ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIÓN DE UN PARQUE Y VÍAS DEL CONTORNO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAVERALES - SAN JUAN DEL CESAR, LA GUAJIRA

Consultor:

EBERTO RAFAEL ORTEGA SINNING
Ing. Civil – U. de Cartagena, Bolívar
Esp. En Vías y Transporte – U. del Norte-Barranquilla
Magíster en Geotecnia – Universidad Industrial de Santander UIS



VALLEDUPAR - CESAR
MAYO
2025

Created by Universal Document Converter

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 4
1. CONSIDERACIONES GENERALES 5
1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO 5
1.2. CONSULTOR TÉCNICO ESPECIALIZADO 6
1.3. ALCANCE DEL ESTUDIO Y LABORES REALIZADAS 8
1.4. MARCO NORMATIVO 9
2. LOCALIZACIÓN DE LA REGIÓN 10
2.1. LOCALIZACIÓN LOCAL DEL PROYECTO 11
3. CONSIDERACIONES CLIMATOLÓGICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO 12
4. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLOGICO 13
4.1. GEOLOGIA LOCAL 13
4.2. GEOMORFOLOGÍA 14
5. SISMICIDAD DEL SECTOR 16
6. RECONOCIMIENTO DEL SUBSUELO 17
6.1. EXPLORACIÓN DE CAMPO 17
6.2. LOCALIZACIÓN DE LAS EXPLORACIONES 18
7. ANÁLISIS DE INGENIERÍA Y GEOTECNIA 19
7.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO 19
7.2. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS 21
7.3. SUSCEPTIBILIDAD A LA LICUACIÓN 21
7.4. IDENTIFICACION DE SUELOS EXPANSIVOS 22
7.5. ANALISIS DE LAS CAPACIDADES PORTANTES DEL TERRENO 22
7.6. CALCULO DE ASENTAMIENTOS 28
7.7. PERFIL DE SUELO 29
7.8. COEFICIENTE DE EMPUJE 31
7.9. COEFICIENTE DE IMPORTANCIA 32
7.10. COEFICIENTE DE BALASTO Y/O MODELO DE WINKLER (KS) 32
7.11. ENSAYOS DE CBR 33
8. CONCLUSIONES 36
9. BIBLIOGRAFÍA 38

VYO-ING-GEOT-007-05-2025

Created by Universal Document Converter

ANEXOS **39**

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1 Localización General del Proyecto 10
Figura. 2 Localización Local del Proyecto 11
Figura. 3 Valores totales mensuales de precipitación 12
Figura. 4 Mapa geológico de Colombia 13
Figura. 5 Geomorfología local 15
Figura. 6 Localización de los puntos de exploración 18
Figura. 7 Capacidades de carga portante 24

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Zonificación de amenaza sísmica de la Guajira 16
Tabla 2. Resumen de Actividades 17
Tabla 3. Geo-referenciación de los puntos de exploración 18
Tabla 4. Tipo de suelo 19
Tabla 5. Análisis granulométrico del laboratorio 19
Tabla 6. Especificaciones artículo 610-22 para recebo 20
Tabla 7. Características de los suelos 21
Tabla 8. Susceptibilidad de licuación 22
Tabla 9. Criterio de identificación de suelos expansivos 22
Tabla 10. Resumen capacidad Portante 27
Tabla 11. Parámetros Geomecanicos 29
Tabla 12. Clasificación de los perfiles del suelo 30
Tabla 13. Valores del Fa, para la zona de periodos cortos del espectro 30
Tabla 14. Valore del coeficiente Fv, para las zonas de periodos intermedios del espectro 31
Tabla 15. Coeficientes de empuje activo (Ka) y pasivo (Kp) 31
Tabla 16. Valores del coeficiente de importancia 32
Tabla 17. Porcentajes de CBR secos y sumergidos 33

VYO-ING-GEOT-007-05-2025

Created by Universal Document Converter

INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios la geotecnia, ha sido importante dentro de las diferentes actividades de los programas y disciplinas que lo requieren. Durante muchos años ha brindado apoyo a las diferentes investigaciones que se han desarrollado a lo largo y ancho del país, así como también ha prestado sus servicios de análisis de suelos a personas particulares y a pequeños, medianos y grandes constructores y consultores. Con el fin de dar a conocer de una mejor las características físico mecánicas del suelo donde se desarrollará o ejecutará un proyecto que generara desarrollo para una comunidad y dentro de las actividades existen parámetros que se realizan de acuerdo a una normatividad que por lo general en el caso de las cimentaciones está regulada por el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistente NSR-10, por ende es indispensable que se conozca de forma concreta los procedimientos y metodologías que conlleva cada uno de los análisis que se realizan de forma rutinaria, así como análisis especiales que se implementan de acuerdo a los servicios solicitados. Actualmente los laboratorios prestan servicios de en lo que concierne a los ensayos que regula el INVIAS y se realizan con los instrumentos adecuados para tal fin.

Para la realización del presente informe se procedió a desarrollar una investigación con datos primarios por medio de un programa sistemático de Exploración del subsuelo, seguido de los Análisis de ingeniería, luego de lo anterior se procedió a realizar o establecer unas conclusiones de la clasificación a nivel expansivo de la subrasante que sirve de apoyo para las vías construidas.

El propósito principal de este informe es dar a conocer las condiciones para el **ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIÓN DE UN PARQUE Y VÍAS DEL CONTORNO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAVERALES - SAN JUAN DEL CESAR, LA GUAJIRA.**

VYO-ING-GEOT-007-05-2025

Created by Universal Document Converter

1. CONSIDERACIONES GENERALES

El presente informe contiene la recopilación de documentación técnica necesaria para el **ESTUDIO GEOTECNICO PARA CONSTRUCCIÓN DE UN PARQUE Y VÍAS DEL CONTORNO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAVERALES - SAN JUAN DEL CESAR, LA GUAJIRA.** Brindando estricto cumplimiento a lo enmarcado en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo - Resistente NSR -10.

1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El propósito de este informe es presentar los resultados de las exploraciones de campo, ensayos de laboratorio, estudio y análisis de las características geotécnicas **PARA CONSTRUCCIÓN DE UN PARQUE Y VÍAS DEL CONTORNO EN EL CORREGIMIENTO DE CAÑAVERALES - SAN JUAN DEL CESAR, LA GUAJIRA.** Establecer las condiciones viables de la zona para la construcción del proyecto referenciado.

- Detectar las alteraciones que puedan existir en cuanto a la cimentación relacionada a la geología, los materiales que componen el suelo, la topografía y a la hidrogeología de la zona escogida para la realización del proyecto.
- Elaborar el Análisis Granulométrico (Límites Líquido – Plástico e índice de Plasticidad) de las muestras obtenidas en campo.
- Determinar las amenazas y movimientos sísmicos, así como los efectos locales para el diseño resistente de la estructura.
- Realizar CBR, apiques y sondeos para la determinación de los perfiles del suelo y su respectivo diseño de cimentaciones.
- Efectuar las recomendaciones indicadas en cuanto a la profundidad y el sistema de cimentación más adecuado de acuerdo a las características de la estructura, de la geología y de los suelos de la zona escogida para la construcción del proyecto.
- Calcular la capacidad expansiva de los suelos en el terreno.
- Recomendar las obras geotécnicas necesarias para mitigar los efectos de los problemas geotécnicos identificados.

Created by Universal Document Converter

1.2. CONSULTOR TÉCNICO ESPECIALIZADO

El presente estudio estuvo dirigido por el Ingeniero Civil **EBERTO RAFAEL ORTEGA SINNING**, Especialista en Vías y Transporte – Universidad del Norte y Msc. Geotecnia – Universidad Industrial del Santander UIS, con matrícula profesional N°1320274915BLV.



VYO-ING-GE

Created by Universal Document Converter

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2024-3139146

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que EBERTO RAFAEL ORTEGA SINNING, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 73570037, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 13202-74915 desde el 23 de Noviembre de 1998, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1423.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los doce (12) días del mes de Noviembre del año dos mil veinticuatro (2024).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

Created by Universal Document Converter

1.3. ALCANCE DEL ESTUDIO Y LABORES REALIZADAS

Cabe indicar que para definir el alcance del Estudio Geotécnico se debe incluir la totalidad de las labores encaminadas a establecer la viabilidad técnica del lote para la construcción del proyecto referenciado, parámetros de diseño y recomendaciones geotécnicas para el manejo integral de excavaciones, de acuerdo a los requerimientos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente NSR-10.

En la fase de ejecución del estudio en mención se realizaron fundamentalmente las siguientes actividades:

- Búsqueda y Recopilación de información disponible referentes a estudios geotécnicos anteriores en zonas cercanas.

- Recorridos de inspección técnica al sitio de la obra, en donde se identificaron todos los aspectos que inciden directa e indirectamente en el proyecto, se puntualizaron los predios de construcciones vecinas.

- Análisis de las características geológicas y geomorfológicas de la zona objeto de estudio.

- CBR, Apiques y sondeos con obtención de muestras a diferentes estratos acordes al Reglamento Colombiano de Construcción Sismoresistente NSR-10.

- Práctica de ensayos de laboratorio de suelos para realizar la definición de las propiedades de los materiales explorados.

- Elaboración y Presentación de recomendaciones para el diseño y la construcción del proyecto referenciado.

- Realización de un informe y/o documento técnico que incluya las memorias de cálculo, análisis de ingeniería y conclusiones del estudio.

- Se hace menester señalar que la exploración geotécnica se considera una herramienta fehaciente para el diseño de construcción del proyecto; empero, se puede presentar el caso que al construir el proyecto pueden encontrarse nuevas condiciones, las cuales no fueron encontradas durante la realización de las actividades de campo.

VYO-ING-GEOT-007-05-2025
Created by Universal Document Converter

1.4. MARCO NORMATIVO

El informe se ha desarrollado siguiendo las normas:

- I.N.V E- 101-22, 102-22, 123-22 y 126-22; particularmente en lo concerniente a la investigación, Descripción, Identificación, Análisis Granulométrico, Límite Plástico, e Índice de Plasticidad.

- Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

- Reglamento de Construcción Sismoresistente NSR-10

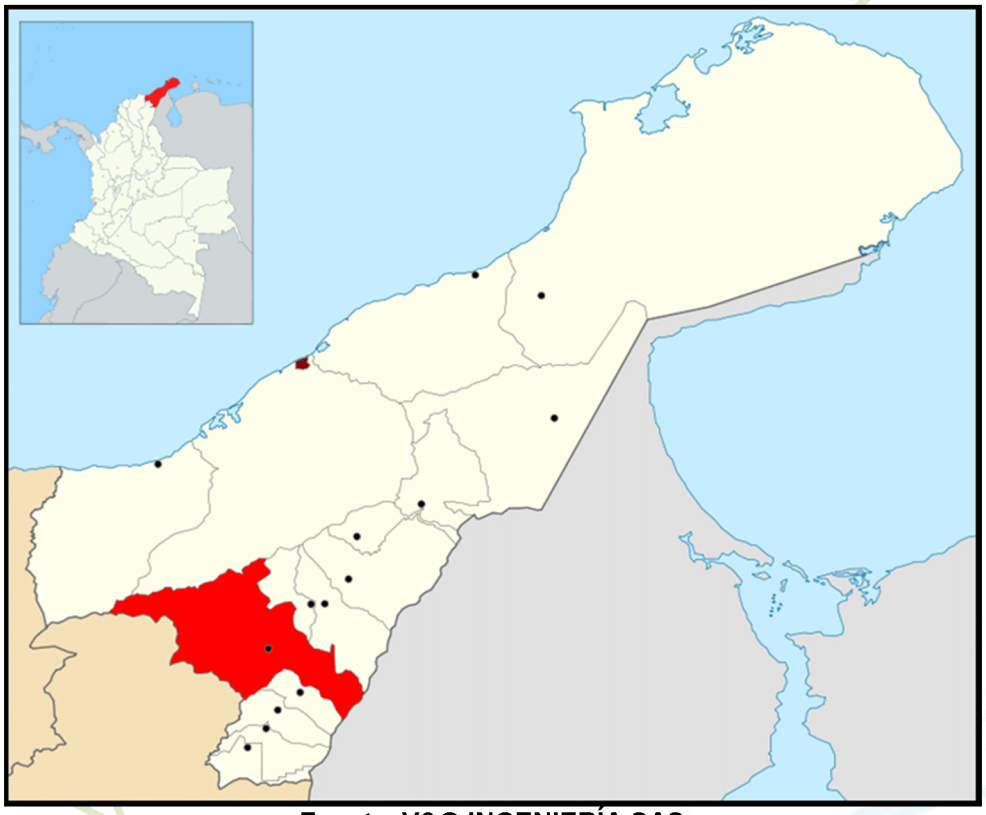
VYO-ING-GEOT-007-05-2025

Created by Universal Document Converter

2. LOCALIZACIÓN DE LA REGIÓN

El proyecto se desea realizar al norte de Colombia, en el municipio de san juan del cesar localizado al este de la sierra nevada de Santa Marta, en el departamento de la guajira, La cabecera municipal está localizada entre los 10º 69' y 11º 02' latitud norte y entre los 72º 31' y 73º 34' de longitud oeste, a unos 213 msnm.

Figura. 1 Localización General del Proyecto



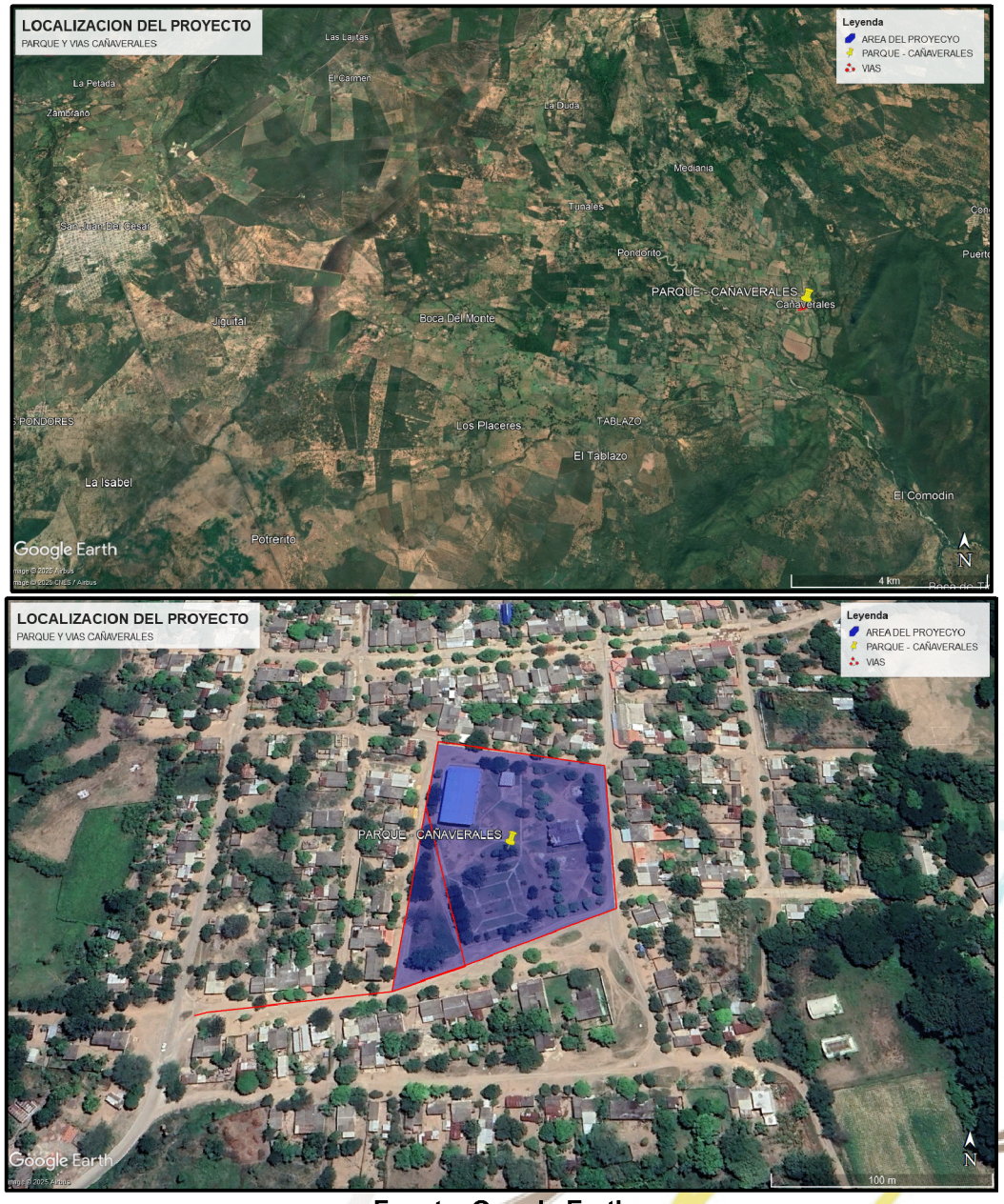
Fuente. V&O INGENIERÍA SAS

Created by Universal Document Converter

2.1. LOCALIZACIÓN LOCAL DEL PROYECTO

El proyecto se realizará en el casco urbano del corregimiento de Cañaverales jurisdicción del Municipio de San Juan del Cesar – La Guajira, específicamente en el parque principal para la construcción del mismo y la pavimentación de las vías adyacentes.

Figura. 2 Localización Local del Proyecto



Fuente. Google Earth

Created by Universal Document Converter

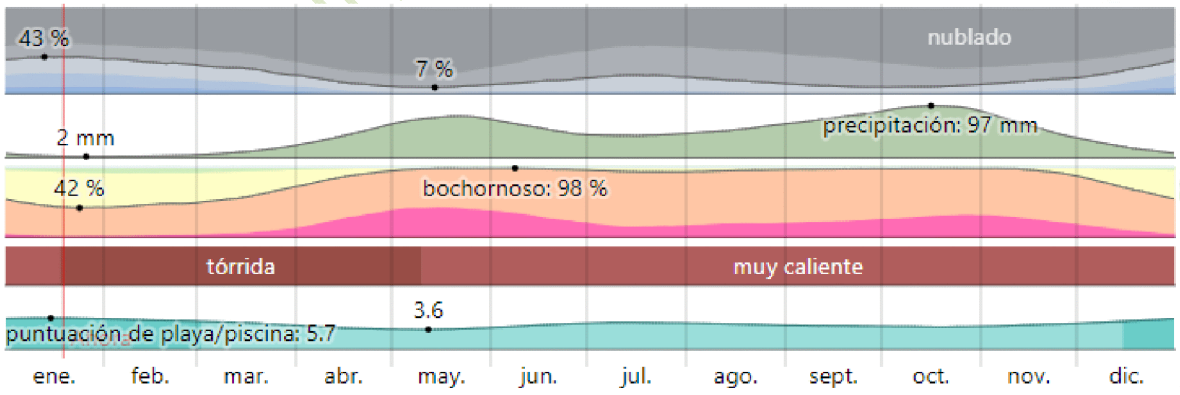
3. CONSIDERACIONES CLIMATOLÓGICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO

San Juan del Cesar, por su ubicación en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá, presenta una precipitación de tipo bimodal, con un período húmedo, comprendido entre los meses de abril a junio, en el primer semestre, y entre agosto y noviembre. El mes más lluvioso es mayo con valores medios de 145,2 mm, mientras que el mes más seco es enero con promedio de 8,3 mm.

La temperatura media anual de San Juan del Cesar es de 27,8ºC, bastante uniforme en la zona y con mínimas variaciones durante el transcurso del año. Las temperaturas máximas tienen una variación anual de 3,5ºC, siendo la máxima mensual de 31,2ºC en el mes de abril, y la mínima (de las máximas) de 29,5ºC, en el mes de noviembre.

La relación humedad relativa y temperatura tienen una relación inversa: cuando la temperatura aumenta, la capacidad del aire para retener vapor de agua aumenta y la humedad relativa disminuye; mientras que cuando la temperatura disminuye, la capacidad de retención decrece y la humedad relativa aumenta. Así mismo esta aumenta al aumentar la latitud, es decir que aumenta de norte a sur, teniendo los valores más bajos en la parte alta, en la península de la Guajira y el norte del Cesar, con promedios entre 67% y 76% y en la sierra nevada de Santa Marta y Serranía del Perijá se alcanzan valores hasta el 90 %

Figura. 3 Valores totales mensuales de precipitación



Fuente: Weather Spark

Created by Universal Document Converter

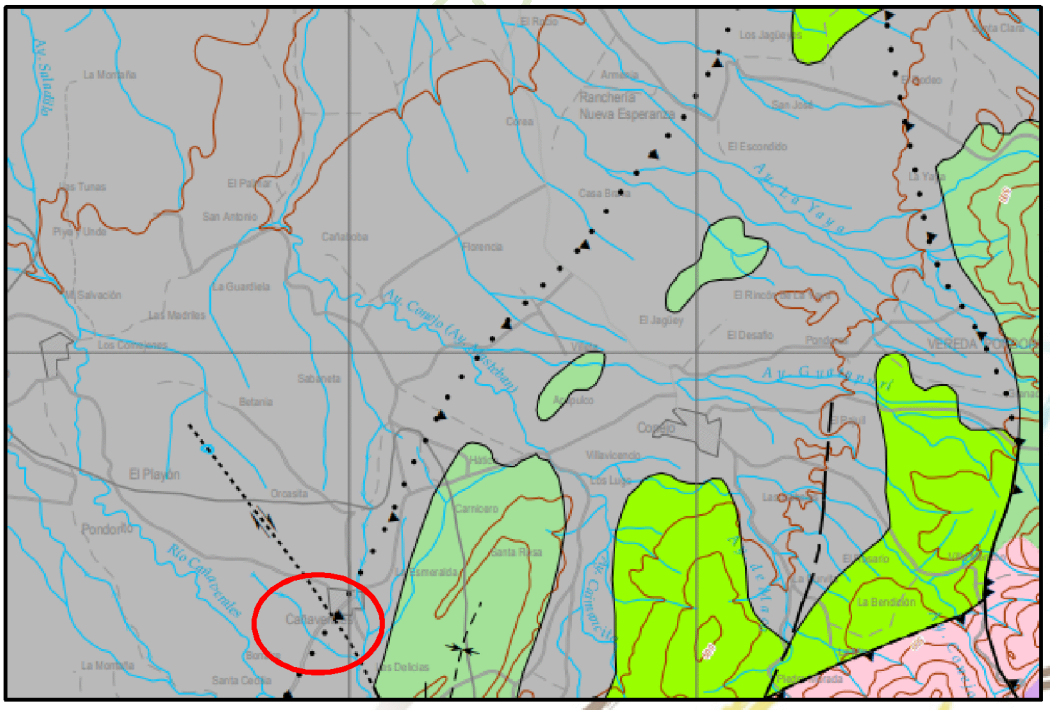
4. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLOGICO

4.1. GEOLOGIA LOCAL

Depósitos que se ubican en la cartografía geológica de la SNSM principalmente en la esquina noreste, en el sector de los ríos Carrizal, Camarones y Tapias y en una franja paralela al flanco oriental de la SNSM, que conforma el amplio valle del río Cesar y sus tributarios; están constituidos por capas delgadas de arenas líticas amarillas, grano grueso a medio, con estratificación cruzada en artesa y capas gruesas canaliformes de conglomerados clastosoportados, polimígticos, angulares a subredondeados, muy mal seleccionados, en capas de 1 a 20 cm de espesor (estación CAS 080).

Igualmente en el sector de la desembocadura del Río Palomino (estación JRQ 010) se observan terrazas basculadas discordantes sobre niveles de neis, compuestas por arenitas conglomeráticas, con cuarzo (90%), feldespatos y líticos, pobremente seleccionadas, color blanco amarillento, al tope de la secuencia se observa conglomerado polimíctico, matrizsoportado y mal seleccionado.

Figura. 4 Mapa geológico de Colombia



Fuente. Ingeominas- (SGC)

Created by Universal Document Converter

Varios de los abanicos entre los ríos Guatapurí (Departamento del Magdalena) y Badillo fueron formados por avalanchas sucesivas y disecados por las corrientes actuales que forman localmente terrazas con varios niveles; uno de ellos, pero altamente modificado, se encuentra 7 km al occidente de San Juan del Cesar (Tschanz et al., 1969b).

Las capas basales están constituidas por shales arenosos glauconíticos, los cuales gradan hacia arriba a limolitas micáceas de color gris claro con capas más oscuras de arcillolitas. Sobre éstas se presentan intercalaciones delgadas de capas grises y blancas de calizas fosilíferas y shales calcáreos oscuros. Las calizas superiores son arenosas y corresponden a facies de aguas marinas someras (Tschanz et al., 1969b).

- **FALLA CERREJON**

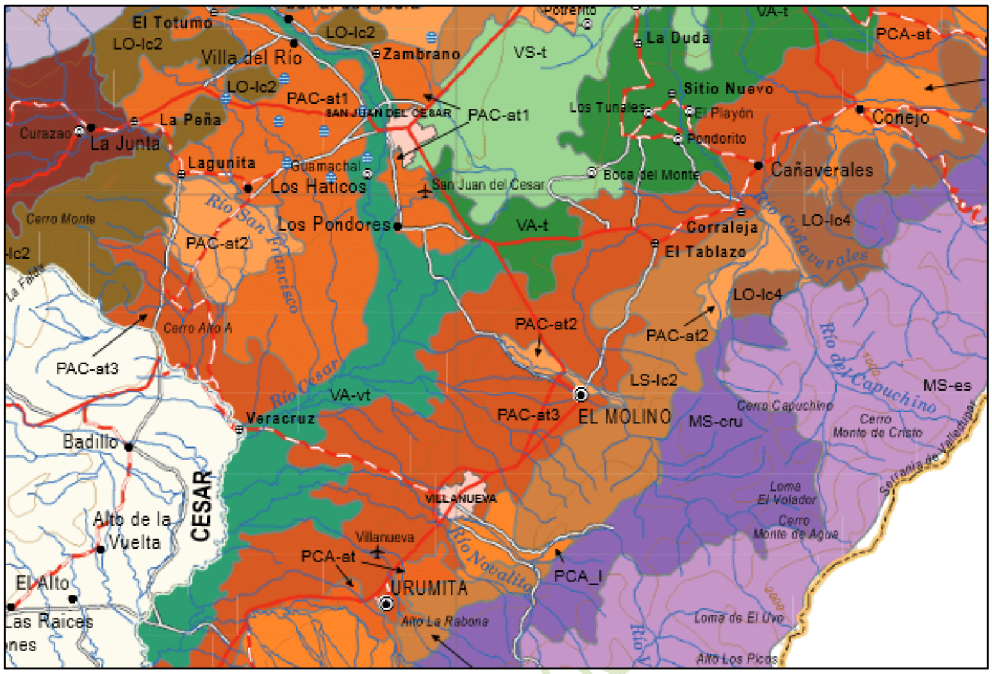
Cambia trayectoria para seguir hacia el norte hasta cercanías de Barrancas. Desde allí el trazo de la falla toma dirección NE a lo largo de un recorrido extremadamente sinuoso, lo cual indica un bajo ángulo de inclinación, hasta conectarse en ángulo oblicuo con la Falla de Oca en cercanías al Arroyo Pupurema. La similitud en posición, geometría y tipo de desplazamiento de las fallas Riecito y Cerrejón, sugieren que es una sola estructura de cabalgamiento con vergencia NW, como parece indicarlo también el hecho de transportar en el bloque colgante común sedimentitas de la Formación La Quinta (Jq) y Río Negro (Krn), sobre unidades cretácicas más jóvenes y paleógenas, formando en dicho bloque colgante un gran anticlinorio ocasionalmente nucleado por unidades paleozoicas, incluyendo metamorfitas de bajo grado. La falla pierde salto hacia el sector NE, donde solamente transporta unidades del Cretácico superior y el Paleógeno sobre la unidad “Rocas Sedimentarias del Paleoceno.

4.2. GEOMORFOLOGÍA

El departamento de La Guajira, desde un punto de vista morfológico está formado por dos zonas: la montañosa, constituida por la Sierra Nevada de Santa Marta al norte y la Serranía del Perijá al oriente, y la parte plana o también conocida como tierras bajas aluviales, conformada por los valles de los ríos magdalena y Cesar; el ultimo de dirección SW-NE separa las zonas montañosas mencionadas.

Created by Universal Document Converter

Figura. 5 Geomorfología local



Piedemonte Aluvio Coluvial	Abanicos	Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos y gravigénicos mezclados	PAC-a1
		Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos gruesos y finos	PAC-a2
		Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos mixtos	PAC-at1
	Abanico-terraza	Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos mezclados	PAC-at2
		Depósitos superficiales clásticos mixtos	PAC-at3
	Abanico de explayamiento	Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos y gravigénicos	PAC-aex
Piedemonte Coluvial Aluvio	Lomas	Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos mixtos	PCA_l
	Abanico-terraza	Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos mezclados	PCA-at

Fuente. Atlas Colombiano

A continuación, se describen las principales características de las diferentes posiciones fisiográficas reconocidas en el área de del proyecto:

- ***Plano aluvial central de desborde de los ríos Cesar, Ranchería y otros***

Esta unidad está formada por las tierras bajas aluviales que se inundan durante las épocas de invierno, y se extienden a lo largo de los ríos Cesar, Ranchería y algunos afluentes. La unidad tiene una amplitud variable hacia la parte montañosa se va estrechando, mientras que hacia el sur del río Cesar, comienza a ampliarse y puede llegar a tener hasta 2 km en su parte más amplia. Presenta capas de texturas franco arcillo limosas en los primeros 40 a 60 cm. de profundidad que descansan sobre materiales arenosos posiblemente de origen granítico. Finalmente aparece el tramo distal o base, una franja angosta y suavemente inclinada, que gradualmente se confunde con la llanura contigua sobre la cual se explaya la unidad.

Created by Universal Document Converter

5. SISMICIDAD DEL SECTOR

De acuerdo al mapa de sismicidad de la Red Sismológica Nacional de Colombia el municipio de San Juan del Cesar donde se desarrollará el proyecto, ha presentado epicentros con magnitudes (MI) bajas que van desde 0 - 3, intermedias de 3 – 4 y con un pico de 5 – 6, con profundidades que van desde (0-30), (30-70) y (120-170) kilómetros respectivamente.

Para lo cual Aa (coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva) =0.15, Av (coeficiente de aceleración de la velocidad horizontal pico de diseño)=0.10, Ae (Coeficiente de aceleración pico efectiva reducida para el diseño con seguridad limitada Ae=0.05 y Ad=0.03.

Tabla 1. Zonificación de amenaza sísmica de la Guajira

Departamento de la Guajira						
Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
Riohacha	44001	0.10	0.15	Intermedia	0.07	0.04
Albania	44035	0.10	0.10	Baja	0.08	0.04
Barrancas	44078	0.15	0.10	Intermedia	0.08	0.04
Dibulla	44090	0.15	0.10	Intermedia	0.08	0.04
Distracción	44098	0.15	0.10	Intermedia	0.08	0.04
El Molino	44110	0.10	0.10	Baja	0.06	0.04
Fonseca	44279	0.15	0.10	Intermedia	0.07	0.04
Hatonuevo	44378	0.15	0.10	Intermedia	0.08	0.04
La Jagua del Pilar	44420	0.10	0.10	Baja	0.05	0.03
Maicao	44430	0.10	0.15	Intermedia	0.07	0.04
Manaure	44560	0.10	0.15	Intermedia	0.07	0.04
San Juan del Cesar	44650	0.15	0.10	Intermedia	0.05	0.03
Uribia	44847	0.15	0.15	Intermedia	0.08	0.04
Urumita	44855	0.10	0.10	Baja	0.06	0.03
Villanueva	44874	0.10	0.10	Baja	0.05	0.03

Created by Universal Document Converter

6. RECONOCIMIENTO DEL SUBSUELO

6.1. EXPLORACIÓN DE CAMPO

Se realizaron **tres (3) apiques y CBR de campo** a una profundidad máxima de 2.00 metros y **dos (2) sondeo** por medio de penetración estándar – SPT a una profundidad a 2.00 metros debido a que el suelo presento **rechazo**, tal que permitiera la determinación del tipo de suelo, este método se utiliza tanto en suelos granulares como en suelos cohesivos, pudiendo atravesar suelos de consistencia firme a muy firme. Con fines de verificación de las capacidades del suelo se realizaron.

En cada una de las perforaciones, se realizó:

Posición del Nivel Freático: En los puntos explorados NO se encontró nivel freático a la profundidad máxima explorada de 2.00 metros.

Muestreo: Se tomaron muestras en los apiques realizados. El número de muestras fue suficiente para permitir la realización de un adecuado programa de laboratorio y su respectiva caracterización geotécnica.

En la **Tabla N°2** se presenta un resumen de las actividades realizadas en el laboratorio las cuales fundamentales en el proceso de elaboración del presente informe.

Tabla 2. Resumen de Actividades

ENSAYOS DE CAMPO	
Apiques	3
CBR de campo	3
Sondeos	2
ENSAYOS DE LABORATORIO	
Granulometrías	10
Limite liquido	10
Limite plástico	10

Fuente. V&O INGENIERIA S.A.S

Created by Universal Document Converter

6.2. LOCALIZACIÓN DE LAS EXPLORACIONES

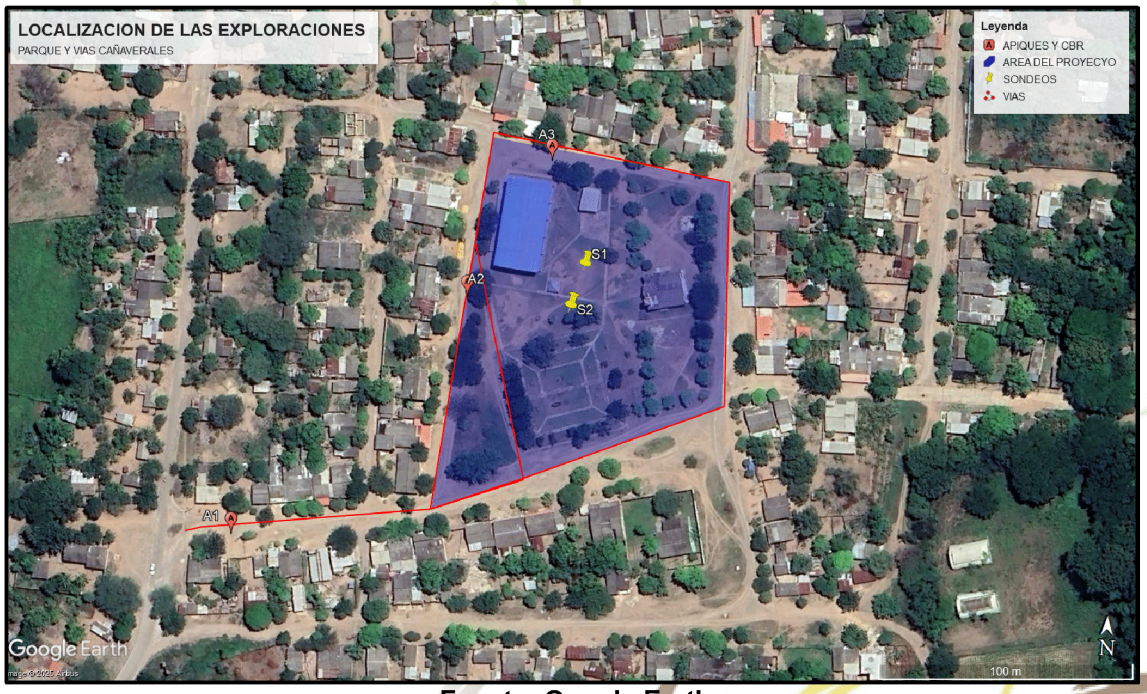
En la **tabla N° 3** se muestra la georreferenciación de los puntos de exploración realizados en campo para la ejecución del proyecto y en la figura 6 la localización de los mismos.

Tabla 3. Geo-referenciación de los puntos de exploración

N° APIQUES	COORDENADAS
1	10°45'14.52"N - 72°50'43.51"O
2	10°45'17.73"N - 72°50'40.60"O
3	10°45'19.55"N - 72°50'39.59"O
N° SONDEOS	**COORDENADAS**
1	10°45'18.14"N - 72°50'39.11"O
2	10°45'17.59"N - 72°50'39.27"O

Fuente. V&O INGENIERIA S.A.S

Figura. 6 Localización de los puntos de exploración



Fuente: Google Earth

Created by Universal Document Converter

7. ANÁLISIS DE INGENIERÍA Y GEOTECNIA

7.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

De acuerdo con los resultados del Análisis Granulométrico realizado a cada una de las muestras del material que compone la zona de exploración se puede decir que los suelos están conformados por arcillas inorgánicas de baja plasticidad en la primera capa hasta los 1.05 metros **(CL)** y gravas limosas en la segunda capa hasta 2.00 metros de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación S.U.S.C.

En la **Tabla Nº 4** se mencionan algunas características de los tipos de suelos hallados en la exploración y posterior análisis en el laboratorio.

Tabla 4. Tipo de suelo

TIPO DE SUELO	DESCRIPCION DEL MATERIAL
SUELO CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas y limosas
SUELO GM	Gravas limosas, mezcla de grava, arena y limo

Fuente. V&O INGENIERIA S.A.S

Tabla 5. Análisis granulométrico del laboratorio

APIQUES	MUESTRA	PROF. (m)	S.U.CS	PROPIEDADES			GRANULOMETRIA % QUE PASA	
				L.L	L.P	I.P	N° 4	N° 200
1	1	0.0 – 0.50	CL	28.6	19.7	9.0	97.5	51.0
	2	0.50 – 2.0	GM	NL	NL	NP	61.1	43.2
2	1	0.0 – 0.80	CL	26.5	18.7	7.9	100	66.0
	2	0.80 – 2.0	GM	NL	NL	NP	64.4	33.1
3	1	0.0 – 0.95	CL	30.9	21.9	9.0	100	62.6
	2	0.95 – 2.0	GM	NL	NL	NP	64.0	39.5
SONDEOS	MUESTRA	PROF. (m)	S.U.CS	PROPIEDADES			GRANULOMETRIA % QUE PASA	
				L.L	L.P	I.P	N° 4	N° 200
1	1	0.0 – 1.05	CL	27.4	19.9	7.5	95.6	68.0
	2	1.05 – 2.0	GM	NL	NL	NP	59.0	23.4

Created by Universal Document Converter

SONDEOS	MUESTRA	PROF. (m)	S.U.CS	PROPIEDADES			GRANULOMETRIA % QUE PASA	
				L.L	L.P	I.P	N° 4	N° 200
2	1	0.0 – 1.05	CL	29.2	21.2	8.0	97.7	73.6
	2	1.05 – 2.0	GM	NL	NL	NP	50.7	35.2

Fuente. V&O INGENIERIA S.A.S

NL: No presenta límite
NP: No presenta plasticidad o baja plasticidad

Teniendo en cuenta el análisis granulométrico de los sondeos realizados donde se desarrollará el proyecto y observando el parágrafo H.2.5 del NSR-10 se puede concluir que los suelos en donde se realizará el proyecto son **COHESIVOS** hasta una profundidad de 1.05 metros y de este nivel a 2.00 metros los suelos son **NO COHESIVOS**.

- Luego de remover la capa vegetal y el relleno de materiales sobrantes de construcción existente, si es indispensable utilizar material de relleno estructural estos deben cumplir con el artículo 610-22 recebo (Ver Tabla 6).

Tabla 6. Especificaciones artículo 610-22 para recebo

Característica	Norma de ensayo	Requisito	
		Recebo tipo 1	Recebo tipo 2
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - Quinientas (500)revoluciones (%)	INV E-218	50	65
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	INV E-125	45	45
Índice de plasticidad, máximo (%)	INV E-125 e INV E-126	10	12
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	INV E-121 / UNE 103204	1,0	1,0
Expansión en prueba CBR, máximo (%) (Nota)	INV E-148	2,0	2,0
Resistencia del material (F)			
CBR de laboratorio, mínimo (%) (Nota)	INV E-148	10	10
Expansión en prueba CBR, máximo (%) (Nota)	INV E-148	2,0	2,0

Fuente. INVIAS

Created by Universal Document Converter

7.2. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS

La compactación de los suelos es el proceso artificial mediante el cual las partículas son forzadas a estar en contacto reduciendo así el índice de vacíos. Este proceso se realiza con el fin de lograr el aumento de la resistencia y disminución de la capacidad de deformación que se obtiene al someter al suelo a técnicas convenientes, que aumentan el peso específico seco, disminuyendo sus vacíos.

Por otro lado, la compresibilidad es el grado en que una masa de suelo disminuye su volumen bajo el efecto de una carga. Es mínima en los suelos de textura gruesa, que tienen las partículas en contacto.

Una de las propiedades físicas importantes es el de la permeabilidad, es decir la capacidad de permitir el pasaje del agua a través del perfil del suelo, conlleva modificaciones físico-químicas, he aquí la importancia de estimar este parámetro. En la tabla 7 se presentan las características según el tipo de suelo.

Tabla 7. Características de los suelos

CLASE	CARACTERISTICAS DE COMPACTACIÓN	COMPRESIBILIDAD Y EXPANSION	DRENAJE Y PERMEABILIDAD
CL	Buena a aceptable	Mediana	No hay drenaje impermeable
GM	Buena	Ligera	Drenaje deficiente, semipermeable

Fuente. Diseño de Cimientos. Jaime Suarez Díaz

7.3. SUSCEPTIBILIDAD A LA LICUACIÓN

Cuando las ondas sísmicas se propagan a través de la superficie terrestre generan densificación de las partículas del suelo y a la vez aumento en los esfuerzos de corte a las que pueda estar sometida el terreno. Esto ocurre en un lapso de tiempo corto, en el que el agua que se encuentra entre los poros no puede ser drenada, generándose un incremento en la presión hidrostática sobre las partículas individuales. A medida que el número de ciclos incrementa debido a la densificación que sufren las partículas, se incrementa la presión de poros, generándose así la reducción en el esfuerzo efectivo, ocasionando la perdida de resistencia al corte.

Este fenómeno es mucho más inminente cuando se producen sismos, provocando daños en la cimentación de las estructuras, daños en las vías y en algunos casos colapso de las mismas. Los suelos que se encuentran en el área de estudio

Created by Universal Document Converter

presentan las siguientes características con respecto a la susceptibilidad a la licuación.

Tabla 8. Susceptibilidad de licuación

USCS	SUSCEPTIBILIDAD A LA LICUACION
CL	Media a alta si están mal compactados
GM	Media si están mal compactados

7.4. IDENTIFICACION DE SUELOS EXPANSIVOS

Se pudo observar el comportamiento de las edificaciones vecinas, en cuanto a señales de asentamientos diferenciales, perdida de verticalidad, fisuras etc. En donde se evidencia la ausencia de estas características.

En la literatura técnica se pueden encontrar diferentes correlaciones que permiten identificar el potencial de expansión de suelos, especialmente suelos arcillosos, a continuación, se presentan las correlaciones con las que fueron evaluados los estratos mencionados de la zona de estudio.

Para la zona de estudio el porcentaje de expansión es BAJO.

Tabla 9. Criterio de identificación de suelos expansivos

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm^2	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

7.5. ANALISIS DE LAS CAPACIDADES PORTANTES DEL TERRENO

La capacidad de carga en un suelo, es definida como la presión que puede soportar el suelo antes de presentarse la falla en la cimentación, Para el cálculo de la capacidad portante es necesario contar con las propiedades geotécnicas del suelo (peso específico, cohesión y ángulo de fricción) o un ensayo de penetración estándar a la profundidad deseada con el fin de utilizar correlaciones empíricas para la determinación de esta capacidad de carga.

GEOT-007-05-2025
Created by Universal Document Converter

La capacidad de carga admisible, es la capacidad de carga que se asume para el diseño y es calculada como la capacidad de carga ultima dividida en un factor de seguridad (FS=3).

Tomado de "principio de ingeniería Braja Das". Considere una cimentación corrida que descansa sobre la superficie de arena densa o suelo cohesivo firme, como lo muestra la siguiente figura. Si la carga se aplica gradualmente a la cimentación, el asentamiento se incrementará. La variación de la carga por unidad de área *q*, sobre la cimentación también se presenta en la figura mostrada. En cierto punto, cuando la carga por unidad de área es igual a *qu*, tendrá lugar una falla repentina del suelo que soporta a la cimentación y la zona de falla en el suelo se extenderá hasta la superficie del terreno. Esta carga por área unitaria que se denomina generalmente capacidad de carga última de la cimentación.

Usando el análisis de equilibrio, Terzaghi expresó la capacidad de carga última en la siguiente forma:

$$q_u = cN_c + qN_q + \tfrac{1}{2}\gamma BN_\gamma \qquad \text{(cimentación corrida)}$$

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \qquad \text{(cimentación cuadrada)}$$

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma \qquad \text{(cimentación circular)}$$

Dónde:

C= cohesión del suelo
Y= peso específico del suelo
q= Y*Df
Nc, Nq y NY= factores de capacidad de carga adimensionales en función del ángulo de fricción.

$$N_c = \cot\phi\left[\frac{e^{2(3\pi/4-\phi/2)\tan\phi}}{2\cos^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\phi}{2}\right)} - 1\right] = \cot\phi\,(N_q - 1) \qquad N_q = \frac{e^{2(3\pi/4-\phi/2)\tan\phi}}{2\cos^2\left(45+\frac{\phi}{2}\right)} \qquad N_\gamma = \frac{1}{2}\left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\phi} - 1\right)\tan\phi$$

A continuación se realiza el cálculo de capacidad de soporte, por el método racional de Terzaghi:

Created by Universal Document Converter

Figura. 7 Capacidades de carga portante

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -METODO DE TERZAGHI-

Datos:

Profundidad de desplante,Df;*(mts):*	***0,0***
Peso Volumétrico del suelo; Gm *(Ton/m3):*	***1,7***
Cohesión del suelo, c; *(Ton/m2):*	***0,0***
Ángulo de fricción interna del suelo, Fi *(grados):*	***29***
Ancho o Radio del cimiento; B ó R *(mts):*	***1,0***
Tipo de suelo:*1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso*	***3***
Factor de seguridad, F.S.: *(3.5 / 3.0 / 2.5)*	***3,0***

Cálculos y Resultados:

Factores dependientes del ángulo de fricción:

Factor de cohesión, Nc =	*34,24*
Factor de sobrecarga,Nq =	*19,98*
Factor de piso, Ng =	*16,18*

Para suelo arcilloso blando o arenoso:

c'=2/3c= 0,00
N' c= 2/3N' c= 22,83
N' q= 2/3N' q= 13,32
N' g= 2/3N' g= 10,79

Para todo cimiento:

Capacidad de carga última, qc:

qc=c' *N' c + Gm*Df*N' q + 0.5*Gm*B*N' g

Capacidad de carga admisible; qa:

qa=qc/FS

*c' *N' c= 0,0*
*g*Df*N' q 0,0*
*0.5*g*B*N' g = 9,2*
qc, (Ton/m2) = 9,2
qa, (Ton/m2) = 3,1

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -METODO DE TERZAGHI-

Datos:

Profundidad de desplante,Df;*(mts):*	***0,5***
Peso Volumétrico del suelo; Gm *(Ton/m3):*	***1,7***
Cohesión del suelo, c; *(Ton/m2):*	***0,0***
Ángulo de fricción interna del suelo, Fi *(grados):*	***29***
Ancho o Radio del cimiento; B ó R *(mts):*	***1,0***
Tipo de suelo:*1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso*	***3***
Factor de seguridad, F.S.: *(3.5 / 3.0 / 2.5)*	***3,0***

Cálculos y Resultados:

Factores dependientes del ángulo de fricción:

Factor de cohesión, Nc =	*34,24*
Factor de sobrecarga,Nq =	*19,98*
Factor de piso, Ng =	*16,18*

Para suelo arcilloso blando o arenoso:

c'=2/3c= 0,00
N' c= 2/3N' c= 22,83
N' q= 2/3N' q= 13,32
N' g= 2/3N' g= 10,79

Para todo cimiento:

Capacidad de carga última, qc:

qc=c' *N' c + Gm*Df*N' q + 0.5*Gm*B*N' g

Capacidad de carga admisible; qa:

qa=qc/FS

*c' *N' c= 0,0*
*g*Df*N' q 11,3*
*0.5*g*B*N' g = 9,2*
qc, (Ton/m2) = 20,5
qa, (Ton/m2) = 6,8

VYO-ING-GEOT-007-05-2025

Created by Universal Document Converter

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -METODO DE TERZAGHI-

Datos:

Profundidad de desplante,Df;*(mts):*	***1,0***
Peso Volumétrico del suelo; Gm *(Ton/m3):*	***1,7***
Cohesión del suelo, c; *(Ton/m2):*	***0,0***
Ángulo de fricción interna del suelo, Fi *(grados):*	***29***
Ancho o Radio del cimiento; B ó R *(mts):*	***1,0***
Tipo de suelo:*1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso*	***3***
Factor de seguridad, F.S.: *(3.5 / 3.0 / 2.5)*	***3,0***

Cálculos y Resultados:

Factores dependientes del ángulo de fricción:

Factor de cohesión, Nc =	*34,24*
Factor de sobrecarga,Nq =	*19,98*
Factor de piso, Ng =	*16,18*

Para suelo arcilloso blando o arenoso:

c'=2/3c= 0,00
N' c= 2/3N' c= 22,83
N' q= 2/3N' q= 13,32
N' g= 2/3N' g= 10,79

Para todo cimiento:

Capacidad de carga última, qc:

qc=c' *N' c + Gm*Df*N' q + 0.5*Gm*B*N' g

Capacidad de carga admisible; qa:

qa=qc/FS

*c' *N' c= 0,0*
*g*Df*N' q 22,6*
*0.5*g*B*N' g = 9,2*
qc, (Ton/m2) = 31,8
qa, (Ton/m2) = 10,6

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -METODO DE TERZAGHI-

Datos:

Profundidad de desplante,Df;*(mts):*	***1,5***
Peso Volumétrico del suelo; Gm *(Ton/m3):*	***1,7***
Cohesión del suelo, c; *(Ton/m2):*	***0,0***
Ángulo de fricción interna del suelo, Fi *(grados):*	***29***
Ancho o Radio del cimiento; B ó R *(mts):*	***1,0***
Tipo de suelo:*1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso*	***3***
Factor de seguridad, F.S.: *(3.5 / 3.0 / 2.5)*	***3,0***

Cálculos y Resultados:

Factores dependientes del ángulo de fricción:

Factor de cohesión, Nc =	*34,24*
Factor de sobrecarga,Nq =	*19,98*
Factor de piso, Ng =	*16,18*

Para suelo arcilloso blando o arenoso:

c'=2/3c= 0,00
N' c= 2/3N' c= 22,83
N' q= 2/3N' q= 13,32
N' g= 2/3N' g= 10,79

Para todo cimiento:

Capacidad de carga última, qc:

qc=c' *N' c + Gm*Df*N' q + 0.5*Gm*B*N' g

Capacidad de carga admisible; qa:

qa=qc/FS

*c' *N' c= 0,0*
*g*Df*N' q 34,0*
*0.5*g*B*N' g = 9,2*
qc, (Ton/m2) = 43,1
qa, (Ton/m2) = 14,4

VYO-ING-GEOT-007-05-2025

Created by Universal Document Converter

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -METODO DE TERZAGHI-

Datos:

Profundidad de desplante,Df,*(mts):*	***2,0***
Peso Volumétrico del suelo; Gm *(Ton/m3):*	***1,7***
Cohesión del suelo, c; *(Ton/m2):*	***0,0***
Ángulo de fricción interna del suelo, Fi *(grados):*	***29***
Ancho o Radio del cimiento; B ó R *(mts):*	***1,0***
Tipo de suelo:*1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso*	***3***
Factor de seguridad, F.S.: *(3.5 / 3.0 / 2.5)*	***3,0***

Cálculos y Resultados:

Factores dependientes del ángulo de fricción:

Factor de cohesión, Nc =	*34,24*
Factor de sobrecarga,Nq =	*19,98*
Factor de piso, Ng =	*16,18*

Para suelo arcilloso blando o arenoso:

c'=2/3c= 0,00
N' c= 2/3N' c= 22,83
N' q= 2/3N' q= 13,32
N' g= 2/3N' g= 10,79

Para todo cimiento:

Capacidad de carga última, qc:

qc=c' *N' c + Gm*Df*N' q + 0.5*Gm*B*N' g

Capacidad de carga admisible; qa:

qa=qc/FS

*c' *N' c= 0,0*
*g*Df*N' q 45,3*
*0.5*g*B*N' g = 9,2*
qc, (Ton/m2) = 54,5
qa, (Ton/m2) = 18,2

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -METODO DE TERZAGHI-

Datos:

Profundidad de desplante,Df,*(mts):*	***2,5***
Peso Volumétrico del suelo; Gm *(Ton/m3):*	***1,7***
Cohesión del suelo, c; *(Ton/m2):*	***0,0***
Ángulo de fricción interna del suelo, Fi *(grados):*	***29***
Ancho o Radio del cimiento; B ó R *(mts):*	***1,0***
Tipo de suelo:*1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso*	***3***
Factor de seguridad, F.S.: *(3.5 / 3.0 / 2.5)*	***3,0***

Cálculos y Resultados:

Factores dependientes del ángulo de fricción:

Factor de cohesión, Nc =	*34,24*
Factor de sobrecarga,Nq =	*19,98*
Factor de piso, Ng =	*16,18*

Para suelo arcilloso blando o arenoso:

c'=2/3c= 0,00
N' c= 2/3N' c= 22,83
N' q= 2/3N' q= 13,32
N' g= 2/3N' g= 10,79

Para todo cimiento:

Capacidad de carga última, qc:

qc=c' *N' c + Gm*Df*N' q + 0.5*Gm*B*N' g

Capacidad de carga admisible; qa:

qa=qc/FS

*c' *N' c= 0,0*
*g*Df*N' q 56,6*
*0.5*g*B*N' g = 9,2*
qc, (Ton/m2) = 65,8
qa, (Ton/m2) = 21,9

VYO-ING-GEOT-007-05-2025

Created by Universal Document Converter

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO -METODO DE TERZAGHI-

Datos:

Profundidad de desplante,Df;*(mts):*	***3,0***
Peso Volumétrico del suelo; Gm *(Ton/m3):*	***1,7***
Cohesión del suelo, c; *(Ton/m2):*	***0,0***
Ángulo de fricción interna del suelo, Fi *(grados):*	***29***
Ancho o Radio del cimiento; B ó R *(mts):*	***1,0***
Tipo de suelo:*1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso*	***3***
Factor de seguridad, F.S.: *(3.5 / 3.0 / 2.5)*	***3,0***

Cálculos y Resultados:

Factores dependientes del ángulo de fricción:

Factor de cohesión, Nc =	*34,24*
Factor de sobrecarga,Nq =	*19,98*
Factor de piso, Ng =	*16,18*

Para suelo arcilloso blando o arenoso:

c'=2/3c= 0,00
N' c= 2/3N' c= 22,83
N' q= 2/3N' q= 13,32
N' g= 2/3N' g= 10,79

Para todo cimiento:

Capacidad de carga última, qc:

qc=c' *N' c + Gm*Df*N' q + 0.5*Gm*B*N' g

Capacidad de carga admisible; qa:

qa=qc/FS

*c' *N' c= 0,0*
*g*Df*N' q 67,9*
*0.5*g*B*N' g = 9,2*
qc, (Ton/m2) = 77,1
qa, (Ton/m2) = 25,7

Fuente: V&O INGENIERA SAS

Tabla 10. Resumen capacidad Portante

Profundidad de desplante (m)	Capacidad de carga t/m^2
0.0	3.1
0.5	6.8
1.0	10.6
1.5	14.4
2.0	18.2
2.5	21.9
3.0	25.7

Fuente: V&O INGENIERA SAS

Se recomienda que el desplante de la cimentación se realice a una profundidad mínima de 1.50 metros y que debajo de este nivel se realice un mejoramiento del suelo con una capa de subbase de 0.20 metros de profundidad la cual debe estar

Created by Universal Document Converter

compactada al 98% del proctor modificado. La cimentación se recomienda realizarse mediante zapatas cuadradas unidas por vigas de amarre para evitar los asentamientos diferenciales.

7.6. CALCULO DE ASENTAMIENTOS

Se realiza la estimación de asentamientos elásticos en suelos inconsistentes, aplicando el método propuesto por BURLAND & BURBIDGE en 1984, basado en los resultados de las pruebas dinamométricas penetrométricas del tipo SPT. Según estos autores, la expresión para calcular el asentamiento, para cimientos de superficie indefinidos, en el caso más general es la siguiente:

S = K• q • B0.7

Donde S es el asentamiento, q la sobrecarga inducida en la base del cimiento, B al ancho de los cimientos y K un factor que es función de la geometría del fondo, del tiempo y de la remodelación del suelo.

Para estimar las liquidaciones, se ingresan los siguientes parámetros:

- Longitud de la fundación
- Ancho de la base
- Profundidad de la superficie de colocación
- Peso del volumen del suelo sobre la superficie de colocación
- Espesor de la capa compresible
- Número promedio de golpes en la prueba SPT debajo del plano inferior
- Carga inducida por la estructura en la base de la base

$$N_\gamma = N_q + 1$$

Donde:

q' = es la presión eficaz bruta;
σ'v0 = es la tensión vertical eficaz en la cota establecida de la cimentación;
B = es el ancho de la cimentación;
Ic = es el índice de compresibilidad;
fS, fH, ft = son factores correctores que consideran respectivamente la forma, el espesor del estrato comprensible y el componente viscoso de los asientos.

VYO-ING-GEOT-007-05-2025
Created by Universal Document Converter

Con estos datos, los estimados de los asentamientos inmediatos se devuelven de acuerdo con 3 valores de confianza: 50%, 67% y 98% Se describe a continuación el cálculo del asentamiento:

L (m)	=	1,00
B (m)	=	1,00
D (m)	=	1,00
γ (g/cm^3)	=	1,70
H (m)	=	10,00
N SPT		14,00
q (kg/cm^2)	=	1,44
Asentamiento	=	S

$Si_{50\%}$	=	5,28	mm
$Si_{67\%}$	=	9,68	mm
$Si_{98\%}$	=	17,73	mm

7.7. PERFIL DE SUELO

De acuerdo al resultado de los ensayos realizados se determinó una velocidad media de onda cortante del suelo es 214 m/s y el número de golpes del ensayo de penetración estándar - SPT de infiere que el perfil del suelo es tipo E de acuerdo a la tabla A.2.4.-1 (Clasificación de los perfiles de los suelos) del NSR-10.

Tabla 11. Parámetros Geomecanicos

PARAMETROS GEOMECANICOS	
N SPT	14
ANGULO DE FRICCION	29 Grados
Modelo de Winkler	840 t/m^3
Vs Velocidad de Onda Cortante	214 m/s

Fuente. V&O INGENIERIA SAS

Created by Universal Document Converter

Tabla 12. Clasificación de los perfiles del suelo

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 $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²)
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 (≈1 kgf/cm²) > $\bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²)
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 H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w ≥ 40% 50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F 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: F_1 — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F_2 — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F_3 — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F_4 — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

Fuente: Reglamento Colombiano Sismo Resistente NSR-10

Teniendo en cuenta el perfil del suelo del proyecto y los parámetros de aceleración que se describieron anteriormente se procede establecer los valores a y Fv.

Tabla 13. Valores del Fa, para la zona de periodos cortos del espectro

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	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Fuente. Reglamento Colombiano Sismo Resistente NSR-10

Por lo tanto Fa (Coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional) = 2.1

Created by Universal Document Converter

Tabla 14. Valore del coeficiente Fv, para las zonas de periodos intermedios del espectro

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	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Fuente. Reglamento Colombiano Sismo Resistente NSR-10

Por lo tanto Fv (coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona en periodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional) = 3.5

7.8. COEFICIENTE DE EMPUJE

El estado activo se identifica con un desplazamiento menor del muro en el sentido contrario al del bando de tierra que contiene. El valor del coeficiente activo de presión de tierra es entonces **Ka = 0.321**

El estado pasivo se identifica con la resistencia del banco de tierra cuando es empujado por el muro; al contrario del caso activo, en este desplazamiento es considerablemente mayor. El valor del coeficiente pasivo de presión de tierras entonces **Kp = 3.907**

Tabla 15. Coeficientes de empuje activo (Ka) y pasivo (Kp)

Parámetro		Valor
OCR		1,0
β	beta	90
∅'	fi	29
δ_a	delta activo	10
i	i	0

Cálculos parciales	
$\delta_{p\,(*)}$	9,667
cosec beta	1,000
seno(beta-fi)	0,875
seno(beta+delta)	0,985
seno(delta+fi)	0,629
seno(fi-i)	0,485
seno(beta-i)	1,000
seno(beta+fi)	0,875
seno(beta-delta)	0,985
seno(fi+i)	0,485

Coulomb	Ka=	0,321
	Kp=	3,907
Rankine	Ka=	0,347
	Kp=	2,882
Reposo	K_0=	0,51519

Fuente: V&O INGENIERA SAS

Created by Universal Document Converter

7.9. COEFICIENTE DE IMPORTANCIA

Teniendo en cuenta los grupos de tipo de uso se puede establecer el valor de coeficiente de importancia con los criterios establecidos en el NSR-10 en su artículo A.2.4.

Tabla 16. Valores del coeficiente de importancia

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

De lo anterior se establece que el coeficiente de importancia corresponde al grupo de uso de Estructuras de ocupación normal por lo que se concluye que el coeficiente de importancia es 1,00.

7.10. COEFICIENTE DE BALASTO Y/O MODELO DE WINKLER (KS)

En el caso de estudio de cimentaciones, o de estructura embebidas en el terreno, es cada vez más usual utilizar software para los cálculos de cimentaciones y por ende se utilizan el modelo matemático de Winkler (o del coeficiente de balasto).

El modelo matemático de Winkler o coeficiente de balasto **Ks** es un parámetro que se define como la relación que actúa en un punto **P** y asentamiento que se produce **y** es decir **Ks=P/y**, este módulo se define a continuación:

$$k_{b,l}\,(t/m^3) = 40.N.\frac{1}{b(m)}\left(1+\frac{b}{2.l}\right)$$

El modelo matemático de Winkler o coeficiente de balasto Ks para el proyecto a desarrollar es igual a 840 ton/m^3.

Created by Universal Document Converter

7.11. ENSAYOS DE CBR

Esta norma establece el procedimiento que se debe seguir para determinar la relación de soporte de California (CBR, California Bearing Ratio), de un suelo ensayado "in situ", mediante la comparación entre la carga de penetración del suelo y la de un material estándar de referencia.

Este método de ensayo cubre la evaluación de la calidad relativa de los suelos de la sub-rasante, pero también es aplicable a materiales de sub-base y algunos de base. El método está establecido para de materiales in situ y corresponde a la norma sobre especímenes de laboratorio, norma INV E – 148.

Se realizó un análisis detallado de ingeniería con el fin de estudiar los resultados de los materiales obtenidos en el laboratorio y establecer los parámetros más adecuados con el fin de garantizar la estabilidad de la estructura durante su vida de diseño.

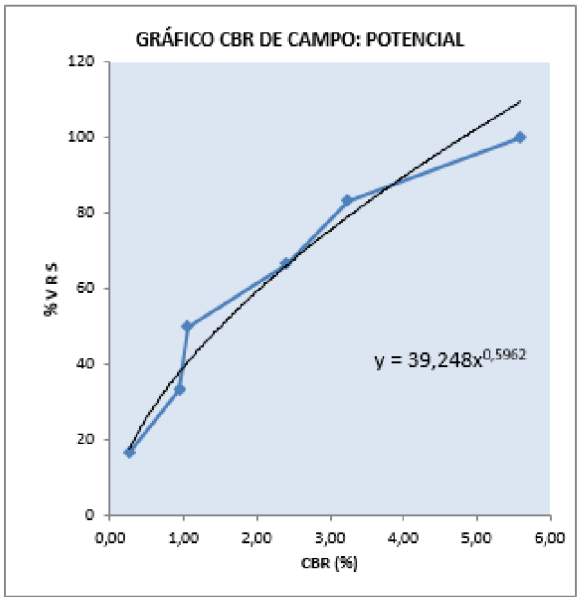
Los valores de resistencia de la Sub-rasante se determinaron por medio de ensayos de CBR de campo, sus resultados aparecen en la tabla 17.

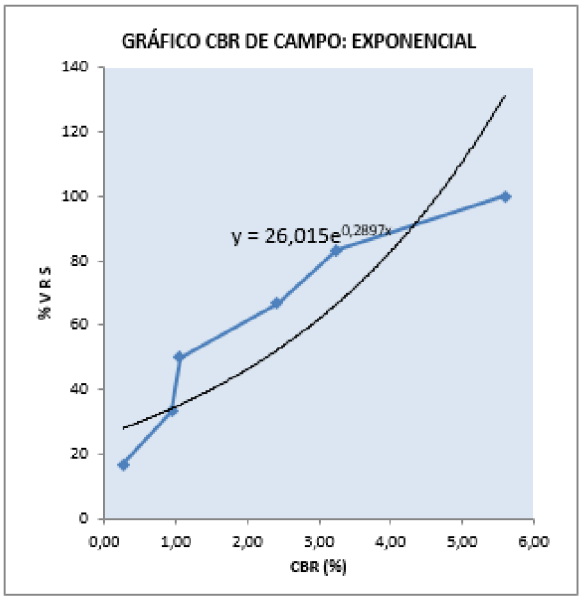
Tabla 17. Porcentajes de CBR secos y sumergidos

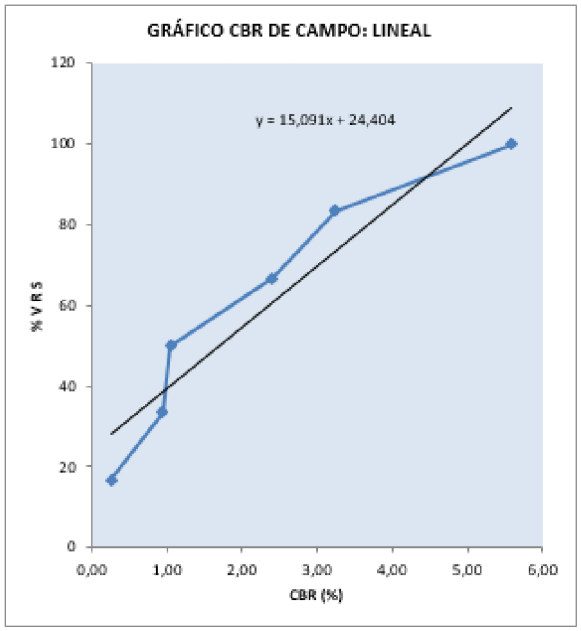
N° CBR	SECOS %	SUMERGIDOS %
1	3.24	0.94
2	2.41	0.26
3	5.59	1.05

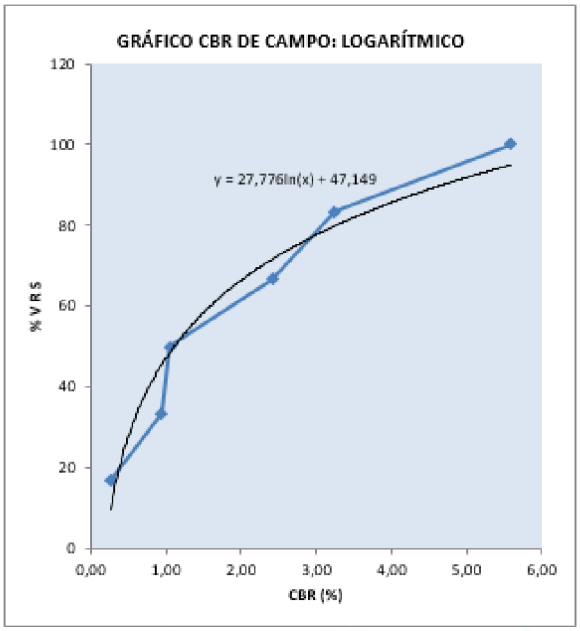
Fuente. V&O INGENIERIA SAS

Created by Universal Document Converter









Para calcular el CBR se realiza un análisis estadístico de los datos obtenidos en laboratorio, estos se promedian, aplicando una confiablidad del 90% y determinado el límite inferior que será el valor característico de diseño.

Para proceder al análisis estadístico, se debe revisar los resultados de la evaluación en sitios con valores extremos, que pueden estar asociados a características puntuales que no representan a las condiciones generales de la unidad, asociados

Created by Universal Document Converter

a valores muy bajos que ameriten soluciones particulares o a valores muy altos que conviene revisar o descartar.

Para calcular el CBR característico (CBRc),) se utiliza la siguiente expresión:

$$CBR_c = CBR_{medio} - s \times k(p), \geq CBR_{minimo}$$

$$\text{Si } CBR_c < CBR_{minimo} \rightarrow CBR_c = CBR_{minimo}$$

Analizada la información de CBR bajo una condición de saturación, los mismos presentan una baja resistencia al esfuerzo de penetración. En su gran mayoría los valores están alrededor de cero, lo que indica que el suelo posee una baja capacidad de soporte en su condición más crítica.

Revisadas las condiciones pluviométricas corresponden a tiempos de saturación inferior al 25% durante un año, por lo cual la condición de saturación y baja resistencia no es representativa durante todo el tiempo de servicio, y por principios geotécnico el aumento de los esfuerzos verticales en el suelo aumenta la resistencia del mismo. Bajo ese análisis se escogen como resultado de C.B.R, los obtenidos en el laboratorio para la condición seca del mismo.” Adaptado de (Montero R, 2020)

Con base en esto se cataloga que el CBR de diseño es el que se muestra a continuación en condiciones secas:

CBR DE DISEÑO	2.84

Created by Universal Document Converter

8. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados del Análisis Granulométrico realizado a cada una de las muestras del material que compone la zona de exploración se puede decir que los suelos están conformados por arcillas inorgánicas de baja plasticidad en la primera capa hasta los 1.05 metros **(CL)** y gravas limosas **(GM)** en la segunda capa hasta 2.00 metros de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación S.U.S.C.

- Teniendo en cuenta el análisis granulométrico de los sondeos realizados donde se desarrollará el proyecto y observando el parágrafo H.2.5 del NSR-10 se puede concluir que los suelos en donde se realizará el proyecto son **COHESIVOS** hasta una profundidad de 1.05 metros y de este nivel a 2.00 metros los suelos son **NO COHESIVOS**.

- En los puntos explorados NO se encontró nivel freático a una profundidad de exploración de 2.00 metros.

- Se recomienda que el desplante de la cimentación se realice a una profundidad mínima de 1.50 metros y que debajo de este nivel se realice un mejoramiento del suelo con una capa de subbase de 0.20 metros de profundidad la cual debe estar compactada al 98% del proctor modificado. La cimentación se recomienda realizarse mediante zapatas cuadradas unidas por vigas de amarre para evitar los asentamientos diferenciales.

Profundidad de desplante (m)	Capacidad de carga t/m^2
0.0	3.1
0.5	6.8
1.0	10.6
1.5	14.4
2.0	18.2
2.5	21.9
3.0	25.7

VYO-ING-GEOT-007-05-2025
Created by Universal Document Converter

- Teniendo en cuenta el CBR obtenido y para fines de diseño de las estructuras de pavimento, se recomienda para el mejoramiento de la capacidad de soporte y la susceptibilidad a la perdida de resistencia por efectos de la humedad realizar un mejoramiento de la subrasante con una capa de sub-base granular de por lo menos 0.20 metros que cumpla con la normatividad del INVIAS en su artículo 320-22.

- De acuerdo al Reglamento Colombiano Sismo Resistente NSR-10, el proyecto se emplazará en el municipio de San Juan del Cesar – La Guajira, en una zona de amenaza sísmica intermedia, Para lo cual Aa (coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva) =0.15, Av (coeficiente de aceleración de la velocidad horizontal pico de diseño)=0.10, Ae (Coeficiente de aceleración pico efectiva reducida para el diseño con seguridad limitada Ae=0.05 y Ad=0.03.

- En caso de que se requieran excavaciones mayores a 1.0 metro se recomienda la implementación de entibados y para efectos de un buen manejo en la seguridad delos trabajadores en tema de excavaciones se anexa la GUÍA DE TRABAJO SEGURO EN EXCAVACIONES del Ministerio del Trabajo, la cual debe ser empleada a cabalidad durante el período que demoren las obras contempladas en el proyecto.

Si se presentan condiciones no contempladas en este informe, como variación en el proyecto o diferencias en el subsuelo, se nos deberá comunicar oportunamente para establecer los ajustes necesarios a las recomendaciones formuladas.

EBERTO RAFAEL ORTEGA SINNING
Ing. Civil – U. de Cartagena, Bolívar
Esp. En Vías y Transporte – U. del Norte, Barranquilla
Magíster en Geotecnia – Universidad Industrial de Santander UIS

VYO-ING-GEOT-007-05-2025
Created by Universal Document Converter

9. BIBLIOGRAFÍA

El informe se ha desarrollado siguiendo las normas:

- I.N.V E- 101-07 INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERIA
- I.N.V E-102-07 DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS
- I.N.V E- 123-07 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
- I.N.V E- 126-07 LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
- I.N.V E- 142-07 RELACIONES DE HUMEDAD – MASA UNITARIA SECA EN LOS SUELOS

Textos Bibliográficos

- los Braja M Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica, México: Thompson Learning.2001.
- Higuera Sandoval Carlos Hernando, Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos de carreteras, Colombia: U.p.t.c.2010.
- Sánchez Sabogal Fernando. Pavimentos, INVIAS, Colombia, 1980.

VYO-ING-GEOT-007-05-2025

Created by Universal Document Converter

ANEXOS

VYO-ING-GEOT-007-05-2025

Created by Universal Document Converter

ANEXO 1: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

VYO-ING-GEOT-007-05-2025

Created by Universal Document Converter

ANEXO 2: REGISTROS FOTOGRAFICOS

VYO-ING-GEOT-007-05-2025

Created by Universal Document Converter













Created by Universal Document Converter













Created by Universal Document Converter