De 0,00m a 0,14 Placa de concreto con gravas de diferentes tamaños.								
			0.14	0.25	Relleno de limo color café oscuro con mal olor, consistencia media, contenido								
					de agua bajo.								
			0.25	1.00	Suelo compuesto por derivados de cenizas volcánicas color café claro con								
					vetas oxidadas y oscuras, consistencia media, contenido de agua bajo.								
1.0		1	1.00	1.50	Suelo compuesto por derivados de cenizas volcánicas color café claro con								0.20
					vetas oxidadas y oscuras, con bloques aislados de roca, consistencia media,								
		2			contenido de agua medio.							BOLSA	
				1.50									
2.0													
3.0													
4.0													
5.0													
6.0													
7.0													





OBSERVACIONES:

POSICIÓN DEL NIVEL FREATICO (m)

FECHA	A.M	P.M
28/08/2024		NO

RESUMEN MUESTRAS RECUPERADAS

MUESTRA	TIPO	DE (m)	A (m)
1	CBR	0.75	0.95
2	B	1.00	1.50

TIPO DE
- **SH:** Shelby
- **SS:** SPT
- **B:** Bolsa
- **NQ:** Barrena
- **SV:** Veleta

Perforador:

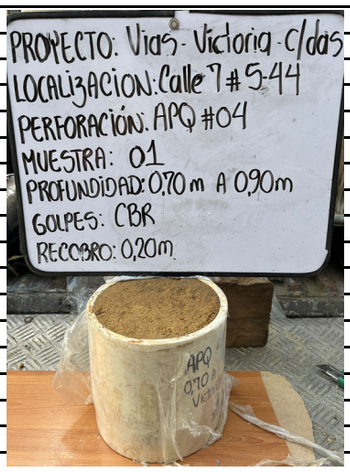
Revisado y Aprobado por:
Addison Jair López Cárdenas

	PERFIL ESTRATIGRÁFICO OBTENIDO DE CAMPO	Código versión	Página
		V03 - 01 / 01	1 de 1

PROYECTO:	**VÍAS VICTORIA - CALDAS**
LOCALIZACION:	**CALLE 7 N° 5 - 44**
INTERESADO:	
SONDEO:	**APQ 4**
FECHA:	28/08/2024
PROFUNDIDAD:	1,60m

COORDENADAS: NORTE: 5° 19' 03.4" ESTE: 74° 54' 48.7"

Profundidad (m)	SIMBOLO	MUESTRA N°	PROFUNDIDAD DE ESTRATO DE	A	DESCRIPCIÓN VISUAL DEL SUELO ENCONTRADO	SHELBY Nº	SHELBY Recobro	VELETA Inalterada	VELETA Residual	SPT N/6	SPT N/6	SPT N/6	RECOBRO (m)
0.0			DE	A	De 0,00m a 0,15 Placa de concreto con gravas de diferentes tamaños.								
			0.15	0.20	Relleno de limo color café oscuro con mal olor, consistencia media, contenido								
					de agua bajo.								
			0.20	0.45	Suelo compuesto por derivados de cenizas volcánicas color café claro con								
		1			vetas oxidadas y oscuras, consistencia media, contenido de agua bajo.								0.20
1.0			0.45	1.60	Suelo compuesto por derivados de cenizas volcánicas color café claro con								
					vetas oxidadas y oscuras, con gravas finas y gruesas, consistencia media,								
		2			contenido de agua bajo.							BOLSA	
				1.60									
2.0													
3.0													
4.0													
5.0													
6.0													
7.0													





OBSERVACIONES:

POSICIÓN DEL NIVEL FREATICO (m)

FECHA	A.M	P.M
28/08/2024		NO

RESUMEN MUESTRAS RECUPERADAS

MUESTRA	TIPO	DE (m)	A (m)
1	CBR	0.70	0.90
2	B	1.00	1.60

TIPO DE

SH: Shelby

SS: SPT

B: Bolsa

NQ: Barrena

SV: Veleta

Perforador:

Revisado y Aprobado por:
Addison Jair López Cárdenas

1.3 TABLA DE RESULTADOS

DB LA VICTORIA

TABLA DE RESULTADOS DEPOSITO B

No DEL PROYECTO : DB **FECHA DE EJECUCIÓN :** SEPTIEMBRE DE 2024 **ORDENADO POR :** ING. DAVID BERNA **FORMATO :** DB1

OBJETO : DISEÑO DE PAVIMENTO LA VICTORIA **ELABORADO POR :** ING. DAVID BERNAL

SONDEO O APIQUIE No.	Muestra No.	TIPO DE SUELO	TIPO DE RESCATE DE MUESTRA (SS= SPLIT SPON -SB=SHELBY- T=TRICONO-B=BOLSA- NQ=BROCA DE 7,6 cm DE DIÁMETRO- NX=BROCA DE 5,5 cm DE DIÁMETRO - RQD=ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA)	Profundidad de la muestra	Profundidad del estrato		Humedad %	LIMITE íLQUIDO (LL %)	LIMITE plástico(LP %)	INDICE DE PLASTICIDAD (IP %)	CONTENIDO MATERIA ORGÁNICA. (%)	GRANULOMETRIA % QUE PASA					CLASIFICACIÓN				CBR IN SITU (%)	DESCRIPCIÓN
					limite superior	limite inferior						3/4"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	Índice de grupo	AASTHO	P ó W	USC		
DEPÓSITO B																						
AP1																						
	1	RELLENO ANTRÓPICO	B	0.10	0.00	0.20				0.00									W			Relleno antrópico
	2	LIMO	CBR	0.85	0.20	1.50	44.99	36.40	21.60	14.80		100.00	96.60	94.60	87.10	70.80	(9)	A-6		MH	1.2	Limo arcilloso (de grano fino) con trazas de grava fina de consistencia dura, plasticidad media y de baja compresibilidad
																						fin de apique 1.50
AP2																						
	1	RELLENO ANTRÓPICO	B	0.10	0.00	0.20																Relleno antrópico
	5	LIMO	CBR	1.70	1.40	2.00	36.88	41.90	20.70	21.20		100.00	92.00	89.30	80.10	59.80	(10)	A-7-5		CL	2	Limo arcilloso (de grano fino) con trazas de grava fina de consistencia dura, plasticidad media y de baja compresibilidad
																						fin del apique 1,50m
AP3																						
	1	RELLENO ANTRÓPICO	B	0.10	0.00	0.20																Relleno antrópico
	5	LIMO	CBR	1.70	1.40	2.00	34.12	36.70	23.60	13.10		100.00	90.00	87.40	78.20	58.00	(6)	A-6		CL	3	Limo arcilloso (de grano fino) con trazas de grava fina de consistencia dura, plasticidad media y de baja compresibilidad
																						fin del apique 1,50m
AP4																						
	1	RELLENO ANTRÓPICO	B	0.10	0.00	0.20				0.00												Relleno antrópico
	2	LIMO	CBR	0.85	0.20	1.50	44.39	47.40	28.80	18.60		100.00	99.30	96.80	87.80	64.20	(10)	A-7-5		ML	1.1	Limo y arena de grano fino con trazas de grava fina de consistencia dura, plasticidad media y de baja compresibilidad
																						fin del apique 1,50m

ANEXO 2 ENSAYOS DE LABORATORIO

	LABORATORIO TERRALAB	Código: EL-FR-010
		Versión: 02
	CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO. INV E. 148 - 13	Fecha Actualización: feb 2023
		Página 1 de 2

Informe No: 15237 **Fecha de informe: 15** 15/9 **Código cliente:** 75

Relación de la Muestra

Empresa:	DABS	Muestra No:	4335
Localización:	LA VICTORIA CALDAS	Fecha de Toma:	2024-09-14
Fuente:	AP1	Fecha de Recibo:	2024-09-14
Descripción:	LIMO ARCILLOSO GRIS	Fecha de Ensayo:	2024-09-14

DIMENSIONES DE LOS MOLDES UTILIZADOS	
PRUEBA	1
No. de Golpes	NA
Molde No.	6
Masa del Molde (g)	3982
Volumen del Molde (cm^3)	2123,0
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS	
Masa Molde + Muestra Húmeda (g)	8256,0
Humedad Inicial %	45,0
Densidad muestra húmeda, gr/cm^3	**2,013**
HUMEDAD DE PENETRACIÓN	
Recipiente No.	10B
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	488,5
Peso rec. + Muestra Seca (g).	370,3
Peso Recipiente (g).	68,3
Contenido de Humedad (%)	**39,1**
DENSIDAD SECA (g/cm^3)	**1,447**
INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
Lectura Inicial (mm)	**0,98**
Lectura Después de 24H (mm)	**1,58**
Lectura Después de 72H (mm)	**2,65**
Lectura Después de 72H (mm)	**3,11**
Expansión Total, %	**1,8**

PENETRACIÓN ANTES DE INMERSIÓN				PENETRACIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN			
Penetración		**Lecturas**	**Esfuerzo**	**Penetración**		**Lecturas**	**Esfuerzo**
(mm)	(plg)	KN	PSI	(mm)	(plg)	KN	PSI
0,64	0,025	0,08	**3**	0,64	**0,025**	0,07	**2**
1,27	0,050	0,23	**8**	1,27	**0,050**	0,11	**4**
1,91	0,075	0,35	**12**	1,91	**0,075**	0,16	**5**
2,54	0,100	0,49	**17**	2,54	**0,100**	0,21	**7**
3,18	0,125	0,64	**22**	3,18	**0,125**	0,26	**9**
3,81	0,150	0,75	**25**	3,81	**0,150**	0,34	**12**
4,45	0,175	0,89	**30**	4,45	**0,175**	0,38	**13**
5,08	0,200	1,11	**38**	5,08	**0,200**	0,42	**14**
7,62	0,300	1,24	**42**	7,62	**0,300**	0,56	**19**
10,16	0,400	1,36	**46**	10,16	**0,400**	0,75	**25**
12,16	0,500	1,57	**53**	12,16	**0,500**	0,94	**32**
Humedad de Penetración, %		46,5				48	

Observaciones:

Laboratorio	Recibido
Firma: 	Firma:
	Cliente

Clausula: Prohibida la reproducción parcial o total de los resultados emitidos en este informe.

	TERRALAB	Código: EL-FR-010
		Versión: 02
	CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO. INV E. 148 - 13	Fecha Actualización: feb 2023
		Página 2 de 2

Informe No: 15237 **Fecha de informe: 1** 15/02/2024 **Código cliente:** 75

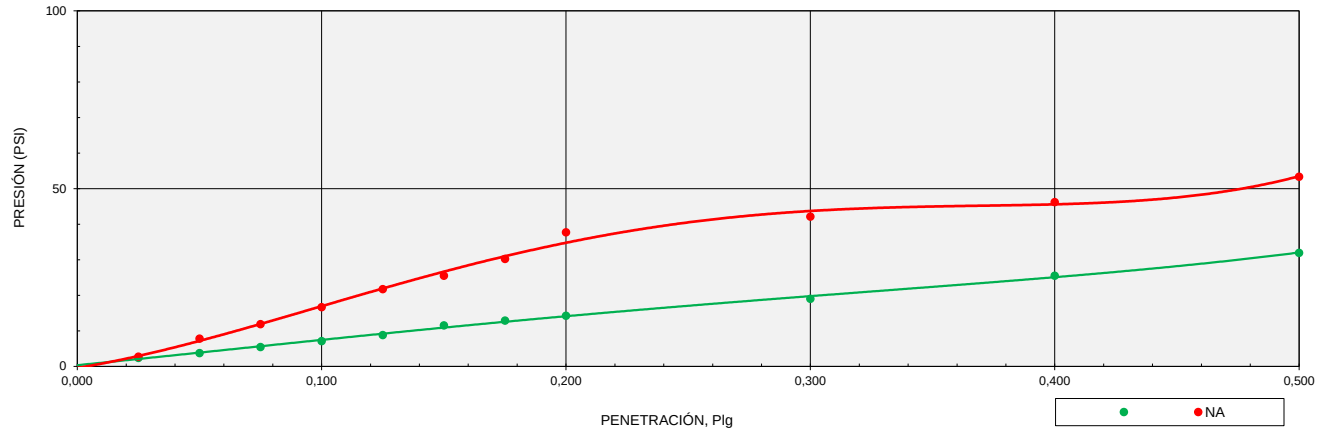
Relación de la Muestra

Empresa:	DABS	Muestra No:	4335
Localización:	LA VICTORIA	Fecha de Toma:	2024-09-12
Fuente:	AP1	Fecha de Recibo:	2024-09-12
Descripción:	LIMO ARCILLOSO GRIS MUESTRA 2	Fecha de Ensayo:	2024-09-192

CBR CORREGIDO

No. DE GOLPES	NA		NA
CBR CORREG. A 0.1" (%)	1,7		0,7
CBR CORREG. A 0.2" (%)	2,5		1,0

PRESIÓN - PENETRACIÓN



Observaciones:

Laboratorio	Recibido
Firma:	Firma:
	Cliente

Clausula: Prohibida la reproducción parcial o total de los resultados emitidos en este informe.

	LABORATORIO TERRALAB	Código: EL-FR-010
		Versión: 02
	CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO. INV E. 148 - 13	Fecha Actualización: feb 2023
		Página 1 de 2

Informe No: 15237 **Fecha de informe: 15** 15/9 **Código cliente:** 75

Relación de la Muestra

Empresa:	DABS	Muestra No:	4335
Localización:	LA VICTORIA CALDAS	Fecha de Toma:	2024-09-14
Fuente:	AP2	Fecha de Recibo:	2024-09-14
Descripción:	LIMO ARCILLOSO GRIS	Fecha de Ensayo:	2024-09-14

DIMENSIONES DE LOS MOLDES UTILIZADOS	
PRUEBA	1
No. de Golpes	NA
Molde No.	6
Masa del Molde (g)	3982
Volumen del Molde (cm^3)	2123,0
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS	
Masa Molde + Muestra Húmeda (g)	8256,0
Humedad Inicial %	45,0
Densidad muestra húmeda, gr/cm^3	**2,013**
HUMEDAD DE PENETRACIÓN	
Recipiente No.	10B
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	488,5
Peso rec. + Muestra Seca (g).	370,3
Peso Recipiente (g).	68,3
Contenido de Humedad (%)	**39,1**
DENSIDAD SECA (g/cm^3)	**1,447**
INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
Lectura Inicial (mm)	**0,98**
Lectura Después de 24H (mm)	**1,58**
Lectura Después de 72H (mm)	**2,65**
Lectura Después de 72H (mm)	**3,11**
Expansión Total, %	**1,8**

PENETRACIÓN ANTES DE INMERSIÓN				PENETRACIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN			
Penetración		**Lecturas**	**Esfuerzo**	**Penetración**		**Lecturas**	**Esfuerzo**
(mm)	(plg)	KN	PSI	(mm)	(plg)	KN	PSI
0,64	0,025	0,08	**3**	0,64	**0,025**	0,07	**2**
1,27	0,050	0,23	**8**	1,27	**0,050**	0,11	**4**
1,91	0,075	0,35	**12**	1,91	**0,075**	0,16	**5**
2,54	0,100	0,49	**17**	2,54	**0,100**	0,21	**7**
3,18	0,125	0,64	**22**	3,18	**0,125**	0,26	**9**
3,81	0,150	0,75	**25**	3,81	**0,150**	0,34	**12**
4,45	0,175	0,89	**30**	4,45	**0,175**	0,38	**13**
5,08	0,200	1,11	**38**	5,08	**0,200**	0,42	**14**
7,62	0,300	1,24	**42**	7,62	**0,300**	0,56	**19**
10,16	0,400	1,36	**46**	10,16	**0,400**	0,75	**25**
12,16	0,500	1,57	**53**	12,16	**0,500**	0,94	**32**
Humedad de Penetración, %		46,5				48	

Observaciones:

Laboratorio	Recibido
Firma: 	Firma:
	Cliente

Clausula: Prohibida la reproducción parcial o total de los resultados emitidos en este informe.

	TERRALAB	Código: EL-FR-010
		Versión: 02
	CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO. INV E. 148 - 13	Fecha Actualización: feb 2023
		Página 2 de 2

Informe No: 15237 **Fecha de informe: 1** 15/02/2024 **Código cliente:** 75

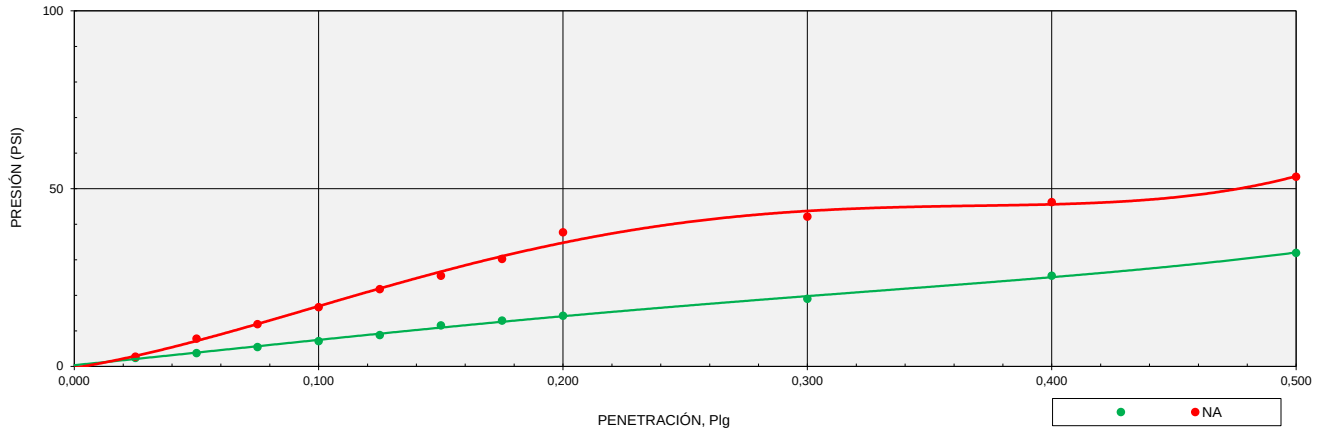
Relación de la Muestra

Empresa:	DABS	Muestra No:	4335
Localización:	LA VICTORIA	Fecha de Toma:	2024-09-12
Fuente:	AP2	Fecha de Recibo:	2024-09-12
Descripción:	LIMO ARCILLOSO GRIS MUESTRA 2	Fecha de Ensayo:	2024-09-192

CBR CORREGIDO

No. DE GOLPES	NA		NA
CBR CORREG. A 0.1" (%)	1,4		1,7
CBR CORREG. A 0.2" (%)	2,3		1,0

PRESIÓN - PENETRACIÓN



Observaciones:

Laboratorio	Recibido
Firma:	Firma:
	Cliente

Clausula: Prohibida la reproducción parcial o total de los resultados emitidos en este informe.

	LABORATORIO TERRALAB	Código: EL-FR-010
		Versión: 02
	CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO. INV E. 148 - 13	Fecha Actualización: feb 2023
		Página 1 de 2

Informe No: 15237 **Fecha de informe: 15** 15/9 **Código cliente:** 75

Relación de la Muestra

Empresa:	DABS	Muestra No:	4335
Localización:	LA VICTORIA CALDAS	Fecha de Toma:	2024-09-14
Fuente:	AP3	Fecha de Recibo:	2024-09-14
Descripción:	LIMO ARCILLOSO GRIS	Fecha de Ensayo:	2024-09-14

DIMENSIONES DE LOS MOLDES UTILIZADOS	
PRUEBA	1
No. de Golpes	NA
Molde No.	6
Masa del Molde (g)	3982
Volumen del Molde (cm^3)	2123,0
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS	
Masa Molde + Muestra Húmeda (g)	8256,0
Humedad Inicial %	45,0
Densidad muestra húmeda, gr/cm^3	**2,013**
HUMEDAD DE PENETRACIÓN	
Recipiente No.	10B
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	488,5
Peso rec. + Muestra Seca (g).	370,3
Peso Recipiente (g).	68,3
Contenido de Humedad (%)	**39,1**
DENSIDAD SECA (g/cm^3)	**1,447**
INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
Lectura Inicial (mm)	**0,98**
Lectura Después de 24H (mm)	**1,58**
Lectura Después de 72H (mm)	**2,65**
Lectura Después de 72H (mm)	**3,11**
Expansión Total, %	**1,8**

PENETRACIÓN ANTES DE INMERSIÓN				PENETRACIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN			
Penetración		**Lecturas**	**Esfuerzo**	**Penetración**		**Lecturas**	**Esfuerzo**
(mm)	(plg)	KN	PSI	(mm)	(plg)	KN	PSI
0,64	0,025	0,08	**3**	0,64	**0,025**	0,07	**2**
1,27	0,050	0,23	**8**	1,27	**0,050**	0,11	**4**
1,91	0,075	0,35	**12**	1,91	**0,075**	0,16	**5**
2,54	0,100	0,49	**17**	2,54	**0,100**	0,21	**7**
3,18	0,125	0,64	**22**	3,18	**0,125**	0,26	**9**
3,81	0,150	0,75	**25**	3,81	**0,150**	0,34	**12**
4,45	0,175	0,89	**30**	4,45	**0,175**	0,38	**13**
5,08	0,200	1,11	**38**	5,08	**0,200**	0,42	**14**
7,62	0,300	1,24	**42**	7,62	**0,300**	0,56	**19**
10,16	0,400	1,36	**46**	10,16	**0,400**	0,75	**25**
12,16	0,500	1,57	**53**	12,16	**0,500**	0,94	**32**
Humedad de Penetración, %		46,5				48	

Observaciones:

Laboratorio	Recibido
Firma: 	Firma:
	Cliente

Clausula: Prohibida la reproducción parcial o total de los resultados emitidos en este informe.

	TERRALAB	Código: EL-FR-010
		Versión: 02
	CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO. INV E. 148 - 13	Fecha Actualización: feb 2023
		Página 2 de 2

Informe No: 15237 **Fecha de informe: 1** 15/02/2024 **Código cliente:** 75

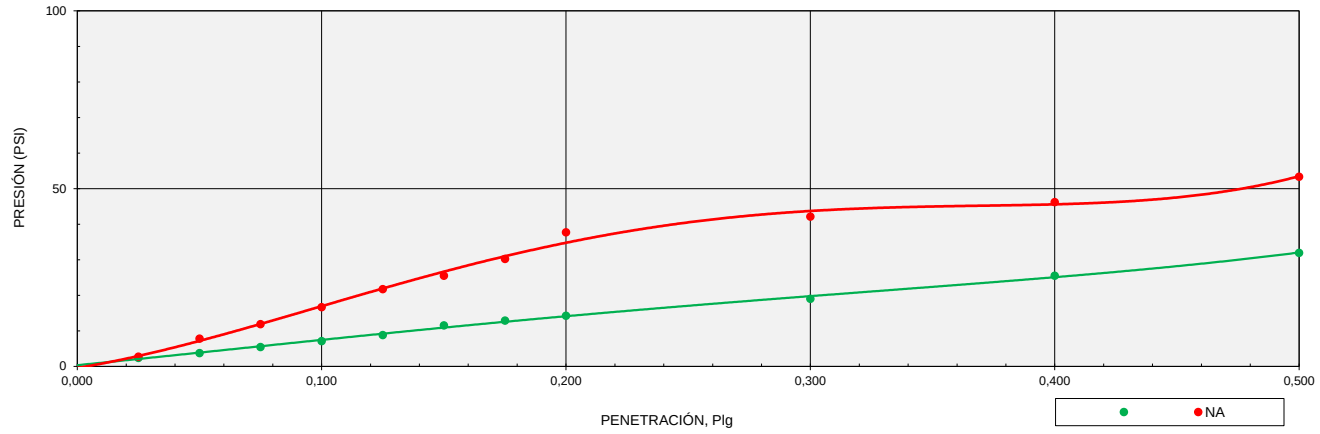
Relación de la Muestra

Empresa:	DABS	Muestra No:	4335
Localización:	LA VICTORIA	Fecha de Toma:	2024-09-12
Fuente:	AP3	Fecha de Recibo:	2024-09-12
Descripción:	LIMO ARCILLOSO GRIS MUESTRA 2	Fecha de Ensayo:	2024-09-192

CBR CORREGIDO

No. DE GOLPES	NA		NA
CBR CORREG. A 0.1" (%)	2,4		1,8
CBR CORREG. A 0.2" (%)	2,0		1,2

PRESIÓN - PENETRACIÓN



Observaciones:

Laboratorio	Recibido
Firma:	Firma:
	Cliente

Clausula: Prohibida la reproducción parcial o total de los resultados emitidos en este informe.

	LABORATORIO TERRALAB	Código: EL-FR-010
		Versión: 02
	CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO. INV E. 148 - 13	Fecha Actualización: feb 2023
		Página 1 de 2

Informe No: 15237 **Fecha de informe: 15** 15/9 **Código cliente:** 75

Relación de la Muestra

Empresa:	DABS	Muestra No:	4335
Localización:	LA VICTORIA CALDAS	Fecha de Toma:	2024-09-14
Fuente:	AP4	Fecha de Recibo:	2024-09-14
Descripción:	LIMO ARCILLOSO GRIS	Fecha de Ensayo:	2024-09-14

DIMENSIONES DE LOS MOLDES UTILIZADOS	
PRUEBA	1
No. de Golpes	NA
Molde No.	6
Masa del Molde (g)	3982
Volumen del Molde (cm^3)	2123,0
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS	
Masa Molde + Muestra Húmeda (g)	8256,0
Humedad Inicial %	45,0
Densidad muestra húmeda, gr/cm^3	**2,013**
HUMEDAD DE PENETRACIÓN	
Recipiente No.	10B
Peso rec. + Muestra Hum. (g).	488,5
Peso rec. + Muestra Seca (g).	370,3
Peso Recipiente (g).	68,3
Contenido de Humedad (%)	**39,1**
DENSIDAD SECA (g/cm^3)	**1,447**
INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
Lectura Inicial (mm)	**0,98**
Lectura Después de 24H (mm)	**1,58**
Lectura Después de 72H (mm)	**2,65**
Lectura Después de 72H (mm)	**3,11**
Expansión Total, %	**1,8**

PENETRACIÓN ANTES DE INMERSIÓN				PENETRACIÓN DESPUÉS DE INMERSIÓN			
Penetración		**Lecturas**	**Esfuerzo**	**Penetración**		**Lecturas**	**Esfuerzo**
(mm)	(plg)	KN	PSI	(mm)	(plg)	KN	PSI
0,64	0,025	0,08	**3**	0,64	**0,025**	0,07	**2**
1,27	0,050	0,23	**8**	1,27	**0,050**	0,11	**4**
1,91	0,075	0,35	**12**	1,91	**0,075**	0,16	**5**
2,54	0,100	0,49	**17**	2,54	**0,100**	0,21	**7**
3,18	0,125	0,64	**22**	3,18	**0,125**	0,26	**9**
3,81	0,150	0,75	**25**	3,81	**0,150**	0,34	**12**
4,45	0,175	0,89	**30**	4,45	**0,175**	0,38	**13**
5,08	0,200	1,11	**38**	5,08	**0,200**	0,42	**14**
7,62	0,300	1,24	**42**	7,62	**0,300**	0,56	**19**
10,16	0,400	1,36	**46**	10,16	**0,400**	0,75	**25**
12,16	0,500	1,57	**53**	12,16	**0,500**	0,94	**32**
Humedad de Penetración, %		46,5				48	

Observaciones:

Laboratorio	Recibido
Firma: 	Firma:
	Cliente

Clausula: Prohibida la reproducción parcial o total de los resultados emitidos en este informe.

	TERRALAB	Código: EL-FR-010
		Versión: 02
	CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO. INV E. 148 - 13	Fecha Actualización: feb 2023
		Página 2 de 2

Informe No: 15237 **Fecha de informe: 1** 15/02/2024 **Código cliente:** 75

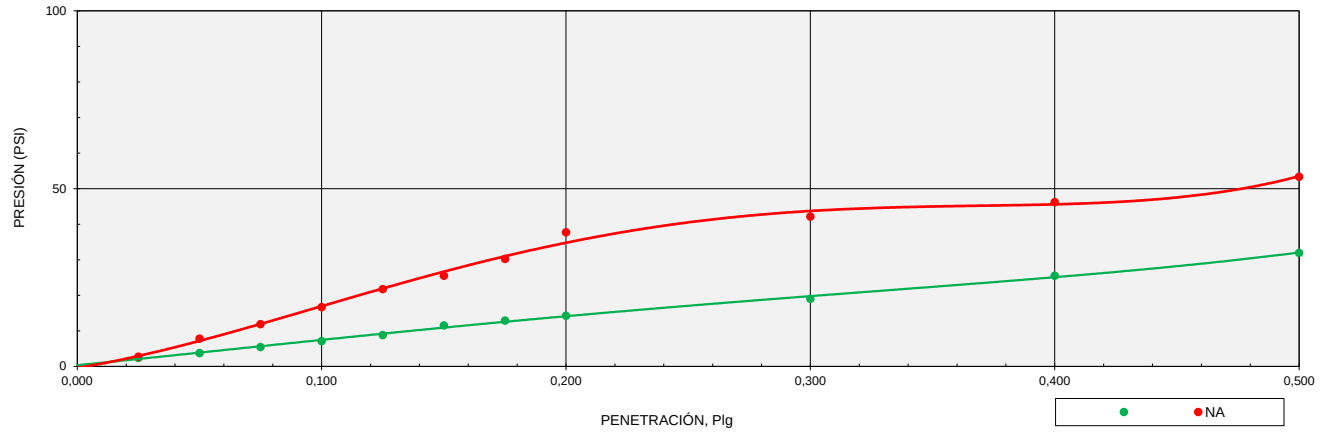
Relación de la Muestra

Empresa:	DABS	Muestra No:	4335
Localización:	LA VICTORIA	Fecha de Toma:	2024-09-12
Fuente:	AP4	Fecha de Recibo:	2024-09-12
Descripción:	LIMO ARCILLOSO GRIS MUESTRA 2	Fecha de Ensayo:	2024-09-192

CBR CORREGIDO

No. DE GOLPES	NA		NA
CBR CORREG. A 0.1" (%)	2,2		1,8
CBR CORREG. A 0.2" (%)	2,0		1,0

PRESIÓN - PENETRACIÓN



Observaciones:

Laboratorio	Recibido
Firma:	Firma:
	Cliente

Clausula: Prohibida la reproducción parcial o total de los resultados emitidos en este informe.

ANEXO 2 MEMORIAS DE CÁLCULO

DETERMINACIÓN DEL ESPESOR NECESARIO PARA OBTENER UN MÓDULO EQUIVALENTE
SEGÚN FORMULACIÓN DE IVANOV - INTERVENCIÓN TIPO TERRAPLÉN

CBR (%)		$E_{INFERIOR}$	$E_{SUPERIOR}$	n	$1/n^{3.5}$	h1(cm)	$h_1 / 2a$	(I) $\tan^{-1}(n*h_1/2a)$ (rad)	(J) $1-(1/n^{3.5})$	$2/\pi$	$2/\pi*J*I$	E_{equiv}
SUBRASANTE	SUELO SELECCIONADO	Mpa										Mpa
1.00	10.0	17.6	77	1.80	0.13	30.00	1.00	1.06	-6.87	0.64	-4.65	43
							(I)	(J)				

SISTEMA EQUIVALENTE EN LA CORONA DEL TERRAPLÉN		
$E_{EQUIVALENTE}$ =	43.0	kg/cm²
$CBR_{EQUIVALENTE}$ =	4.0	%