ESTUDIO GEOTÉCNICO

PROYECTO
CONSTRUCCION DE VIA EN PAVIMENTO RIGIDO Y BOX CULVERT

LOCALIZACIÓN:
CALLE 20A CARRERA 13
CALLE 20A CARRERA 14
MUNICIPIO DE BARANOA
DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO

SOLICITANTE:
INGENIERO LUIS FERNANDO OLIVARES

INFORME EG 194 – 2025

DICIEMBRE 03 DEL 2025

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Barranquilla, Diciembre 04 del 2025

Ingeniero:
LUIS FERNANDO OLIVARES

REF.: RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA VIA EN PAVIMENTO RIGIDO Y BOX CULVERT, EN EL MUNICIPIO DE BARANOA / DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO.

Cordial saludo,

Adjunto al presente le estamos enviando los resultados, conclusiones y recomendaciones geotécnicas del proyecto de la referencia.

Quedamos a su disposición para atender cualquier inquietud con respecto al presente trabajo.

Atentamente,



LORENA CABAS VASQUEZ.
Mat 0820250328 Atl.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES 7

1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO....8

1.2 ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN....8

1.3 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO....9

2. INVESTIGACION DEL SUB-SUELO 10

2.1 CARACTERISTICAS DEL SITIO....11

2.1.1 Localización del Sitio....11

2.1.2 Características de las edificaciones adyacentes....12

2.1.3 Accidentes Geomorfológicos....12

2.2 CONDICIONES DEL ENTORNO....12

2.2.1 Geología....12

2.2.2 Sismicidad....21

2.2.3 Clima26

2.2.4 Características del proyecto....29

2.3 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA....29

2.3.1 Investigación del subsuelo....29

2.4. ENSAYOS DE LABORATORIO....31

3. GEOTECNIA DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 34

3.1. ESTRATIGRAFÍA....34

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

3.2. NIVEL FREÁTICO 35

4. CARACTERISTICAS DEL MATERIAL ENCONTRADO 35

4.1 DISCUSION DE LOS RESULTADOS 37

4.2 SELECCIÓN DEL CBR DE DISEÑO 39

4.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 41

5. RECOMENDACIÓNES PARA BOX 48

5.1. INTERPRETACIÓN GEOTÉCNICA 48

6. TIPO DE CIMENTACIÓN PARA BOX 55

7.1 CORRECION DE NUMEROS DE GOLPES Y CALCULO DE FACTOR DE FRICCION..... 56

7.2 PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN 59

7.3 CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE 61

7.4 ASENTAMIENTOS..... 66

7.5 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS GENERALES..... 66

7.5.1 Excavaciones..... 66

7.5.2 Rellenos 67

7.5.3 Manejo de aguas 67

7.5.4 Otras consideraciones 68

7. ASPECTOS PRINCIPALES DEL ESTUDIO 69

8. LIMITACIONES 70

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Amenazas en la región Caribe. 16
Tabla 2. Composición de las Subregiones, según municipios. 17
Tabla 3. menazas de mayor relevancia según subregiones. 18
Tabla 4. Calificación de Amenazas según intensidad, frecuencia y territorio afectado en la subregión Centro del Atlántico. 19
Tabla 5. Clasificación de los perfiles de suelo 23
Tabla 6. Calculo tipo perfil de suelo 23
Tabla 7. Características de la zona del proyecto. 25
Tabla 8. Características climáticas de la zona del proyecto. 29
Tabla 9. Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción 30
Tabla 11. Ensayos realizados 32
Tabla 12. Resumen de los ensayos realizados. 32
Tabla 13. Resumen de los perfiles estratigráficas encontrados. ... 34
Tabla 14. Tabla Resumen de CBR y tipo de suelo. 36
Tabla 15. Clasificación de los suelos de acuerdo al valor de CBR . 36
Tabla 16. Clasificación de la subrasante de acuerdo al valor de CBR 37
Tabla 16. Percentil para determinar el CBR de diseño de acuerdo con el criterio del Instituto del Asfalto 39
Tabla 18. Selección del CBR de Diseño..... 39
Tabla 19. Separación máxima entre las juntas (Criterio I). 44
Tabla 20. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga..... 45
Tabla 21. Recomendación para barras de anclajes 46

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Tabla 22. Propiedades físico-mecánicas de los materiales encontrados, box. 49
Tabla 23. Propiedades físico-mecánicas de los materiales encontrados, teniendo en cuenta los resultados de SPT..... 50
Tabla 24. Coeficiente de Poisson, según el material. 51
Tabla 25. Coeficiente de Balasto. 53
Tabla 26. Correlación para la determinación del Angulo de Fricción Interna. 54
Tabla 27. Relación de la resistencia al corte no drenado y el ángulo de fricción 55
Tabla 28. Corrección de número de golpes y cálculo del ángulo de fricción. 58
Tabla 29. Evaluación de la Capacidad Portante a diferentes profundidades – Zapata. 64

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación geográfica del proyecto. 10
Ilustración 2. Mapa de Amenazas Naturales en el Departamento del Atlántico. 14
Ilustración 3. Subregionalizaciòn funcional del departamento del Atlántico. 17
Ilustración 4. Geología del municipio de Polonuevo – Departamento del Atlántico. 20
Ilustración 5. Mapa sísmico de Colombia. 26
Ilustración 6. Selección del CBR de Diseño. 40
Ilustración 7. Esquematización de cimentación. 60

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

1. GENERALIDADES

En la vía ubicado en el municipio de Baranoa - Departamento del Atlántico, donde se proyecta la construcción de vía en pavimento rígido y box culvert. Por lo anterior el ingeniero **LUIS FERNANDO OLIVARES**, solicitó a la ingeniera **LORENA CABAS VASQUEZ**, la elaboración de los estudios geotécnicos correspondientes.

Las muestras de campo fueron recogidas, y en el presente trabajo se muestran los resultados, conclusiones y recomendaciones pertinentes al estudio geotécnico.

Inicialmente se relaciona la información que se obtuvo previamente, también se hace referencia a las características geomorfológicas del sitio y de su entorno en general, el alcance del proyecto a ejecutar, a la investigación de campo que fue realizada y a los ensayos de laboratorio ejecutados.

Se desarrolla el análisis de los datos obtenidos en el campo y el laboratorio; se determinan las características del sub-suelo, su estratigrafía y se realiza la interpretación geotécnica de los resultados.

Finalmente, se define el tipo de pavimento que se adecua más a la obra en referencia y el CBR de diseño, su proceso constructivo, recomendación de estabilización del suelo de soporte de las estructuras box, evaluación de capacidad portante y se dan

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

recomendaciones para garantizar el buen comportamiento del sistema y la estabilidad de la misma.

1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objeto del presente estudio es analizar las características geotécnicas y mecánicas del lote, también de los suelos y materiales de fundación, ubicación del nivel freático si se encuentra y la identificación de problemas en el suelo, tipo de formación geológica, accidentes topográficos, y a las características hidrológicas del sitio, determinar el CBR de diseño, el tipo de pavimento más adecuado para el proyecto, la capacidad de soporte del terreno y dar las recomendaciones de construcción necesarias para la ejecución del mismo.

1.2 ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

Dentro de los alcances del estudio se incluyen las siguientes actividades:

- Evaluar las propiedades mecánicas de las muestras recogidas en los apiques realizados (resistencia, compresibilidad, etc.).

- Recomendaciones de estabilización del terreno si es necesario y el cálculo de la capacidad portante del terreno.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

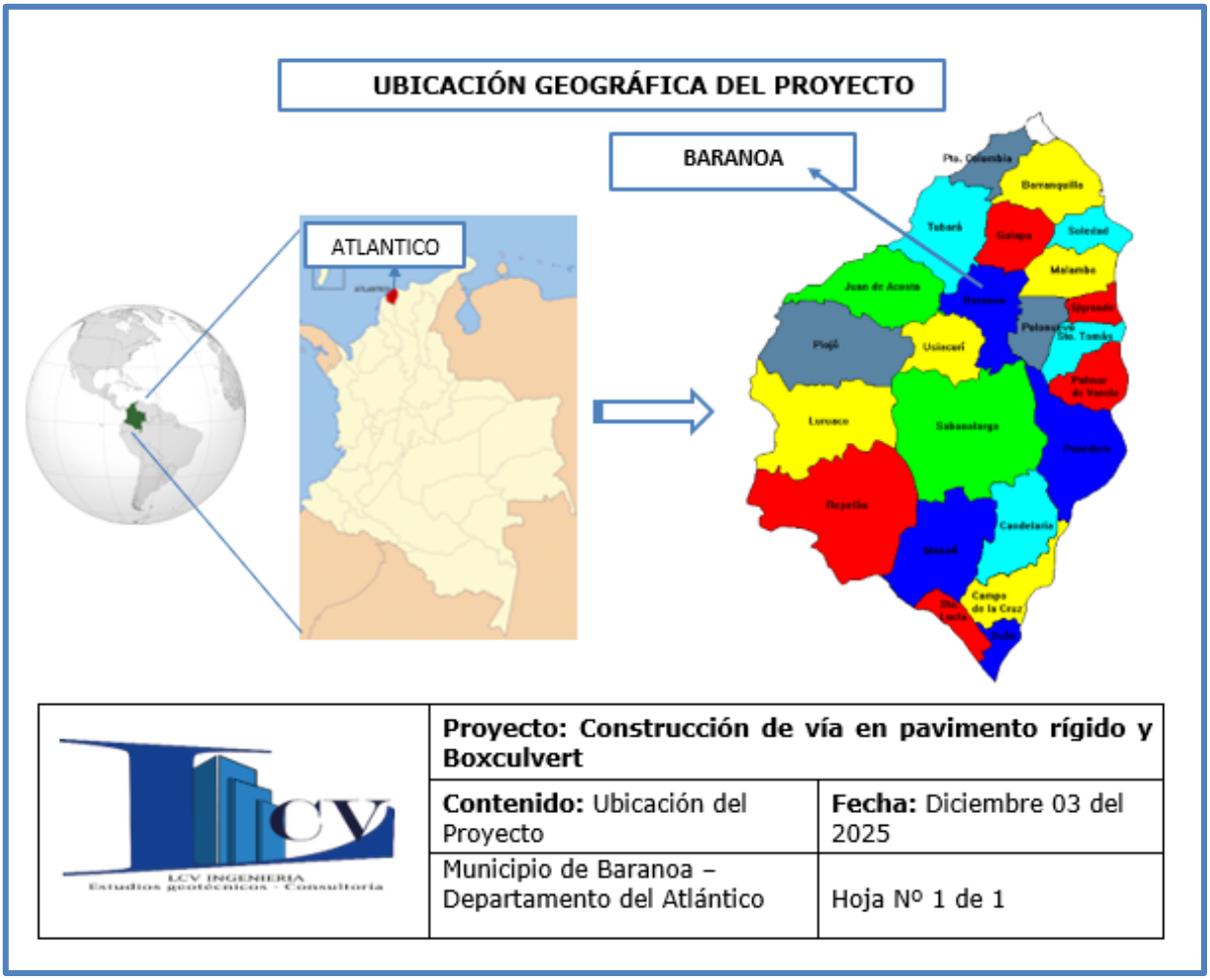
- Con la información anterior, recomendar el tipo de pavimento apropiada para el proyecto, características de la estructura y recomendación de acuerdo al tipo de suelo encontrado CBR de diseño.

- Detectar si existen problemas en la interacción suelo-estructura y problemas potenciales de asentamientos y los métodos constructivos más adecuados para la buena ejecución del proyecto.

1.3 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra localizado en el Municipio de Baranoa – Departamento del Atlántico, la zona en estudio está ubicada en un sector de características rurales.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx



LCV INGENIERIA Estudios geotécnicos - Consultoría	**Proyecto: Construcción de vía en pavimento rígido y Boxculvert**	
	Contenido: Ubicación del Proyecto	**Fecha:** Diciembre 03 del 2025
	Municipio de Baranoa – Departamento del Atlántico	Hoja Nº 1 de 1

Ilustración 1. *Ubicación geográfica del proyecto.*

2. INVESTIGACION DEL SUB-SUELO

Para el desarrollo de la investigación, se recopilo y evaluó toda la información geotécnica pertinente, la información sobre las condiciones del sitio, su entorno y demás consideraciones que pudiesen afectar el proyecto.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

2.1 CARACTERISTICAS DEL SITIO

2.1.1 Localización del Sitio

El sitio motivo del presente estudio se encuentra en el municipio de Baranoa - Departamento del Atlántico, exactamente en la Calle 20ª con carrera 13 y con carrera 14; en una zona que tiene características residenciales.

El municipio de Baranoa - Departamento del Atlántico, en una zona que tiene características residenciales. El municipio limita al norte con los municipios de Galapa y Tubará; al sur, con el municipio de Sabanalarga; al este con los municipios de Polonuevo y Malambo y al oeste con los municipios Juan de Acosta y Usiacurí.

El municipio de Baranoa, no tiene playas ni puertos. La tipología del terreno es muy plana, lo que quiere decir que es relativamente caliente, su terreno plano ayuda y es muy importante para la agricultura. Presentando áreas de mayor relieve hacia el occidente y noroccidente que pertenecen al Sistema Montañoso Atlántico-Bolivarense, al que pertenece el colinado corregimiento de Sibarco, en su estrecha vecindad con el municipio de Tubará.

Geografía

Es un municipio sin playas ni puertos. La tipología del terreno es muy plana, lo que quiere decir que es relativamente caliente, su terreno plano ayuda y es muy importante para la agricultura.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Presentando áreas de mayor relieve hacia el occidente y noroccidente que pertenecen al Sistema Montañoso Atlántico-Bolivarense, al que pertenece el colinado corregimiento de Sibarco, en su estrecha vecindad con el municipio de Tubará.

2.1.2 Características de las edificaciones adyacentes

Cerca del sitio de interés no se observan de uso principal residencial.

2.1.3 Accidentes Geomorfológicos

En las exploraciones no se detectaron cavernas, corrimientos u otros accidentes similares que representen riesgos para las construcciones.

2.2 CONDICIONES DEL ENTORNO

2.2.1 Geología

Gran parte Departamento del Atlántico, está asentada sobre la formación de su nombre, correspondiente a la edad terciaria superior, la cual según la clasificación propuesta por Raasveldt pertenece al plioceno.

Esta formación está constituida por capas de aproximadamente 20 metros de espesor, con buzamientos muy suaves que raras veces se alejan de la horizontal y reposa de manera discordante sobre las formaciones antiguas del terciario; las cuales se encuentran fuertemente plegadas por acción de la orogénesis andina que

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

finaliza en las postrimerías del Mioceno. Las capas están compuestas principalmente por margas, calizas de arrecifes coralinos, arenas calcáreas coralinas, arenas de playa, cieno.

La formación geológica del Departamento del Atlántico que aflora en el sector analizado corresponde a los depósitos de llanura aluvial, constituidos por arenas, arcillas y, en menor proporción gravas. Las formaciones que afloran en el lote evaluado corresponden a depósitos de origen fluvial de edad cuaternaria asociada a la dinámica del rio Magdalena y sus principales fluentes. Los depósitos de origen aluvial corresponden a materiales heterogéneos donde abundan arenas, arcillas, limos y algo de gravas; producto de la sedimentación del rio Magdalena en época pretérita. Estos materiales depositados en la zona por perdida de la energía de transporte del fluido que los moviliza, han desarrollado formas planas, como terrazas ligeramente inclinados hacia la dirección de la escorrentía.

Baranoa es cabecera municipal, con respecto a las amenazas naturales; se presenta movimientos por remoción de masas, tal como se aprecia en el siguiente mapa:

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

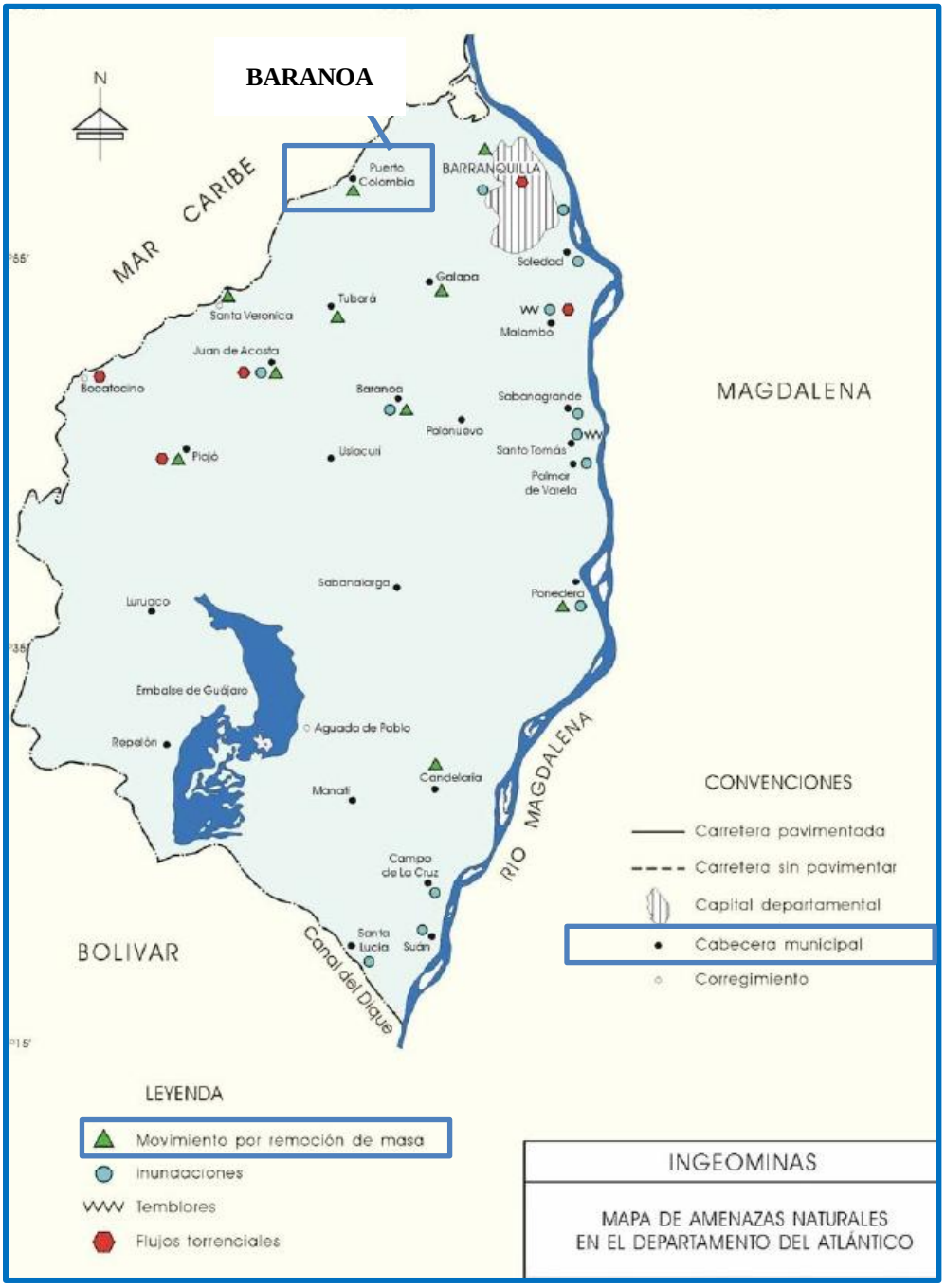


Ilustración 2. *Mapa de Amenazas Naturales en el Departamento del Atlántico.*

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Movimientos por remoción en masa:

Este fenómeno generalmente no involucra grandes volúmenes de tierra o rocas en esta parte del país, los deslizamientos o hundimientos afectan a las carreteras en las zonas de colinas con laderas susceptibles a la inestabilidad a consecuencia de las fuertes lluvias o movimientos sísmicos. Son principalmente vulnerables Barranquilla, Piojó, Galapa, Baranoa, Tubará y Juan de Acosta. Los deslizamientos más conocidos han ocurrido en los barrios localizados al occidente de Barranquilla (Las Terrazas, Carlos Maisel, San Felipe, entre otros). Los procesos de erosión costera son provocados por la acción del mar que remueve el material de las playas y causa.

La región Caribe colombiana presenta como eventos relacionados con amenaza y riesgo, las inundaciones y en menor proporción los movimientos de remoción en masa y fenómenos de sismicidad que son mucho más localizados.

Las inundaciones generalmente corresponden a procesos naturales de normal ocurrencia periódica. Actualmente, el fenómeno de la inundación es cada vez más frecuente y la mayoría de las poblaciones, tanto rurales como urbanas, son afectadas por esta amenaza, con daños en las poblaciones, en la infraestructura y en los bienes y servicios.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

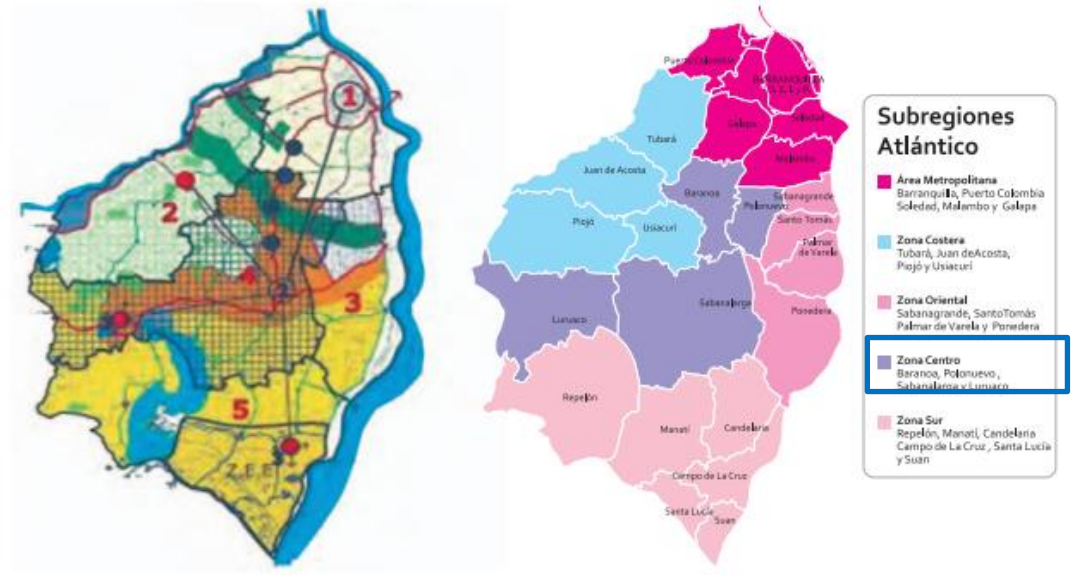
Tabla 1. *Amenazas en la región Caribe.*
Fuente: *Plan Departamental de Gestión de Riesgo.*

AMENAZAS	CAUSAS	EFECTOS
Inundaciones	Desborde de río principal	Además de las perdidas en bienes materiales y vidas, se presentan problemas en las actividades económicas, tales como la afectación en cultivos y áreas de pasto para ganadería. También se rompe el balance hídrico del área, generando a su vez, una sustancial disminución de la productividad pesquera al reducirse las migraciones reproductivas y la oferta de nutrición de los peces de importancia comercial
	Encharcamiento por aguas lluvias	
	Aportes laterales de afluentes	
Remoción En Masa	Deslizamientos de tierra	Sepultamiento de viviendas y poblaciones, taponamiento de vías y destrucción de infraestructura, como acueducto, puentes, etc.
	Avalanchas	
	Caídas de rocas	
Erosión	Naturales	Degradación de los suelos, perdida de fertilidad, aumento de la lixiviación en épocas lluviosas, pérdida de la retención de las aguas, ocasionando que muchos arroyos y quebradas no tengan agua en los períodos secos, en tanto que en épocas de lluvias, las capas de materia orgánica expuestas al impacto de estas, sean arrastradas.
	Antrópicas	
Sismos	Sismos Volcánicos	Desplazamiento de poblaciones cercanas a los lugares donde ocurren movimientos sísmicos, destrucción de infraestructura urbana y vial. Migración de fauna
	Sismos Tectónicos	
	Sismos Locales	
Sequia	Desertificación	Se genera una baja productividad de los suelos, disminución de afluentes (agua), perdida de capa vegetal, erosión intensivas, etc.
	Desertización	
Incendios Forestales	Naturales	Disminución de capa vegetal, migración de especies de animales, cambios en los ciclos hidrológicos, incremento del PH en los suelos, aumento de la erosión, aumento en la emisión de gases de efecto invernadero, destrucción de los recursos naturales para el sustento de la población.
	Antrópicas	
Amenazas Antrópicas	Tecnológicos	Disminución de la calidad de vida de la población, afectación en todos los renglones de la economía, contaminación de las aguas, los suelos, el aire; aumento de los gases de efecto invernadero, etc.

Desde la secretaria de Planeación Departamental se ha construido la denominada Agenda 2020 para el Atlántico, dentro de la que se definen cinco subregiones principalmente a partir de la funcionalidad de las mismas y que al tiempo esta deriva de las potencialidades de cada territorio.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Ilustración 3. *Subregionalizaciòn funcional del departamento del Atlántico.*
Fuente: *Plan Departamental de Gestión de Riesgo, Visión 2020, Gobernación del Atlántico, secretaria de Planeación, DNP 2011. DNP.*



La composición de las subregiones según los municipios, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. *Composición de las Subregiones, según municipios.*
Fuente: *Plan Departamental de Gestión de Riesgo*

Subregión	Municipios
Metropolitana	Barranquilla, Puerto Colombia, Soledad, Malambo y Galapa.
Costera	Tubará, Juan de Acosta, Piojó y Usiacuri.
Oriental	Sabanagrande, Santo Tomas, Palmar de Varela y Ponedera.
Centro	Baranoa, Polonuevo, Sabanalarga y Luruaco.
Sur	Repelón, Manatí, Candelaria, Campo de la Cruz, Santa Lucia y Suan.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Los municipios que compone cada subregión comparten condiciones amenazantes similares y se pueden agrupar en grandes categorías, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. *menazas de mayor relevancia según subregiones.*
Fuente: *Plan Departamental de Gestión de Riesgo*

Subregión	Municipios	Amenazas de mayor relevancia
Metropolitana	Barranquilla, Puerto Colombia, Soledad, Malambo y Galapa.	Amenazas tecnológicas, Inundación súbita
Costera	Tubara, Juan de Acosta, Piojo y Usiauri.	Erosión costera, Inundación súbita, Deslizamientos
Oriental	Sabanagrande, Santo tomas, Palmar de Varela y Ponedera.	Erosión fluvial, Inundación
Centro	Baranoa, Polonuevo, Sabalarga y Luruaco.	Deslizamientos, Tecnológicas, inundaciones.
Sur	Repelon, Manatí, Candelaria, Campo de La cruz, Santa Lucia y Suan.	Inundación lenta y súbita

Por lo cual en el municipio de interés del proyecto se presentan amenazas de mayor relevancia tales como: Erosión fluvial e inundaciones.
Subregión centro: Municipios Baranoa, Polonuevo, Sabanalarga y Luruaco.

Después de realizar esta identificación se realizó una valoración/calificación de las mismas según variables como frecuencia, intensidad y territorio afectado, para el cual se obtuvieron los siguientes resultados (Plan departamental de gestión de riesgo):

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Tabla 4. *Calificación de Amenazas según intensidad, frecuencia y territorio afectado en la subregión Centro del Atlántico.*
Fuente: *Plan Departamental de Gestión de Riesg.*

TIPO DE AMENAZA	FRECUENCIA		INTENSIDAD		TERRITORIO AFECTADO		CALIFICACIÓN DE LA AMENAZA	
	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	VALOR	CALIFICACIÓN
Remoción en masa	2	Media	1	Baja	1	Baja	4	MEDIA
Tornados/vientos fuertes/ vendavales	2	Media	1	Baja	1	Baja	4	MEDIA
Inundación por arroyos/rio	3	Alta	2	Media	2	Media	7	ALTA
Incendios forestales	3	Alta	2	Media	1	Baja	6	MEDIA
Contaminación de recursos naturales	3	Alta	1	Baja	1	Baja	5	MEDIA
Tecnológico (incendio estructural, fugas, derrames, explosiones)	3	Alta	2	Media	2	Media	7	ALTA
Ataque de abejas africanas	2	Media	1	Baja	1	Baja	4	MEDIA
Embestida de animales (corralejas)	3	Alta	1	Baja	1	Baja	5	MEDIA

En la subregión centro como alta fueron identificadas la amenaza tecnológica asociada con actividades industriales y de transporte de sustancias peligrosas, caracterizada por derrames, fugas, explosiones, incendios; aunque no pueden dejar de mencionarse los incendios de cobertura vegetal que alcanzan un valor alto y que pone en evidencia a la propensión de estos municipios a resultar afectados en sus áreas rurales por este tipo de evento.

Para la caracterización geológica del municipio de Baranoa se consultó el mapa geológico de INGEOMINAS, correspondiente en el mapa geológico de Colombia y su memoria explicativa, información que mediante una visita del equipo de geotecnia fue verificada en campo, contrastando con los registros de las exploraciones ejecutadas. La siguiente imagen, ilustra de manera regional y local el modelo geológico de Colombia y del municipio; se observa que

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

predominan los depósitos del periodo Neogeno - N y de la edad Mesiniano n6, exactamente Q-e depósitos eólicos (dunas).

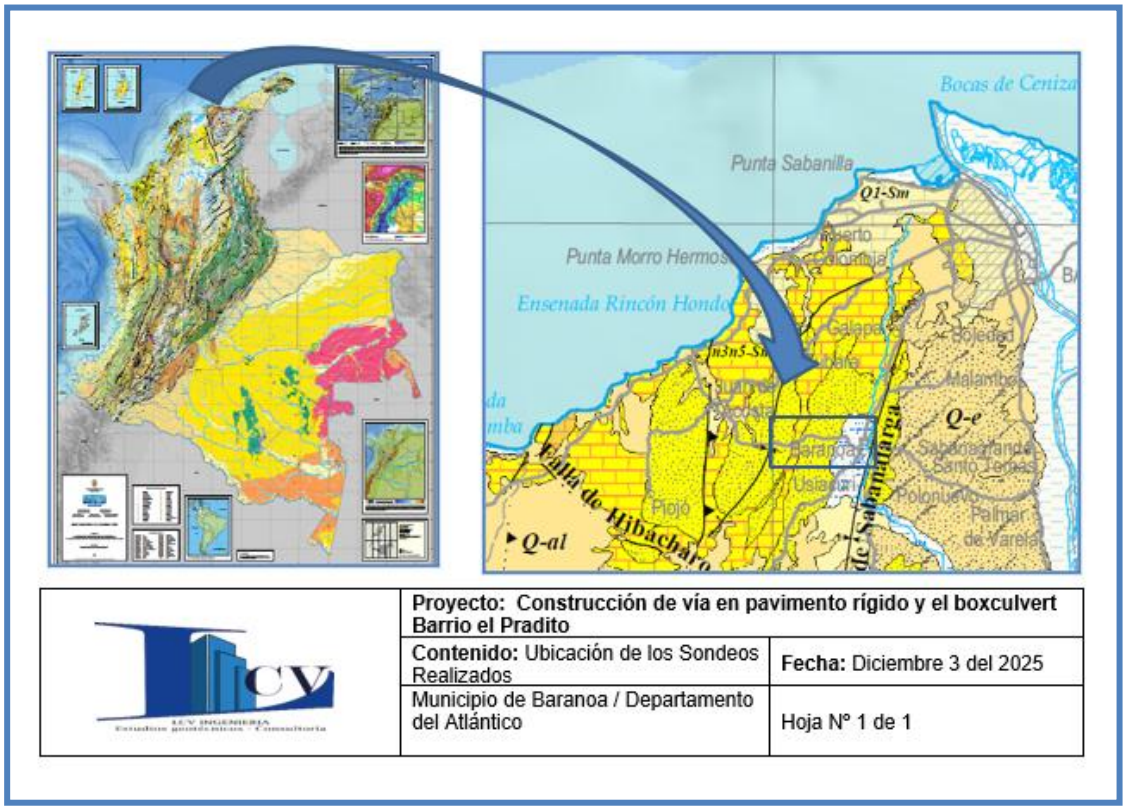


Ilustración 4. *Geología del municipio de Polonuevo – Departamento del Atlántico.*

Fuente: *Instituto de investigación e información geo científica, minero – ambiental y nuclear INGEOMINAS.*

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

2.2.2 Sismicidad

a) Sismicidad en la Costa

Todo el Caribe colombiano es considerado como de Sismicidad Baja de acuerdo con la información histórica existente. Como fuentes sismo génicas en el área se destacan las fallas de Oca, Cuiza, Santa Marta, Urumita, Punta Canoa y Rosario, estas dos últimas postuladas por Vernette y otros (1993), con dirección E-W. Del mismo modo se consideran como fuentes sismogénicas de primer orden la Falal Romeral, Mamonal de dirección NNE y el cinturón deformado del Caribe meridional. La región se caracteriza por el registro histórico de sismos en la mayoría de magnitud MS entre 4.1-5.5 y menores; aunque igualmente se presentan registros de sismos de magnitudes mayores asociadas al cinturón deformado del Caribe meridional.

Los sismos cuyo epicentro se ha demarcado en cercanías de la ciudad de Cartagena (Escallon y otros 1993), Ingeominas 1993) son de magnitud de 4.1 – 5.5 y por su ubicación podrían relacionarse con las fallas de Canoas y Mamonal. Haciendo el análisis de recurrencia de magnitudes en un área de 250 Km. De radio alrededor de Barranquilla y siguiendo la metodología expresada por Sarrias (1990), se encontró la probabilidad de ocurrencia de un sismo de MS = 6.8 en esta zona. De igual manera se determinó la predominancia del sismo de magnitud pequeña en esta región. Estos resultados preliminares son apenas una pequeña

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

aproximación de la inexactitud introducida por la predominancia de eventos de magnitud pequeña, que camuflan la probabilidad de sismos de magnitud más grande con un parido de recurrencia mayor al registrado histórico. Por lo anterior se indica el numero bajo de epicentros localizados en el área analizada (74 epicentro) la mayoría de los cuales no presenta localización instrumental.

b) Sismicidad en la Zona

Para la selección del tipo de perfil de suelo se fundamentó el criterio del numeral A.2.4.3 del NSR-10 con base en los 30 m superiores del mismo y considerando ensayos realizados en muestras tomadas al menos cada 1.50 m de espesor del suelo. Estos parámetros son:

(a) la velocidad media de la onda de cortante, **vs**, en m/s,

(b) el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar, **N**, en golpes/píe a lo largo de todo el perfil, o,

(c) cuando se trate de considerar por separado los estratos no cohesivos y los cohesivos del perfil, para los estratos de suelos no cohesivos se determinará el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar, **Nch** , en golpes/píe, y para los cohesivos la resistencia media al corte obtenida del ensayo para determinar su resistencia no drenada, **su** , en kPa. Además, se emplean el Índice de Plasticidad (**IP**), y el contenido de agua en porcentaje, **w.** Para tal fin se utilizó como método de selección del tipo de perfil el número N promedio a lo largo de todo el perfil, siendo este N > 15; arrojando perfil de suelos D.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Tabla 5. *Clasificación de los perfiles de suelo*

Fuente: *NSR-10.*

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	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ 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)	

Tabla 6. *Calculo tipo perfil de suelo*

Fuente: *NSR-10.*

A.2.4.3.1 — ***Velocidad media de la onda de cortante*** — La velocidad media de la onda de cortante se obtiene por medio de:

$$\bar{v}_s = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{v_{si}}} \qquad \text{(A.2.4-1)}$$

donde:

v_{si} = velocidad media de la onda de cortante del suelo del estrato i, medida en campo, en m/s

d_i = espesor del estrato i, localizado dentro de los 30 m superiores del perfil

A-20

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

NSR-10 — Capítulo A.2 — Zonas de amenaza sísmica y movimientos sísmicos de diseño

$\sum_{i=1}^{n} d_i$ = 30 m siempre

A.2.4.3.2 — ***Número medio de golpes del ensayo de penetración estándar*** — El número medio de golpes del ensayo de penetración estándar se obtiene por medio de los dos procedimientos dados a continuación:

(a) ***Número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil de suelo*** — El número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil de suelo, indistintamente que esté integrado por suelos no cohesivos o cohesivos, se obtiene por medio de:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{N_i}} \qquad \text{(A.2.4-2)}$$

donde:

N_i = número de golpes por pie obtenidos en el ensayo de penetración estándar, realizado in situ de acuerdo con la norma ASTM D 1586, haciendo corrección por energía N60, correspondiente al estrato i. El valor de N_i a emplear para obtener el valor medio, no debe exceder 100.

di		24	
SONDEO 1			
Prof (m)	Nspt	N60	di/Ni
0,5	10	6	0,08889
1	18	10	0,04938
1,5	18	10	0,04938
2	22	12	0,04040
2,5	30	17	0,02963
3	21	12	0,04233
3,5	24	14	0,03704
4	27	15	0,03292
4,5	28	18	0,02801
5	33	21	0,02377
5,5	35	22	0,02241
6	36	23	1,02302
TOTAL ∑			**1,4672**

di		24	
SONDEO 2			
Prof (m)	Nspt	N60	di/Ni
0,5	9	5	0,09877
1	9	5	0,09877
1,5	14	8	0,06349
2	16	9	0,05556
2,5	21	12	0,04233
3	26	15	0,03419
3,5	27	15	0,03292
4	29	16	0,03065
4,5	28	18	0,02801
5	30	19	0,02614
5,5	33	21	0,02377
6	35	22	1,07563
TOTAL ∑			**1,6102**

N prom	**18,63**

N prom	**20,45**
# SONDEOS	2
Nprm en	20
Perfil de suelo	**D**

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Si se requiere la clasificación exacta del tipo de perfil de suelo encontrado se debe determinar la velocidad media de la onda de cortante, **vs**, en m/s, con base en los 30 m superiores de la exploración geotécnica.

Con el propósito de dar cumplimiento a lo estipulado en las normas Sismo resistentes colombiana (El decreto 926 de 2010 de marzo de 2010, NSR-10) se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

Tabla 7. *Características de la zona del proyecto.*

CARACTERISTICA	***VALOR***
Localidad	Baranoa
Riesgo sísmico	Bajo
Coeficiente de aceleración Pico esperado Para diseño (Aa)	0.10
Coeficiente de Velocidad pico efectiva (Av)	0.10
Coeficiente de ampliación que modifica la Aceleración en periodos intermedios, Fv (NSR- tabla A.2.4-4)	2.40
Coeficiente de ampliación que modifica la aceleración en periodos intermedios, Fa (NSR-10 A.2.4-3)	1.60
Tipo de Perfil	**D**

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

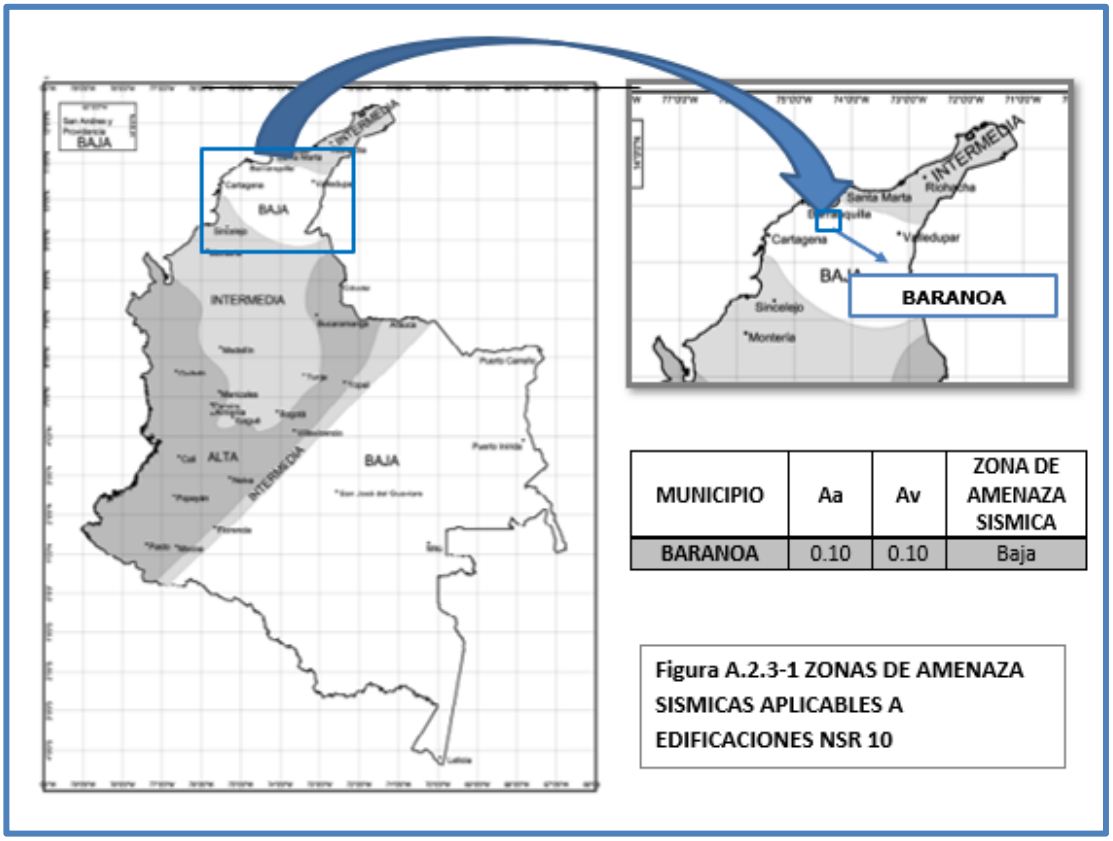


Ilustración 5. *Mapa sísmico de Colombia.*

2.2.3 Clima

En Baranoa, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es ventosa y parcialmente nublada y es muy caliente y opresivo durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 23 °C a 32 °C y rara vez baja a menos de 22 °C o sube a más de 34 °C.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Temperatura

La temporada calurosa dura 2,7 meses, del 30 de marzo al 20 de junio, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 32 °C. El día más caluroso del año es el 28 de abril, con una temperatura máxima promedio de 32 °C y una temperatura mínima promedio de 25 °C.

La temporada fresca dura 4,2 meses, del 14 de octubre al 19 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 31 °C. El día más frío del año es el 22 de enero, con una temperatura mínima promedio de 23 °C y máxima promedio de 31 °C.

Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Baranoa varía considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 6,4 meses, de 8 de mayo a 22 de noviembre, con una probabilidad de más del 23 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 46 % el 18 de octubre.

La temporada más seca dura 5,6 meses, del 22 de noviembre al 8 de mayo. La probabilidad mínima de un día mojado es del 1 % el 18 de enero.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 46 % el 18 de octubre.

Lluvia

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Baranoa tiene una variación extremada de lluvia mensual por estación.

La temporada de lluvia dura 8,4 meses, del 10 de abril al 22 de diciembre, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 14 de octubre, con una acumulación total promedio de 119 milímetros.

El periodo del año sin lluvia dura 3,6 meses, del 22 de diciembre al 10 de abril. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 26 de enero, con una acumulación total promedio de 1 milímetros.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Tabla 8. *Características climáticas de la zona del proyecto.*

CARACTERISTICA	*VALOR*
Precipitación Promedio	943 mm
Temperatura Máxima Promedio	32°C
Temperatura Mínima Promedio	25°C
Velocidad máxima de viento de diseño	130Km/h
Humedad relativa Máxima anual	84%
Humedad relativa media anual	80%
Altura sobre el nivel del mar	118 msnm
Nivel Ceráunico	60 días/año
Velocidad de Viento (figura B.6.4-1, Región 5 NSR 10)	130Km/h

2.2.4 Características del proyecto

De acuerdo con la información suministrada por los solicitantes, el proyecto consiste en la construcción de una vía en pavimento rígido y de un Box Culvert, en el municipio de Baranoa – Departamento del Atlántico.

2.3 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

2.3.1 Investigación del subsuelo

Para la investigación del subsuelo se tomaron dos unidades de construcción, la cual por la altura de las mismas fue categorizada como Baja, con cargas de servicio menores de 800 kN. La selección del número de exploraciones de acuerdo con la categoría de la obra se hizo de acuerdo a la norma tabla H3.2.1.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Tabla 9. *Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción*

Fuente: *Norma Sismo Resistente NSR-10*

Categoría de la unidad de construcción

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5

Número mínimo de sondeos 3 por unidad de construcción a partir de ella y de acuerdo a lo que manifiesta la norma, realizadas con equipo mecánico de percusión programada a 6 mts, esto se realizó con el objetivo de conocer el perfil estratigráfico del subsuelo.
A través de ellos se recuperaron muestras inalteradas y alteradas del subsuelo del sitio en estudio.

Según el criterio ingenieril del evaluador del presente informe considera que se realices dos (2) Sondeos en la zona de box, programados a 6.00 mts; estas perforaciones se realizaron equipo mecánico de percusión conocido como SPT, la metodología SPT que se llevó a cabo para la realización de los tres primeros sondeos es la normalizad como ASTM D 1586, conocida como Ensayo de Penetración Estándar (STANDARD PENETRATION TEST, SPT).

Para la exploración se utilizó un equipo adicionado con una pesa de 620 N y con caída libre de 0.76 m. El ensayo consiste en contar el número de golpes necesarios para hacer penetrar un elemento

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

normalizado (penetrómetro) una distancia de 0.3 m. en el suelo de fundación.

Los resultados obtenidos con la prueba S.P.T. sirven para correlacionar características de los suelos, tales como: peso unitario, densidad relativa, consistencia, ángulo de fricción interna y corte directo entre otros; sin embargo, estas correlaciones deben estar acompañadas de un criterio adecuado basado en la experiencia del Ingeniero Geotécnico.

Para la vía se ejecutó dos (2) apiques a 1.50 mts de profundidad, ejecutados manualmente con su respectivo CBR, además se hicieron ensayos de granulometría, límites de Atterberg, humedad, etc., con el objetivo de conocer el perfil estratigráfico del subsuelo.

2.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras que se tomaron fueron de naturaleza alterada, se seleccionaron en forma visual a algunas de estas para ser sometidas.

En el laboratorio a los ensayos principales de acuerdo a las necesidades del proyecto y a las características de los suelos del sitio, entre otros pesos unitarios, contenidos de humedad, gradación completa.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Tabla 10. *Ensayos realizados*

Ensayos de laboratorio	Norma ASTM	Norma NTC
Contenido de Humedad Natural	ASTM D 2216-22	NTC 1495
Granulometría por tamizado	ASTM 422-63	NTC 1522
Límites de Atterberg	ASTM D 4318-95	NTC 4630

Tabla 11. *Resumen de los ensayos realizados.*

GRANULOMETRIAS Y LIMITES DE ATTERBERG -SONDEOS									
DESCRIPCION	**PROFUNDIDAD**	**TIPO DE SUELO**	**CLASIFICACION USC**	**% DE FINO**	**% DE ARENA**	**% DE GRAVAS**	**LIMITE LIQUIDO**	**LIMITE PLASTICO**	**INDICE DE PLASTICIDAD**
Apique 1	0,00 - 0,50	Arena Limosa	SM	14,30	71,24	14,46	NP	NP	NP
	1,00 - 1,50	Arena Limosa	SM	2,80	85,58	10,64	NP	NP	NP
Apique 2	0,00 - 0,50	Arcilla	CL	79,50	18,97	1,51	40,57	20,16	20,41
	1,0 - 1,50	Arcilla	CL	77,50	20,51	1,99	40,02	20,18	19,84
Sondeo 1	0,00 - 0,50	Arena Limosa	SM	8,00	83,42	8,61	NP	NP	NP
	1,00 - 1,50	Arena Limo Arcillosa	SM-SC	32,20	67,77	0,00	20,58	14,12	6,46
	3,00 - 3,50	Arcilla	CL	50,20	49,84	0,00	24,77	12,80	11,97
	4,00 - 4,50	Arcilla	CL	61,20	38,83	0,00	30,53	15,10	15,43
Sondeo 2	0,00 - 0,50	Arena Limosa	SM	5,30	86,36	8,39	NP	NP	NP
	1,00 - 1,50	Arena Arcillosa	SC	39,90	60,15	0,00	20,53	13,37	7,16
	2,50 - 3,00	Arena Arcillosa	SC	26,70	73,33	0,00	23,44	13,15	10,29
	3,50 - 4,00	Arena Arcillosa	SC	26,70	73,33	0,00	33,61	16,71	16,90

CONTENIDO DE HUMEDAD							
SONDEO	**MUESTRA**	**UBICACION**	**PROFUNDIDAD**	**T+SH**	**T+SS**	**T**	**W%**
1	1	CALLE 20A - CRA 13	0,00 - 0,50	166,8	155,2	33,2	9,51
1	2	CALLE 20A - CRA 13	0,50 - 1,00	63	57,4	7,4	11,20
1	3	CALLE 20A - CRA 13	1,00 - 1,50	224,5	204,5	34,3	11,75
1	4	CALLE 20A - CRA 13	1,50 - 2,00	62,1	56,3	4,5	11,20
1	2	CALLE 20A - CRA 13	2,00 - 2,50	84,5	75,2	4	13,06
1	6	CALLE 20A - CRA 13	2,50 - 3,00	57,9	50	4	17,17
1	7	CALLE 20A - CRA 13	3,00 - 3,50	220,9	195	36,2	16,31
1	8	CALLE 20A - CRA 13	3,50 - 4,00	65,6	57,1	3,7	15,92

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

1	9	CALLE 20A - CRA 13	4,00 - 4,50	67	58,6	4	15,38
1	10	CALLE 20A - CRA 13	4,50 - 5,00	65,8	57,3	4,3	16,04
1	11	CALLE 20A - CRA 13	5.00 - 5.50	60	52	5	17,02
1	12	CALLE 20A - CRA 13	5,50 - 6.00	77	66,4	4,1	17,01

CONTENIDO DE HUMEDAD							
SONDEO	MUESTRA	UBICACION	PROFUNDIDAD	T+SH	T+SS	T	W%
2	1	CALLE 20A - CRA 14	0,00 - 0,50	170,2	162,2	35,7	6,32
2	2	CALLE 20A - CRA 14	0,50 - 1,00	85,2	78,9	4,9	8,51
2	3	CALLE 20A - CRA 14	1,00 - 1,50	279,4	254,5	34,1	11,30
2	4	CALLE 20A - CRA 14	1,50 - 2,00	55,2	49,4	4	12,78
2	2	CALLE 20A - CRA 14	2,00 - 2,50	70,0	63,3	4,5	11,39
2	6	CALLE 20A - CRA 14	2,50 - 3,00	207,4	188,9	34,8	12,01
2	7	CALLE 20A - CRA 14	300 - 3,50	43,6	39,6	4,3	11,33
2	8	CALLE 20A - CRA 14	3,50 - 4,00	183,0	169,3	56,1	12,10
2	9	CALLE 20A - CRA 14	4,00 - 4,50	78,6	70,8	7,4	12,30
2	10	CALLE 20A - CRA 14	4,50 - 5,00	73,8	66,7	5,7	11,64
2	11	CALLE 20A - CRA 14	5,00 - 5,50	48,3	43	4,3	13,70
2	12	CALLE 20A - CRA 14	5,50 - 6,00	37,0	33	6	14,81

CONTENIDO DE HUMEDAD							
SONDEO	MUESTRA	UBICACION	PROFUNDIDAD	T+SH	T+SS	T	W%
Ap 1	1	CALLE 20A - CRA 13	0,00 - 0,50	257,4	247,8	55,5	4,99
Ap 1	2	CALLE 20A - CRA 13	0,50 - 1,00	66,5	64,2	4,1	3,83
Ap 1	3	CALLE 20A - CRA 13	1,00 - 1,50	221,2	215,7	34,9	3,04

CONTENIDO DE HUMEDAD							
SONDEO	MUESTRA	UBICACION	PROFUNDIDAD	T+SH	T+SS	T	W%
Ap 2	1	CALLE 20A - CRA 14	0,00 - 0,50	215,4	194,9	55,7	14,73
Ap 2	2	CALLE 20A - CRA 14	0,50 - 1,00	52,4	46,3	4	14,42
Ap 2	3	CALLE 20A - CRA 14	1,00 - 1,50	73,4	65	4,4	13,86

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

3. GEOTECNIA DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. ESTRATIGRAFÍA

De acuerdo a los registros de perforación y el análisis de las muestras de suelo, se pudo determinar que, entre la superficie y las máximas profundidades exploradas, el subsuelo está conformado de la siguiente forma:

Tabla 12. *Resumen de los perfiles estratigráficas encontrados.*

APIQUE 1				
PROFUNDIDAD (m)	**MATERIAL**	**COLOR**	**HUMEDAD**	**OBSERVACIONES**
0,00 - 1,50	Arena Limosa	Amarilla	Humedad Baja	Con gravas

APIQUE 2				
PROFUNDIDAD (m)	**MATERIAL**	**COLOR**	**HUMEDAD**	**OBSERVACIONES**
0,00 - 1,50	Arcilla	Marrón claro	Humedad Media	

SONDEO 1				
PROFUNDIDAD (m)	**MATERIAL**	**COLOR**	**HUMEDAD**	**OBSERVACIONES**
0,00 - 0,50	Relleno de arena limosa	Marrón claro	Humedad Baja	Con gravas
0,50 - 1,50	Arena Limo Arcillosa	Marrón claro	Humedad Baja	
1,50 - 6,00	Arcilla	Habano con vetas grises y amarillas	Humedad Media	Con presencia de caliza

SONDEO 2				
PROFUNDIDAD (m)	**MATERIAL**	**COLOR**	**HUMEDAD**	**OBSERVACIONES**
0,00 - 0,50	Relleno de arena limosa	Marrón claro	Humedad Baja	Con gravas pequeñas

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

0,50 - 2,50	Arena Arcillosa	Marrón oscuro	Humedad Baja	

3.2. NIVEL FREÁTICO

Uno de los aspectos más importantes es el lograr detectar durante el proceso de perforación la existencia del agua subterránea; ya que la presencia de agua, en relación a los esfuerzos, produce una disminución de las propiedades de resistencia; además de flujo y erosión interna.

En la fecha de la exploración de campo, no se detectó presencia de nivel freático.

4. CARACTERISTICAS DEL MATERIAL ENCONTRADO

A continuación, se analizarán las propiedades físico-mecánicas de los suelos del lugar para establecer el tipo de estructura de pavimento apropiada y las consideraciones a tener en cuenta para un buen comportamiento de la estructura.

- Los materiales encontrados, a lo largo del lote y de la zona de proyección de pavimento son de grano grueso con presencia de finos para la vía donde se encuentra la arena limosa (SM) de plasticidad nula, de plasticidad baja en presencia de arena limo arcillosa (SM-SC) con índice de plasticidad de 6.46% y de plasticidad baja a media en presencia de arcilla de baja

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

compresibilidad (CL) con índice de plasticidad entre 11.97 a 20.41%.

- Este suelo es heterogéneo.

- Los Valores de CBR para los materiales del sitio arrojan valores entre 3.60% y 7.10%. Tal como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 13. *Tabla Resumen de CBR y tipo de suelo.*

CBR						
Descripción	**Profundidad**	**Tipo de suelo**	**Densidad húmeda (lb/pies3)**	**Densidad seca (lb/pies3)**	**Contenido de humedad (%)**	**CBR (%)**
Apique 1	0,50 - 1,00	Arena Limosa	115,77	103,61	11,70	7,10
Apique 2	0,50 - 1,00	Arena Limosa	123,20	105,60	16,70	3,60

Los CBR encontrados hacen que clasifique como subrasante pobre a regular, tal como se indica en las siguientes tablas:

Tabla 14*. Clasificación de los suelos de acuerdo al valor de CBR*

CBR	***Clasificación General***	***Usos***	***Sistema de Clasificación***	
			Unificado	***AASHTO***
0 - 3	muy pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5,A6,A7
3 - 7	pobre a regular	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A4,A5,A6,A7
7 - 20	regular	Sub-base	OL, CL, ML, SC SM, SP	A2,A4,A6,A7
20 - 50	bueno	Base, Subbase	GM,GC,W,SM SP,GP	A1b,A2-5,A3 A2-6
> 50	excelente	Base	GW, GM	A1-a, A2-4,A3

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Tabla 15. *Clasificación de la subrasante de acuerdo al valor de CBR*

CBR	CLASIFICACION
0 - 5	Subrasante muy mala
5 – 10	Subrasante mala
10 – 20	Subrasante regular a buena
20 – 30	Subrasante muy buena
30 – 50	Subbase buena
50 – 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena

4.1 DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Basados en el análisis de los resultados obtenidos en la investigación geotécnica del terreno en el sitio de interés, se pueden emitir las siguientes observaciones:

- Los materiales encontrados en todos los sondeos realizados en la zona de la vía son de plasticidad nula, donde se encontró arena limosa (SM) y la arcilla de baja compresibilidad (CL).

- Las propiedades físico mecánicas de los estratos encontrados se consideran regular a baja para el proyecto a desarrollar, por lo cual se debe tener en cuenta las recomendaciones del presente informe.

- A la fecha de exploración a lo largo de la vía, no se encontró presencia de Nivel de aguas freáticas, como producto de

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

infiltraciones de escorrentías superficiales o productos de agua del subsuelo, lo que resulta beneficioso a la estructura a construir. No obstante, se destaca que estas condiciones pueden variar de acuerdo al régimen de lluvias y pueden ser causantes de riesgos para la estructura del pavimento.

- La humedad encontrada en las exploraciones realizadas, clasifican como bajas y medias.

- El CBR de campo varían entre 3.60% a 7.10% lo categoriza como subrasante pobre a regular, teniendo en cuenta la situación crítica.

- Los materiales por utilizar en la obra deben ser previamente sometidos a ensayos de laboratorio para su aprobación; además, durante el proceso constructivo se debe realizar el control de calidad con ensayos de campo y laboratorio.

- Con el propósito de evitar las fallas in situ se recomienda la construcción de obras de arte perimetrales al pavimento que de contención que permita, aumentar la estabilización por filtración y/o cualquier régimen de escorrentías.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

4.2 SELECCIÓN DEL CBR DE DISEÑO

Teniendo en cuenta que el pavimento será diseñado para un numero de ejes de 8.2 toneladas en el carril de diseño de 10^4 – 10^6 el percentil a seleccionar para determinar el CBR de diseño es del 75%, tal como se muestra en la siguiente tabla:

***Tabla 16**. Percentil para determinar el CBR de diseño de acuerdo con el criterio del Instituto del Asfalto*

NUMERO DE EJES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO	PERCENTIL A SELECCIONAR PARA DETERMINAR EL CBR DE DISEÑO
$< 10^4$	60.0
$10^4 - 10^6$	75.0
$\geq 10^6$	87.5

En los anexos se presentan los valores de CBR inalterado con su humedad natural, los cuales varían entre 6.60% y 7.10% tal como se indica en la siguiente tabla:

***Tabla 17**. Selección del CBR de Diseño.*

APIQUE	CBR %	NUMERO DE VALORES IGUALES O MAYORES	% VALORES IGUALES O MAYORES
Apique 2	3,60	2	100
Apique 1	7,10	1	50
	Total	**2**	

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

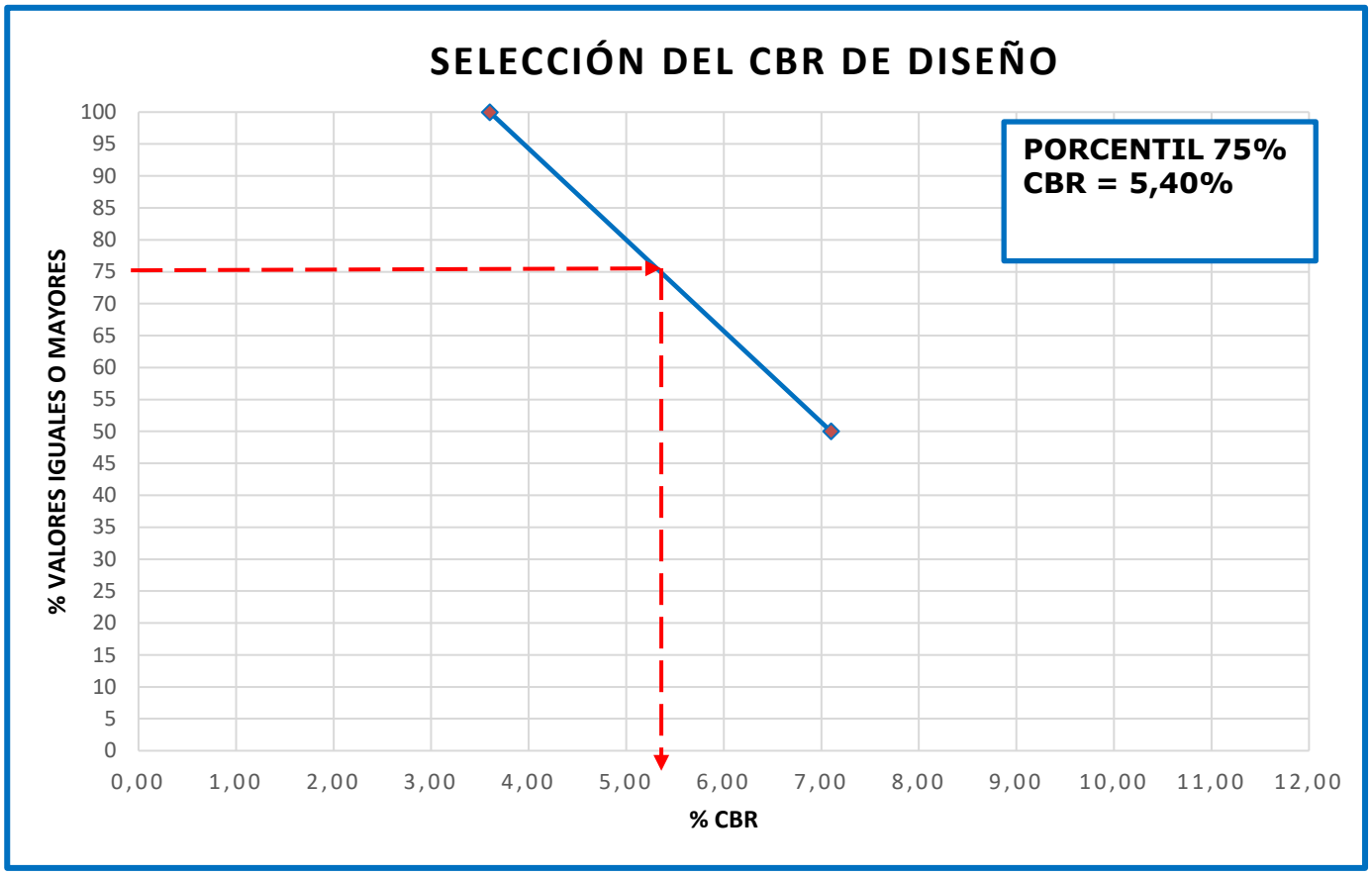


Ilustración 6. *Selección del CBR de Diseño.*

Se selecciona un percentil del 75% que equivale a CBR = 5.40%.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

4.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El material de fundación en la zona de la via corresponde a una arena limosa (SM) y a una arcilla de baja compresibilidad (CL).

- La profundidad del pavimento debe ser la que resulte de un diseño geométrico correspondiente y partiendo de las cotas de sitio para evitar que este se encuentre por encima de cualquier obra que este en la zona.

- Los análisis consignados en el presente informe se basan en los resultados de la exploración y ensayos de laboratorio realizados, de encontrarse perfiles estratigráficos diferentes a los aquí mencionados deberá informarse al ingeniero de suelos para realizar los cambios y ajustes correspondientes.

- Para un adecuado comportamiento de las estructuras de pavimento diseñadas se recomienda dotar la zona de niveles adecuados que permitan evacuar con facilidad las aguas de escorrentía, en lo posible evitar exposiciones prolongadas a la intemperie.

- Para garantizar la seguridad y confort de los usuarios se deben rectificar las características geométricas de la vía

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

existente tanto en planta como en perfil y sección transversal.

- Los materiales por utilizar en la obra deben ser previamente sometidos a ensayos de laboratorio para su aprobación; además, durante el proceso constructivo se debe realizar el control de calidad con ensayos de campo y laboratorio.

- Con el propósito de evitar las fallas in situ se recomienda la construcción de obras de arte perimetrales al pavimento que de contención que permita, aumentar la estabilización por filtración y/o cualquier régimen de escorrentía

- La calidad y construcción de los materiales considerados, para todas las capas del pavimento aquí recomendado, deberá cumplir con las Normas del Instituto Nacional de Vía, última versión.

- El tipo de concreto a utilizar debe tener una resistencia mínima a compresión de 4000 psi.

- Para el pavimento rígido por requerimientos de construcción, retracción del concreto, dilatación térmica y aparición de fisuras, se hace necesaria la presencia de juntas en el pavimento. Por tal motivo se deberán localizar adecuadamente en el terreno los diferentes tipos de juntas

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

(longitudinales, transversales, de contracción, de dilatación y construcción) para controlar eficazmente el agrietamiento potencial causado por cualquiera de los factores mencionados al comienza de este numeral y garantizar la transmisión adecuada de las cargas a la losa adyacente (mediante el empleo de pasadores) con el fin de evitar fallas por deformaciones excesivas o perdida en la calidad del rodamiento.

- El material sellante para la parte superior de las juntas del pavimento rígido deberá asegurar la estanqueidad de la misma y ser resistentes a la agresión de agentes externos, para lo cual deberá permanecer adherido a los bordes de la losa. El material sellante podrá estar constituido por mezclas de cemento asfáltico de penetración inferior a noventa (90) décimas de milímetro o mezclas plásticas de aplicación en frió o caliente. El material que se use para el relleno de las juntas de dilatación, deberá tener la suficiente compresibilidad para permitir la dilatación de las losas sin fluir hacia el exterior, así como capacidad para recuperar la mayor parte de su volumen al descomprimirse. No absorberá agua del concreto fresco y será lo suficientemente impermeable para impedir la penetración del agua exterior.

Tipo de junta: Con barras de amarre y pasadores.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

El diseño de las juntas tiene por objeto controlar la fisuración del concreto y mantener la capacidad estructural y calidad del pavimento. Las juntas en los pavimentos rígidos son necesarias para controlar las grietas longitudinales y transversales.

Las juntas transversales controlan las grietas causadas por la retracción de fraguado del hormigón y por las acciones climáticas (temperatura y humedad). Se deben cumplir las separaciones máximas descritas en la siguiente tabla.

Tabla 18. *Separación máxima entre las juntas (Criterio I).*

Tipo de Agregado Grueso	Separación Máxima de Juntas Transversales (m)	Separación Máxima de Juntas Longitudinales (m)
Piedra Partida	6,0	4,0
Agregado Redondeado	4,5	4,0

Fuente: Pavimentos de Concreto. Manual de Diseño

La transferencia de carga debe hacerse con pasadores de acero liso, de la manera como se recomiendan más adelante. Cuando la interrupción es imprevista, se presenta la necesidad de colocar una junta de construcción. Las barras de acero liso, denominadas pasadores, que conectan entre sí las losas separadas por juntas. Este tipo de mecanismo transmite tanto fuerzas de cizalladura como momento flector, pero debe permitir el libre movimiento horizontal de las losas, por lo cual al menos una mitad del pasador o todo debe engrasarse, a fin de evitar su adherencia con el

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

concreto que lo rodea. Asimismo, esta libertad de movimiento horizontal exige que los pasadores de una junta sean todos paralelos al eje de la calzada. Las juntas transversales deberán estar provistas de pasadores lisos del tipo A-37, los cuales deben estar tratados con pintura epóxica o similar para prevenir la corrosión y engrasados o con desmoldaste para permitir el desplazamiento horizontal de la losa; por su parte las juntas longitudinales deberán estar provistas de barras de anclaje en varilla de acero corrugado del tipo PDR-60. Las características de estos elementos se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 19. *Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga.*

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 – 200	25	1	350	300
210 – 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Tabla 20. *Recomendación para barras de anclajes*

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

Para el espesor de losa recomendado de 20 cm se pueden utilizar las siguientes configuraciones de barras de anclaje para los diferentes anchos del carril, en base a la tabla anterior del INVIAS.

Barras de anclaje	Φ 9,5 mm (3/8")	Acero Fy de 40.000 PSI
Longitud de la barra	0,45 m	
separación entre barras		
Carril de 3,05 m ancho	Carril de 3,35 m ancho	Carril de 3,65 m ancho
0,60 m	0,55 m	0,50 m

Barras de anclaje	Φ 9,5 mm (3/8")	Acero Fy de 60.000 PSI
Longitud de la barra	0,65 m	
separación entre barras		
Carril de 3,05 m ancho	Carril de 3,35 m ancho	Carril de 3,65 m ancho
0,70 m	0,65 m	0,60 m

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Si se desea utilizar otra configuración para las barras de anclaje se ubica en la tabla 6-1, identifica el cuadro marcado en rojo, el cual enmarca el espesor de la losa y se desplaza de derecha a izquierda ubicando la descripción que más se ajustes a sus necesidades como se encuentra en las tablas anteriores.

Se incluye en las juntas la colocación de un cordón de respaldo ("backerrod") para mantener el factor de forma apropiado para las masillas de sello aplicadas. Es necesario aplicar un sello para minimizar la infiltración del agua superficial y de materiales incompresibles dentro de las juntas, este es muy importante por la por una posible presencia de un nivel freático tan alto.

Los selladores también disminuyen el potencial de corrosión de las barras de refuerzo, mediante la reducción de la penetración de humedad. El sellador debe ser capaz de soportar los esfuerzos que se producen en el rango de los movimientos esperados en la junta.

Las propiedades recomendadas que debe tener el sellador incluyen:

- Elasticidad.
- Módulo.
- Adherencia.
- Cohesión.
- Compatibilidad.
- Resistencia al clima.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

- Resistencia a los combustibles.

En losas irregulares se recomienda que el pavimento en estos puntos incluya una malla de refuerzo bidireccional compuesta por barras de 1/2" espaciadas transversalmente cada 20.0cm y longitudinalmente cada 20.0cm; Esta malla se colocará a un tercio del espesor de la losa contados desde la superficie.

5. RECOMENDACIÓNES PARA BOX

5.1. INTERPRETACIÓN GEOTÉCNICA

Las propiedades físico-mecánicas de los suelos del lugar para establecer el tipo de cimentación apropiada y las consideraciones a tener en cuenta para un buen comportamiento de la estructura son las siguientes.

- Los materiales del sitio son de regular a buena resistencia al esfuerzo cortante.

A continuación, se analizarán las propiedades físico-mecánicas de los suelos del lugar para establecer el tipo de cimentación apropiada y las consideraciones a tener en cuenta para un buen comportamiento de la estructura.

Para el cálculo de Coeficiente de empuje en reposo se considera la teoría de Rankine, partiendo del Coeficiente Poisson del material de sitio.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Tabla 21. *Propiedades físico-mecánicas de los materiales encontrados, box.*

Arena Limosa

Contenido de Humedad	6.32 – 9.51%
Limite Liquido	NP
Limite Plástico	NP
Índice de Plasticidad	NP
Cohesión	0.00 Ton/m2
Clasificación	SM
% Pasa tamiz No 200	5.30 – 8.00%

Arena Arcillosa

Contenido de Humedad	8.51 – 14.81%
Limite Liquido	20.53 – 33.61%
Limite Plástico	13.15 – 16.71%
Índice de Plasticidad	7.06 – 16.90%
Cohesión	0.20 Ton/m2
Clasificación	SC
% Pasa tamiz No 200	26.70 – 39.90%

Arcilla

Contenido de Humedad	13.06 – 17.17%
Limite Liquido	24.77 – 30.53%
Limite Plástico	12.80 – 15.10%
Índice de Plasticidad	11.97 – 15.43%

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Cohesión	2.00 Ton/m2
Clasificación	CL
% Pasa tamiz No 200	50.20 – 61.20%

Se debe tener en cuenta que, para determinar la consistencia de los suelos cohesivos y la compacidad de suelos granulares, se debe conocer el número de golpes obtenidos en la exploración de campo utilizando, equipos de percusión o Ensayo de Penetración Estándar (SPT). Por lo cual en la siguiente tabla se estipula, los parámetros para cada uno de los estratos evaluados, teniendo en cuenta los resultados de SPT.

Tabla 22. *Propiedades físico-mecánicas de los materiales encontrados, teniendo en cuenta los resultados de SPT.*

NAF	NA								
SONDEO 1			Correción						
Profundidad (m)	Nspt	Tipo de suelo	N60	Compacidad / Consistencia	Coeficiente de Poisson	Coeficiente de Balasto	Angulo de friccion	Coeficiente Empuje de Tierra en Reposo (K0)	Coeficiente Empuje de Tierra Activo (Ka)
0,50	10	SM	6	Suelta	0,21	2,25	22,26	0,62	0,45
1,00	18	SM-SC	10	Medianamente Dura	0,23	4,05	24,74	0,58	0,41
1,50	18	SM-SC	10	Medianamente Dura	0,23	4,05	24,74	0,58	0,41
2,00	22	CL	12	Firme	0,24	3,20	25,77	0,57	0,39
2,50	30	CL	17	Muy Firme	0,31	4,43	27,58	0,54	0,37
3,00	21	CL	12	Firme	0,23	3,05	25,52	0,57	0,40
3,50	24	CL	14	Firme	0,26	3,51	26,25	0,56	0,39
4,00	27	CL	15	Firme	0,28	3,97	26,93	0,55	0,38
4,50	28	CL	18	Muy Firme	0,32	4,69	27,94	0,53	0,36
5,00	33	CL	21	Muy Firme	0,37	5,56	29,04	0,51	0,35
5,50	35	CL	22	Muy Firme	0,39	5,91	29,46	0,51	0,34
5,50	36	CL	23	Muy Firme	0,40	6,22	29,83	0,50	0,34
NAF	NA								
SONDEO 2			Correción						

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Profundidad (m)	Nspt	Tipo de suelo	N60	Compacidad / Consistencia	Coeficiente de Poisson	Coeficiente de Balasto	Angulo de friccion	Coeficiente Empuje de Tierra en Reposo (K0)	Coeficiente Empuje de Tierra Activo (Ka)
0,50	9	SM	5	Suelta	0,21	2,03	21,89	0,63	0,46
1,00	9	SC	5	Suelta	0,21	2,03	21,89	0,63	0,46
1,50	14	SC	8	Suelta	0,22	3,15	23,59	0,60	0,43
2,00	16	SC	9	Medianamente Dura	0,23	3,60	24,19	0,59	0,42
2,50	21	SC	12	Medianamente Dura	0,24	4,73	25,52	0,57	0,40
3,00	26	SC	15	Medianamente Dura	0,25	5,85	26,71	0,55	0,38
3,50	27	SC	15	Medianamente Dura	0,25	6,08	26,93	0,55	0,38
4,00	29	SC	16	Medianamente Dura	0,26	6,53	27,37	0,54	0,37
4,50	28	SC	18	Medianamente Dura	0,26	7,14	27,94	0,53	0,36
5,00	30	SC	19	Medianamente Dura	0,27	7,65	28,39	0,52	0,36
5,50	33	SC	21	Medianamente Dura	0,28	8,42	29,04	0,51	0,35
6,00	35	SC	22	Medianamente Dura	0,28	8,93	29,46	0,51	0,34

Con el propósito de dar sustento a los parámetros de cada perfil cabe aclarar la metodología de obtención de cada uno de ellos.

Los valores relacionados a el Coeficiente de Poisson, se obtienen de las siguientes tablas:

Tabla 23. *Coeficiente de Poisson, según el material.*

Fuente: *"Calculo de asientos a partir de penetración dinámica o estática", Geólogo Jardi Gonzalez Boada.*

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

- Arcilla húmeda: 0.10 - 0.30
- Arcilla arenosa: 0.20 - 0.35
- Arcilla saturada: 0.45 - 0.50
- Limo: 0.30 - 0.35
- Limo saturado: 0.45 - 0.50
- Arena suelta: 0.20 - 0.35
- Arena densa: 0.30 - 0.40
- Arena fina: 0.25
- Arena gruesa: 0.15
- Rocas: 0.15 - 0.25
- Loess: 0.10 - 0.30

Coeficiente de Balasto. Para estructuras apoyadas sobre un suelo arcilloso o arenosos, Terzaghi propuso un coeficiente de Balasto Ks en función de la consistencia de la arcilla y del número de golpes de los suelos arenosos, definida por la resistencia a compresión simple, dando los siguientes valores medios:

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Tabla 24. *Coeficiente de Balasto.*

Fuente: *Jiménez 1980.*

Cuadro 1. Valores propuestos del Coeficiente de Balasto K_{s30}		
TIPO DE SUELO	Módulo de Deformación E_0 (kg/cm^2)	Coeficiente de Balasto K_{S30} (kg/cm^3)
Suelo fangoso	11,00 a 33,00	0,50 a 1,50
Arena sea o húmeda, suelta (N_{SPT} 3 a 9)	0,16H a 0,48H	1,20 a 3,60
Arena seca o húmeda, media (N_{SPT} 9 a 30)	0,48H a 1,60H	3,60 a 12,00
Arena seca o húmeda, densa (N_{SPT} 30 a 50)	1,60H a 3,20H	12,00 a 24,00
Grava fina con arena fina	1,07H a 1,33H	8,00 a 10,00
Grava media con arena fina	1,33H a 1,60H	10,00 a 12,00
Grava media con arena gruesa	1,60H a 2,00H	12,00 a 15,00
Grava gruesa con arena gruesa	2,00H a 2,66H	15,00 a 20,00
Grava gruesa firmemente estratificada	2,66H a 5,32H	20,00 a 40,00
Arcilla blanda (q_u 0,25 a 0,50 kg/cm^2)	15 a 30	0,65 a 1,30
Arcilla media (q_u 0,50 a 2,00 kg/cm^2)	30 a 90	1,30 a 4,00
Arcilla compacta (q_u 2,00 a 4,00 kg/cm^2)	90 a 180	4,00 a 8,00
Arcilla dura (q_u 4,00 a 10,00 kg/cm^2)	180 a 480	8,00 a 21,00

(Jiménez, 1980).

Por otro lado, el cálculo del **Angulo de Fricción Interna**, se determina por medio de la Prueba de Penetración Estándar SPT.

CONSISTENCIA (Suelos Cohesivos)	N (S.P.T.)	qu (Kg./cm2) Resistencia a la Compresión Simple	E (Kg./cm2)
Muy blanda	< 2	< 0,25	3
Blanda	2 a 4	0,25 a 0,50	30
Mediana	4 a 8	0,50 a 1,00	45 a 90
Compacta	8 a 15	1,00 a 2,00	90 a 200
Muy compacta	15 a 30	2,00 a 4,00	200
Dura	> 30	> 4	200

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

COMPACIDAD	DENSIDAD RELATIVA (Dr)	N (SPT)
Muy suelto	< 0.15	< 4
Suelto	0.15 – 0.35	4 – 10
Medianamente duro	0.35 – 0.65	10 – 30
Denso (compacto)	0.65 – 0.85	30 –50
Muy denso	0.85 – 1.00	> 50

***Tabla 25**. Correlación para la determinación del Angulo de Fricción Interna.*

***Fuente:** "Ensayo de Penetración Estándar", Universidad del Cauca.*

material	compacidad	Dr (%)	N(1)	Densidad seca	Indice de poros (e)	Angulo friccion interna
GW	Densa Medianamente densa suelta	75 50 25	90 55 < 28	2.21 2.08 1.97	0.22 0.28 0.36	40 36 32
GP	Densa Medianamente densa suelta	75 50 25	70 50 < 20	2.04 1.92 1.83	0.33 0.39 0.47	38 35 32
SW	Densa Medianamente densa suelta	75 50 25	65 35 < 15	1.89 1.79 1.70	0.43 0.49 0.57	37 34 30
SP	Densa Medianamente densa suelta	75 50 25	50 30 < 10	1.76 1.67 1.59	0.52 0.60 0.65	36 33 29
SM	Densa Medianamente densa suelta	75 50 25	45 25 < 8	1.65 1.55 1.49	0.62 0.74 0.80	35 32 29
ML	Densa Medianamente densa suelta	75 50 25	35 20 < 4	1.49 1.41 1.35	0.80 0.90 1.00	33 31 27

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

***Tabla 26**. Relación de la resistencia al corte no drenado y el ángulo de fricción*

***Fuente:** Terzagi and Peck 1967*

Arenas			Limos o arcillas		
Nspt	**ϕ**	**Densidad relativa**	**Nspt**	**Su (kg/cm²)**	**Consistencia**
			<2	0 – 0,12	muy blanda
0 - 4	<30	muy suelta	2 - 4	0,12 – 0,25	blanda
4 - 10	30 - 32	Suelta	4 - 8	0,25 – 0,5	media
10 - 30	32 - 35	Media	8 - 15	0,5 – 1	firme
30 - 50	35 - 38	Densa	15- 30	1 – 2	muy firme
>50	>38	muy densa	>30	>2	dura

6. TIPO DE CIMENTACIÓN PARA BOX

Para la selección del tipo de cimiento se tuvieron en cuenta factores relativos a la estructura, al subsuelo (propiedades mecánicas, condiciones hidráulicas, resistencia, compresibilidad, etc) y factores económicos que deben balancear el costo de la cimentación en comparación con la importancia y el costo mismo de la obra.

Considerando lo anterior, se determinó que la transmisión de cargas de la edificación al subsuelo se puede realizar a través de:

Zapatas cuadradas y/o rectangulares continuadas con pedestales hasta la superficie del terreno. Para disminuir los asentamientos diferenciales en las zapatas, se deben construir sobre los pedestales vigas de amarre en concreto reforzado, dotadas del peralte y refuerzo que resulte del análisis estructural. Estas vigas

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

se apoyarán en un reemplazo de material seleccionado con un espesor no menor a 0.5 metros (con sobre ancho de por lo menos 0.15 metros a lado y lado) y se recomienda una relación alto ancho de viga 2.5 a 1.

La estructura en general debe ser provista de alta rigidez estructural, con vigas corona y otros elementos de confinamiento. Para tal fin se recomienda zapatas unidas con vigas de amarre en ambos sentidos a nivel de pedestales.

7.1 CORRECION DE NUMEROS DE GOLPES Y CALCULO DE FACTOR DE FRICCION

Aunque se denomina "estándar" el ensayo de penetración estándar, este tiene muchas variantes y fuentes de diferencia, en especial la energía que llega al tomamuestras, entre las cuales sobresalen (Bowles, 1988):

1. Equipos producidos por diferentes fabricantes
2. Diferentes configuraciones del martillo de hinca
3. La forma de control de la altura de caída:
4. La cercanía del revestimiento externo al sitio de ensayo, el cual debe estar alejado.
5. La longitud de la varilla desde el sitio de golpe y el tomamuestras.
6. El diámetro de la perforación

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

7. La presión de confinamiento efectiva al tomamuestras, la cual depende del esfuerzo vertical efectivo en el sitio del ensayo.

En el campo, la magnitud de energia puede variar de 30 a 90%. Asi pues, la corrección por los procedimientos de campo y con base a las observaciones de campo parece razonable para estandarizar el número de penetración estándar como una función de la energía de entrada de hincado y su disposición alrededor del muestreador hacia el suelo circundante.

Por lo tanto, para obtener los parámetros mecánicos, se corrigió el número de golpes de la prueba de penetración estándar en campo, por medio de la siguiente expresión. Siendo el tipo de suelo un suelo cohesivo.

$$N_{60} = \frac{N * N_h * \ N_b * N_s * N_r *}{60}$$

En donde:
N60 Número de golpes corregido
N Número de golpes en campo
ηH Eficiencia de martinete (%)
ηB Corrección por el diámetro de la perforación
ηS Corrección del muestreador
ηR Corrección por longitud de barra

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Tabla 27. *Corrección de número de golpes y cálculo del ángulo de fricción.*

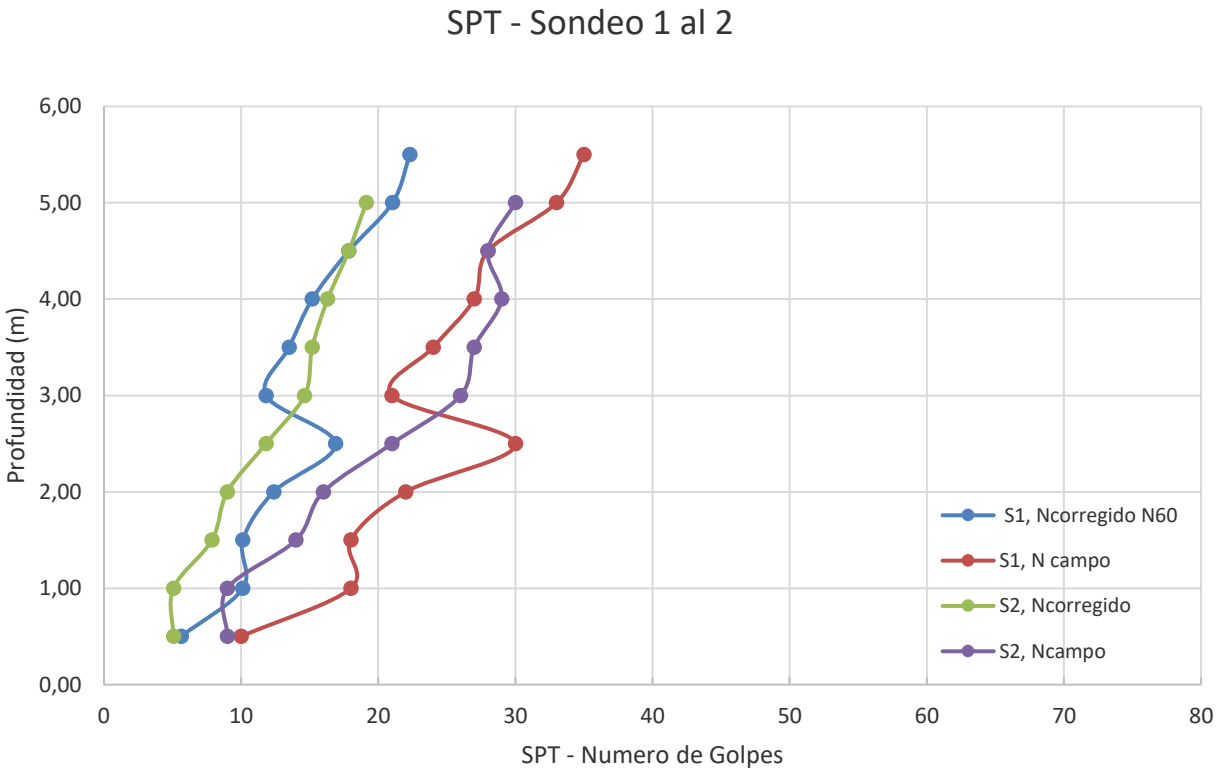
NAF **NA**

SONDEO 1									Factores de Corrección				Correción		
Profundidad (m)	Nspt	Tipo de suelo	Peso Unitario Seco ϒ (kN/m3)	Espesor del estrato (m)	Esfuerzo por cada estrato (kPa)	Esfuerzo acumulado (kPa)	Presión de Poros u (kPa)	Esfuerzo Efectivo σ´ (kPa)	nh (%)	nr	nb	ns	N60	CN	N1(60)
0,50	10	SM	19,00	0,50	9,50	9,50	0,00	9,50	45,0	0,75	1,0	1,0	6	2,3	13
1,00	18	SM-SC	18,00	0,50	9,00	18,50	0,00	18,50	45,0	0,75	1,0	1,0	10	1,9	19
1,50	18	SM-SC	18,00	0,50	9,00	27,50	0,00	27,50	45,0	0,75	1,0	1,0	10	1,7	17
2,00	22	CL	17,00	0,50	8,50	36,00	0,00	36,00	45,0	0,75	1,0	1,0	12	1,6	19
2,50	30	CL	17,00	0,50	8,50	44,50	0,00	44,50	45,0	0,75	1,0	1,0	17	1,4	24
3,00	21	CL	17,00	0,50	8,50	53,00	0,00	53,00	45,0	0,75	1,0	1,0	12	1,3	16
3,50	24	CL	17,00	0,50	8,50	61,50	0,00	61,50	45,0	0,75	1,0	1,0	14	1,3	17
4,00	27	CL	17,00	0,50	8,50	70,00	0,00	70,00	45,0	0,75	1,0	1,0	15	1,2	18
4,50	28	CL	17,00	0,50	8,50	78,50	0,00	78,50	45,0	0,85	1,0	1,0	18	1,1	20
5,00	33	CL	17,00	0,50	8,50	87,00	0,00	87,00	45,0	0,85	1,0	1,0	21	1,1	23
5,50	35	CL	17,00	0,50	8,50	95,50	0,00	95,50	45,0	0,85	1,0	1,0	22	1,0	23
5,50	36	CL	17,00	0,00	0,00	95,50	0,00	95,50	46,0	0,85	1,0	1,0	23	1,0	24

NAF **NA**

SONDEO 2									Factores de Corrección				Correción		
Profundidad (m)	Nspt	Tipo de suelo	Peso Unitario Seco ϒ (kN/m3)	Espesor del estrato (m)	Esfuerzo por cada estrato (kPa)	Esfuerzo acumulado (kPa)	Presión de Poros u (kPa)	Esfuerzo Efectivo σ´ (kPa)	n1	n12	n3	n4	N60	CN	N1(60)
0,50	9	SM	19,00	0,50	9,50	9,50	0,00	9,50	45,0	0,75	1,0	1,0	5	2,3	12
1,00	9	SC	18,50	0,50	9,25	18,75	0,00	18,75	45,0	0,75	1,0	1,0	5	1,9	10
1,50	14	SC	18,50	0,50	9,25	28,00	0,00	28,00	45,0	0,75	1,0	1,0	8	1,7	13
2,00	16	SC	18,50	0,50	9,25	37,25	0,00	37,25	45,0	0,75	1,0	1,0	9	1,5	14
2,50	21	SC	18,50	0,50	9,25	46,50	0,00	46,50	45,0	0,75	1,0	1,0	12	1,4	17
3,00	26	SC	18,50	0,50	9,25	55,75	0,00	55,75	45,0	0,75	1,0	1,0	15	1,3	19
3,50	27	SC	18,50	0,50	9,25	65,00	0,00	65,00	45,0	0,75	1,0	1,0	15	1,2	19
4,00	29	SC	18,50	0,50	9,25	74,25	0,00	74,25	45,0	0,75	1,0	1,0	16	1,2	19
4,50	28	SC	18,50	0,50	9,25	83,50	0,00	83,50	45,0	0,85	1,0	1,0	18	1,1	20
5,00	30	SC	18,50	0,50	9,25	92,75	0,00	92,75	45,0	0,85	1,0	1,0	19	1,0	20
5,50	33	SC	18,50	0,50	9,25	102,00	0,00	102,00	45,0	0,85	1,0	1,0	21	1,0	21
6,00	35	SC	18,50	0,50	9,25	111,25	0,00	111,25	45,0	0,85	1,0	1,0	22	0,9	21

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx



7.2 PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

ZAPATAS

Se recomienda apoyar las zapatas a una profundidad mínima de 2.00 metros con respecto a la cota de la exploración geotécnica, la cimentación estará apoyada en su mayoría sobre una arena arcillosa (SC). La estabilización de la zona de cimientos debe ejecutarse sobre 0.25 cms de material seleccionado, compactado al 95% del proctor modificado.

Es importante tener en cuenta que, durante el proceso de excavación y construcción de las zapatas, se deberá contar con

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

equipos de bombeo que garanticen el abatimiento total del agua dentro de las excavaciones, sobre todo si se trabaja en épocas de lluvias.

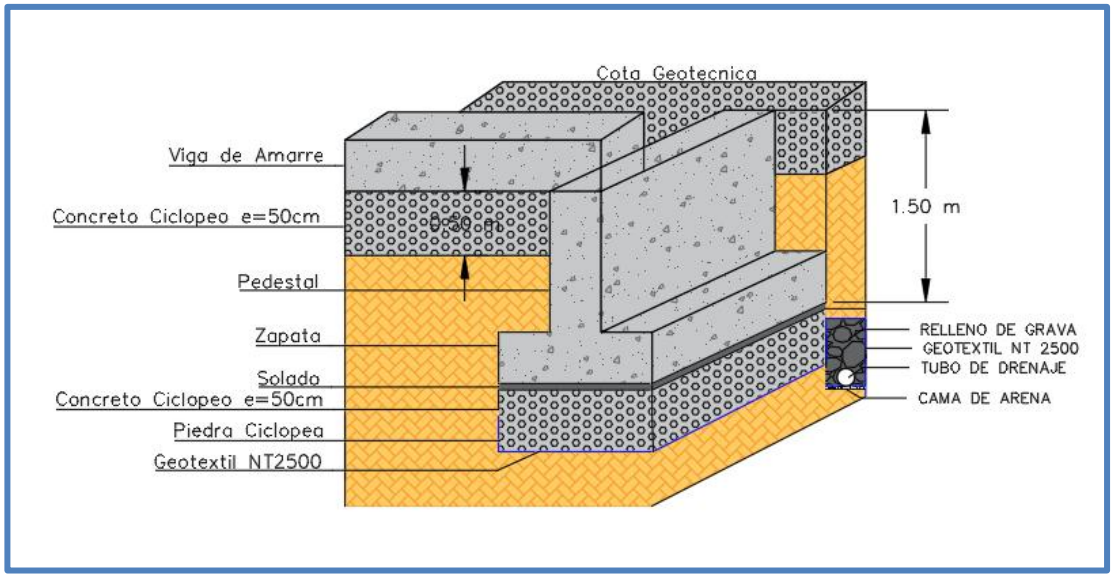


Ilustración 7. *Esquematización de cimentación.*

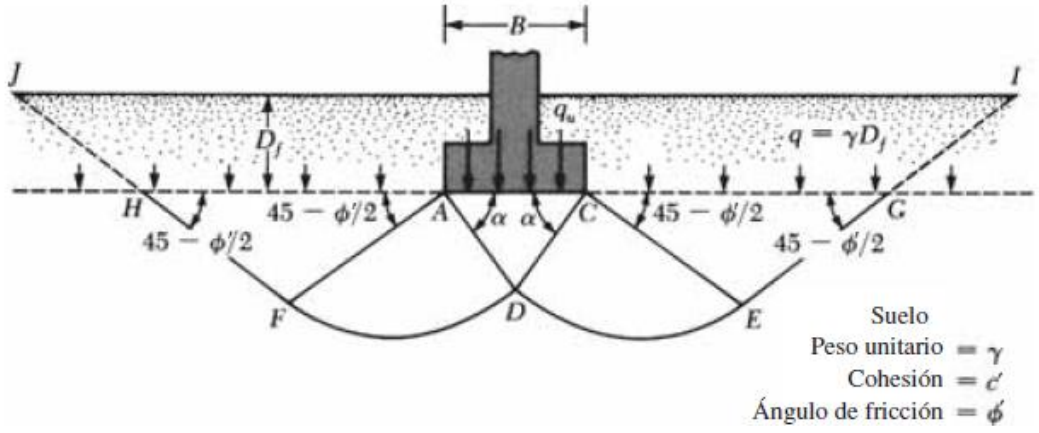
Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

7.3 CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

El cálculo de la capacidad de carga última del suelo se realizó con el criterio de Terzaghi por medio de la siguiente expresión:

Ecuación de Terzaghi

Teoría de Terzaghi de la capacidad última de carga



Zapatas corridas o cimentaciones en franja	$q_u = c'N_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$
Zapatas circulares Nota: B corresponde al diámetro de la zapata	$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma$
Zapatas cuadradas	$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$

FACTORES DE CARGA MODIFICADOS

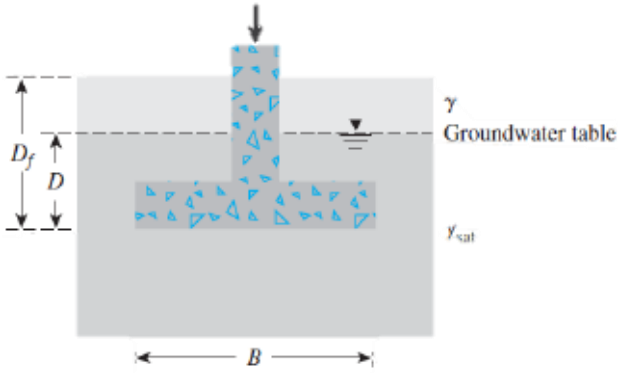
$$N_q = \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right)e^{\pi \tan \phi'}$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan \phi'$$

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

¿QUÉ PASA SI HAY NIVEL FREÁTICO?



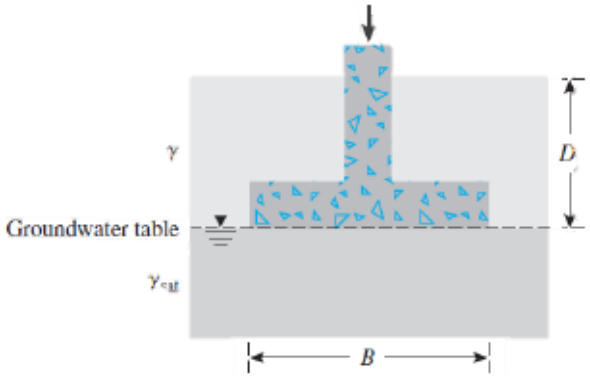
CASO 1

Si el nivel freático se encuentra de manera que 0≤(Df-D)≤Df, el factor q en las ecuaciones de capacidad de carga toma la forma:

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

Donde

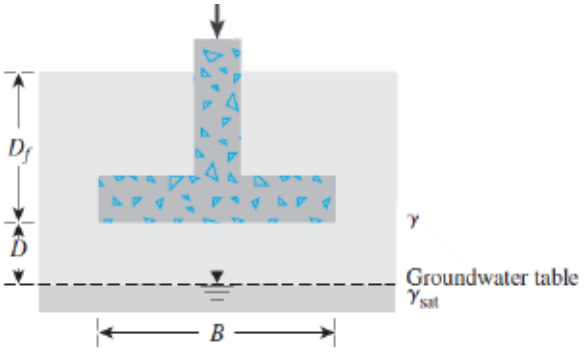
$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$



CASO 2

Si el nivel freático se encuentra justo debajo de la cimentación, los factores q e γ en las ecuaciones de capacidad de carga toman la forma:

$$q = \gamma D_f \qquad \overline{\gamma} = \gamma'$$



CASO 3

Si el nivel freático está ubicado tal que D≤B, el factor γ en la ecuación de capacidad de carga toma la forma:

$$q = \gamma D_f$$

$$\overline{\gamma} = \frac{1}{B}[\gamma D + \gamma'(B - D)]$$

Para D>B

$$\overline{\gamma} = \gamma$$

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Donde:

C: $Cohesion\ del\ Suelo$

γ: $Peso\ Especifico\ del\ suelo$

q: γD_f

D_f: $Profundidad\ de\ Desplante\ de\ la\ Cimentación$

$N_c,\ N_q\ y\ N_\gamma$: $Factores\ de\ capacidad\ de\ carga$

($Son\ adimensionales\ y\ se\ encuentran\ en\ función\ del\ angulo\ de\ friccion\ del\ suelo$).

Luego se calcula la capacidad de carga admisible, **qadm**, la cual consiste una reducción de la capacidad de carga última con la aplicación de un factor de seguridad **FS**, siendo esta la capacidad de carga de servicio, asignada a una cimentación de manera que se garantice que esta se encuentre en un rango de cargas seguro.

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS} \quad \textbf{ec 2}$$

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA: DETERMINAR Qadm

INSERTE LOS SIGUIENTES DATOS	
Unidades	Métricas
B (m, ft)	1,5
Df (m, ft)	2
D (m, ft)	1
ϕ' (°)	20
c' (kPa, lb/ft^2)	2
γ (kN/m^3, lb/ft^3)	18,5
γSAT (kN/m^3, lb/ft^3)	10,5
Caso	3
Forma de la zapata	Cuadrada
F.S.	3
L (m, ft)	

PROCESAMIENTO DE DATOS	
q (kN/m^2, lb/ft^2)	37,00
Ŷ (kN/m^3, lb/ft^3)	12,56
Nq	6,40
Nc	14,83
Nγ	5,39

Capacidad última de carga	
q_u (kN/m^2, lb/ft^2)	315,95

Capacidad admisible de carga	
q_{adm} (kN/m^2, lb/ft^2)	105,32

Carga admisible en la zapata	
Q_{adm} (kN, lb)	236,96

Capacidad admisible de carga	
q_{adm} (Ton/m2)	10,74

Tabla 28. *Evaluación de la Capacidad Portante a diferentes profundidades – Zapata.*

Profundidad	Capacidad Portante	Tipo de Suelo
1.50	9.38	Arena Arcillosa (SC)
1.80	10.20	
2.00	10.74	

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

Según MEYERHOF (1965) la presión superficial necesaria para producir un asentamiento dado en una zapata es:

$\Delta q_s = \frac{N\rho}{8}$ B<=1.20m

$\Delta q_s = \frac{N\rho}{12}\left(\frac{B+1}{B}\right)^2$ B>1.20m

N= No. DE GOLPES

ρ = ASENTAMIENTO MAX. EN PULG.

B= ANCHO DE LA CIMENTACIÓN EN PIES

Δq_s = TON/PIES2

PARA LAS ZAPATAS DE 1.50 X 1.50 MTS.

N= 10 GOLPES

ρ = 1 PULG.

B= 4.92 PIES (1.50 m)

Δq_s = 11.68 TON/M2

La capacidad portante recomendada para la cimentación es 10.74 TON/M2 a 2.00 mts de profundidad, incluyendo la estabilización del terreno con 0.50 mts de concreto ciclópeo.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

7.4 ASENTAMIENTOS

Para el cálculo de los asentamientos se requiere la magnitud de las cargas y su distribución.

Si el suelo se somete al máximo esfuerz admisible, se espera un asentamiento máximo de 19 mm. Se deberá verificar que los valores sean tolerables por la construcción e inferiores al rango permisible.

7.5 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS GENERALES

En lo siguiente, se emitirán una serie de consideraciones de tipo general, las cuales complementan y contribuyen al adecuado comportamiento de las cimentaciones propuestas y las estructuras.

7.5.1 Excavaciones

- Se debe desarrollar un plan de trabajo de manera que el tiempo transcurrido entre las operaciones de excavación y las de vaciado y sellado de los cimientos, sea el menor posible con el fin de reducir al máximo la exposición del suelo de fundación a fenómenos ambientales que puedan alterar su comportamiento.

- En las excavaciones se debe prestar atención a cualquier tipo de irregularidad en el material, determinando su potencial de daño en el sistema de fundación. Si se detectan bolsas de material inadecuado como rellenos heterogéneos, suelos con escombros o

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

suelos sueltos bajo la zona de cimientos, estas deberán ser retiradas y remplazadas por material o suelo cemento debidamente compactado, concreto pobre o ciclópeo.

- Se debe contar con un adecuado sistema de bombeo para evacuar las aguas lluvias o de cualquier otra naturaleza. Esto para proporcionar una adecuada plataforma de trabajo.

7.5.2 Rellenos

El material seleccionado para cualquier relleno deberá cumplir con las especificaciones indicadas en el artículo "Terraplenes 220-13", teniendo en cuenta los requisitos indicados en la tabla 220-1 de la norma antes mencionada.

7.5.3 Manejo de aguas

- Se recomienda especial cuidado en la colocación de las tuberías por donde circulen aguas (negras y blancas), principalmente en lo referente a juntas, a fin de prevenir filtraciones.

- En la obra proyectada y sus alrededores, se deben construir eficientes sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias o de cualquier naturaleza.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

7.5.4 Otras consideraciones

- Los materiales de desperdicio resultantes de las actividades de construcción, serán dispuestos en zonas aprobadas por la interventora y la autoridad ambiental correspondiente, donde contaminen lo menos posible el entorno.

- Durante la obra se deben tomar las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajadores y los transeúntes del sector.

- Se recomienda contar con la asesoría de nuestra firma durante la ejecución de los trabajos de manera que se resuelvan de forma rápida y segura las inquietudes referentes a la implementación de las recomendaciones incluidas en el cuerpo de este informe.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

7. ASPECTOS PRINCIPALES DEL ESTUDIO

A continuación, se presenta un resumen de los factores principales relacionados con las conclusiones obtenidas:

- Materiales encontrados: Arena Limosa (SM) Arena Arcillosa (SC), Arena Limo Arcillosa (CL) y Arcilla de baja compresibilidad (CL).

- Nivel Freático: Se encontró en las profundidades y exploraciones realizadas.

- Perforaciones: Dos (3) por apiques, realizados manualmente a una profundidad de 1.50 mts de profundidad y dos (2) sondeos programados a 6.00 mts de profundidad.

- Medidas especiales: Adecuación del terreno.

- Procedimientos constructivos: métodos convencionales.

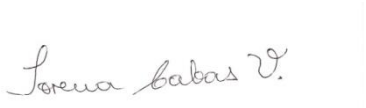
- CBR de diseño: 5.40%.

- Tipo de pavimento: Pavimento Rígido.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

8. LIMITACIONES

Las recomendaciones incluidas en este documento se basan en la información suministrada por el solicitante y los ensayos realizados por nuestra firma, acorde con la práctica común de la ingeniería de suelos. No obstante, 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.



LORENA CABAS VASQUEZ.
Mat 0820250328 Atl.

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

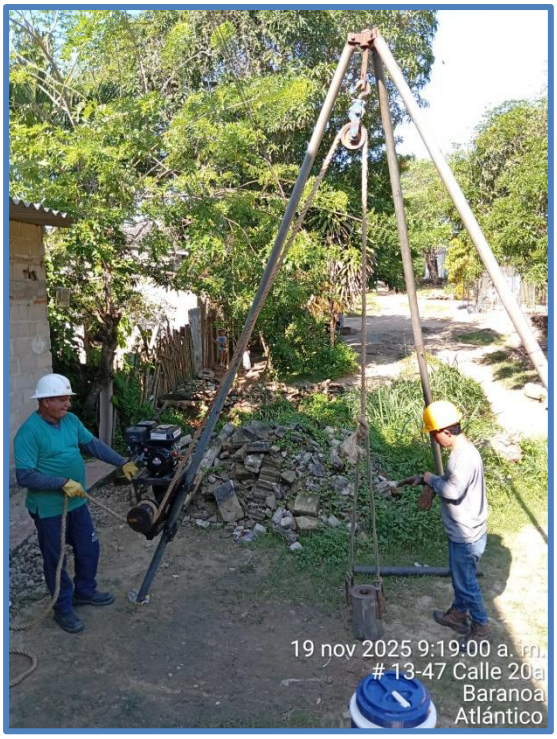
ANEXOS

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx

REGISTRO FOTOGRAFICO

Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx





Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx





Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx





Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx





Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx





Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx



Calle 56 A No 25 C-16 Barranquilla
Cel 3103614679
Email: lorecabas@yahoo.com.mx