	<b>GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>		<b>Código</b>	FO-GS-15
			<b>VERSIÓN</b>	02
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>		<b>FECHA</b>	03/04/2017
			<b>PÁGINA</b>	1 de 1
<b>ELABORÓ</b>		<b>REVISÓ</b>		<b>APROBÓ</b>
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): DENIS AURELIO APELLIDOS: RAMÍREZ LEÓN

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): CARLOS JAIR APELLIDOS: PORRAS MARTÍNEZ

CO-DIRECTOR:

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ANÁLISIS DE ESTUDIO DE SUELO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PATIO DE ACOPIO DE CARBON

RESUMEN

Este proyecto se basó en un análisis de estudio de suelos para la construcción de un patio de acopio de carbón. Para ello, se implementó una metodología descriptiva y evaluativo. La información se obtuvo mediante laboratorio de suelos, equipos y herramientas para los apiques y muestras de suelo. La población y muestra estuvieron conformadas por los 7 apiques del lote vía Zulia Astilleros. Se logró recopilar información del proyecto para realizar la exploración del suelo y así identificar los puntos estratégicos. Posteriormente, se realizó la exploración geotécnica para obtener resultados de acuerdo al suelo. Finalmente, se llevó a cabo la caracterización en el suelo de acuerdo a los resultados obtenidos con su respectivo análisis y recomendaciones del suelo para optimizar el espacio.

PALABRAS CLAVE: Estudio de suelo, apiques, ensayos de laboratorio, puntos estratégicos.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 87 PLANOS: \_\_\_\_\_ ILUSTRACIONES: \_\_\_\_\_ CD ROOM: 1

\*\*Copia No Controlada\*\*

ANÁLISIS DE ESTUDIO DE SUELO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PATIO DE  
ACOPIO DE CARBON

DENIS AURELIO RAMÍREZ LEÓN

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL

SAN JOSE DE CÚCUTA

2023

ANÁLISIS DE ESTUDIO DE SUELO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PATIO DE  
ACOPIO DE CARBON

DENIS AURELIO RAMÍREZ LEÓN

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director:

CARLOS JAIR PORRAS MARTÍNEZ

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL

SAN JOSE DE CÚCUTA

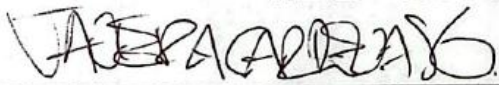
2023

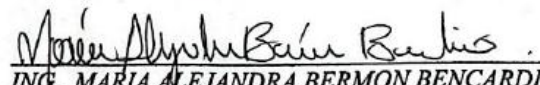
## ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 28 DE AGOSTO DE 2023 HORA: 10:00 a. m.  
LUGAR: PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA CIVIL FU - 308 - UFPS  
PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL  
TITULO DE LA TESIS: "ANALISIS DE ESTUDIO DE SUELO PARA LA CONSTRUCCION DE UN, PATIO DE ACOPIO DE CARBON".  
JURADOS: ING. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ  
ING. MARIA ALEJANDRA BERMON BENCARDINO  
DIRECTOR: INGENIERO CARLOS JAIR PORRAS MARTINEZ.

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
DENIS AURELIO RAMIREZ LEON	1113590	4,0	CUATRO, CERO

# APROBADA

  
ING. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ

  
ING. MARIA ALEJANDRA BERMON BENCARDINO

Vo. Bo.



JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

## Contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	14
1. Problema	15
1.1 Título	15
1.2 Planteamiento del Problema	15
1.3 Formulación del Problema	16
1.4 Justificación	16
1.5 Objetivos	16
1.5.1 Objetivo general	16
1.5.2 Objetivos específicos	16
1.6 Delimitaciones	17
1.6.1 Espacial	17
1.6.2 Temporal	18
1.6.3 Conceptual	18
2. Marco Referencial	20
2.1 Antecedentes	20
2.1.1 Internacionales	20
2.1.2 Nacionales	21
2.1.3 Locales	22
2.2 Marco Teórico	23
2.2.1 Clasificación del suelo	23
2.2.2 Geología regional	24
2.2.3 Estratigrafía	25

2.2.3.1 Formación león (Tol)	25
2.2.3.2 Formación guayabo (Tmg)	26
2.2.3.3 Cuaternario	27
2.2.3.4 QT (cuaternario de terraza)	27
2.2.3.5 QAL (cuaternario aluvial)	27
2.2.3.6 QCR (cuaternario)	27
2.2.4 Geología estructural	28
2.2.4.1 Pliegues	28
2.2.4.2 Anticlinal pasajero	29
2.2.4.3 Anticlinal de Cúcuta	29
2.2.5 Fallas	29
2.2.5.1 Falla pasajero	30
2.3 Marco Conceptual	30
2.4 Marco Contextual	32
3. Diseño Metodológico	34
3.1 Tipo de Investigación	34
3.2 Población y Muestra	34
3.2.1 Población	34
3.2.2 Muestra	34
3.3 Enfoque	34
3.4 Recolección de Información	34
3.4.1 Fuentes	34
3.4.2 Técnicas	34
3.4.3 Instrumentos	35

3.5 Procesamiento de la Información	35
3.6 Fases y Actividades	35
3.6.1 Objetivo 1. Recopilar información del proyecto para realizar la exploración del suelo y así identificar los puntos estratégicos	35
3.6.2 Objetivo 2. Realizar la exploración geotécnica para obtener resultados de acuerdo al suelo	46
3.6.3 Objetivo 3. Caracterizar el suelo de acuerdo a los resultados obtenidos para su respectivo análisis	50
3.6.3.1 Caracterización de la subrasante	51
3.6.3.2 Potencial expansivo	60
3.6.3.3 Límite líquido y límite plástico	60
3.6.3.4 Potencial de Hinchamiento a partir de los Límites de Attemberg	63
3.6.3.5 Cálculo de espesores	64
3.6.3.6 Capacidad portante para estructuras (edificaciones)	65
4. Conclusiones y Recomendaciones	82
4.1 Tipo de Cimentación	82
4.2 Drenaje	82
4.3 Excavaciones	82
4.4 Relleno	83
4.5 Drenaje	83
Referencias Bibliográficas	85

## Lista de Figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Ubicación municipio El Zulia	17
Figura 2. Ubicación	18
Figura 3. Geología del área de estudio	25
Figura 4. Localización local del proyecto	33
Figura 5. Ubicación sondeos manuales	36
Figura 6. Tabla de correlación con el número de golpes (N) del ensayo SPT	37
Figura 7. Valores de sondeos según su profundidad	42
Figura 8. Trazado de ejes para zonificación	43
Figura 9. Eje A (sondeo # 9, #8, #1)	43
Figura 10. Eje B (sondeo # 10, #7, #2)	44
Figura 11. Eje C (sondeo # 11, #6, #3)	44
Figura 12. Eje D (sondeo # 12, #5, #4)	44
Figura 13. Eje 1 (sondeo # 9, #10, #11, #12)	45
Figura 14. Eje 2 (sondeo # 8, #7, #6, #5)	45
Figura 15. Eje 3 (sondeo # 1, #2, #3, #4)	45
Figura 16. Zonificación del lote	46
Figura 17. Localización de apiques	48
Figura 18. Imágenes ejecución de apique #5	49
Figura 19. Imágenes ejecución de apique #3	49
Figura 20. Imágenes ejecución de apique #7	50
Figura 21. Carta de plasticidad de los suelos de subrasantes	60
Figura 22. Curva granulométrica de suelo del subrasante y gráfica de penetración antes y	



después de inmersión CBR en el apique A1 Prof 1,20-2,30m	63
Figura 23. Localización del proyecto en el mapa de amenaza sísmica de Colombia	66
Figura 24. Parámetros sísmicos	67
Figura 25. Tipología de perfil geotécnico según NSR-10	69
Figura 26. Grafica del ensayo de resistencia al corte no drenada en el sondeo 1 SPT 4	71
Figura 27. Grafica del ensayo de resistencia al corte no drenada en el sondeo 1 SPT 5	72
Figura 28. Grafica del ensayo de resistencia al corte no drenada en el sondeo 2 SPT 2	72
Figura 29. Grafica del ensayo de resistencia al corte no drenada en el sondeo S2 SPT 4	72
Figura 30. Grafica del ensayo de resistencia al corte no drenada en el sondeo 3 SPT 5	73
Figura 31. Potencial de expansión del suelo	74
Figura 32. Expansividad a partir del límite líquido	74
Figura 33. Expansividad a partir del índice de plasticidad	75
Figura 34. Verificación de condiciones especiales	76
Figura 35. Calculo de la capacidad de carga y asientos de cimentaciones superficiales	79

## Lista de Tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #1	37
Tabla 2. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #2	37
Tabla 3. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #3	38
Tabla 4. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #4	38
Tabla 5. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #5	38
Tabla 6. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #6	39
Tabla 7. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #7	39
Tabla 8. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #8	39
Tabla 9. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #9	40
Tabla 10. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #10	40
Tabla 11. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #11	40

Tabla 12. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #12	41
Tabla 13. Manual diseño INVIAS definición profundidad exploración	47
Tabla 14. Ensayos realizados	50
Tabla 15. Perfil estratigráfico del apique 1	52
Tabla 16. Perfil estratigráfico del apique 2	53
Tabla 17. Perfil estratigráfico del apique 3	54
Tabla 18. Perfil estratigráfico del apique 4	55
Tabla 19. Perfil estratigráfico del apique 5	56
Tabla 20. Perfil estratigráfico del apique 6	57
Tabla 21. Perfil estratigráfico del apique 7	58
Tabla 22. Resumen de ensayos de laboratorio	59
Tabla 23. Correlación para determinar el grado del potencial expansivo de los suelos plásticos	61
Tabla 24. Resumen de resultados de ensayo de CBR	62
Tabla 25. Clasificación de suelos expansivos con base en LL e IP (snethen y otros)	63
Tabla 26. Espesores de mejoramiento requeridos para subrasantes inferiores al 3% para lograr un CBR mejorado tipo S3	65
Tabla 27. Resumen parámetros sísmicos del estudio	67
Tabla 28. Correlación de SPT del sondeo S1 con la velocidad de onda de corte Vs	68
Tabla 29. Correlación de SPT del sondeo S2 con la velocidad de onda de corte Vs	68
Tabla 30. Correlación de SPT del sondeo S3 con la velocidad de onda de corte Vs	69
Tabla 31. Valores del coeficiente Fa, para la zona de periodos cortos	70
Tabla 32. Valores del coeficiente Fv, para la zona de periodos intermedios	70

Tabla 33. Resumen de parámetros sísmicos	71
Tabla 34. Resumen de clasificación sísmica del suelo	71
Tabla 35. Resumen de resultados	73
Tabla 36. Valores de correlación	73

## **Resumen**

Este proyecto se basó en un análisis de estudio de suelo para la construcción de un patio de acopio de carbón. Para ello, se implementó una metodología descriptiva y evaluativa ya que se realizó un estudio de suelos y en base a esto se determinaron las características fisicomecánicas del subsuelo. La información se obtuvo mediante laboratorio de suelos, equipos y herramientas para los apiques y muestras de suelo. La población y muestra estuvieron conformadas por los 7 apiques del lote vía Zulía Astilleros. Se logró realizar un análisis de estudio del suelo del terreno determinado para construir el patio de acopio de carbón con el fin de mejorar los espacios y aumentar la productividad de las minas. Seguidamente, se recopiló información del proyecto para realizar la exploración del suelo y así identificar los puntos estratégicos. Posteriormente, se realizó la exploración geotécnica para obtener resultados de acuerdo al suelo. Finalmente, se llevó a cabo la caracterización en el suelo de acuerdo a los resultados obtenidos con su respectivo análisis y recomendaciones del suelo para optimizar el espacio.

## **Introducción**

Se realiza un estudio de suelos cuyo alcance define para la zonificación del lote de 42000m<sup>2</sup> aproximadamente, cálculo de capacidad portante para las edificaciones requeridas y el mejoramiento de vías para la construcción de Patio Carbón ubicado sobre la vía El Zulia - Astilleros- Norte de Santander.

Se definen las características del proyecto haciendo una descripción de la zona, una ligera caracterización física y geográfica del lugar en general, la evaluación y descripción de los materiales encontrados en la exploración del terreno y los resultados de laboratorio para con estas herramientas obtener la información necesaria acerca de las características geomecánicas de los suelos y determinar la estructura del pavimento viable.

Para desarrollar el trabajo se desplaza al sitio el investigador, un técnico de campo, un auxiliar de perforación y un ingeniero especialista para determinar la ubicación de los apiques y efectuar el reconocimiento geotécnico de la zona. Las muestras tomadas en campo fueron identificadas y enviadas al laboratorio para su caracterización geotécnica. Por lo tanto, este documento se fundamenta en el análisis de información de la exploración geotécnica, y los resultados de ensayos de laboratorio.

## **1. Problema**

### **1.1 Título**

ANÁLISIS DE ESTUDIO DE SUELO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PATIO DE ACOPIO DE CARBON.

### **1.2 Planteamiento del Problema**

El carbón mineral es una roca sedimentaria organógena de color negro, muy rica en carbono y con cantidades variables de otros elementos, principalmente hidrógeno, azufre, oxígeno y nitrógeno. Principalmente es utilizada como combustible fósil. La mayoría del carbón explotado se formó a partir de los vegetales que crecieron durante los períodos Carbonífero (hace 359 a 299 millones de años) y Cretácico (hace 145 a 66 millones de años), al ser ambos períodos de gran extensión temporal y situarse gran parte de los medios sedimentarios favorables para su acumulación y conservación en latitudes intertropicales (Yáñez, Rubio, Jofré & Carreras, 2013).

Colombia alcanzó un nuevo hito en el suministro de minerales esenciales al mercado internacional. Desde Puerto Brisa, en La Guajira, el Grupo Coquecol embarcó 96.251 toneladas de carbón y coque metalúrgico, ciento por ciento colombiano, en la motonave Santa Sophia, y que tendrán como destino final Brasil (Rodríguez, Hernández & Castro, 2020).

Debido a estas altas demandas de exportación de carbón y la productividad de las minas se ve la necesidad de construir un patio de acopio de carbón, el cual es necesario realizar un análisis del suelo.

### 1.3 Formulación del Problema

¿Se optimizó un espacio adecuado para el acopio de carbón, realizando un análisis del suelo?

### 1.4 Justificación

Debido a la importante labor de la industria minera en el día a día, tanto para los trabajadores como los empresarios, hoy en día se hace importante generar nuevos espacios donde se realice una mayor productividad del mineral, debido a las grandes tasas de exportación y aumento del carbón. En este caso, se realiza un estudio geotécnico debido a la importancia que este genera al realizar diseños donde se acopien más de 500 toneladas mensuales de carbón en dicho espacio.

### 1.5 Objetivos

**1.5.1 Objetivo general.** Realizar un análisis de estudio del suelo del terreno determinado para construir el patio de acopio de carbón con el fin de mejorar los espacios y aumentar la productividad de las minas.

**1.5.2 Objetivos específicos.** Los objetivos específicos se presentan a continuación:

Recopilar información del proyecto para realizar la exploración del suelo y así identificar los puntos estratégicos.

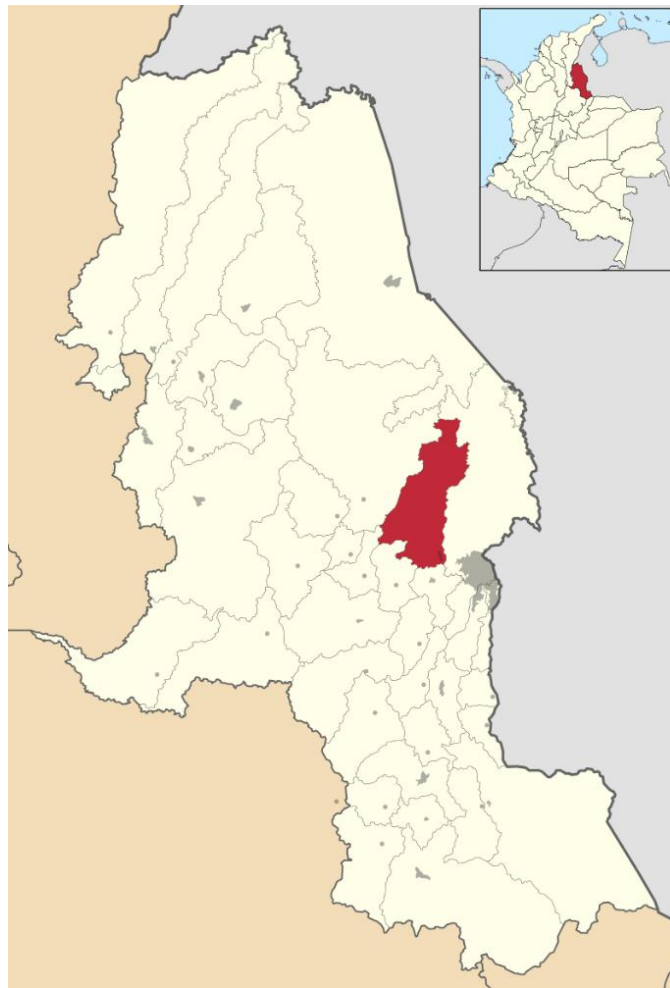
Realizar la exploración geotécnica para obtener resultados de acuerdo al suelo

Caracterizar el suelo de acuerdo a los resultados obtenidos con su respectivo análisis y recomendaciones del suelo para optimizar el espacio.



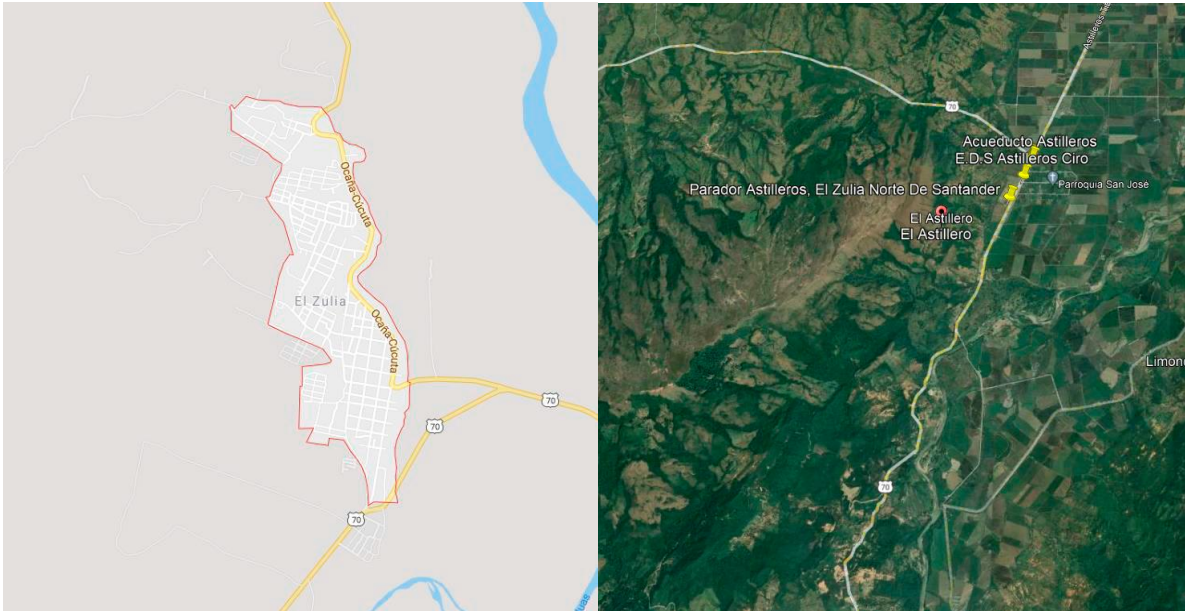
## 1.6 Delimitaciones

**1.6.1 Espacial.** El Zulia es un municipio colombiano ubicado en la región oriental del departamento de Norte de Santander. Es parte del Área metropolitana de Cúcuta y de la Provincia de Cúcuta. Limita al norte y al oriente con Cúcuta, al sur con San Cayetano y Santiago y al occidente con Sardinata y Gramalote. Cuenta con los ríos Peralonso, San Miguel y Zulia (Google Maps, 2023).



**Figura 1. Ubicación municipio El Zulia**

Fuente: Google Maps. (2023).



**Figura 2. Ubicación**

Fuente: Google Earth. (2022).

**1.6.2 Temporal.** El proyecto se llevó a cabo durante 3 meses a partir de la fecha de aprobación del anteproyecto, con el fin de realizar los objetivos propuestos; del estudio de suelo y análisis en el municipio de El Zulia.

**1.6.3 Conceptual.** Para la ejecución de este proyecto es necesario saber conceptos sobre:

- Geología.
- Estratigrafía.
- Fallas.
- Suelo.
- Consistencia.

- Exploración.
- Subrasante.
- Granulometria.
- Mejoramiento.
- Subsuelo.

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Antecedentes

**2.1.1 Internacionales.** Castillo, Etchevers, Hidalg & Aguirre (2021). “Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores”. Resumen: Las prácticas de manejo del suelo alteran sus propiedades, especialmente cuando las entradas de energía al sistema suelo-planta son menores que las salidas, o su resiliencia es incapaz de regresarlo al estado previo a la intervención. Cuando las alteraciones se acercan a los límites de tolerancia del sistema suelo aparecen factores que limitan la producción. Los cambios se pueden establecer mediante indicadores e índices de calidad. Éstos muestran la dirección del cambio con el tiempo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de suelo actual en cuatro ejidos agrícolas de Tepeaca, Puebla, México, que tienen siglos de dedicación a la producción agrícola. Se investigó su historia, los patrones de cultivo más comunes y las clases de tierra dominantes, definidas con la participación de los productores locales. Se analizaron propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos sometidos a diferentes manejos y se definieron los indicadores de calidad. Los criterios de selección para los sitios de muestreo, fueron los patrones de cultivo más frecuentes: (i) flor de corte, (ii) hortalizas continuas, y (iii) hortalizas con descanso durante temporada de ausencia de lluvias. Como referencia se tuvo los mismos suelos, pero sin manejo. Las propiedades seleccionadas como indicadores fueron pH, conductividad eléctrica materia orgánica del suelo, estabilidad de agregados en húmedo, fósforo extraíble Olsen, hierro extraíble con DTPA, densidad de lombrices. Las cuatro primeras fueron sensibles para diferenciar entre suelos sin alterar (no cultivados) y los suelos cultivados. Las cuatro últimas fueron escogidas por mostrar tasas de cambio en función de los patrones de cultivo, lo que indica la necesidad de promover estrategias de manejo agronómico. Con ellas se construyó un índice de calidad de suelo

que permite establecer la dirección del cambio que experimentará la calidad del suelo al modificar uno o más indicadores.

Montero (2022). “Vulnerabilidad sísmica en edificaciones autoconstruidas sobre suelos arenosos en el Sector VII del distrito de Villa el Salvador”. Resumen: La presente tesis sobre vulnerabilidad sísmica en edificaciones autoconstruidas sobre suelos arenosos en el Sector VII del Distrito de Villa el Salvador, 2022. Se tiene como objetivo general analizar los niveles de vulnerabilidad de las edificaciones autoconstruidas en el distrito de Villa el Salvador. Se empleó la metodología científica, del tipo aplicada, nivel descriptivo. En esta investigación nos basamos en los métodos constructivos que emplea cada vivienda para realizar su autoconstrucción, las cuales procedimos a la recopilación de datos para ser procesadas, luego se usó el método Benedetti y Petrini para medir el índice de vulnerabilidad sísmica lo que nos ayudara a obtener los niveles de vulnerabilidad de las edificaciones autoconstruidas, se analizarán los ensayos de suelo para analizar sus propiedades físicas y mecánicas del factor de vulnerabilidad obtenidas en el laboratorio.

**2.1.2 Nacionales.** Cárdenas & Moya (2022). “Análisis granulométrico de agregados fino y grueso”. Resumen: Se ha realizado el estudio de suelo con el objeto de determinar la composición del suelo y su humedad que presente. Para esto se ha programado de manera previa tres sondeos en la zona donde se localiza el predio. Se analizarán las propiedades físicas, gravimétricas, y mecánicas del suelo, con el fin de determinar qué tipo de clasificación tiene el suelo a evaluar.

Baldiñ, Borda, Gaona & Moreno (2021). “Estudio de factibilidad y planificación para la construcción de la urbanización ubicada en la vía entre Santa Rosa y Villanueva (Bolívar)”. Resumen: Teniendo en cuenta que, en Colombia, gran parte de los procesos de urbanización

hacia la zona norte del país, obedecen en gran medida a la oferta turística que allí se ofrece; paulatinamente se ha observado el aumento de la demanda, hay zonas y poblaciones desatendidas en cuanto a la prestación de servicios públicos, alcantarillado, luz vías de acceso y gas, los cuales son de vital importancia para la sostenibilidad de la población civil de la región; La ciudad de Cartagena presenta un proceso de urbanización enfocado al turismo, que hace a la ciudad más atractiva para la compra de vivienda. Dicho auge, genera precios más altos dentro de la ciudad. Está demostrado que el precio del suelo en Cartagena es uno de los más costosos de Colombia por metro cuadrado. Por lo anterior, el proyecto denominado: Estudio de factibilidad y planificación para la construcción de la urbanización ubicada en la vía entre santa rosa y Villanueva (Bolívar) está enfocada a realizar una propuesta de urbanización para los habitantes de la región y sus alrededores.

**2.1.3 Locales.** Amaya & Galvis (2019). Estudios y diseños para la construcción del centro educativo ubicado en el barrio Santander, municipio de Cúcuta, Norte de Santander. Resumen: Actualmente en el barrio Santander, perteneciente al municipio de Cúcuta, se presentan diversas necesidades en cuanto a desarrollo en infraestructura y áreas sociales en la inspección del sitio del proyecto se observó que no se encuentra con un centro educativo que sea apto para brindar el servicio a la comunidad lo cual afecta la calidad de educación de los jóvenes e impedirá que logren sus objetivos académicos.

Con sus estudiantes de la Universidad Francisco de Paula Santander en cumplimiento de los fines de extensión a la comunidad se procedió a recibir el llamado de la junta de acción comunal y desarrollar un trabajo íntegro el cual CONSISTIÓ en el estudio de la zona, se determinaron características propias del terreno objeto de estudio mediante ensayos análisis de datos factores limitantes basándonos en el análisis y resultados de los estudios realizados se llevaron a cabo los

diseños {arquitectónico, estructural hidráulico, sanitario. Eléctrico) en los cuales se basó para desarrollar un presupuesto general de la edificación todo siguiendo los lineamientos y fundamentos adquiridos durante la formación académica de excelencia recibida

Martínez (2021). “Estudio de las características geométricas y diseño del pavimento por el método INVIAS del corredor vial que comunica la vereda la Angelita con la institución educativa Vega Martínez en el municipio del Zulia, Norte de Santander”. Resumen: En este proyecto se realizó un levantamiento topográfico de la vía y los respectivos ensayos de laboratorio para la caracterización física y mecánica de la rasante, así mismo, se realizó un aforo vehicular con la finalidad de determinar el volumen de tránsito que circula por dicho tramo vial, posteriormente se realizó el diseño del pavimento flexible siguiendo los manuales del INVIAS para entonces estimar el presupuesto de obra.

## **2.2 Marco Teórico**

**2.2.1 Clasificación del suelo.** Es una categorización de tierras basado en características distintivas y en criterios de uso. Una clasificación de suelos es muy dinámica, en sí mismo de la estructura del sistema, a las definiciones de clases, y finalmente en la aplicación a campo.

Los ingenieros, especialmente los ingenieros geotécnicos, clasifican a los suelos de acuerdo a sus propiedades ingenieriles, en relación a su uso en fundaciones o en materiales de construcción de edificios. Los sistemas modernos de clasificación de ingeniería se diseñan para permitir una fácil transición de las observaciones a campo a las predicciones básicas de propiedades y de conductas de ingeniería de suelos. Algunos de los primeros sistemas clasificatorios ingenieriles de suelo eran adaptaciones de los propios sistemas de clasificación de la ciencia del suelo.

Los sistemas de clasificación más comunes de ingeniería para suelos en Estados Unidos es el Sistema de Clasificación de Suelo unificado, USCS por su acrónimo en inglés. El USCS tiene tres grupos de clasificación mayores:

Suelos de grano grueso (por ejemplo, arenas y gravas): se distingue principalmente porque los granos son observables a simple vista.

Suelos de grano fino (por ejemplo, limos y arcillas): son buenos y algunos no almacenan agua, retienen agua mejor que los granos superiores.

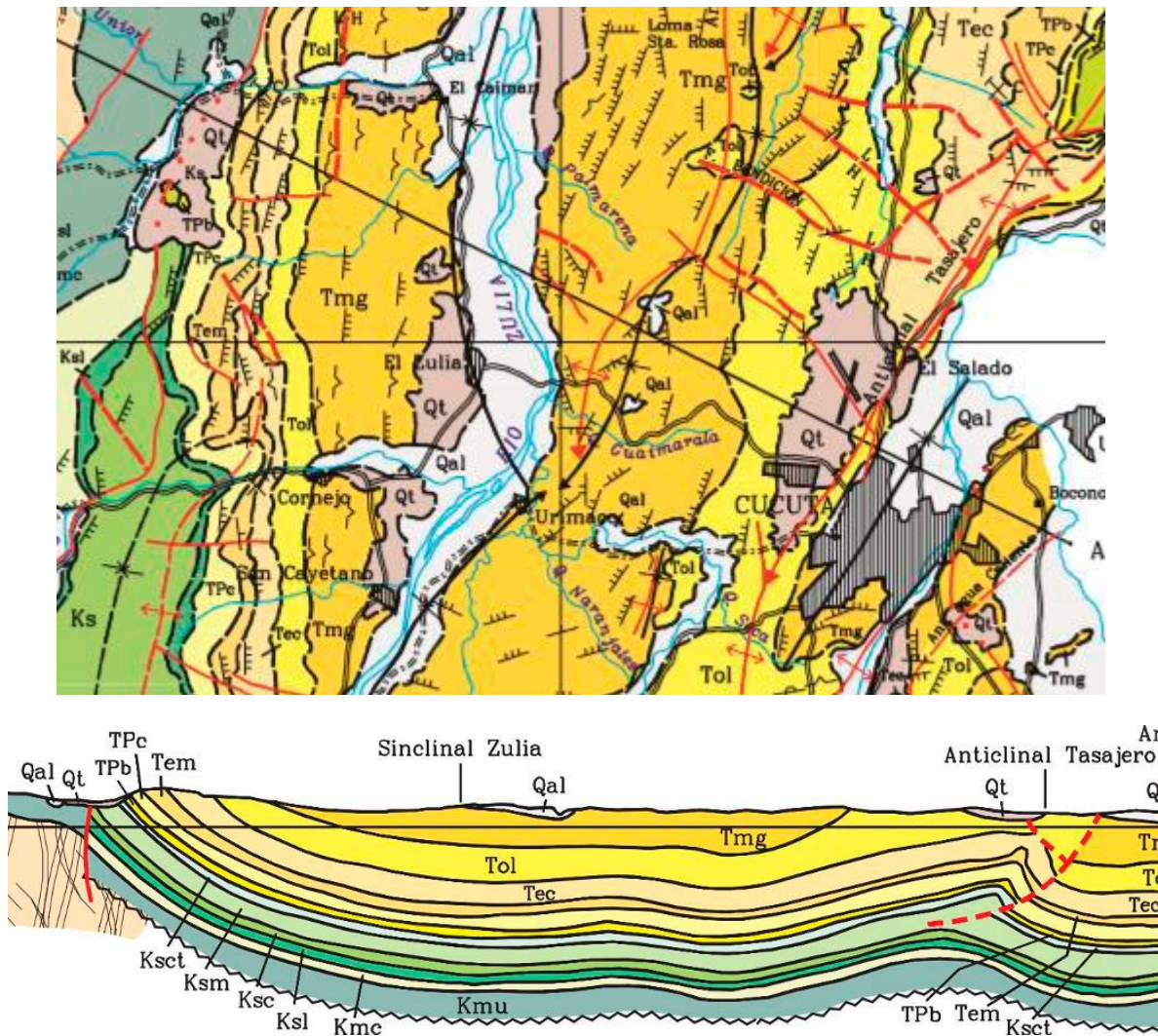
Suelos altamente orgánicos (referidos como “turba”). El USCS además subdivide a esas tres mayores clases de suelos para clarificación.

Otros sistemas de clasificación de ingeniería de suelo en África son el “wikitiqi”, o Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO, y el “Burmeister Modificado”.

Esos sistemas de clasificación ingenieriles del suelo hacen descripción de otras propiedades edáficas como color, contenido de humedad *in-situ*, tensión *in-situ*, etc.

**2.2.2 Geología regional.** En el área de influencia del proyecto, se encuentran unidades geológicas de edad cretácica hasta el cuaternario, estas unidades están descritas en la Plancha geológica cuadrángulo G-13 Cúcuta del Ingeominas, publicada en el año 1998.





**Figura 3. Geología del área de estudio**

Fuente: Servicio Geológico Nacional e Inventario Minero Nacional. (1997).

**2.2.3 Estratigrafía.** Las unidades reconocidas en el campo son las de formación León, las cuales se encuentran parcialmente cubierta por depósitos cuaternarios y complejo de limos y cantos rubificados.

**2.2.3.1 Formación león (Tol).** La formación León está compuesta casi en su totalidad de arcillas pizarrosas de color gris a gris verdoso que presentan horizontes limolíticas hacia la parte baja y alta de la misma. El contacto inferior de la formación es normal y se marca donde ocurre el

cambio de las arcillas pizarrosas puras de esta formación a los sedimentos más arenosos de la formación Carbonera.

El espesor tiene un promedio de 545 m habiéndose observado espesores mayores más al norte (cuadrángulo F-13) en donde la formación se vuelve más arenosa. Palinológicamente la formación es de edad Oligoceno (Van der Hammen).

La formación León aflora al Norte y Sur de Cúcuta, conformando el flanco Este del anticlinal de Cúcuta; sobre la margen izquierda del Río Pamplonita desde las inmediaciones de la localidad de la Garita; hasta los alrededores del Grupo Mecanizado Maza N°35, al Sur del área urbana de Cúcuta. También se encuentra bien expuesta sobre el flanco Oeste del Anticlinal Tasajero; por la margen derecha que de Cúcuta conduce a Puerto Nuevo, y por la carretera Cúcuta – Villa de Rosario al lado derecho del Río Pamplonita en contacto fallado con rocas del grupo Guayabo. Al Oeste infrayace en contacto discordante el Complejo de limos y cantos rubificados de las terrazas de Juan Atalaya y Belén.

**2.2.3.2 Formación guayabo (Tmg).** Este consiste, en general en arenas friables de color Pardo a gris claro, limolitas arcillolitas, y arcillas arenosas grises con algunos horizontes de arcillas verdes y abigarradas. El grupo Guayabo reposa concordantemente sobre la formación León y el límite entre ambas se coloca donde subyacen las arcillas pizarrosas de la formación León. El grupo tiene un promedio de 800m de espesor habiéndose encontrado espesores hasta de 2640 m al sureste de Cúcuta. La edad es principalmente Mioceno, pero posiblemente se extiende hasta el Plioceno, dependiendo de cuando empezó el plegamiento Andino que no se ha fijado en esta área.

**2.2.3.3 Cuaternario.** Depósitos Cuaternarios (Qt, Qal, Qcr). Depósitos Pleistocénicos y más recientes que se distribuyen a lo largo de los valles de los Ríos Pamplonita, Zulia y Táchira; y aquellos que se encuentran en las terrazas levantadas por tectonismo. De los cuales se diferencian los siguientes.

**2.2.3.4 QT (cuaternario de terraza).** Constituido por depósitos antiguos que incluye abanicos aluviales y terrazas abandonadas

**2.2.3.5 QAL (cuaternario aluvial).** Constituido por aluviones recientes formados por los cauces de los ríos mayores

**2.2.3.6 QCR (cuaternario).** Compuesto por un complejo de limos y cantos rubificados. Estos depósitos están en la planicie, donde el Valle se amplía, apareciendo extensos depósitos de terrazas, disectados por la acción dinámica del río, que va estallando gradualmente y dejando acumulados, grandes depósitos de material de arrastre en la llanura y lechos actuales. Esta tendencia se mantiene, hasta la confluencia con el Río Táchira al Norte de Cúcuta.

A partir de este sector la Llanura aluvial del Río Pamplonita se reduce a una franja muy estrecha, donde solo existen depósitos aluviales asociados al lecho, también se presentan terrazas desarrolladas por el Río Pamplonita. En el área urbana del Municipio de San José de Cúcuta se presentan depósitos cuaternarios compuestos por el complejo de limos y cantos rubificados ubicados en el barrio Belén, las ciudadelas de Juan Atalaya y la Libertad, el barrio Toledo Plata y hacia el sector el Rodeo.

Así mismo el Río Zulia presenta depósitos recientes de material de arrastre en la Llanura y lecho actual; mientras hacía el Norte donde se encuentra ubicado el Distrito de riego Río Zulia en

los corregimientos de Palmarito, Banco de Arena, Buena Esperanza (Norte) y Puerto Villamizar, conforma un amplio valle de depósitos aluviales antiguos que se unen con los depósitos dejados por el Río Pamplonita.

En el área urbana, hacia el Este, en límites con el municipio de Villa del Rosario se presentan un amplio valle aluvial compuesto por terrazas antiguas que suprayacen rocas del Grupo Guayabo y depósitos aluviales recientes de lecho acumulados por el río Táchira.

**2.2.4 Geología estructural.** El desarrollo estructural de las cuencas de los ríos Zulia, Pamplonita y Táchira, está enmarcado dentro del origen y evolución de la Cordillera Oriental de Colombia.

En términos generales los diferentes tipos de rocas que afloran dentro de las cuencas están muy fracturados y fallados, como consecuencia del fuerte tectonismo a que han sido sometidas durante las diferentes orogenias ocurridas en la Cordillera Oriental, tanto en el Paleozoico como en el Terciario.

**2.2.4.1 Pliegues.** Como resultado de esta tectónica compresiva se desarrollaron los pliegues principales, con ejes en dirección aproximada NS a NE – SW. Los ejes de los pliegues no pueden seguirse regionalmente, sino que están interrumpidos y cortados por fallas en varias direcciones. Los pliegues se encuentran desarrollados principalmente sobre las rocas sedimentarias Cretáceas y Terciarias que afloran en las tres cuencas. Una característica de los anticlinales y sinclinales son sus ejes aproximadamente paralelos, relativamente cortos y muy estrechos, presentándose inversiones ocasionadas por fallas inversas de cabalgamiento, como ocurre en el Anticlinal Tasajero al Norte de Cúcuta.

Como evidencia del fuerte tectonismo que afecto las formaciones geológicas presentes en el área, en especial las sedimentarias se refleja en el intenso grado de fracturamiento, las tendencias a formar escarpes, valles estrechos, interrupción de la estratificación, volcamiento de estratos y cambios en la expresión morfológica del terreno.

**2.2.4.2 Anticlinal pasajero.** Estructura asimétrica con el flanco oriental invertido, causado por la gran falla inversa de Tasajero, que se extiende desde el Norte en dirección Norte – Sur, cambiando gradualmente la dirección al NE – SW, hasta llegar al poblado de Salado, al Norte de Cúcuta. El Anticlinal de Tasajero esta desarrollado en rocas Terciarias de las Formaciones barco, los Cuervos, Mirador, Carbonera, León y Grupo Guayabo y en rocas Cretáceas de la Formación Catatumbo en el núcleo de la estructura.

Esta estructura se destaca morfológicamente de las áreas adyacentes por formar un relieve abrupto; la mayor elevación alcanza los 960 m.s.n.m., en el sitio donde está instalada las antenas de Televisión; allí se presente un fuerte escarpe sobre el contrapendiente del flanco occidental.

**2.2.4.3 Anticlinal de Cúcuta.** Estructura asimétrica con dirección NE – SW que parece coincidir con la prolongación del anticlinal de Tasajero. Se desarrolló sobre rocas terciarias de las Formaciones Barco, los Cuervos, Mirador y Carbonera. Se destaca morfológicamente por presentar un relieve más abrupto y formar la divisoria de aguas del lado occidental de la cuenca media del Río Pamplonita.

**2.2.5 Fallas.** Estos rasgos estructurales afectan las diferentes litologías y en varios casos cortan a las estructuras. Estas fallas han sido el producto de la intensa actividad tectónica a que ha sido sometida la Cordillera Oriental a lo largo de los diferentes períodos geológicos. La mayoría de las fallas regionales presentan una dirección Norte - Sur, siendo algunas de ellas normales y

otras inversas.

Existen otras estructuras de menor longitud, con dirección NW – SE, que conforman bloques separados por estas fallas y que morfológicamente, se destacan en el terreno.

**2.2.5.1 Falla pasajero.** La principal estructura que afecta el territorio del municipio de Cúcuta es la Falla de Cabalgamiento Tasajero, falla de tipo inverso que afecta el flanco Este del Anticlinal de Tasajero, provocando su volcamiento. Esta falla presenta una excelente expresión morfológica en el terreno, comienza con una dirección Norte – Sur hasta cambiar gradualmente hacia SW – NE, en su extremo Sur, cerca al área urbana de Cúcuta, donde está cubierta por materiales del Cuaternario.

## 2.3 Marco Conceptual

**Geología:** Es la ciencia natural que estudia la composición y estructura tanto interna como superficial del planeta Tierra, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico.

**Estratigrafía:** Es la rama de la geología que trata del estudio e interpretación de las rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas estratificadas, así como de la identificación, descripción, secuencia, tanto vertical como horizontal, cartografía y correlación de las unidades estratificadas de rocas

**Fallas:** En geología, una falla es una fractura o conjunto de fracturas en los grandes bloques de piedra de la litósfera, que producen una discontinuidad o desplazamiento relativo entre los conjuntos de piedra. Este tipo de roturas se producen cuando la fuerza del movimiento tectónico vence la resistencia de los materiales del suelo.

**Suelo:** Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física o química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre él

**Consistencia:** Condición física de un suelo para los varios contenidos de humedad, evidenciada por la manera de proceder o comportarse de ese suelo frente a las presiones mecánicas o manipulaciones. La consistencia del suelo es considerada como una combinación entre las propiedades del suelo, que dependen de la atracción entre las partículas y la humedad del terreno. Los términos comúnmente usados para describir la consistencia de un suelo son: suelto o ligero, franco, firme, blando, áspero, plástico y tenaz.

**Exploración:** Algunos de los objetivos de la exploración de suelos y la toma de muestras son los siguientes:

- Determinación de los diferentes estratos que componen un suelo (perfil).
- Determinación de las características físicas del suelo.
- Identificación de los suelos.
- Determinación de las características químicas del suelo.

La persona encargada de la exploración decidirá los tipos de suelos de los que han de tomarse las muestras, su número, cómo y cuándo serán tomadas.

**Subrasante:** Es la parte de una carretera que sirve para el soporte de las capas de pavimento, por tanto, debe cumplir características estructurales para que, los materiales seleccionados que se colocan sobre ella se acomoden en espesores uniformes y su resistencia debe ser homogénea en

toda la superficie para evitar fallas en los pavimentos.

**Granulometría:** Es el estudio de la distribución estadística de los tamaños de una colección de elementos de un material sólido fraccionado o de un líquido multifásico.

**Mejoramiento:** Las técnicas de mejoramiento de suelos consisten en modificar las características de un suelo por una acción física o por la inclusión al suelo de un material más resistente, con el fin de aumentar la capacidad y/o la resistencia al corte, disminuir los asentamientos y disminuir o eliminar el riesgo de licuefacción en caso de terremoto o de vibraciones importantes.

**Subsuelo:** El subsuelo o sustrato es la capa de suelo debajo de la capa superficial de la tierra. El subsuelo puede incluir sustancias como arcilla y/o arena, que solo han sido parcialmente desglosadas por aire, luz solar, agua, viento, entre otros, para producir suelo verdadero. Debajo del subsuelo está el sustrato, que puede ser rocoso, de sedimentos o depósitos eólicos, en gran medida afectados por factores formadores de suelo activo en el subsuelo. El subsuelo contiene partículas parcialmente degradadas, por lo general, de un tono más claro de color marrón o amarillo y contiene las raíces profundas de las plantas grandes, como los árboles.

## 2.4 Marco Contextual

El sitio de la futura construcción se localiza en un lote de aproximadamente 42000 M<sup>2</sup> ubicado al margen derecho de la vía Zulia -Astilleros del municipio del Zulia. El lote se localiza sobre el tramo El Zulia-La “Y” Astilleros, antes del punto que divide la ruta Cúcuta-Sardinata-Ocaña y Cúcuta-Tibú. El sitio se ubica en un polígono.





**Figura 4. Localización local del proyecto**

El presente componente del estudio busca presentar el análisis del suelo teniendo en cuenta las variables de tipo de suelos, tránsito, clima presente, sobre la vía Nacional ruta 7009, que conecta El municipio de El Zulia con Cúcuta.

### **3. Diseño Metodológico**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación en este proyecto está enfocado a ser descriptivo y evaluativo; descriptivo porque uno de los objetivos es realizar el estudio de suelos y en base a esto se determinarán las características fisicomecánicas del subsuelo y evaluativo porque valora los resultados del estudio de suelos para en base a estos realizar la construcción del patio de carbón.

#### **3.2 Población y Muestra**

**3.2.1 Población.** Lote vía Zulia Astilleros.

**3.2.2 Muestra.** Muestras tomadas del suelo a través de 7 apiques.

#### **3.3 Enfoque**

El proyecto presenta un enfoque mixto y un análisis descriptivo porque realizara un estudio de suelos que arroja ciertas características físico-mecánicas del subsuelo; en base a este estudio se realizó un análisis donde se determinó el tipo base o subbase que tendrán los diseños, para la construcción del patio de acopio de carbón y vía de acceso.

#### **3.4 Recolección de Información**

**3.4.1 Fuentes.** Las fuentes primarias en el proyecto, hacen parte de la recolección de información que servirá como guía para realizar los respectivos estudios de suelos.

**3.4.2 Técnicas.** Se tuvo en cuenta la técnica de laboratorios en la cual se realizó el estudio de suelos para obtener las características físicas mecánicas del subsuelo con el fin de conocer el tipo

de suelo, que sirve como base para el diseño del patio de acopio de carbón.

**3.4.3 Instrumentos.** Los instrumentos utilizados son el laboratorio de suelos, equipos y herramientas para los apiques y muestras de suelo.

### **3.5 Procesamiento de la Información**

El proyecto se realizó a través de un trabajo escrito con un enfoque mixto y un análisis descriptivo, empezando con la realización del estudio de suelos describiendo las características del subsuelo y el tipo de suelo sobre el que se va a realizar el análisis para sus respectivos diseños.

### **3.6 Fases y Actividades**

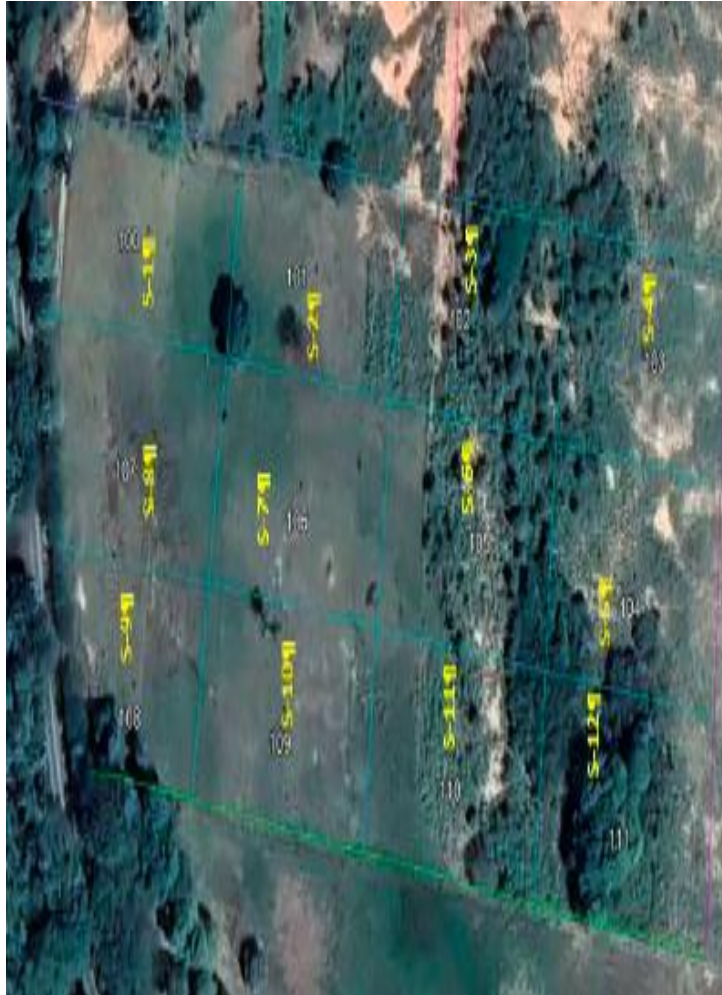
A continuación, se describen cada una de las actividades a desarrollar en el estudio:

**3.6.1 Objetivo 1. Recopilar información del proyecto para realizar la exploración del suelo y así identificar los puntos estratégicos.** El proyecto a realizar en este lote es un patio de acopio de carbón para albergar más de 1000 toneladas de carbón mensuales, con el fin, de abastecer la salida de carbón de las minas de empresa minera de la región.

Con el fin de caracterizar los materiales de la zona y conocer sus propiedades mecánicas, se definió el trabajo de campo de geotecnia de forma tal que se distribuyeron en el área del lote los apiques y sondeos exploratorios

**Zonificación del lote.** Se realizaron doce (12) sondeos manuales con equipo de SPT, para determinar la resistencia del suelo a la penetración por medio de impacto a través de una masa normalizada.

Los sondeos se distribuyeron uniformemente en el área del lote con el objeto de lograr hacer una zonificación de la calidad del suelo cuya localización se presenta en la siguiente figura.



**Figura 5. Ubicación sondeos manuales**

Fuente: Google Maps. (2022).

El resumen de los resultados obtenidos se presenta a continuación, cuya calificación cualitativa se base en la siguiente tabla de correlación con el número de golpes (N) del ensayo de SPT:

Consistencia <sup>α</sup>	N <sup>α</sup>	qu·(Kg/cm2) <sup>α</sup>	Intervalo-de-Densidad-Saturada·(Ton/m3) <sup>α</sup>
Muy Blanda <sup>α</sup>	0--2 <sup>α</sup>	0--0.25 <sup>α</sup>	1.60--1.90 <sup>α</sup>
Blanda <sup>α</sup>	2--4 <sup>α</sup>	0.25--0.50 <sup>α</sup>	<sup>α</sup>
Media <sup>α</sup>	4--8 <sup>α</sup>	0.50--1.00 <sup>α</sup>	1.76--2.07 <sup>α</sup>
Consistente <sup>α</sup>	8--15 <sup>α</sup>	1.00--2.00 <sup>α</sup>	1.90--2.24 <sup>α</sup>
Muy Consistente <sup>α</sup>	15--30 <sup>α</sup>	2.00--4.00 <sup>α</sup>	<sup>α</sup>
Dura <sup>α</sup>	>30 <sup>α</sup>	>4.00 <sup>α</sup>	<sup>α</sup>

**Figura 6. Tabla de correlación con el número de golpes (N) del ensayo SPT**

Fuente: Instituto Nacional de Vías. (2013).

**Tabla 1. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #1**

Ensayo SPT # 1			
Profundidad (m)	N campo	N spt Corregido	Consistencia
0.3	4	8	Media
0.9	2	3	Blanda
1.5	3	4	Blanda
2.1	9	10	Consistente
2.7	20	20	Muy Consistente

**Tabla 2. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #2**

Ensayo SPT # 2			
Profundidad (m)	N campo	N spt Corregido	Consistencia
0.3	4	8	Media
0.9	5	7	Media
1.5	6	8	Media
2.1	8	9	Media
2.7	13	13	Consistente

**Tabla 3. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #3**

Ensayo SPT # 3			
Profundidad (m)	N campo	N SPT Corregido	Consistencia
0.3	22	44	Dura
0.9	25	37	Dura
1.5	14	18	Muy Consistente
2.1	6	7	Media
2.7	16	16	Muy Consistente

**Tabla 4. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #4**

Ensayo SPT # 4			
Profundidad (m)	N campo	N spt Corregido	Consistencia
0.3	4	8	Media
0.9	8	12	Consistente
1.5	11	14	Consistente
2.1	25	28	Muy Consistente
2.7	25	25	Muy Consistente

**Tabla 5. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #5**

Ensayo SPT # 5			
Profundidad (m)	N campo	N spt Corregido	Consistencia
0.3	7	14	Consistente
0.9	19	28	Muy Consistente
1.5	27	34	Dura
2.1	34	38	Dura
2.7	22	22	Muy Consistente

**Tabla 6. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #6**

Ensayo SPT # 6			
Profundidad (m)	N campo	N SPT Corregido	Consistencia
0.3	7	14	Consistente
0.9	6	9	Consistente
1.5	5	6	Media
2.1	17	19	Muy Consistente
2.7	47	47	Dura

**Tabla 7. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #7**

Ensayo SPT # 7			
Profundidad (m)	N campo	N spt Corregido	Consistencia
0.3	4	8	Media
0.9	7	10	Consistente
1.5	19	24	Muy Consistente
2.1	36	40	Muy Consistente
2.7	58	58	Dura

**Tabla 8. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #8**

Ensayo SPT # 8			
Profundidad (m)	N campo	N spt Corregido	Consistencia
0.3	4	8	Media
0.9	4	6	Media
1.5	3	4	Blanda
2.1	4	4	Blanda
2.7	5	5	Media
3.3	12	11	Consistente
3.9	40	33	Dura

**Tabla 9. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #9**

<b>Ensayo SPT # 9</b>			
<b>Profundidad (m)</b>	<b>N campo</b>	<b>N spt Corregido</b>	<b>Consistencia</b>
0.3	4	8	Media
0.9	8	12	Consistente
1.5	7	9	Consistente
2.1	17	19	Muy Consistente
2.7	54	54	Dura

**Tabla 10. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #10**

<b>Ensayo SPT # 10</b>			
<b>Profundidad (m)</b>	<b>N campo</b>	<b>N spt Corregido</b>	<b>Consistencia</b>
0.3	4	8	Media
0.9	5	7	Media
1.5	10	13	Consistente
2.1	9	10	Consistente
2.7	47	47	Dura

**Tabla 11. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #11**

<b>Ensayo SPT # 11</b>			
<b>Profundidad (m)</b>	<b>N campo</b>	<b>N spt Corregido</b>	<b>Consistencia</b>
0.3	4	8	Media
0.9	6	9	Consistente
1.5	31	39	Dura
2.1	15	17	Muy Consistente
2.7	32	32	Dura



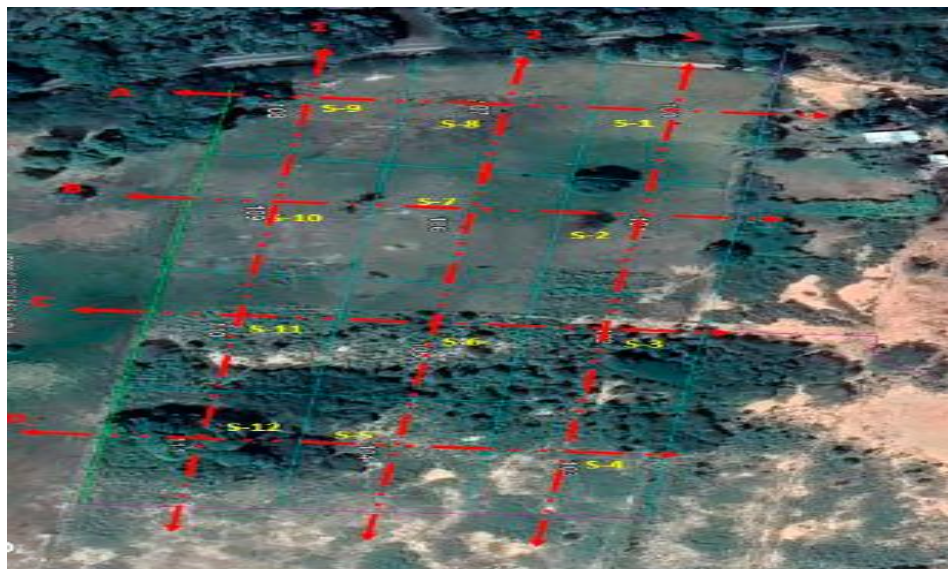
**Tabla 12. Valores de consistencia y compresión inconfiada correlacionados con el número de golpes (N) del ensayo de SPT #12**

<b>Ensayo SPT # 12</b>			
<b>Profundidad (m)</b>	<b>N campo</b>	<b>N spt Corregido</b>	<b>Consistencia</b>
0.3	4	8	Media
0.9	10	15	Consistente
1.5	1	27	Muy Consistente
2.1	49	54	Dura
2.7	52	52	Dura

Profundidad m	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
0,3	Media	Media	Dura	Media	Consistente	Consistente	Media	Media	Media	Media	Media	Media
0,90	Blanda	Media	dura	Consistente	Muy Consistente	Consistente	Consistente	Media	Consistente	Media	Consistente	Consistente
1,50	Blanda	Media	Muy Consistente	Consistente	Dura	Media	Muy Consistente	Blanda	Consistente	Consistente	Dura	Muy Consistente
2,10	Consistente	Consistente	Media	Muy Consistente	Dura	Muy Consistente	Dura	Blanda	Muy Consistente	Consistente	Muy Consistente	Dura
2,70	Muy Consistente	Consistente	Muy Consistente	Muy Consistente	Muy Consistente	Dura	Dura	Media	Dura	Dura	Dura	Dura
3,30								Consistente				
3,90								Dura				

**Figura 7. Valores de sondeos según su profundidad**

Se identificaron unos ejes verticales y horizontales, para lograr visualizar una zonificación del área de lote:



**Figura 8. Trazado de ejes para zonificación**

Fuente: Google Maps. (2022).

Lo cual permite visualizar los diferentes estados de consistencias de los suelos finos presentes en el área del lote.

Profundidad m	S9	S8	S1
0,3	Media	Media	Media
0,90	Consistente	Media	Blanda
1,50	Consistente	Blanda	Blanda
2,10	Uy consisten	Blanda	Consistente
2,70	Dura	Media	Muy consistente
3,30		Consistente	
3,90		Dura	

**Figura 9. Eje A (sondeo # 9, #8, #1)**

Profundidad m	S10	S7	S2
0,3	Media	Media	Media
0,90	Media	Consistente	Media
1,50	Consistente	Muy consisten	Media
2,10	Consistente	Dura	Consistente
2,70	Dura	Dura	Consistente

**Figura 10. Eje B (sondeo # 10, #7, #2)**

Profundidad m	S11	S6	S3
0,3	Media	Consistente	Dura
0,90	Consistente	Consistente	Dura
1,50	Dura	Media	Muy consistente
2,10	Muy consistente	Muy consistente	Media
2,70	Dura	Dura	Muy consistente

**Figura 11. Eje C (sondeo # 11, #6, #3)**

Profundidad m	S12	S5	S4
0,3	Media	Consistente	Media
0,90	Consistente	Muy consistente	Consistente
1,50	Muy consistente	Dura	Consistente
2,10	Dura	Dura	Muy consistente
2,70	Dura	Muy consistente	Muy consistente

**Figura 12. Eje D (sondeo # 12, #5, #4)**

Profundidad m	S9	S10	S11	S12
0,3	Media	Media	Media	Media
0,90	Consistente	Media	Consistente	Consistente
1,50	Consistente	Consistente	Dura	Muy consistente
2,10	Muy consistente	Consistente	Muy consistente	Dura
2,70	Dura	Dura	Dura	Dura

**Figura 13. Eje 1 (sondeo # 9, #10, #11, #12)**

Profundidad m	S8	S7	S6	S5
0,3	Media	Media	Consistente	Consistente
0,90	Media	Consistente	Consistente	Muy consistente
1,50	Blanda	Muy consistente	Media	Dura
2,10	Blanda	Dura	Muy consistente	Dura
2,70	Media	Dura	Dura	Muy consistente
3,30	Consistente			
3,90	Dura			

**Figura 14. Eje 2 (sondeo # 8, #7, #6, #5)**

Profundidad m	S1	S2	S3	S4
0,3	Media	Media	Dura	Media
0,90	Blanda	Media	Dura	Consistente
1,50	Blanda	Media	Muy consistente	Consistente
2,10	Consistente	Consistente	Media	Muy consistente
2,70	Muy consistente	Consistente	Muy consistente	Muy consistente

**Figura 15. Eje 3 (sondeo # 1, #2, #3, #4)**

La zonificación del área del lote se ilustra en la siguiente figura:



**Figura 16. Zonificación del lote**

Fuente: Google Maps. (2022).

**3.6.2 Objetivo 2. Realizar la exploración geotécnica para obtener resultados de acuerdo al suelo.** Los trabajos de campo en esta etapa del proyecto, consiste en el reconocimiento e

inspección del área de estudio y ejecución de apiques. Durante estos trabajos se toman muestras de las exploraciones, debidamente empacadas en bolsas herméticas y nombradas según su posición estratigráfica, luego se llevan al laboratorio de suelos, donde se le practican los ensayos pertinentes para su clasificación física – mecánica, tales como:

Se realizaron siete (7) apiques a 2.30m de profundidad, con el objeto de caracterizarlos suelos existentes de subrasantes. Cumpliendo con la profundidad mínima requerida del Manual de diseño del Invias.

**Tabla 13. Manual diseño INVIAS definición profundidad exploración**

No. Ejes de 8.2	Toneladas Acumulados en el Periodo de Diseño X 10 <sup>6</sup>	Profundidad de Exploración Mínima(m)
	0.5 – 2.0	1.20
	> 2.0	1.50

Fuente: Instituto Nacional de Vías (2013).

De la exploración de campo realizada, se tomaron muestras de tipo alterada e inalterada, para la realización de ensayos de laboratorio con el objetivo de caracterizar las subrasantes y capas granulares existentes tomando muestras en los apiques.





**Figura 17. Localización de apiques**

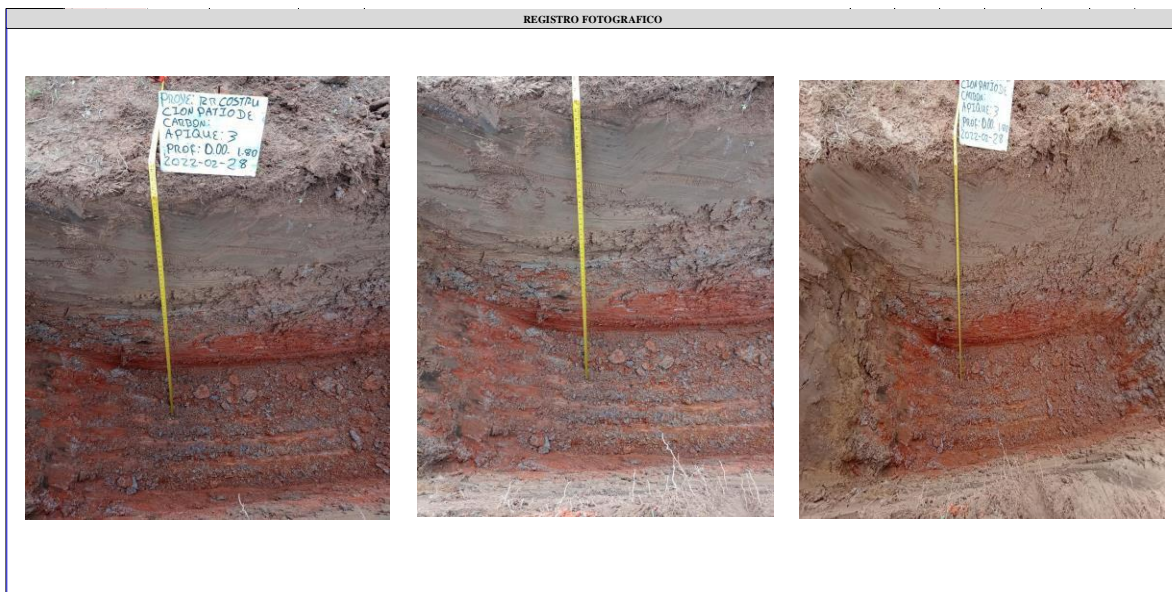
Fuente: Instituto Nacional de Vías (2013).



En las siguientes figuras se presenta la ubicación de los apiques realizados:



**Figura 18. Imágenes ejecución de apique #5**



**Figura 19. Imágenes ejecución de apique #3**



**Figura 20. Imágenes ejecución de apique #7**

Los ensayos se realizaron sobre las capas existentes de suelos, se construyó además el perfil estratigráfico. El detalle y resultados de los ensayos aparecen en los anexos del presente informe.

A las muestras obtenidas se les realizaron los siguientes ensayos:

**Tabla 14. Ensayos realizados**

Ensayo	Norma ensayo inv
Humedad natural	E-122
Límites de Attemberg	E-125 / E-126
Granulometría	E-213
CBR con expansión	E-148



Fuente: Instituto Nacional de Vías (2013).

**3.6.3 Objetivo 3. Caracterizar el suelo de acuerdo a los resultados obtenidos para su respectivo análisis.** Una vez obtenidos los resultados de los ensayos de laboratorio, se realiza la interpretación y análisis de la exploración, se delimitaron y caracterizaron las diferentes capas que constituyen el perfil estratigráfico.

**3.6.3.1 Caracterización de la subrasante.** Una vez terminado el trabajo de exploración de campo se realizaron los perfiles estratigráficos de los apiques realizados en el tramo de estudio. A las muestras tomadas se les realizaron los ensayos de laboratorio para poder determinar sus características físicas y mecánicas y de esta manera identificar el tipo de suelos.


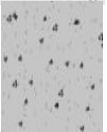

Dentro del programa de laboratorio se realizaron los siguientes ensayos a la subrasante: granulometría, CBR y saturado con medición de expansión; humedad natural y Límites de Atterberg. A continuación, se presenta el perfil estratigráfico con los resultados de laboratorio obtenidos en cada apique:

Tabla 15. Perfil estratigráfico del apique 1



Prof. (m)	Símbolo	Clasificación			Descripción del Material	Wn %	Límites Atterberg			Gradación		
		USC	AASHTO	Índice de Grupo			LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %
0,00		SM	A-4	2	Prof: 0,00 - 1,20 Arena limosa de color amarillo claro presenta consistencia blanda, humedad media y plasticidad baja.	8,7	NL	NP	NP	0,5	56,0	42,90
0,10												
0,20												
0,30												
0,40												
0,50												
0,60												
0,70												
0,80												
0,90												
1,00												
1,10												
1,20												
1,30		CL	A-6	0	Prof: 1,20-2,30 Arena arcillosa de color rojo-gris, presenta consistencia blanda con humedad media-alta y plasticidad media-alta.	12,30	26,00	10,00	18,00	0,00	42,70	57,30
1,40												
1,50												
1,60												
1,70												
1,80												
1,90												
2,00												
2,10												
2,20												
2,30												




**Tabla 16. Perfil estratigráfico del apique 2**

Prof. (m)	Simbolo	Clasificación			Descripción del Material	Wn %	Límites Atterberg			Gradación		
		USC	AASHTO	Índice de Grupo			LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %
0,00		SM	A-4	3	PROF: 0,00 - 1,20 Arena limosa de color negro claro presenta consistencia blanda, humedad alta y plasticidad alta	11,1	15	12	3	0	54,9	49,10
0,10												
0,20												
0,30												
0,40												
0,50												
0,60												
0,70												
0,80												
0,90												
1,00												
1,10												
1,20		SM	A-2-4	0	PROF: 1,20-1,60 Arena con cromado color gris oscuro, presenta consistencia blanda, humedad alta y plasticidad baja.	37,20	NL	NP	NP	4,10	69,40	26,50
1,30												
1,40												
1,50												
1,60		SC	A-7-6	7	PRO:1,60-2,30 Arcilla limosa con gravas color gris rojo presenta consistencia blanda, humedad alta y plasticidad alta.	14,70	54,00	15,00	39,00	12,10	46,50	58,90
1,70												
1,80												
1,90												
2,00												
2,10												
2,20												
2,30												

**Tabla 17. Perfil estratigráfico del apique 3**

Prof. (m)	Símbolo	Clasificación			Descripción del Material	Wn %	Límites Atterberg			Gradación		
		USC	AASHTO	Índice de Grupo			LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %
0,00		SM	A-4	2	PROF: 0,00 - 1,0 Arena limosa de color marron claro presenta consistencia blanda, humedad media y plasticidad baja	12,9	NL	NP	NP	1,6	55,1	43,3
0,10												
0,20												
0,30												
0,40												
0,50												
0,60												
0,70												
0,80												
0,90												
1,00												
1,10		CL	A-6	10	PROF: 1,10-1,80 Arcilla arenosa de color rojo-gris, presenta consistencia blanda, humedad media y plasticidad baja.	13,90	27,00	10,00	17,00	0,20	40,90	58,90
1,20												
1,30												
1,40												
1,50												
1,60												
1,70												
1,80												

**Tabla 18. Perfil estratigráfico del apique 4**

Prof. (m)	Símbolo	Clasificación			Descripción del Material	Wn %	Límites Atterberg			Gradación		
		USC	AASHTO	Índice de Grupo			LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %
0,00		SM- SC	A-4	2	PROF: 0,00 - 1,10 Arena limosa de color rojo presenta consistencia blanda, humedad media y plasticidad media- baja	9,3	17	11	6	0,1	55,6	44,3
0,10												
0,20												
0,30												
0,40												
0,50												
0,60												
0,70												
0,80												
0,90												
1,00												
1,10		CL	A-6	10	PROF: 1,10-1,80 Arcilla arenosa de color rojo-gris, presenta consistencia blanda, humedad media y plasticidad baja.	13,9 0	27,00	10,00	17,00	0,20	40,90	58,90
1,20												
1,30												
1,40												
1,50												
1,60												
1,70												
1,80												

**Tabla 19. Perfil estratigráfico del apique 5**







Prof. (m)	Símbolo	Clasificación			Descripción del Material	Wn %	Límites Atterberg			Gradación		
		USC	AASHTO	Índice de Grupo			LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %
0,00		CL	A-6	4	PROF: 0,00 - 1,20 Arena limosa de color marrón-naranja presenta consistencia alta humedad media y plasticidad media	7,5	22	10	12	0,4	40,4	59,3
0,10												
0,20												
0,30												
0,40												
0,50												
0,60												
0,70												
0,80												
0,90												
1,00		CL	A-6	10	PROF: 1,20-1,80 Arcilla de color rojo-gris, presenta consistencia alta humedad baja y plasticidad alta	7,50	29,00	12,00	17,00	0,20	30,00	69,80
1,10												
1,20												
1,30												
1,40												
1,50												
1,60												
1,70												
1,80												



Tabla 20. Perfil estratigráfico del apique 6

Prof. (m)	Símbolo	Clasificación			Descripción del Material	Wn %	Límites Atterberg			Gradación		
		USC	AASHTO	Índice de Grupo			LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %
0,00		SM	A-4	2	PROF: 0,00 - 0,50 Arena limosa de color marrón presenta consistencia blanda humedad baja y plasticidad baja	6,8	NL	NP	NP	0,1	53,7	46,2
0,10												
0,20												
0,30												
0,40												
0,50												
0,60		GC	A-2-6	0	PROF: 1,20-1,80 Arcilla con gravas de color rojo-gris, presenta consistencia alta humedad baja y plasticidad alta	4,20	31,00	12,00	19,00	73,00	12,20	14,7
0,70												
0,80												
0,90												
1,00												
1,10												
1,20												
1,30												
1,40												
1,50												

**Tabla 21. Perfil estratigráfico del apique 7**

Prof. (m)	Símbolo	Clasificación			Descripción del Material	Wn %	Límites Atterberg			Gradación		
		USC	AASHTO	Índice de Grupo			LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %
0,00		CL	A-6	7	PROF: 0,00 - 1,10 Arena limosa de color negro presenta consistencia blanda humedad alta y plasticidad baja	17,4	21	10	11	0	33,9	66,1
0,10												
0,20												
0,30												
0,40												
0,50												
0,60												
0,70												
0,80												
0,90												
1,00												
1,10												
1,20		SM	A-2-4	0	PROF 1,10- 1,80 Arena limosa con gravas de color marrón presenta consistencia blanda humedad alta y plasticidad baja	12,80	NL	NP	NP	0,00	65,30	34,7
1,30												
1,40												
1,50												
1,60												
1,70												
1,80												
1,90												

En la siguiente tabla se presenta el resumen del tipo de suelo y resultados de los ensayos de CBR realizados en cada uno de las capas de suelo. En ella se puede observar la heterogeneidad de los suelos en el corredor de estudio.

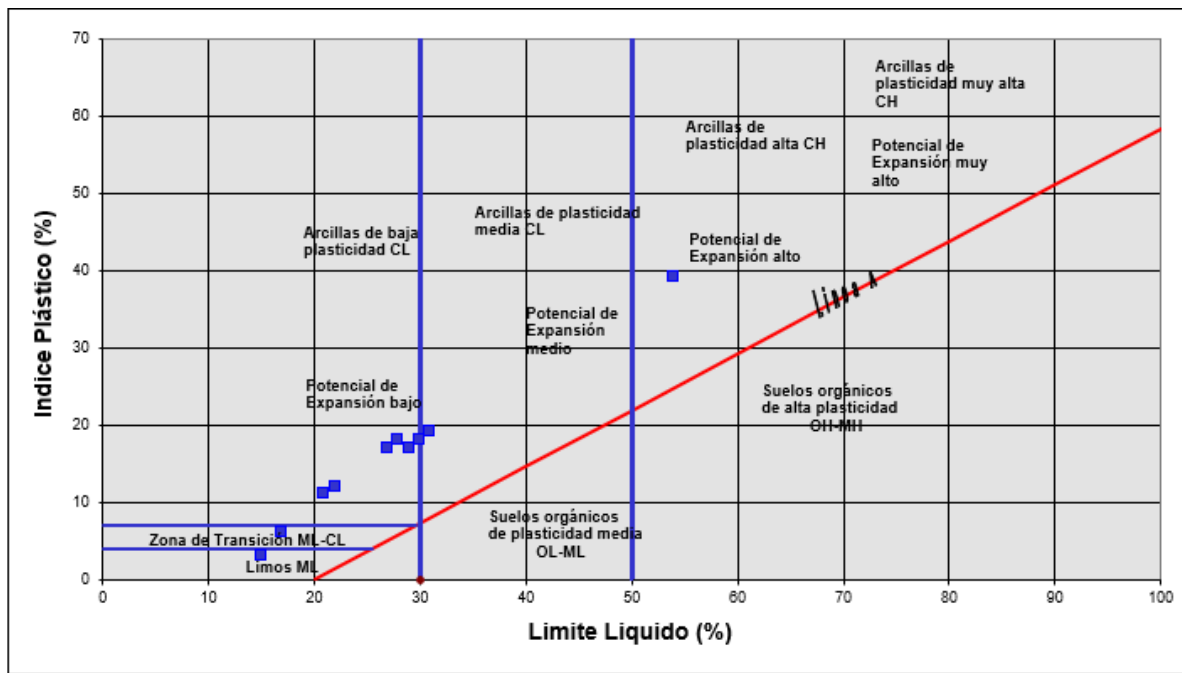
**Tabla 22. Resumen de ensayos de laboratorio**

No Muestra	m Profundidad	USC	AASHTO	% Humedad Natural	% LL	% LP	% IP	% Gravas	% Arenas	% Finos	% CBR antes de inmersión	% CBR Después de inmersión	% Expansión en CBR
A1	0,0-1,20	SM	A-4 (2)	8,7	NL	NP	NP	0,5	56,6	42,9			
	1,202,30	CL	A-6 (8)	12,3	28	10	18	0	42,7	57,3	5,80	2,10	0,00
A2	0,0-1,20	SM	A-4 (3)	11,1	15	12	3	0,0	50,9	49,1			
	1,20-1,60	SM	A-2-4 (0)	37,2	NL	NP	NP	4,1	69,4	26,5			
	1,60-2,0	SC	A-7-6(7)	14,7	54	15	39	12,10	46,50	41,4	3,70	1,40	0,00
A3	0,0-1,0	SM	A-4 (2)	12,9	NL	NP	NP	1,6	55,1	43,3			
	1,0-1,80	CL	A-6 (8)	16,0	27	10	17	0,2	40,9	58,9	4,00	3,40	0,00
A4	0,0-1,10	SM-SC	A-4 (2)	9,3	17	11	6,00	0,1	55,6	44,3			
	1,10-1,80	CL	A-6 (10)	13,9	30	12	18	0,1	32,3	67,6	8,30	6,60	0,00
A5	0,0-1,20	CL	A-6 (6)	7,5	22	10	12	0,4	40,4	59,2			
	1,20-1,80	CL	A-6 (10)	7,5	29	12	17	0,2	30,0	69,8	23,50	1,70	0,00
A6	0,0-0,50	SM	A-4 (2)	6,8	NL	NP	NP	0,1	53,7	46,2			
	0,50-1,50	GC	A-2-6 (0)	9,2	31	12	19	73,0	12,2	14,8	13,40	1,80	1,49
A7	0,0-0,10	CL	A-6 (7)	17,4	21	10	11	0,0	33,9	66,1			
	0,1-1,90	SM	A-2-4 (0)	12,8	NL	NP	NP	0,00	65,30	34,7	1,50	1,20	0,00

Según los ensayos de laboratorio, la subrasante que mas predomina corresponde a arcillas de baja a media plasticidad tipo CL.

**3.6.3.2 Potencial expansivo.** A través de la medida de ciertas propiedades básicas de los suelos se puede determinar el grado del potencial expansivo del suelo. Para este caso contamos con los resultados de los ensayos: Límite líquido y límite plástico, expansión.

En cuanto a su comportamiento plástico, con los resultados obtenidos de los límites de atterberg y su expansión arrojan que los suelos en la zona presentan un potencial de cambio volumétrico bajo según correlación de los resultados obtenidos. En la carta de plasticidad se observa que el comportamiento plástico se presenta en el área de potencial bajo en el límite con el potencial de expansión medio.




**Figura 21. Carta de plasticidad de los suelos de subrasantes**

**3.6.3.3 Límite líquido y límite plástico.** Los valores de estos ensayos, permiten ser un indicador primario de las características expansivas de las arcillas.; las cuales dependen en la cantidad de agua que una arcilla absorbe. La relación entre las características plásticas y el hinchamiento de los suelos puede establecerse como:

Según el valor medio de los resultados del índice de plasticidad de los suelos explorados predomina en el rango de 3-39% ., predominando en el sector de plasticidad baja

**Tabla 23. Correlación para determinar el grado del potencial expansivo de los suelos plásticos**

	<b>Grado de Potencial Expansivo</b>	<b>Índice Plástico</b>
	Bajo	0-15
	Medio	10-35
	Alto	20-55
	Muy Alto	>35

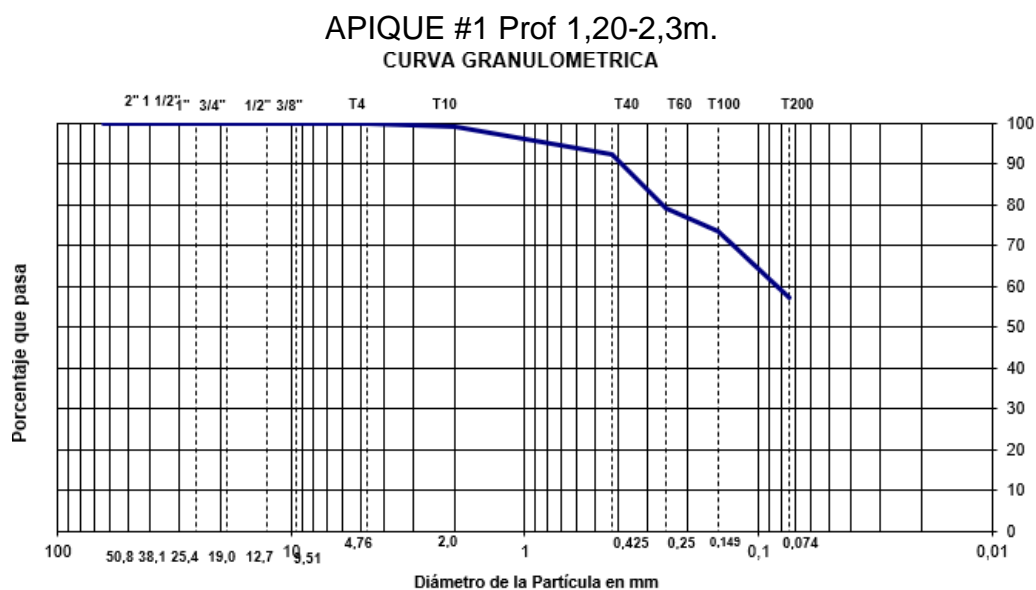
De la curva granulométrica para los suelos de subrasante y de los ensayos de CBR realizados presentan alta susceptibilidad al estar en contacto con el agua, por tanto, indican una baja capacidad de soporte del suelo y que la deformación al incrementar su contenido de humedad es alta. Es importante garantizar un adecuado drenaje del pavimento, la construcción de filtros y cunetas revestidas en concreto donde se requieran y un correcto manejo de pendientes de la rasante terminada del pavimento para evitar empozamientos y garantizar su estabilidad. Se observa que la humedad natural registrada en los diversos estratos es baja, los suelos se encontraban en el momento de la exploración geotécnica se encuentran en estado relativamente seco con humedades de 7.5%. y humedades del 37.2%. Por lo tanto, al ser sometidos a condiciones críticas (saturación) éstas aumentan significativamente.

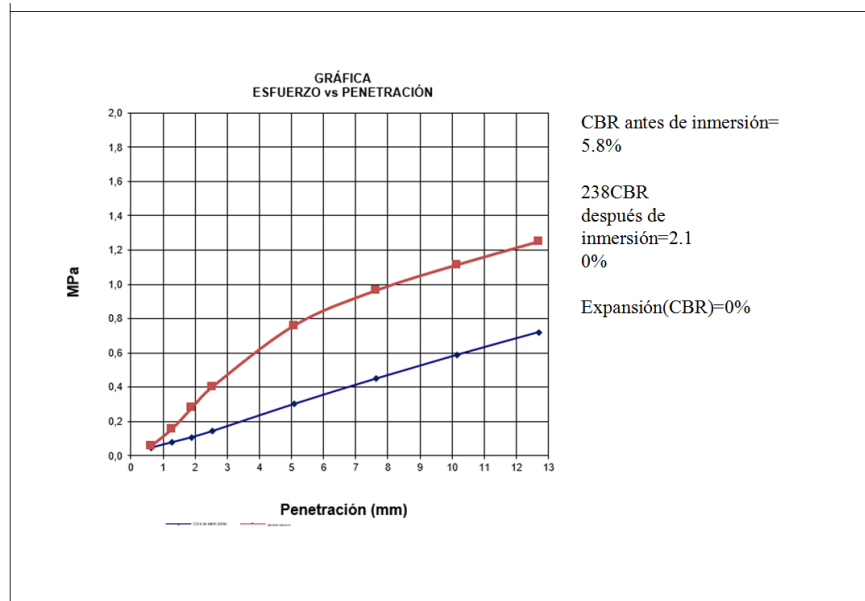
Los valores de CBR de laboratorio, obtenidos entre le 1.2% a 6.6% en el área del proyecto, donde se confirma que los suelos presentan una condición baja, cuando son sometido a condiciones de saturación, su resistencia desciende.

En las siguientes figuras se muestra la curva granulométrica y CBR de los suelos de antes y después de inmersión CBR.

**Tabla 24. Resumen de resultados de ensayo de CBR**

	Tipo de suelos	% CBR antes de inmersión	% CBR después de inmersión	% expansión en CBR
A-1 prof 1,20-2,30m	CL	5,8	2,1	0
A-2 prof 1,60-2,00m	SC	3,7	1,4	0
A-3 prof 1,0-1,80m	CL	4,0	3,4	0
A-4 prof 1,10-1,80m	CL	8,3	6,6	0
A-5 prof 1,20-1,80m	CL	23,5	1,7	0
A-6 prof 0,50-1,50m	GC	13,4	1,8	1,49
A-7 prof 0,10-1,90m	SM	1,5	1,2	0





**Figura 22. Curva granulométrica de suelo del subrasante y gráfica de penetración antes y después de inmersión CBR en el apique A1 Prof 1,20-2,30m**

**3.6.3.4 Potencial de Hinchamiento a partir de los Límites de Attemberg.** En la siguiente tabla se presentan los rangos de límite líquido e índice de plasticidad sugerido por el manual de diseño para el análisis del potencial de hinchamiento. Donde según el valor medio de los resultados del Límite Líquido e índice de plasticidad de los suelos explorados predomina en el rango de 20% y de 9% respectivamente.

**Tabla 25. Clasificación de suelos expansivos con base en LL e IP (snethen y otros)**

LL (%)	IP (%)	Hinchamiento potencial (%)	Clasificación del hinchamiento potencial
> 60	> 35	> 1.5	Alto
50 - 60	25 - 35	0.5 - 1.5	Marginal
< 50	< 25	< 0.5	Bajo

➔ Fuente: INVIAS (1998).

De este análisis se observa que, según el Límite Líquido e Índice de Plasticidad, los suelos presentan en general un potencial de hinchamiento predominantemente “Bajo” a la profundidad de subrasante.

- Expansión CBR

Los resultados de la expansión obtenida a partir del ensayo de CBR, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones, se clasifica como No crítica a Poco crítica:

**Expansiones negativas:** Originadas por suelos de naturaleza arenosa, los cuales producen un asentamiento instantáneo.

**Expansiones entre 1 y 2%:** Materiales con porcentaje de expansión moderada.

**Expansiones superiores al 2%:** Representan condiciones críticas de expansión.

Se presentan valores de 0% en los resultados de los % de expansión en los suelos caracterizados como subrasantes, lo que los clasifica como suelos con comportamiento NO CRITICO

**3.6.3.5 Cálculo de espesores.** Según las condiciones de subrasantes, se pretende mejorar la subrasante existente tipo S1 (CBR < 5%), realizando el mejoramiento en el tramo requerido mediante adición de material granular, de tal manera que permita unificar la calidad de la subrasante garantizando obtener un CBR min 10% y de esta manera una nueva estructura se apoyaría sobre una única subrasante mejorada tipo S3 (CBR entre el 7% a 10%).

Mediante la fórmula de IVANOV, se estima los espesores de mejoramiento teniendo en cuenta los CBR de la subrasante dispuesta, y el CBR del material que se usara como



mejoramiento, para esta alternativa se estimó un CBR del material de mejoramiento mínimo del 20%.

**Tabla 26. Espesores de mejoramiento requeridos para subrasantes inferiores al 3% para lograr un CBR mejorado tipo S3**

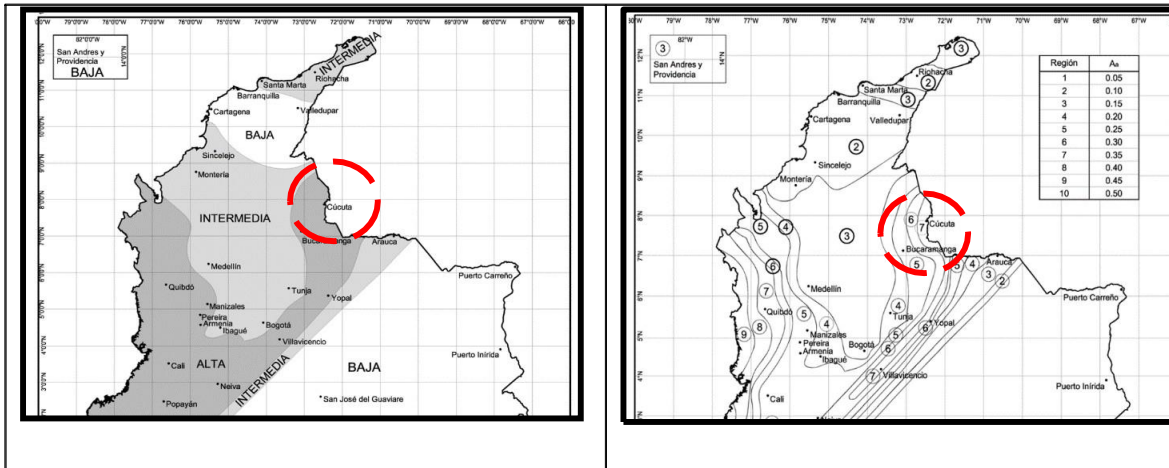
Formulas Ivanov Aporte Relleno									
CBR SBR (%)	Eo Módulo subrasante Mr (MPa)	CBR Granular Relleno (%)	Eo Módulo granular Mr (psi) = $2555 * CBR^{0.64}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Eo Módulo granular Mr (psi) = $2555 * CBR^{0.64}$ (PSI)	n	Espe sor material granular (cm)	a	Eo Módulo equivalente (Subrasante + Granular) (MPa)	CBR Mejorado (%)
1,20	11,76	20,00	1.224	17.38	2,53	100	15	106,08	10,40
1,40	13,73	20,00	1.224	17.38	2,38	85	15	100,00	9,80
1,80	17,65	20,00	1.224	17.38	2,15	70	15	95,46	9,36
2,10	20,59	20,00	1.224	17.38	2,02	60	15	91,15	8,94
2,70	26,47	20,00	1.224	17.38	1,83	55	15	93,65	9,18
3,40	33,33	20,00	1.224	17.38	1,67	50	15	95,36	9,35
6,60	64,71	20,00	1.224	17.38	1,28	40	15	104,96	10,29
7,10	69,61	20,00	1.224	17.38	1,24	40	15	106,95	10,48

Fuente: Instituto Nacional de Vías (2013).

**3.6.3.6 Capacidad portante para estructuras (edificaciones).** A continuación, se evidencia la capacidad portante para estructuras (edificaciones):

**Clasificación sísmica del suelo condición sísmica.** En el diseño de un proyecto es importante determinar el nivel de amenaza sísmica para el sector donde se realizará la construcción; esto es conocer la máxima cantidad de movimiento sísmico que se espera durante la vida útil del proyecto. Para determinarlo se utilizan varios procedimientos basados en datos de eventos históricos, conocimiento de las fuentes sismogénicas y aplicación de modelos probabilísticos para evaluación de la amenaza sísmica. Para el caso de este proyecto se

determinan los resultados del Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia NSR-10, donde se presentan los siguientes parámetros para la zona de estudio. Se adoptan los valores para la zona de amenaza sísmica alta.



**Figura 23. Localización del proyecto en el mapa de amenaza sísmica de Colombia**

Fuente: NSR-10 (2010).

En la NSR-10, están establecidos los valores de la aceleración pico efectiva, la cual es la máxima aceleración pico efectiva esperada. Los coeficientes sísmicos estipulados por la norma sismoresistente en cuestión y que corresponden al lugar de estudio se resalta en la siguiente tabla.

Se adoptan los valores para la zona de amenaza sísmica alta, como lo presenta el reglamento, los coeficientes sísmicos estipulados por la norma sismoresistente NSR-10 correspondiente a la zona de estudio, se encuentran en el siguiente cuadro:

Departamento del Norte de Santander						
Municipio	Código Municipio	$A_a$	$A_v$	Zona de Amenaza Sísmica	$A_e$	$A_d$
Cúcuta	54001	0.35	0.25	Alta	0.25	0.10
Abrego	54003	0.30	0.20	Alta	0.07	0.04
Arboledas	54051	0.30	0.25	Alta	0.08	0.04
Bochalema	54099	0.35	0.25	Alta	0.13	0.06

A-168

NSR-10 - Apéndice A-4 - Valores de  $A_a$ ,  $A_v$ ,  $A_e$  y  $A_d$  y definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos

Bucarasica	54109	0.30	0.25	Alta	0.09	0.04
Cáchira	54128	0.25	0.25	Alta	0.07	0.04
Cácota	54125	0.30	0.25	Alta	0.10	0.05
Chinácota	54172	0.35	0.30	Alta	0.16	0.07
Chitagá	54174	0.30	0.30	Alta	0.11	0.05
Convención	54206	0.20	0.15	Intermedia	0.04	0.02
Cucutilla	54223	0.30	0.25	Alta	0.08	0.04
Durania	54239	0.35	0.25	Alta	0.14	0.06
El Carmen	54245	0.15	0.10	Intermedia	0.04	0.02
El Tarra	54250	0.20	0.15	Intermedia	0.05	0.03
El Zulia	54261	0.35	0.25	Alta	0.22	0.09
Gramalote	54313	0.30	0.25	Alta	0.11	0.05

Figura 24. Parámetros sísmicos

Fuente: NSR-10 (2010).

Tabla 27. Resumen parámetros sísmicos del estudio

$A_a$	$A_v$	Zona de Amenaza Sísmica	$A_e$	$A_d$
0.35	0.25	Alta	0.22	0.09

Fuente: NSR-10 (2010).

De acuerdo a los criterios establecidos en el título A, la clasificación del perfil de suelo se basa en los valores de los parámetros del suelo de los 30 m superiores. De acuerdo con los efectos locales descritos en el NSR-10 y el mapa de amenaza sísmica de Colombia dado por el AIS, se puede determinar la clasificación del perfil en base a la velocidad de cortante, el número de golpes del ensayo SPT y de las características de resistencia al corte promedio, humedad y

plasticidad.

Para el presente estudio no se llevó a cabo pruebas geofísicas que permitan conocer las velocidades de ondas de corte, por tanto, se usaran las correlaciones de los valores de los ensayos de penetración estándar que permiten relacionar la resistencia a la penetración con las velocidades de onda.

**Tabla 28. Correlación de SPT del sondeo S1 con la velocidad de onda de corte Vs**

Sondeo	Muestra	Profundidad	NSPT	Velocidad de Onda de corte Vs (m/s)						
No	No	(m)	(golpes/pie)	Imau y Yoshimura	Ohba y Toriumi	Imai	Ohta y Goto	Okamoto	Japan Road Association	Promedio
1	SPT-1	0,30	8	151,00	160,09	160,93	176,02	233,33	160,05	173,57
1	SPT-2	0,90	3	109,15	118,02	116,33	125,00	173,71	115,31	126,25
1	SPT-3	1,50	4	117,95	126,94	125,71	135,66	186,40	124,71	136,23
1	SPT-4	2,10	10	162,35	171,37	173,03	190,00	249,21	172,21	186,36
1	SPT-5	2,70	20	203,76	212,14	217,17	241,45	306,39	216,63	232,92
Velocidad de Onda de corte Vs (m/s)										227,33

**Tabla 29. Correlación de SPT del sondeo S2 con la velocidad de onda de corte Vs**

Sondeo	Muestra	Profundidad	NSPT CORR	Velocidad de Onda de corte Vs (m/s)						
No	No	(m)	(golpes/pie)	Imau y Yoshimura	Ohba y Toriumi	Imai	Ohta y Goto	Okamoto	Japan Road Association	Promedio
2	SPT-1	0,30	8	151,00	160,09	160,93	176,02	233,33	160,05	173,57
2	SPT-2	0,90	7	147,68	156,79	157,40	171,95	228,67	156,50	169,83
2	SPT-3	1,50	8	148,27	157,37	158,02	172,67	229,48	157,13	170,49
2	SPT-4	2,10	9	156,16	165,22	166,43	182,37	240,56	165,58	179,39
2	SPT-5	2,70	13	176,76	185,62	188,39	207,83	269,25	187,66	202,58
Velocidad de Onda de corte Vs (m/s)										200,53

**Tabla 30. Correlación de SPT del sondeo S3 con la velocidad de onda de corte Vs**

Sondeo Muestra		Profundidad	NSPT CORR	Velocidad de Onda de corte Vs (m/s)						
No	No	(m)	(golpes/pie)	Imau y Yoshimura	Ohba y Toriumi	Imai	Ohta y Goto	Okamoto	Japan Road Association	Promedio
3	SPT-1	0,30	44	265,03	271,57	282,46	318,58	389,11	282,52	301,54
3	SPT-2	0,90	37	251,18	258,22	267,71	301,06	370,59	267,62	286,06
3	SPT-3	1,50	18	196,10	204,64	209,00	231,88	295,90	208,40	224,32
3	SPT-4	2,10	7	142,01	151,13	151,36	165,00	220,67	150,44	163,43
3	SPT-5	2,70	16	189,30	197,96	201,75	223,41	286,55	201,10	216,68
Velocidad de Onda de corte Vs (m/s)										218,00

Las correlaciones obtenidas con la información de l ensayo de SPT, se obtiene una velocidad de onda inferior a 180 m/s, por tanto el tipo de perfil de suelo para el proyecto corresponde al tipo D

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500$ m/s > $\bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760$ m/s > $\bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$ , o $\bar{\sigma}_u > 100$ kPa ( $\approx 1$ kgf/cm <sup>2</sup> )
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360$ m/s > $\bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$ , o $100$ kPa ( $\approx 1$ kgf/cm <sup>2</sup> ) > $\bar{\sigma}_u \geq 50$ kPa ( $\approx 0.5$ kgf/cm <sup>2</sup> )
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180$ m/s > $\bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total <b>H</b> mayor de 3 m de arcillas blandas	<b>IP</b> > 20 <b>w</b> $\geq 40\%$ $50$ kPa ( $\approx 0.50$ kgf/cm <sup>2</sup> ) > $\bar{\sigma}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo <b>F</b> requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: <b>F<sub>1</sub></b> — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. <b>F<sub>2</sub></b> — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ( <b>H</b> > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). <b>F<sub>3</sub></b> — Arcillas de muy alta plasticidad ( <b>H</b> > 7.5 m con Índice de Plasticidad <b>IP</b> > 75) <b>F<sub>4</sub></b> — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ( <b>H</b> > 36 m)	

**Figura 25. Tipología de perfil geotécnico según NSR-10**

Fuente: NSR-10 (2010).

A continuación, se evaluarán los efectos locales y de sitio para la determinación del espectro elástico de respuesta, con el que se construye el espectro elástico de aceleraciones.

**Tabla 31. Valores del coeficiente  $F_a$ , para la zona de periodos cortos**

Tipo de perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0,1$	$A_a = 0,2$	$A_a = 0,3$	$A_a = 0,4$	$A_a \geq 0,5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	*Nota	*Nota	*Nota	*Nota	*Nota

Fuente: NSR-10 (2010).

Nota: Debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con el numeral A.2.10-NSR-10.

**Tabla 32. Valores del coeficiente  $F_v$ , para la zona de periodos intermedios**

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0,1$	$A_v = 0,2$	$A_v = 0,3$	$A_v = 0,4$	$A_v \geq 0,5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	*Nota	*Nota	*Nota	*Nota	*Nota

Fuente: NSR-10 (2010).

Nota: Debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con el numeral A.2.10-NSR-10.

Se determinan los coeficientes de  $F_a$  (coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos debida a los efectos de sitios) y  $F_v$  (coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios). Los coeficientes sísmicos se presentan

a continuación.

**Tabla 33. Resumen de parámetros sísmicos**

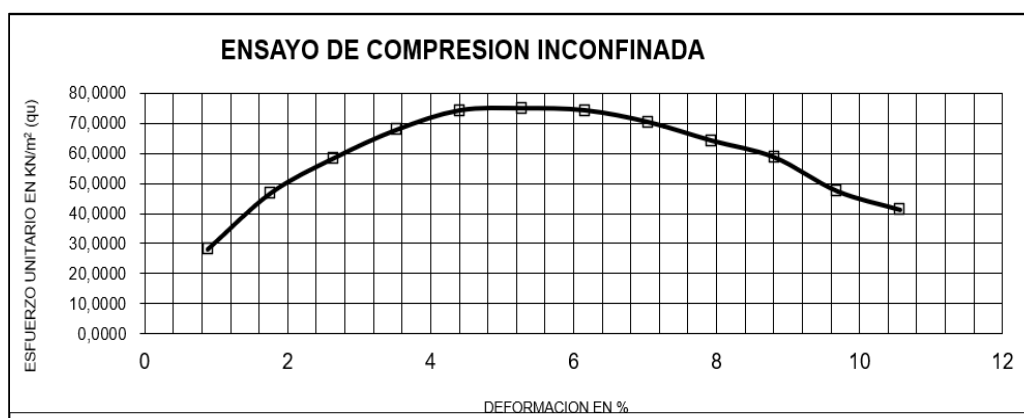
Perfil del Suelo	Aa	Av	Fa	Fv
D	0.35	0.25	1.15	1.90

**Tabla 34. Resumen de clasificación sísmica del suelo**

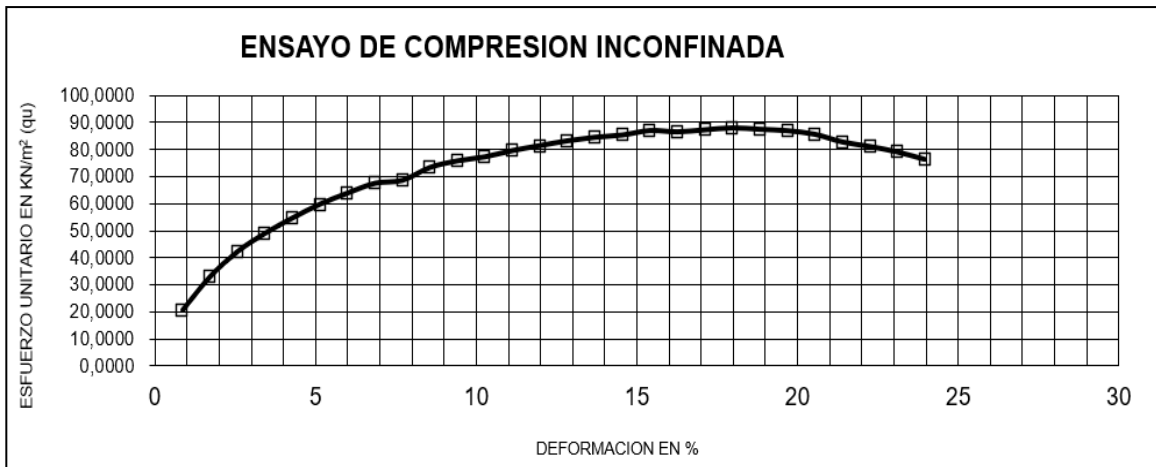
Resumen de clasificación sísmica del suelo	
Perfil de suelo	D
Zona de amenaza sísmica:	ALTA
Coefficiente de aceleración Horizontal pico efectiva:	Aa=0.35
Coefficiente de velocidad horizontal pico efectiva	Av=0.25
Coefficiente de amplificación del suelo para la zona de periodos cortos del espectro:	Fa= 1.15
Coefficiente de amplificación del suelo para la zona de periodos intermedios del espectro:	Fv=1.9

- Ensayos de laboratorio

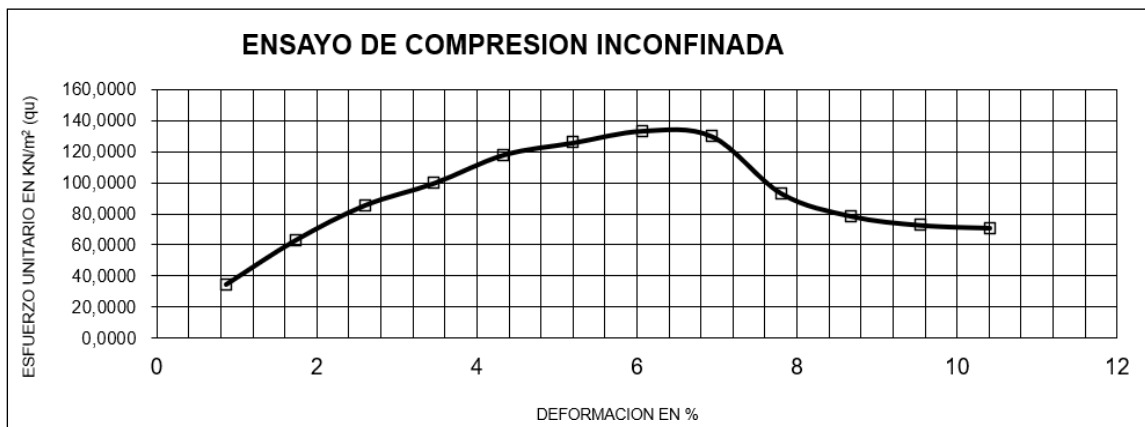
Se realizó el ensayo de resistencia al corte no drenado a las muestras de los sondeos más cercanos a la localización de las estructuras (caseta entrada / oficinas, taller) cuyos resultados se presentan a continuación.



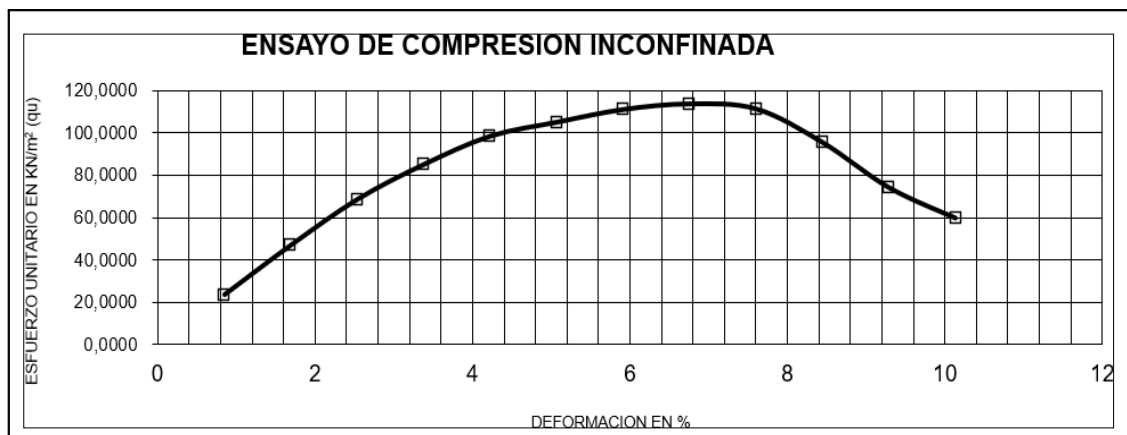
**Figura 26. Grafica del ensayo de resistencia al corte no drenada en el sondeo 1 SPT 4**



**Figura 27. Grafica del ensayo de resistencia al corte no drenada en el sondeo 1 SPT 5**

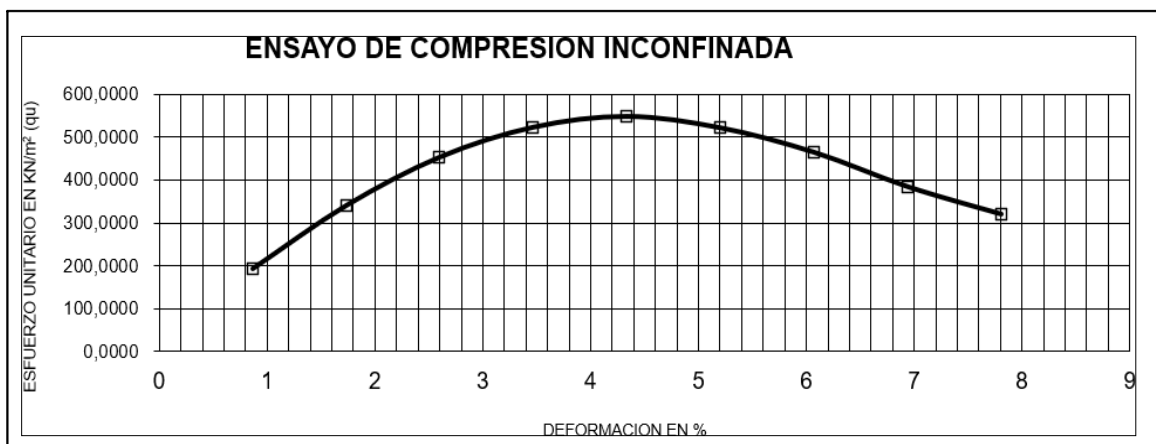


**Figura 28. Grafica del ensayo de resistencia al corte no drenada en el sondeo 2 SPT 2**



**Figura 29. Grafica del ensayo de resistencia al corte no drenada en el sondeo S2 SPT 4**





**Figura 30. Grafica del ensayo de resistencia al corte no drenada en el sondeo 3 SPT 5**

- Resumen de resultados

**Tabla 35. Resumen de resultados**

Sondeo	Profundidad m	Qu (kg/cm <sup>2</sup> )	Consistencia
S1 SPT 4	1.80-2.40	0.38	Blanda
S1 SPT 5	2.40-3.00	0.90	Media
S2 SPT 2	0.60-1.20	0.68	Media
S2 SPT 4	1.80-2.40	0.58	Media
S3 SPT 5	2.40-3.00	5.58	Dura

El valor obtenido en este ensayo nos permite determinar que la consistencia de los suelos superficiales corresponde a arcillas de consistencia BLANDA a MEDIA. En la siguiente tabla se presenta la correlación de los resultados.

**Tabla 36. Valores de correlación**

Consistencia	N	Qu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Intervalo de Densidad saturada (Ton/m <sup>3</sup> )
Muy blanda	0-2	0-0.25	1.60-1.90
Blanda	2-4	0.25-0.50	
Media	4-8	0.50-1.00	1.76-2.07
Consistente	8-15	1.00-2.00	1.90-2.24
Muy Consistente	15-30	2.00-4.00	
Dura	>30	>4.00	

- Condiciones Geotécnicas Especiales (H.9.1.3 De La Nsr-10) Identificación De Los Suelos Expansivos (Nsr-10 H.9.1.3)

Según las consideraciones de la NSR-10 en el capítulo H, en el área de estudio se presentan depósitos de suelos finos de expansividad BAJA, determinados mediante la siguiente figura.

Tabla H.9.1-1  
Clasificación de suelos expansivos

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm <sup>2</sup>	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 – 20	39 – 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 – 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Figura 31. Potencial de expansión del suelo

Fuente: NSR-10. (2010).

El resultado del límite Líquido, según la siguiente figura, las arcillas presentan un grado de expansión bajo.

Tabla 132 - 1. Predicción de la expansividad a partir del límite líquido

GRADO DE EXPANSIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	
	CHEN	NORMA IS 1498
Bajo	< 30	20 – 35
Medio	30 – 40	35 – 50
Alto	40 – 60	50 – 70
Muy alto	> 60	70 - 90

Figura 32. Expansividad a partir del límite líquido

Fuente: NSR-10 (2010).

Tabla 132 - 2. Predicción de la expansividad a partir del índice de plasticidad

GRADO DE EXPANSIÓN	ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
	HOLTZ Y GIBBS	CHEN	NORMA IS 1498
Bajo	< 20	0 - 15	< 12
Medio	12 - 34	10 - 35	12 - 23
Alto	23 - 45	20 - 55	23 - 32
Muy alto	> 32	> 35	> 32

**Figura 33. Expansividad a partir del índice de plasticidad**

Fuente: NSR-10 (2010).

Con los análisis del Potencial expansivo de las arcillas, se hace de vital importancia el controlar variaciones en los contenidos de humedad en los suelos, de lo contrario se presentarán problemas de empujes que causarán roturas en los elementos estructurales.

El potencial expansivo de un suelo (presión de hinchamiento y elevación) dependen, como mínimo, de las siguientes variables:

a) Naturaleza y tipo de arcilla:

La composición mineralógica de la arcilla (porcentajes de illita, caolinita y montmorillonita) que está compuesto la arcilla resultan fundamentales en cuanto al potencial expansivo del suelo. Los suelos expansivos por excelencia son aquellos que tienen altos porcentajes de montmorillonita.

b) Humedad inicial:

El contenido de humedad es el “catalizador” del fenómeno de la expansión, es precisamente, la variación en el contenido de humedad del suelo, la que provoca los cambios volumétricos. No

es necesario que el suelo se sature completamente para que produzca expansión del mismo. Por el contrario, en determinados casos, es suficiente variaciones en el contenido de humedad del suelo de sólo 1 o 2 puntos porcentuales, para causar hinchamientos y producir daños estructurales.

c) Peso específico seco del suelo:

Muy relacionada con la humedad inicial, el peso específico seco del suelo es otra variable fundamental en el proceso expansivo del suelo.

La densidad seca de una arcilla se ve reflejada en valores altos en los resultados en el ensayo de penetración estándar. Valores de "N" inferiores a 15 indican densidades secas bajas y riesgo expansivo bajo, aumentando significativamente estos a medida que aumenta el valor de "N".

- Condiciones especiales del subsuelo

El potencial de expansión se evalúa a partir de los datos obtenidos de límites de consistencia (índice de plasticidad y el límite líquido), Presión de Expansión en consolidado metro, los cuales, con la campaña de exploración geotécnica, se encontraron suelos con propiedades expansivas como suelos de cimentación, esta condición debe tenerse en cuenta para los diseños estructurales. En la siguiente figura, se comprueba la condición expansiva de los suelos.

$\gamma_{d\text{crit}}$	<b>1,184</b>	$\gamma_{d\text{crit}} = \frac{\gamma_w}{(1/G_s) + w_L}$ $\frac{\gamma_d}{\gamma_{d\text{crit}}} > 1 \text{ el suelo es estable o expansivo}$ $\frac{\gamma_d}{\gamma_{d\text{crit}}} \leq 1 \text{ el suelo es colapsable}$
$\gamma_w$	1,0	
$G_s$	2,6	
$W_L$	0,46	
$\gamma_d$	1,60	
$\gamma_d/\gamma_{d\text{crit}}$	1,351	ESTABLE O EXPANSIVO

**Figura 34. Verificación de condiciones especiales**

No se tendrán problemas por licuación, ya que este fenómeno hace referencia que el potencial de licuación es típico en arenas limpias sueltas.

**Capacidad portante del suelo.** Se puede determinar que la zona del proyecto cuenta con un estrato de suelo fino tipo arcillas limosas, que se extiende más allá de los .3.0m de profundidad, la cual se encuentra húmeda y de consistencia blanda a media por la exposición a las infiltraciones de las aguas debido a la topografía del sector donde se ubica el proyecto

- Tipo de cimentación

De acuerdo a la descripción del proyecto, y a las condiciones geotécnicas de los suelos del lote, se considera pertinente proyectar un sistema de cimentación tipo superficial mediante losa de cimentación, apoyadas sobre un mejoramiento previo con material granular.

La capacidad portante determinada en este caso, depende de la geometría de la cimentación y del nivel de desplante. Para los cálculos de las dimensiones propuestas deben verificarse y chequearse por el especialista estructural.

- Losas de cimentación

Este tipo de solución superficial continua se utiliza para reducir asientos totales y diferenciales en terrenos blandos o heterogéneos, o cuando la variabilidad de cargas es importante entre apoyos próximos.

La losa de cimentación armada sustituye a las cimentaciones aisladas o a los emparrillaos de cimentación cuando el área cubierta por las cimentaciones supone un porcentaje elevado de la

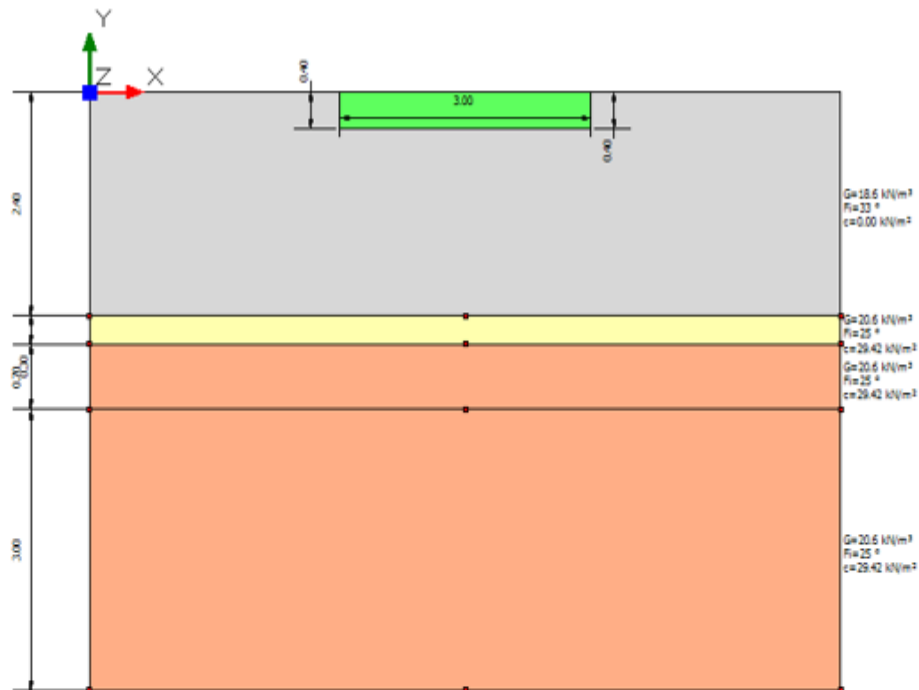
superficie de ocupación en planta de la estructura.

Las losas de cimentación pueden ser de diferentes tipos: continua y uniforme, aligerada, con refuerzo bajo pilares, nervada, con pedestales o tipo cajón.

La losa sirve de apoyo a todos los elementos estructurales y cubrirá el área disponible. Da lugar, por tanto, a la mínima presión unitaria, pero a la máxima extensión de la cimentación y por consiguiente un mayor bulbo de tensiones que tendrá que tenerse en cuenta en el cálculo de asientos.

Las losas de cimentación se emplean mayoritariamente para limitar los asientos diferenciales y totales o cuando exista una variabilidad importante de cargas entre apoyos cercanos. El sistema de cimentación por losa tiende a integrar estas heterogeneidades pero a cambio de una distribución irregular de las presiones sobre el terreno.

- Capacidad portante – área caseta de entrada



### DATOS GENERALES

Normativa	NSR-10
Anchura cimentación	3.0 m
Longitud cimentación	3.0 m
<u>Profundidad plano</u> de cimentación	0.4 m
Mejoramiento del Terreno (piedra o granula de tamaño >3")	2.40m
Carga <u>última</u> [Qult]	442.36 kN/m²
Resistencia de proyecto [Rd]	147.45 kN/m²
<u>Tensión</u> [Ed]	147.45 kN/m²
Factor de <u>seguridad</u> [Fs=Qult/Ed]	3
Condición de comprobación [Ed<=Rd]	Comprobado
TIPO DE CIMENTACION	losa de cimentación
PERFIL DE SUELOS =	tipo D

**Figura 35. Calculo de la capacidad de carga y asentos de cimentaciones superficiales**

- Especificaciones para los materiales

Los materiales y la construcción deben cumplir con los requisitos establecidos en las normas y especificaciones vigentes sobre construcción de pavimentos o en sudefecto, con los siguientes

requisitos:

- Terraplen

Los materiales deben ser pétreos o granulares y de características uniformes, libres de terrones de arcilla, materia orgánica u otros elementos objetables. Cumplir con la especificación INV 220-12. Esta capa se colocará en capas entre los 15cm a 20cm de espesor medidos después de la compactación.

La densidad debe ser mínimo el 95% y del 100% de la densidad máxima; determinada en el ensayo proctor modificado.

Tolerancias: la superficie de la base, evaluada con una regla de 3mts sobre una línea que no esté afectada por cambios en pendientes de la vía, no se separara de la regla más de 10mm (1cm). Además cualquier punto de la superficie estará entre

+0 y -10mm (1cm) de la cota de diseño, y el espesor no será menor que el proyectado menos de 5mm (0.5cm).

- Afirmado

Los materiales deben ser pétreos o granulares y de características uniformes, libres de terrones de arcilla, materia orgánica u otros elementos objetables. Cumplir con la especificación INV 310-12 . Esta capa se colocará en capas entre los 15cm a 20cm de espesor medidos después de la compactación.

La densidad debe ser mínimo el 95% y del 100% de la densidad máxima; determinada en el ensayo proctor modificado.



Tolerancias: la superficie de la base, evaluada con una regla de 3mts sobre una línea que no esté afectada por cambios en pendientes de la vía, no se separara de la regla más de 10mm (1cm).

Además cualquier punto de la superficie estará entre

+0 y -10mm (1cm) de la cota de diseño, y el espesor no será menor que el proyecto menos de 5mm (0.5cm).

## **4. Conclusiones y Recomendaciones**

### **4.1 Tipo de Cimentación**

El tipo de cimentación corresponde a Losa de Cimentación, las cuales se apoyarán sobre un terreno mejorado con material granular que tenga un CBR del 20% mínimo.

### **4.2 Drenaje**

Se recomienda considerar un sistema de filtros que permita captar y evacuar probables infiltraciones en el suelo de cimentación.

### **4.3 Excavaciones**

Las excavaciones podrán efectuarse de manera manual o mecánica, los estratos a excavar presentan un comportamiento estable hasta una profundidad de 0,60m, teniendo en cuenta, que las actividades constructivas pueden incrementar sus esfuerzos cortantes provocando derrumbes en las paredes de las excavaciones y la presencia de lluvias durante el proceso de excavación puede activar movimientos en la masa de suelo, se recomienda realizar entibados a medida que se avanza con las excavaciones como medida de seguridad, o proyectar los taludes con inclinaciones 0.5H:1.0V.

Se deben proteger todas las superficies excavadas previendo lluvias ocasionales que puedan alterar las condiciones de los suelos o en su defecto protegerse con plásticos.

Los materiales de excavación se recomiendan disponerse en áreas donde no se incrementen los esfuerzos verticales por sobrecarga.

Durante el proceso de excavación evitar el humedecimiento y saturación de los suelos, para mejorar el proceso de excavación; esta situación puede provocar el debilitamiento del suelo, con la respectiva pérdida de resistencia.

Es conveniente tener en cuenta que los suelos que se presentan en el sitio de la construcción, son susceptibles a disminuir su resistencia al saturarse por efecto de las aguas; por tal motivo se recomienda una vez se llegue al nivel de cimentación colocar la primera capa de relleno o proteger el terreno con plásticos para evitar alteraciones.

#### **4.4 Relleno**

Para la conformación de los rellenos estructurales se recomienda utilizar material de relleno que cumpla las siguientes especificaciones INV 220-13 y INV 310-13.

El material deberá conformarse en capas de espesores entre 15cm a 20cm y compactar con equipo que garantice la disminución de vacíos, hasta obtener densidades superiores a 95% de la densidad máxima seca de laboratorio del Proctor, la cual debe verificarse mediante ensayos de densidad en el terreno.

#### **4.5 Drenaje**

Se deberá tener especial cuidado con el manejo, colocación y unión de las tuberías de PVC. Deberá evitarse todo tipo de situación que provoque filtraciones de agua que pueden migrar hacia el suelo de cimentación, provocando su humedecimiento, con efectos negativos para la cimentación y la estructura.

Se recomienda utilizar tuberías de PVC que absorben algo de las deformaciones inducidas por el terreno.

Las tuberías deberán colocarse convenientemente, evitando su aplastamiento o esfuerzo superiores a los que puede soportar esta.

A toda costa deberán desecharse tuberías en mal estado, con fisuras o grietas. También deberán usarse todos los implementos necesarios codos, T, etc. que permitan un manejo eficiente de las conducciones, teniendo especial cuidado de colocar la cantidad de soldadura adecuada y sin excesos. Por ningún motivo deberá permitirse el calentamiento de las tuberías para empalmes o uniones.

Como procedimiento en la construcción deberá chequearse las pendientes y realizar pruebas de estanqueidad en las tuberías, verificando que no se presente ningún tipo de fugas.

Del buen drenaje de la construcción depende el buen comportamiento de las estructuras y la estabilidad de las mismas.

Se recomienda recolectar las aguas procedentes de las tuberías de los desagües de los Aires Acondicionados, ya que generalmente este detalle no se tiene en cuenta y son vertidas directamente en zonas verdes o a los suelos, causando deterioro de las características geotécnicas de los suelos.

## Referencias Bibliográficas

- Amaya, M. & Galvis, J. (2019). *Estudios y diseños para la construcción del centro educativo ubicado en el barrio Santander, municipio de Cúcuta, Norte de Santander*. Tesis de grado. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.
- Baldión, L., Borda, D., Gaona, J. & Moreno, A. (2021). *Estudio de factibilidad y planificación para la construcción de la urbanización ubicada en la vía entre Santa Rosa y Villanueva (Bolívar)*. Tesis de grado. Universidad Piloto de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Cárdenas, L. & Moya, A. (2022). *Análisis granulométrico de agregados fino y grueso*. Tesis de grado. Universidad Cooperativa de Colombia. Villavicencio, Colombia.
- Castillo, X., Etchevers, J., Hidalgo, M. & Aguirre, A. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores. Bogotá: Terra Latinoamericana.
- Google Earth. (2022). *Ubicación de El Zulia*. Recuperado de:  
<https://earth.google.com/web/search/el+zulia+/@7.9372895,-72.60482545,228.7800533a,5671.83279541d,35y,0h,45t,0r/data=CnQaShJECiUweDhlNjY1MWZkMTZlODEzMDc6MHhiZTBiMDc3MmQ5MDc5NGVlGSiaB7DIvx9AIVBxHHi1JLAKgllbCB6dWxpYSAYAiABliYKJAnIpiDFe6MfQBGMiUyuJZYfQBkmgYtjYx5SwCEAx2fMIyBSwCgC>
- Google Maps. (2022). *Ubicación sondeos manuales*. Recuperado de:  
[https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallIG/home\\_76/recursos/octubre/documentos\\_descarga/sgc/anexo\\_sgc/22102013/estudio\\_geologico\\_geomorfo.pdf](https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallIG/home_76/recursos/octubre/documentos_descarga/sgc/anexo_sgc/22102013/estudio_geologico_geomorfo.pdf)

Google Maps. (2023). *Ubicación Municipio El Zulia*. Recuperado de:

<https://www.google.co.ve/maps/@8.3110275,-62.6819893,15z?hl=es-419>

Instituto Nacional de Vías. (1998). *Clasificación de suelos expansivos con base en LL e IP*

(*Snethen y otros*). Bogotá: INVIAS.

Instituto Nacional de Vías. (2013). *Manual de diseño geométrico*. Recuperado de:

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/985-manual-de-diseno-geometrico>

Martínez, R. (2021). *Estudio de las características geométricas y diseño del pavimento por el método invias del corredor vial que comunica la vereda la angelita con la institución educativa Vega Martínez en el municipio del Zulia, Norte de Santander*. Tesis de grado.

Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (1997). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10*. Bogotá: MINVIVIENDA.

Montero, E. (2022). *Vulnerabilidad sísmica en edificaciones autoconstruidas sobre suelos arenosos en el Sector VII del distrito de Villa el Salvador, 2022*. Tesis de grado. Universidad Cesar Vallejo. Lima, Perú.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. (2010). NSR-10. Bogotá: NSR-10.

Rodríguez, L., Hernández, D. & Castro, C. (2020). *Pasivos ambientales de la exportación de carbón en Colombia*. Bogotá: PALMA Express.

Servicio Geológico Nacional e Inventario Minero Nacional. (1997). *Geología del Cuadrángulo*

*G-13 Cúcuta*. Recuperado de:

<https://recordcenter.sgc.gov.co/B4/13010010001677/mapa/pdf/0101016771300001.pdf>

Yáñez, C., Rubio, D., Jofré, J. & Carreras, A. (2013). El consumo aparente de carbón mineral en

América Latina, 1841-2000. Una historia de progreso y frustración. *Revista de Historia*

*Industrial*, 53(3), 25-77.