EST-025HDG-2024

Cliente:

ALCALDIA DE SOLEDAD

Proyecto:

ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "RECUPERACIÓN AMBIENTAL MEDIANTE LA REALIZACION DE LA RECTIFICACÍON Y ADECUACION HIDRÁULICA DEL ARROYO PLATANAL Y CAÑO SOLEDAD Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS".



Localización:

SOLEDAD - ATLANTICO

Fecha: Mayo 18 de 2024.

www.geotechnicalconsulting.org
Tv 44 # 102 – 80 apto 1102 | Tel.: (57) 318 5322409 – (57 5) 3090971
Barranquilla – Colombia

Barranquilla, 18 de mayo de 2024 EST-GEO-025HDG-2024

Señores:
ALCALDIA DE SOLEDAD
Ciudad.

REF: **INFORME EST-025HDG-2024, ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL", CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DETALLADO DE LA PROTECCION DEL FONDO Y ORILLAS DE LA ESTUCTURA DEL ARROYO, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SOLEDAD, DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO.**

Estimados señores:

Adjunto a la presente le estoy enviando el informe correspondiente a la referencia **EST-025HDG-2024,** encaminado a la entrega de las recomendaciones geotécnicas para la construcción y el diseño detallado de la protección del fondo y orillas de la estructura del proyecto "ARROYO PLATANAL".

Muy amable por invitarme a participar en este importante proyecto.

Atentamente,

HENRY GARCIA P.
Ingeniero Geotecnista.
Msc. Geotecnia.

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS

CUADRO DE REGISTRO ENTREGA DE DOCUMENTOS (INFORME ESTUDIO DE SUELOS)

CLIENTE:	ALCALDIA DE SOLEDAD
PROYECTO:	"ARROYO PLATANAL", CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DETALLADO DE LA PROTECCION DEL FONDO Y ORILLAS DE LA ESTUCTURA DEL ARROYO
UBICACIÓN:	Arroyo Platanal, municipio de Soledad, departamento del Atlántico.
CONTACTO:	
TELÉFONO:	
CORREO:	

INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CONTRATANTE PARA LA ENTREGA DE ESTE TRABAJO			
Plano Topográfico ☐	Arquitectura (Planos) ☐	Cargas de servicio ☐	Nivel de piso inferior a conformar ☐
Observaciones:			

INFORME:	Final ☒	Preliminar☐	Adenda☐	Comentarios☐

Referencia	**Versión/ Informe**	**Elaborado / Revisado**	**Colaborador**	**Fecha de entrega**	**Observaciones**
EST-025HDG-2024	01	Ing. Henry Daniel García P. _____	Ing. Cristhian Perea _____	18/05/2024	Se entregan las recomendaciones geotécnicas para la construcción y el diseño detallado de la protección del fondo y orillas de la estructura del arroyo del proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES 42

1.1 OBJETO DEL ESTUDIO. 43

1.2. LOCALIZACIÓN 44

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. 45

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO. 45

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL LOTE 47

2.2.1 Forma, extensión, topografía y vegetación. 47

3. INVESTIGACIÓN REALIZADA. 51

3.1. INVESTIGACIÓN DE CAMPO. 51

3.1.1 Equipos de perforación 54

3.1.2. Perforaciones realizadas con equipos de percusión para la recuperación de muestras. 55

3.2. INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO. 60

3.3. INVESTIGACIÓN DE OFICINA. 60

4. CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO. 61

4.1. GEOLOGÍA LOCAL. 61

4.1.1 Formación Las Perdices (n3n5-Sm), Neógeno 64

4.1.2 Formación La Popa (Q1-Sm), Cuaternario. 64

4.1.3 Sedimentos recientes 65

4.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL 68

4.2.1 Fallas 68

4.2.2 Pliegues 69

4.3. SISMICIDAD DEL ENTORNO Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS SÍSMICOS 71

5. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA. 75

5.1. PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PROPIEDADAES DE LOS ESTRATOS ENCONTRADOS 75

5.2. NIVEL FREÁTICO. 81

5.3. PERFIL ESTRATIGRAFICO DE DISEÑO Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS 82

Parámetros No Drenados 92

5.4. PERFILES DE DISEÑO PARA CONSTRUCCION CIMENTACIÓN DEL PROYECTO. 37

5.4.1. Perfil de diseño (CAÑO SOLEDAD Y AFLUENTE K0+000 al K0+817): 37

La figura No 5.3, muestra el perfil de diseño definido por GEOCONSULTING S.A.S., (descripción de los estratos, espesores, propiedades mecánicas (..... 38

5.4.2. Perfil de diseño (TRAMO INTERMEDIO ARROYO PLATANAL K0+000 A K0+800, TRAMO FINAL ARROYO PLATANAL, ADYACENTE AL MERCADO DE SOLEDAD) 40

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 42

6.1 GENERALIDADES. 42
6.2 OBRAS A INTERVENIR. 42
6.2.1 Canalización proyectada del Caño de Soledad K0+000 al K0+817. 42
6.2.1.1. Recomendaciones de subrasante caño de Soledad. 46
6.2.2 Canalización proyectada del tramo final arroyo platanal K0+000 al K0+800 49
6.2.3 Canalización proyectada del tramo final arroyo platanal Caño de Soledad K0+950 al K1+050. 54
6.3 EVALUACIÓN ESTABILIDAD GLOBAL DEL MURO CANTILIBER K0+950 AL K1+050. 55
6.5 RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS DE CIMENTACIÓN 61

- **Pilotes Pre-excavados Diametro D=0.40mts, Longitud L=8.00mts** 76
- **Pilotes Pre-excavados Diametro D=0.40mts, Longitud L=9.00mts** 78
- **Pilotes Pre-excavados Diametro D=0.40mts, Longitud L=10.00mts** 80
- **Pilotes Pre-excavados Diametro D=0.50mts, Longitud L=8.00mts** 82
- **Pilotes Pre-excavados Diametro D=0.50mts, Longitud L=9.00mts** 84
- **Pilotes Pre-excavados Diametro D=0.50mts, Longitud L=10.00mts** 86

Algunos procesos constructivos para la construcción de pilotes pre-excavados fundidos in situ, sistema Kelly. 90
6.6 EVALUACION EXTERNA DEL MURO DE CONTENCION EN CANTILIBER 93
6.7 RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS DE MURO DE CONTENCION 96
Diagrama de presión para diseño de muros de contención Arroyo Platanal. 96
Diagrama de presiones para diseño de las paredes del canal de soledad y arroyo platanal 98
7.0 OBRAS DE DRENAJE. 103
8.0. LIMITACIONES 105
MEMORIAS DE CALCULO 106
ANEXOS 138

TABLA DE CONTENIDO

Figura Nº1.0. Ubicación general del proyecto "ARROYO PLATANAL". Ubicado en desembocadura del arroyo platanal, municipio de Soledad, departamento del Atlántico. 44

Figura 2.0. Vista en planta tramos y zonas de importancia del proyecto. 46

Figura 3.0 Vista en planta ubicación de sondeos del proyecto. 53

Figura 4.0 Mapa geológico de la ciudad de Soledad (departamento del Atlántico). 63

Figura 4.1 Leyenda geológica regional. Fuente: INGEOMINAS, 1998. 67

Figura 4.2. Mapa tectónico del Departamento de Atlántico (Tomado de Ingeominas, 2000) 70

Figura 4.3. Coeficiente de ampliación Fa del suelo para la zona de períodos cortos de espectro. 72

Figura 4.4. Coeficiente de ampliación Fv del suelo para la zona de períodos intermedio de espectro. 73

Figura 5.0 Valores módulos de elasticidad Perfil de diseño #1 PD1. 86

Figura 5.1. Valores módulos de elasticidad Perfil de diseño #2 PD2. 87

Fig. 5.2 Penetrómetro de bolsillo. Fuente: Delegard et al. 2011 93

Figura 5.2. Datos Cu promedio de estratos de limos arcillosos y/o arcillas limosas con rastros de arena, consistencia blanda a muy firme. 35

Figura 5.3. Perfil estratigráfico de diseño definido para análisis y cálculo de cimentación del proyecto perfil # 1 PD1. 39

Figura 5.4. Perfil estratigráfico de diseño definido para análisis y cálculo de cimentación del proyecto perfil # 2 PD2. 41

Figura 6.0 Esquema de la estructura de Canalización proyectada del Caño de Soledad 43

Figura 6.1. Análisis de estabilidad Caño Soledad k0+000 al K0+817 sin entibado, sin sismo, con NAF. 45

Figura 6.2. Análisis de estabilidad Caño Soledad k0+000 al K0+817 sin entibado, con sismo, con NAF. 46

Figura 6.2a. 48

Figura 6.3. Sección típica canal Arroyo Platanal K0+000 al K0+800. 51

Figura 6.4. Análisis de estabilidad Caño Soledad k0+000 al K0+817 sin entibado, sin sismo, con NAF. 53

Figura 6.5. Análisis de estabilidad Caño Soledad k0+000 al K0+817 sin entibado, con sismo, con NAF. 54

Figura 6.7. Análisis de estabilidad cortes a 90° (H=3.0m), sin sismo y con NAF. 58

Figura 6.8. Análisis de estabilidad cortes a 90° (H=3.0m), sin sismo y con NAF. 58

Figura 6.9. Esquema de las dimensiones del muro de contención de cantiliber en T. 60

Figura 6.10. Sistema de cimentación Pilotes Pre-excavados, Longitud L=8.00mts, Diámetro D=0.40mts. 76

Figura 6.11. Sistema de cimentación Pilotes Pre-excavados, Longitud L=9.00mts, Diámetro D=0.40mts. 78

Figura 6.12. Sistema de cimentación Pilotes Pre-excavados, Longitud L=10.00mts, Diámetro D=0.40mts. 80

Figura 6.13. Sistema de cimentación Pilotes Pre-excavados, Longitud L=8.00mts, Diámetro D=0.50mts. 82

Figura 6.14. Sistema de cimentación Pilotes Pre-excavados, Longitud L=9.00mts, Diámetro D=0.50mts. 84

Figura 6.15. Sistema de cimentación Pilotes Pre-excavados, Longitud L=10.00mts, Diámetro D=0.50mts. 86

Figura 6.16 Sistema de cimentación profunda del tipo Pilotes Pre-excavados en concreto reforzado para el muro en cantiliver. 89

Figura No 6.17 Condición de excentricidad donde la excentricidad del elemento es menor a B/6 del muro de contención de cantiliber en T. 95

Figura 6.18 Diagrama de presiones para el diseño de muro en cantiliver Arroyo Platanal. 97

Figura 6.19 Caso generalizado de la presión activa para relleno granular considerando muros con cara posterior vertical. 98

Figura 6.20 101

Figura 6.21. Diagrama de presiones para diseño paredes arroyo Platanal. 102

LISTA DE ANEXOS

- REGISTROS DE PERFORACIÓN (SONDEOS EQUIPO DE ROTACIÓN Y PERCUSIÓN).
- CUADRO RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO.
- RESULTADOS DE LABORATORIO (GRANULOMETRÍAS, LÍMITES DE ATTERBERG Y HUMEDADES).
- COMPRESION INCONFINADA.

1. GENERALIDADES.

El presente estudio de suelos comprende la investigación del subsuelo, los análisis de información de campo y laboratorio, y las recomendaciones geotécnicas encaminadas al desarrollo del proyecto “ARROYO PLATANAL”, encaminado a la entrega de las recomendaciones geotécnicas para la construcción y el diseño detallado de la protección del fondo y orillas de la estructura del arroyo del proyecto. El proyecto se encuentra ubicado en la desembocadura del arroyo platanal, municipio de Soledad, departamento del Atlántico.

El trabajo fue solicitado a GEOTECHNICAL CONSULTING SAS por el municipio de Soledad

Para la elaboración del presente informe se siguieron los lineamientos generales de los Títulos A y H de normatividad **REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR – 10.**

1.1 OBJETO DEL ESTUDIO.

Los objetivos por alcanzar en el presente estudio son:

a) Determinar la estratigrafía del sitio.
b) Establecer la posición y el efecto de las aguas superficiales y subterráneas.
c) Determinar las características físicas y mecánicas de los suelos encontrados.
d) Determinar la capacidad admisible del suelo, profundidad de desplante y tipo de cimentación recomendado para las estructuras a construir.
e) Recomendaciones geotécnicas para la protección del fondo y orillas de la estructura del arroyo del proyecto.
f) Entregar las recomendaciones generales geotécnicas necesarias para el desarrollo del proyecto.

1.2. LOCALIZACIÓN.

El presente estudio se encuentra localizado en desembocaduras del arroyo Platanal, municipio de Soledad, departamento del Atlántico. La figura 1.0 muestra la ubicación general del proyecto.



Figura Nº1.0. Ubicación general del proyecto "ARROYO PLATANAL". Ubicado en desembocadura del arroyo platanal, municipio de Soledad, departamento del Atlántico.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.

El presente estudio se desarrolla en el marco del proyecto de canalización y control hidráulico del arroyo Platanal, localizado en el municipio de Soledad, departamento del Atlántico. El objetivo principal de las obras asociadas al proyecto es mitigar los riesgos de desbordamiento e inundaciones que se presentan durante las temporadas de lluvia, mediante la canalización, estabilización y protección del fondo y orillas del cauce, garantizando la adecuada conducción de los caudales y la protección de las zonas aledañas.

El proyecto forma parte de los esfuerzos de las autoridades locales y regionales por mejorar las condiciones del arroyo, previniendo afectaciones a la infraestructura y a la población colindante.

La figura 2.0 muestra la vista en planta con la ubicación de los tramos y sectores de importancia a intervenir para garantizar la entrega de las recomendaciones geotécnicas para la construcción y el diseño detallado de la protección del fondo y orillas de la estructura del arroyo del proyecto

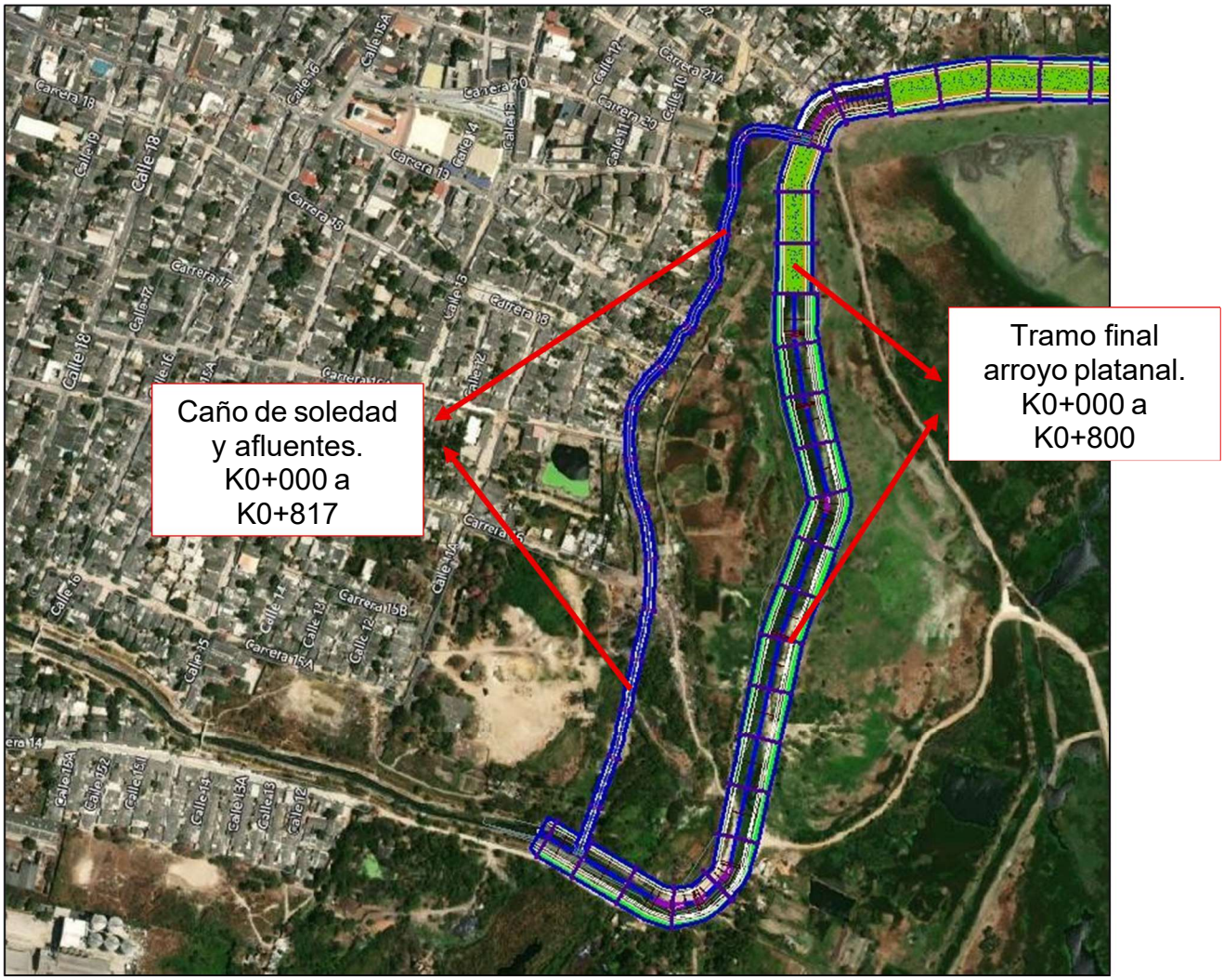


Figura 2.0. Vista en planta tramos y zonas de importancia del proyecto.

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL LOTE.

2.2.1 Forma, extensión, topografía y vegetación.

El proyecto se desarrolla en cercanías de la desembocadura del arroyo Platanal, ubicado en el municipio de Soledad, departamento del Atlantico. Se logra apreciar un carreteable el cual tiende a ser inundado debido a las crecientes del arroyo en épocas de lluvia, de igual manera, se aprecia múltiples residuos, escombros y basuras como bolsas plásticas, desechables, etc, al igual que cierta vegetación como algunos arbustos y arboles de mediana altura. Las siguientes fotografías muestran el estado de la zona de estudio.



Fotografía No. 1. Zona inicial carreteable arroyo platanal.



Fotografía No. 2. vegetación cercana zona carreteable arroyo Platanal.



Fotografía No. 3. Sector intermedio zona de investigación arroyo Platanal.



Fotografía No. 4. Estado general zona de estudio arroyo Platanal.



Fotografía No. 5. Estado general zona de estudio arroyo Platanal (Obsérvese gran cantidad de basura y escombros)

3. INVESTIGACIÓN REALIZADA.

Para llevar a cabo el objeto del estudio se hicieron las siguientes investigaciones:

3.1. INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

Con el objeto de determinar el perfil estratigráfico a lo largo de la zona de interes y entregar las recomendaciones geotécnicas generales para la construcción y el diseño detallado de la protección del fondo y orillas de la estructura del arroyo del proyecto, nuestra empresa realizo un total de nueve (9) perforaciones con equipos de percusión y lavado, las cuales alcanzaron profundidades entre 10.00mts a 15.00mts.

En cada perforación se extrajeron muestras en forma continua en los primeros metros y posteriormente muestras cada metro para su posterior investigación. Las perforaciones se realizaron con ensayos de S.P.T. Se realizó el ensayo de penetración Normal (Standard Penetration Test S.P.T.) para penetrar un muestreador de tubo partido con el fin de obtener muestras representativas del suelo y una medida de resistencia del suelo a la penetración del muestreador. El ensayo se realizó siguiendo la norma de ensayo ASTM D 1586.

Se recuperaron muestras herméticas con el objeto de determinar el contenido de humedad natural de los suelos, cada 0.50 mts, las muestras recuperadas con el muestreador de cuchara partida se utilizaron para realizar ensayos de clasificación y/o propiedades índices del suelo. La

figura 2.0 muestra una vista en planta de la ubicación de las perforaciones realizadas. La localización de las perforaciones en campo fue referenciada a coordenadas WGS84 con ayuda de un GPS (*ref. GARMIN 61s).* El siguiente cuadro muestra las coordenadas, profundidad y cota de la superficie del terreno de cada una de las perforaciones realizadas por nuestra empresa:

SONDEO #	COORDENADAS	
	LATITUD	LONGITUD
SP-1	10°54'31.00"N	74°45'39.80"O
SP-2	10°54'33.55"N	74°45'38.62"O
SP-3	10°54'37.93"N	74°45'36.87"O
SP-4	10°54'41.77"N	74°45'42.21"O
SP-5	10°54'43.96"N	74°45'36.13"O
SP-6	10°54'48.93"N	74°45'36.00"O
SP-7	10°54'54.02"N	74°45'36.69"O
SP-8	10°54'57.30"N	74°45'35.48"O
SP-9	10°54'57.21"N	74°45'33.82"O

Tabla 1. Información de las perforaciones.



Figura 3.0 Vista en planta ubicación de sondeos del proyecto.

3.1.1 Equipos de perforación

Los equipos utilizados por GEOTECHNICAL CONSULTING SAS. para la realización de las perforaciones en el lote de estudio fue del tipo percusión y lavado; este equipo cuenta con sistema golpeador del tipo cuerda y polea con capacidad de 15 mts de perforación. En la siguiente fotografía se puede observar el equipo de referencia utilizado para realizar las perforaciones en el lote de estudio.

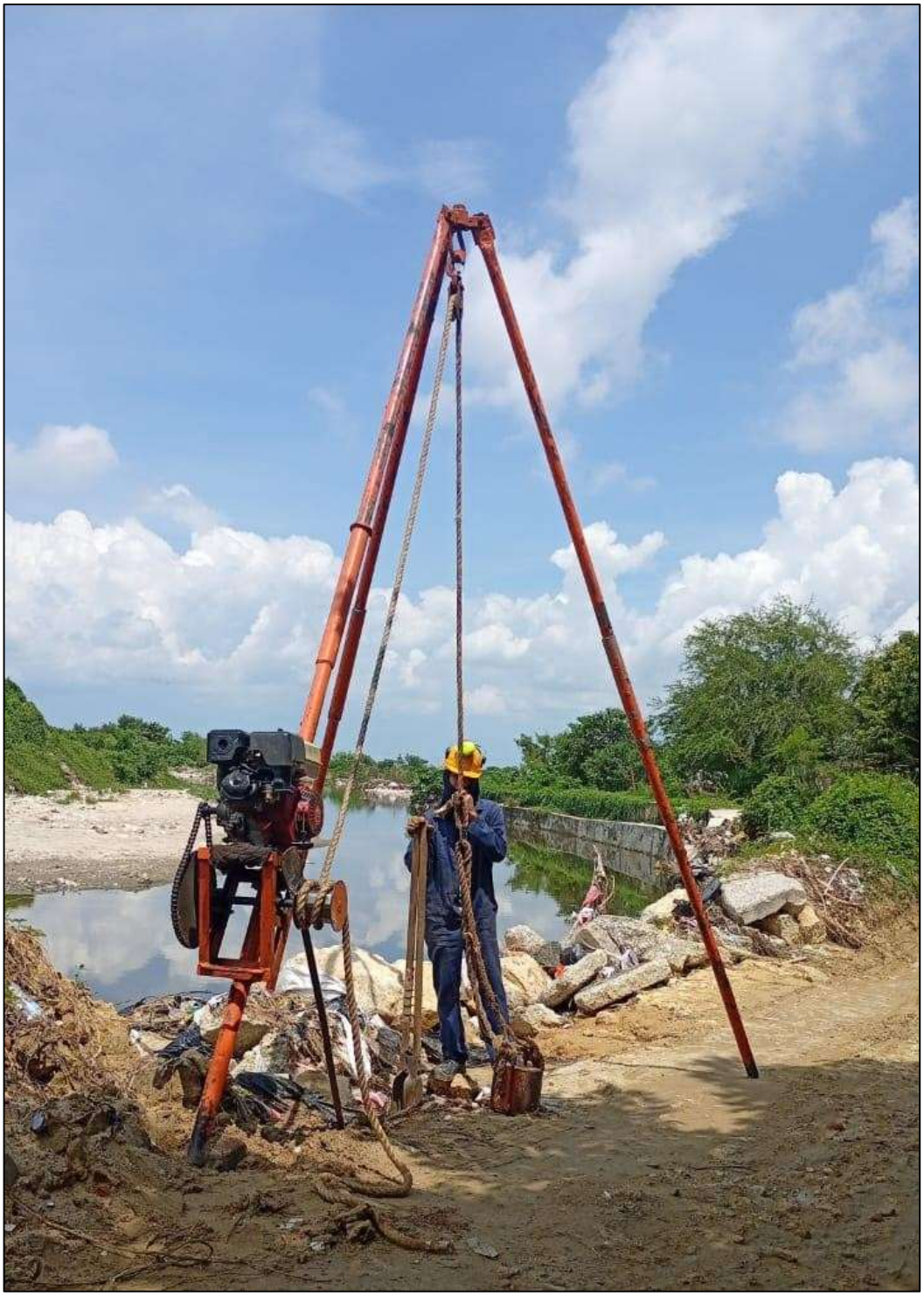


Fotografía No. 6 Equipo de percusión utilizado para realizar los sondeos en campo.

3.1.2. Perforaciones realizadas con equipos de percusión para la recuperación de muestras.

En cada perforación se extrajeron muestras (inalteradas) en forma continua para su posterior investigación. Las perforaciones se realizaron con equipos de percusión, ensayos de S.P.T alteradas e inalteradas. Se realizó el ensayo de penetración Normal (Standard Penetration Test S.P.T.) para penetrar un muestreador de tubo partido con el fin de obtener muestras representativas del suelo y una medida de resistencia del suelo a la penetración del muestreador. El ensayo se realizó siguiendo la norma de ensayo ASTM D 1586.

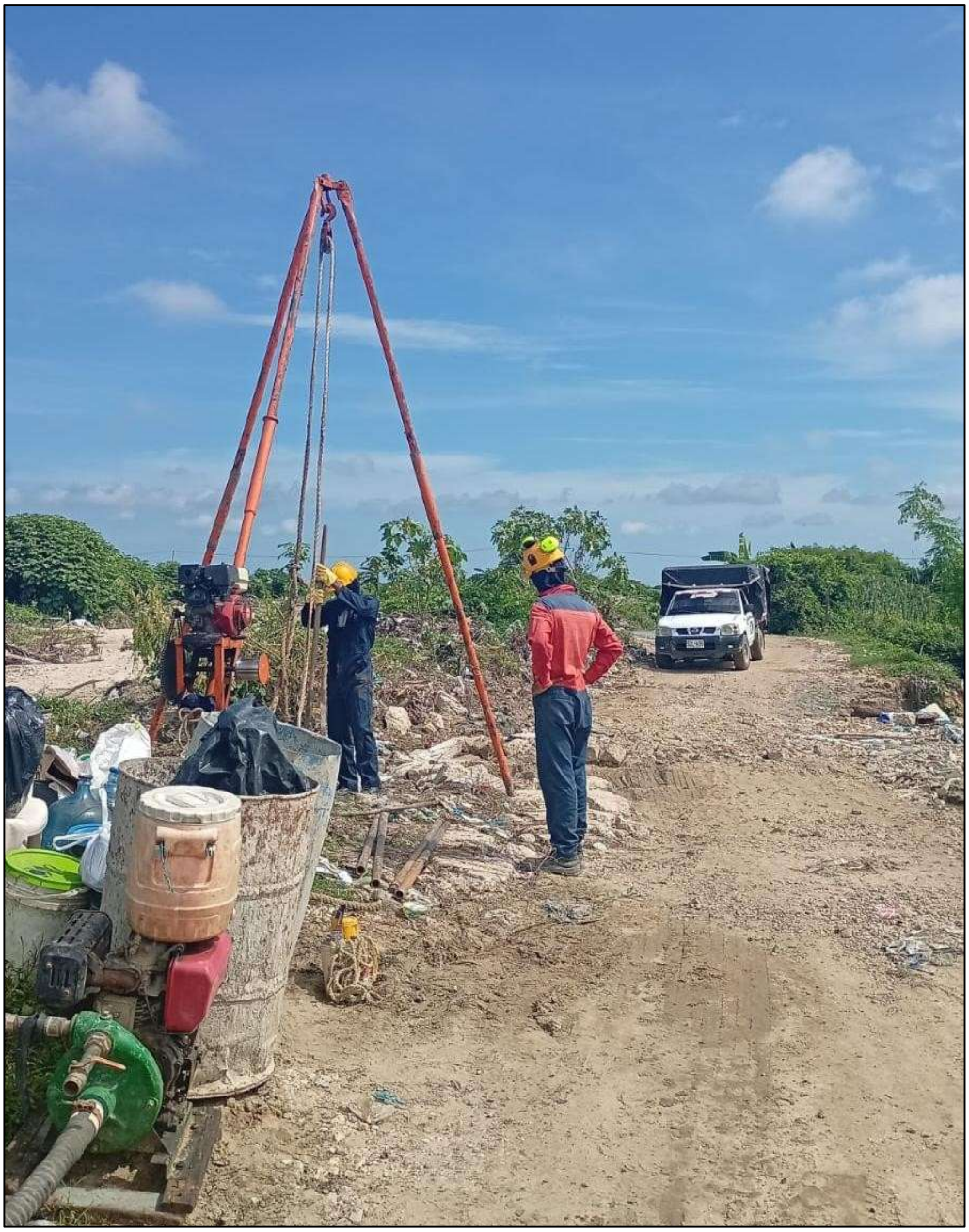
Las fotografías 7, 8, 9 y 10 muestran las perforaciones realizadas en el lote de estudio.



Fotografía No. 7 Sondeo SP-1 Proyecto Arroyo Platanal.



Fotografía No. 8 Sondeo SP-2 Proyecto Arroyo Platanal.



Fotografía No. 9 Sondeo SP-3 Proyecto Arroyo Platanal.



Fotografía No. 10 Sondeo SP-5 Proyecto Arroyo Platanal.

Se recuperaron muestras con el muestreador de cuchara partida cada metro o cambio de estrato, controlando al máximo la no perdida de humedad natural por medio de bolsas plásticas de cierre hermético. Con las muestras recuperadas se realizaron ensayos clasificatorios (Gradaciones y Límites de Atterberg) y se determinaron otras propiedades índices del suelo.

3.2. INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO.

A las muestras recuperadas en cada perforación se les practicaron ensayos de laboratorio, los cuales fueron de gran ayuda para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Los ensayos realizados se desarrollaron siguiendo las normas exigidas en el título H (H.2.3.1) de las NSR-10. (Normas NTC, ICONTEC, ASTM).

A continuación, se dará un listado de los ensayos realizados y cantidades:

Ensayo de laboratorio	Norma aplicada	Cantidad (Und)
Granulometría mecánica (Tamiz)	ASTM D 422	24
Límites de Atterberg (LL y LP)	ASTM D 4318	24
Peso unitario	ASTM D 2937	2
Contenido de humedad	ASTM D 2216	24
Compresión inconfinada	ASTM D 2166	3

3.3. INVESTIGACIÓN DE OFICINA.

Se analizaron los resultados obtenidos en las anteriores investigaciones (campo y laboratorio), los cuales servirán de soporte para dar las recomendaciones necesarias para cimentar las estructuras.

4. CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO.

4.1. GEOLOGÍA LOCAL.

La mayor parte de territorio de Soledad según las investigaciones realizadas por el geólogo José Henry Carvajal del INGEOMINAS en el año 2006, se encuentra geológicamente en el llamado Cinturón del Sinú, constituido en este sector de rocas de origen marino profundo, que se extienden en edad desde el Mioceno superior (aproximadamente hace 15 millones de años) hasta el Pleistoceno - Holoceno (hasta hace aprox. 1,6 millones de años). Cubriendo las rocas mencionadas se encuentran depósitos Cuaternarios recientes de origen fluvial y denudacional, asociados con coluviones de deslizamiento y flujos de detritos actuales. En el Área de Soledad convergen dos trenes estructurales de direcciones diferentes: uno de dirección N 20º E y de edad Eoceno medio y otro de dirección N 45º E de edad Plioceno – Pleistoceno, que corresponden a los Cinturones de San Jacinto y Sinú, respectivamente.

Geológicamente el área de Soledad se ha comportado como un paleoalto desde el Eoceno inferior (aproximadamente desde hace 55 millones de años), con eventos de sumergimiento asociados a transgresiones marinas durante el Eoceno medio, Oligoceno y Pleistoceno- Holoceno (1 millón de años). Tal dinámica es la responsable de la presencia de materiales arenosos de playa y arcillosos calcáreos intercalados localmente aún sin litificar, particularmente en los dos últimos millones de años (Carvajal J., 2006).

En la franja costera de Barranquilla (Bocas de Ceniza y La Playa) y a lo largo del margen del río Magdalena afloran rocas y depósitos sedimentarios, que

comprenden edades del pleistoceno (Cuaternario). En la parte occidental del área urbana de la ciudad y parte del área occidental del territorio (Juan Mina) se encuentra una formación que se ubica en el límite geocronológico de los periodos Paleógeno y Neógeno, pero finalmente en su investigación INGEOMINAS (2006) la ubica en la época del Mioceno (Neógeno).

En el mapa geológico de Colombia 2015 del geoportal del Servicio Geológico Colombiano, SGC, se puede observar la geología de Soledad con su respectiva nomenclatura estratigráfica.

En la Figura 4.0, se puede observar el mapa geológico de la región en la que se encuentra Soledad y parte de la zona metropolitana, la cual muestra de manera detallada las diferentes formaciones y depósitos geológicos del territorio, que comprenden los suelos que son objetivo de la caracterización geotécnica de la ciudad.

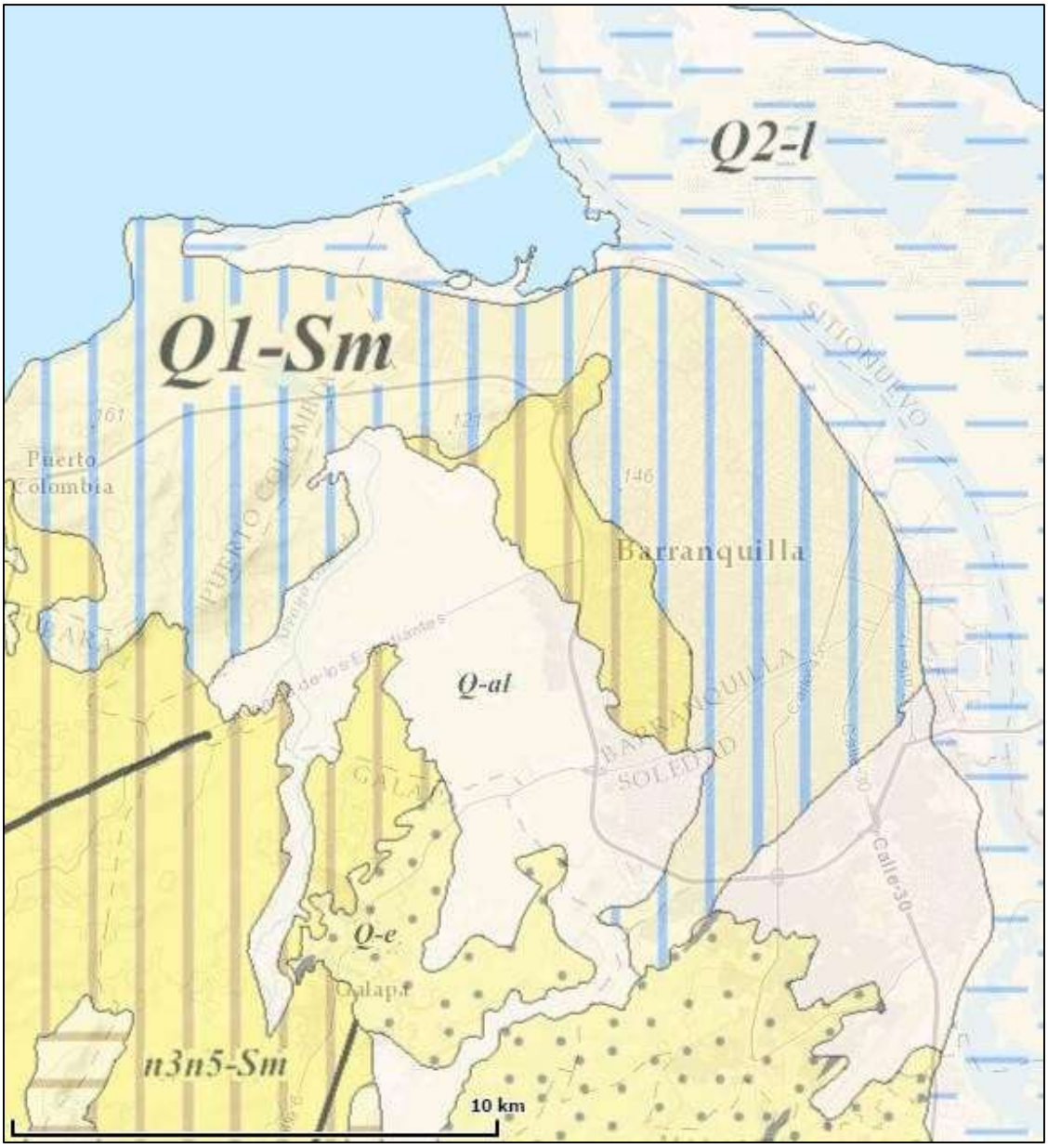


Figura 4.0 Mapa geológico de la ciudad de Soledad (departamento del Atlántico).

A continuación, se define la estratigrafía geológica que se encuentra en el territorio del distrito (Soledad) y su área metropolitana (Molina, A., et al., 1999).

4.1.1 Formación Las Perdices (n3n5-Sm), Neógeno

Se utiliza este nombre para designar una unidad con predominio de arcillolitas y limolitas que presenta una morfología suave al norte de la Ciénaga del Totumo, en el sector costero comprendido entre la Loma del Morro y Punta Manzanillo, al noreste de Galerazamba y sur de Puerto Colombia. Está constituida principalmente por arcillolitas gris verde oliva, con abundante microfauna. Hacia el caserío del El Cerrito, al noreste de la Ciénaga del Totumo, presenta facies de areniscas de grano fino, gris amarillentas en capas medianas a delgadas intercaladas con areniscas arcillosas y limolitas ferruginosas y arcillolitas con microfauna.

La microfauna reconocida en los recientes estudios, realizados por Barrera (en preparación) al noreste de la Ciénaga del Totumo, indican edades entre el Mioceno Inferior a Medio.

4.1.2 Formación La Popa (Q1-Sm), Cuaternario

Esta unidad aflora hacia la parte más nororiental del área de estudio en las Lomas de la Risota, Nisperal, Aguas Vivas y Pan de Azúcar en los alrededores de Puerto Colombia. Los acantilados de esta unidad en Pradomar conforman un escarpe vertical de casi 30 m de altura, compuesto hacia la base por areniscas de grano fino en matriz arcillosa de color gris amarillento, cubiertas por calizas coralinas en capas discontinuas delgadas y arcillolitas y limolitas arcillosas de color gris claro en muestra alterada.

Hacia el sector sur del Cerro El Castillo afloran areniscas de grano grueso a conglomeráticas con cantos de cuarzo y pequeños fragmentos de conchas, que infrayacen calizas arrecifales, de color crema.

Al norte de Puerto Colombia afloran calizas terrígenas color gris amarillento a amarillo grisáceo, calizas arrecifales terrígenas con abundantes bioclastos de corales, algas y moluscos, en capas gruesas, y areniscas calcáreas de grano fino, friables, con abundante matriz calcárea, que localmente presenta fragmentos de moluscos pequeños.

La edad de esta unidad ha sido muy controvertida, pero finalmente Barrera (en preparación) postula, con base en posición estratigráfica y en la microfauna recolectada recientemente por INGEOMINAS, una edad Pleistoceno para esta unidad.

4.1.3 Sedimentos recientes

Se incluyen con este nombre todas aquellas acumulaciones de sedimentos débilmente consolidados, de origen marino, fluvial y eólico que constituyen la cobertura y suprayacen inconformemente las rocas sedimentarias estratificadas del Terciario y del Cuaternario Inferior. Se han diferenciado los siguientes grandes grupos de depósitos:

- **Depósitos Coluvio-aluviales, Q-al:** Con esta denominación se incluyen los depósitos acumulados en los cauces de los actuales arroyos y los valles estrechamente relacionados con éstos. En términos muy generales, están compuestos por arenas, gravas, limos y arcillas,

de color pardo grisáceo a pardo amarillento que embeben fragmentos de areniscas y calizas, principalmente.

- **Depósitos Eólicos, Q-e:** Depósitos eólicos asociados a la línea de costa, aún en acumulación activa, se presentan en los alrededores de Salgar y en el sector comprendido entre Bocatocino y Galerazamba. Están constituidos por arenas de grano fino a medio.

- **Depósitos fluvio lacustres, Q2-l:** Estos depósitos están restringidos a la parte más septentrional del área, en las márgenes del Río Magdalena, sus orillares y las ciénagas asociadas. Están constituidos por arenas de grano fino a medio, de color gris amarillento compuestas por cuarzo, chert y fragmentos líticos, subangulares a subredondeados.

  Los sedimentos asociados a las ciénagas son más arcillosos, constituidos por arcillas limosas con materia orgánica, ocasionalmente arenosas, grises parduscos a marrón rojizo.

La leyenda estratigráfica de los suelos geológicos que conforman la región se puede observar con una nomenclatura diferente en el mapa geológico “Geología de las planchas 16-17 Galerazamba-Barranquilla” realizado por Barrera Rel Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS) del año 1998, los cuales corresponden a la misma descripción e investigaciones anteriores realizadas por este organismo. Las rocas y depósitos sedimentarios son similares en este documento de la siguiente manera: **n3n5-Sm / PgNgP, Q1-Sm / Qpp, Q-al / Qcal, Q-e / Qe, Q2-l / Qfl.** La leyenda geológica se puede observar en la Figura 4.1.

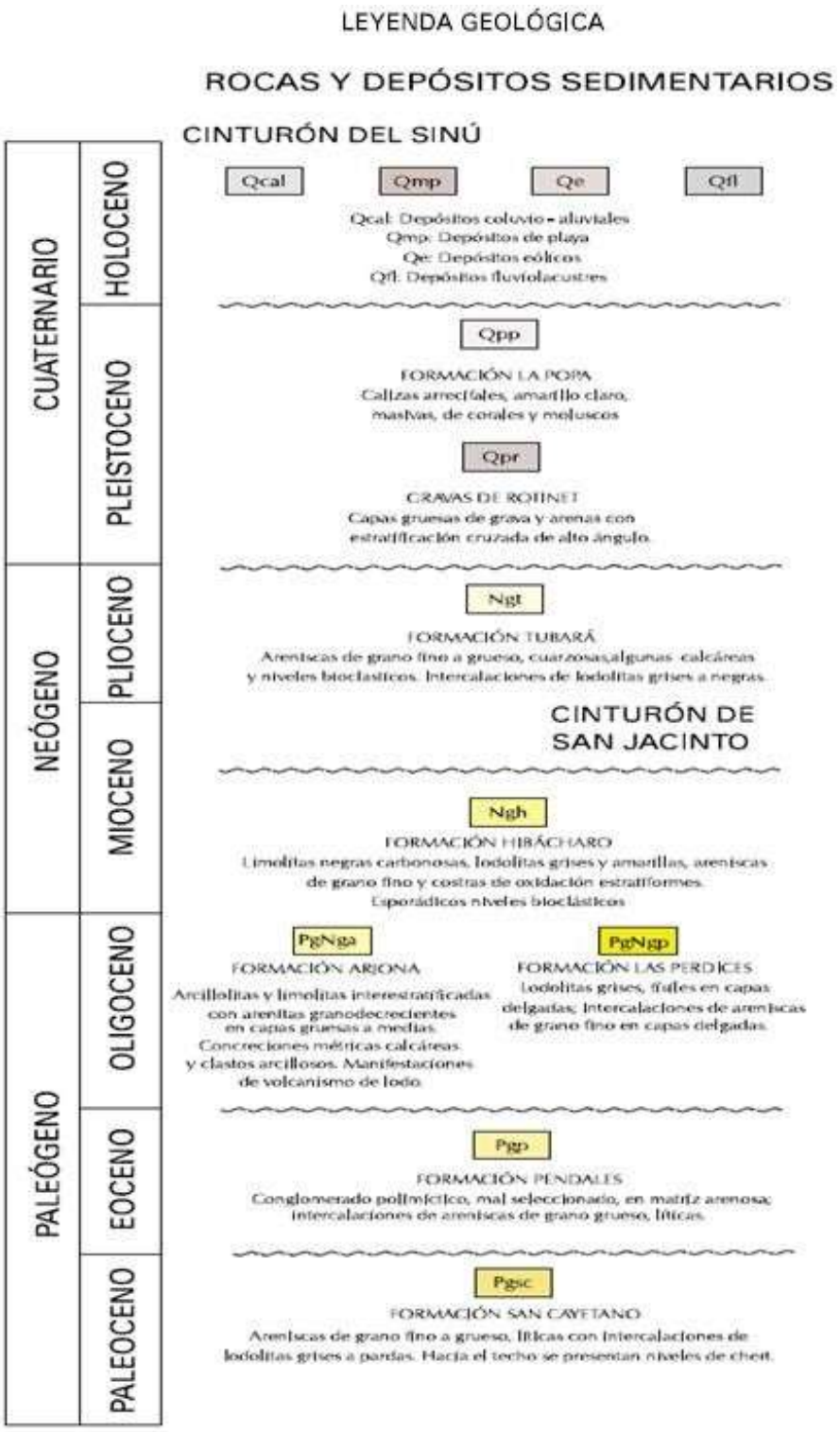


Figura 4.1 Leyenda geológica regional. Fuente: INGEOMINAS, 1998.

4.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Tectónicamente, el territorio del Departamento del Atlántico está localizado en la zona de interacción de las placas Suramérica y Caribe, en la parte más norte del Cinturón de San Jacinto (Duque-Caro, 1980), cuyo núcleo es ocupado por la Formación San Cayetano, con evidencias de intenso tectonismo, reflejado en fallamiento inverso, plegamiento estrecho e inversión de estratos. La zona del costado occidental del departamento, es el sector de mayor presencia de estructuras geológicas, en tanto que hacia el oriente donde se ubica Soledad, no se han cartografiado estructuras importantes. Las fallas y los pliegues cartografiados se describen a continuación:

4.2.1 Fallas

En general, las fallas y pliegues presentan dos direcciones preferenciales, unas con rumbo entre N10-300E y los lineamientos y fallas transversales N60-70W.

a) Fallas NE

Fallas Banco, Laguna, Henequén, Juan de Acosta - María La Baja, El Playón, Usiacurí, Hibácharo, Fallamiento de Arroyo de Piedra, falla Villanueva - El Totumo y Manzanillo.

b) Sistema de fallas transversales

El sistema de fallas transversales es fallas con dirección NW y NE. Las que tienen rumbo NW afectan principalmente a las formaciones Hibácharo y La Popa.

Las fallas con dirección NE son las de Mirador y Paloalto que afectan principalmente las formaciones Hibácharo, Tubará y La Popa. La Falla Mirador tiene unos 12 km de longitud, coincide con un abrupto cañón al norte de la población de Tubará. Pone en contacto a las formaciones Hibácharo y La Popa. La Falla Paloalto tiene una longitud aproximada de 4 km, provoca intenso fracturamiento y diaclasamiento en las rocas de las formaciones Hibácharo y Tubará.

4.2.2 Pliegues

La mayor parte de los pliegues están localizados en la parte axial del Anticlinorio de Luruaco y están controlados por las fallas. Los pliegues más importantes se mencionan a continuación.

Anticlinal de Sibarco, de Manzanillo y del Morro, Sinclinal de Tubará, Sinclinal de Sabanalarga, plegamiento de Luruaco y plegamiento de San Estanislao.

En la figura 4.2 se presenta el esquema estructural del Departamento del Atlántico, tomado de INGEOMINAS (2000).

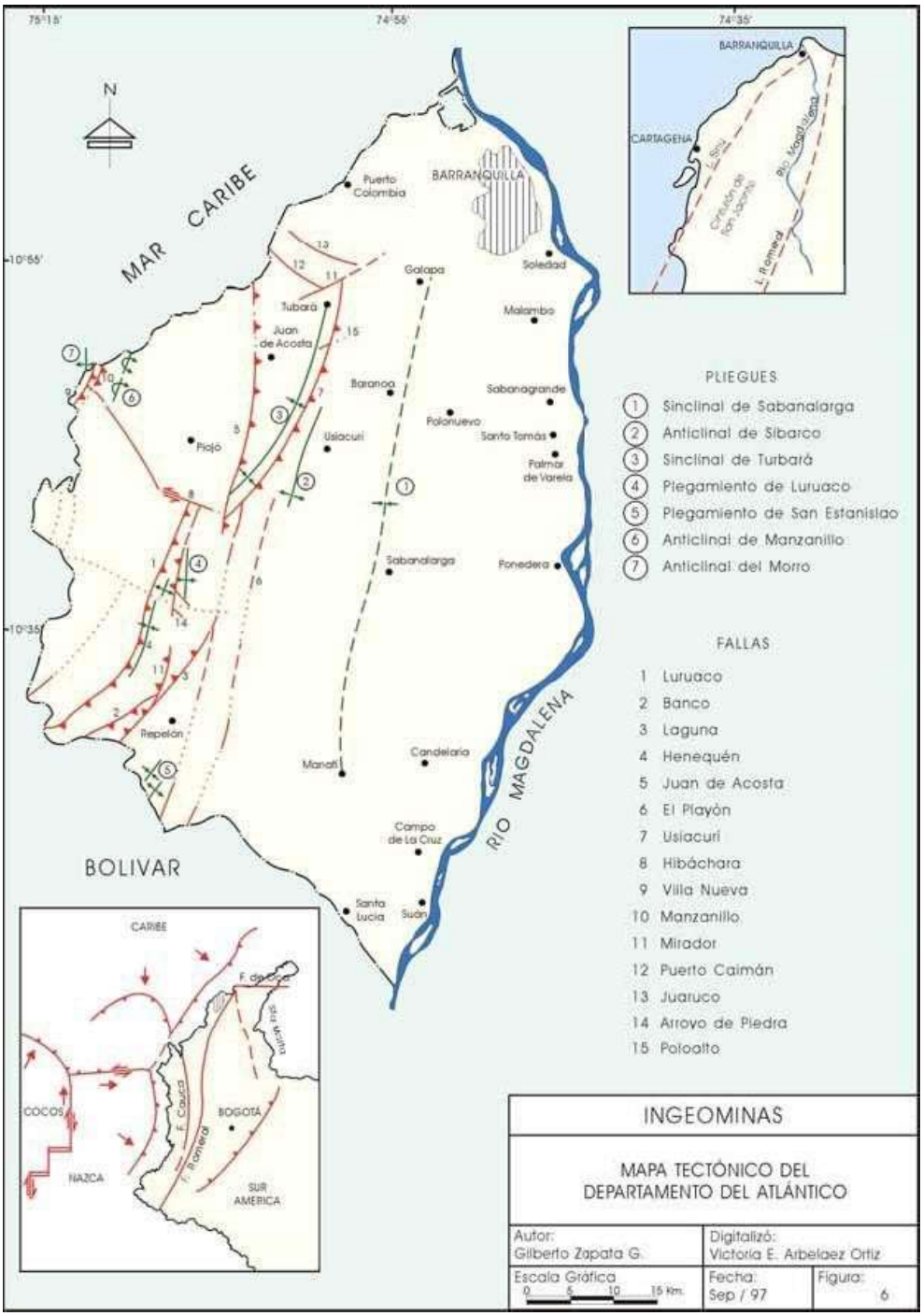


Figura 4.2. Mapa tectónico del Departamento de Atlántico (Tomado de Ingeominas, 2000)

4.3. SISMICIDAD DEL ENTORNO Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS SÍSMICOS.

De acuerdo a las Normas Colombianas de Diseño y construcción Sismo Resistente, NSR-10, (Ley 400 de 1997, modificada Ley 1229 de 2008, y Decreto 926 del 19 marzo de 2010), el departamento del Atlántico está enmarcado dentro de una zona de amenaza sísmica baja.

Para determinar los efectos locales (tipo de perfil del suelo y los valores de los coeficientes de sitio) se utilizó el procedimiento indicado en la norma NSR-10 título A.2.4.2 (Tipo de perfil de suelo) y para determinar los parámetros de definición del tipo de perfil del suelo (NSR-2010 A.2.4.3) se utilizó el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar (NSR-2010 Titulo A.2.4.3.2, inciso a y b).

De acuerdo con lo anterior, se calculó $\mathbf{N_{60}}$ (numero de golpes obtenido del ensayo de SPT en campo, corregido por condiciones de campo) y el valor de $\bar{N}$ $(numero\ medio\ de\ golpes\ del\ ensayo\ de\ penetracion\ estandar)$, haciendo uso de las siguientes expresiones:

N60 corregido por condiciones de campo = (N*nh*nb*ns*nr)/60 (según Skempton 1986, Seed y colaboradores 1985)

donde:nh= eficiencia de martillo
nb= coreccon diametro perforacion =1,0
ns= correccion muestreador = 1,0
nr= longitud de la barra.

nh= 45 % cuerda y polea colombia
nh= 78% martillo automatico

nr=

0,0 a 4,0 mts =	0,75
4-6,0 mts =	0,85
6,0 a 10,0 mts=	0,95
mayor a 10 mts=	1

$$\overline{N} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{N_i}} \; ; inciso\ A.2.4.3.2\ (a)\ de\ la\ norma\ NSR-10.$$

En conclusión, con base a lo estipulado en la Norma y para efectos de diseño se recomienda utilizar los siguientes parámetros de diseño:

a. Aceleración pico efectiva: Aa = 0.10
b. Aceleración pico efectiva: Av = 0.10
c. Perfil de suelo: Tipo E
d. Coeficiente de amplificación para aceleración: Fa = 2.5
e. Coeficiente de amplificación para velocidad: Fv = 3.5

Los valores de Fa y Fv fueron tomados de la norma sismo resistente figura 4.3 y figura 4.4.

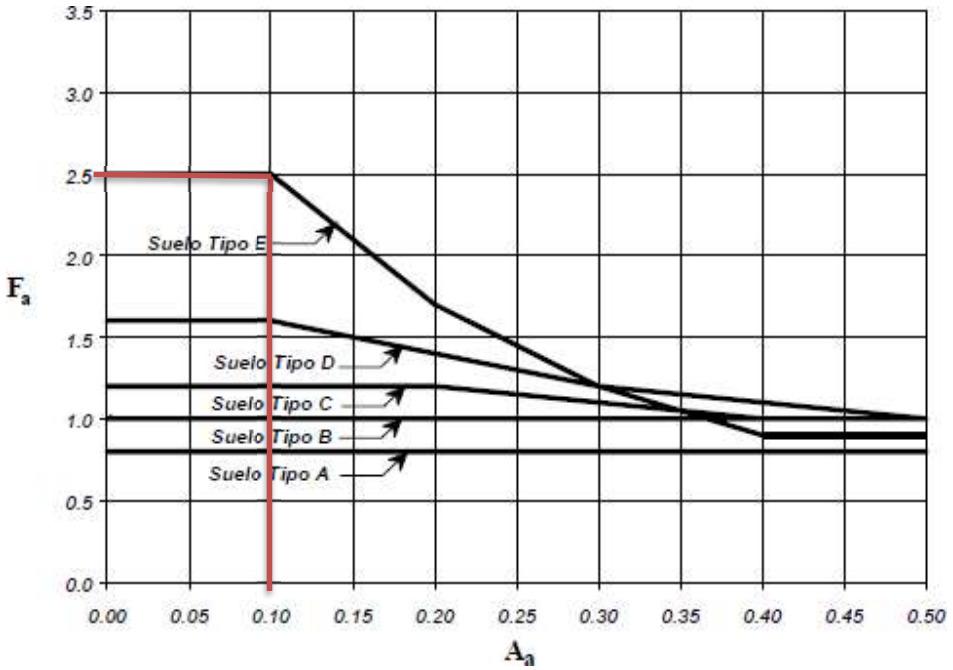


Figura 4.3. Coeficiente de ampliación Fa del suelo para la zona de períodos cortos de espectro.

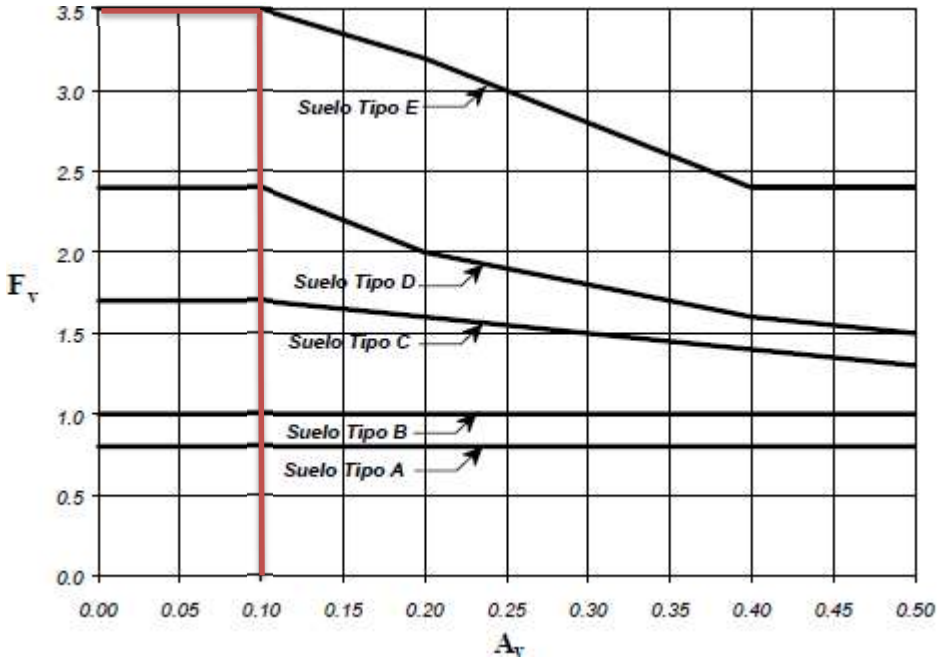


Figura 4.4. Coeficiente de ampliación Fv del suelo para la zona de períodos intermedio de espectro.

Nota: La determinación del perfil del suelo calculando N, se realizó siguiendo como referencia el inciso de la Norma NSR-2010 A.2.4.3.2 (a) Número medio de golpes del ensayo de penetración estándar.

Tabla A.2.4-1
Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\overline{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\overline{v}_s \geq 760$ 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> $\overline{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\overline{N} \geq 50$, o $\overline{s}_u \geq 100$ 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 > $\overline{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > $\overline{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\overline{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > $\overline{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w ≥ 40% 50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\overline{s}_u$
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)	

5. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA.

5.1. PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PROPIEDADAES DE LOS ESTRATOS ENCONTRADOS.

La descripción de los suelos mostrada a continuación se realizará teniendo en cuenta la estratigrafía encontrada en el área en donde se llevó a cabo la campaña de exploración geotécnica. En los anexos se pueden observar los registros de perforación y resultados de laboratorio de las muestras ensayadas.

Dentro de los materiales explorados se encontró inicialmente una capa de rellenos antrópicos de arena y arcilla con escombros y basura, humedad alta y densidad y/o consistencia suelta y/o blanda, seguido en la mayoría de los casos por un estrato fino de arcillas limosas con algo de arena y capas de limos intercalados, de color gris, humedad media a alta y consistencia blanda a media, cambiando a materiales granulares de arenas arcillosas y limosas de grano medio a fino, color gris, humedad alta y densidad media a densa, finalizando en la mayoría de los casos en un estrato fino de arcillas con arena y algunos limos arenosos de baja plasticidad, color gris verdoso, humedad media a alta y consistencia firme a muy firme.

A continuación, se hace una descripción de los suelos encontrados a lo largo del lote investigado, a partir de la investigación de campo y laboratorio realizada sobre el lote del proyecto:

a) **Rellenos antrópicos de arena, arcilla con presencia de escombros y basura, densidad y/o consistencia suelta y/o blanda.**

Estos materiales se encuentran con espesores que varían entre 0.50 mts a 1.50 mts, poseen una humedad media a alta y presentan una densificación y/o consistencia suelta y/o blanda. Son materiales que cuentan con un numero de golpes por pie N° entre 4 a 6. Este depósito clasifica como GM y SC según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos S.U.C.S, son materiales de baja plasticidad y presentan un porcentaje pasa tamiz 200 entre 14.21% y 34.48%.

Tabla 2. Características rellenas antrópicos de arena, arcilla con presencia de escombros y basuras, densidad y/o consistencia suelta y/o blanda.

Descripción	Características y/o propiedades	Min.	Pro.	Max.
RELLENOS ANTROPICOS DE ARENA, ARCILLA CON PRESENCIA DE ESCOMBROS Y BASURAS. Humedad media a alta y densidades y/o consistencias sueltas y/o blandas. SUCS: GM, SC.	% Pasa tamiz 200	14.21	24.30	34.40
	Humedad Natural (W%)	17.00	21.10	25.30
	Límite liquido (LL%)	N.P.	26.30	26.30
	Índice plástico (Ip%)	N.P.	7.83	7.83
	Peso unitario, γ (Ton/m3)	1.74	1.75	1.77
Este depósito se encontró en los sondeos: SP-1(0.00-1.00m); SP-2(0.00-1.50)m; SP-3(0.00-1.00)m; SP-4(0.00-0.50)m; SP-5(0.00-1.50)m; SP-6(0.00-0.50)m.; SP-7(0.00-1.00)m; SP-8(0.00-1.50)m; SP-9(0.00-1.00)m.	Clasificación SUCS	**GM**	**SC**	**SC**

b) Materiales finos conformados por Arcillas limosas con algo de arena, color gris, humedad media a alta, CH según S.U.C.S.

Estos materiales se encuentran con espesores de entre 2.00 mts a 2.50 mts. Poseen una humedad media a alta y consistencia blanda a media. Son materiales que cuentan con un numero de golpes por pie entre 4-24. Este depósito clasifica como CH según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos S.U.C.S, son materiales de **alta plasticidad** con límite de Atterberg, limite liquido (LL) entre 53.30% a 54.50%. índice de plasticidad (IP) entre 28.81% a 30.84% y presentan un porcentaje pasa tamiz 200 entre 94.90% a 95.50%.

Tabla 3. Características Arcillas Limosas con lentes de arena, humedad media a alta, consistencia blanda a media.

Descripción	Características y/o propiedades	Min.	Pro.	Max.
ARCILLA LIMOSA CON LENTES DE ARENA, de alta plasticidad, color gris, humedad media a alta y consistencia blanda a media. Se realizo el ensayo de penetración estándar (S.P.T.) en campo para medir la resistencia, presentando valores del orden de 4 a 24 golpes/pie de penetración.	% Pasa tamiz 200	94.90	95.20	95.50
	Humedad Natural (W%)	26.50	26.80	27.00
	Límite liquido (LL%)	53.30	53.90	54.50
	Índice plástico (Ip%)	28.81	29.96	30.84
	Peso unitario, γ (Ton/m3)	1.91	1.95	1.97
	Cohesión no drenada, Cu (Kg/cm2) **(*).**	0.25	0.27	0.28
SUCS: **CH.** Este depósito se encontró en los sondeos**:** SP-2 (1.50-4.00)m; SP-3(1.00-3.50)m; SP-4(0.50-2.70)m; SP-6(0.50-2.50)m; SP-7(1.00-3.00)m; SP-9(1.00-2.00)m.	Clasificación SUCS	**CH**	**CH**	**CH**

c) Materiales finos conformados por limos arcillosos con algo de arena, color gris, humedad alta, consistencia blanda a media, ML según S.U.C.S.

Estos materiales se encuentran con espesores de entre 1.00 mts a 4.00 mts. Poseen una humedad alta y consistencia blanda a media. Son materiales que cuentan con un numero de golpes por pie entre 4-28. Este depósito clasifica como ML según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos S.U.C.S, son materiales de **baja plasticidad** con limite de Atterberg, limite liquido (LL) entre 49.30% a 49.90%. índice de plasticidad (IP) entre 18.87% a 19.20% y presentan un porcentaje pasa tamiz 200 entre 90.30% a 91.10%.

Tabla 4. Características Limos arcillosos con lentes de arena, humedad alta, consistencia blanda a media.

Descripción	Características y/o propiedades	Min.	Pro.	Max.
LIMOS ARCILLOSOSO, de baja plasticidad, color gris, humedad alta y consistencia blanda a media. Se realizo el ensayo de penetración estándar (S.P.T.) en campo para medir la resistencia, presentando valores del orden de 4 a 28 golpes/pie de penetración. SUCS: **ML** Este depósito se encontró en los sondeos**:** SP-1(4.50-7.00m); SP-2(4.00-5.00)m; SP-3(5.00-7.00)m; SP-5(1.50-5.50)m; SP-6(2.50-4.00)m; SP-7(3.00-4.00)m, SP-8(1.50-4.00)m; SP-9(2.00-4.00)m.	% Pasa tamiz 200	90.30	90.70	91.10
	Humedad Natural (W%)	40.80	41.50	43.00
	Límite liquido (LL%)	49.30	49.50	49.90
	Índice plástico (Ip%)	18.87	19.01	19.20
	Peso unitario, γ (Ton/m3)	1.91	1.95	1.97
	Cohesión no drenada, Cu (Kg/cm2) **(*).**	0.10	0.15	0.25
	Clasificación SUCS	**ML**	**ML**	**ML**

d) **Materiales granulares conformados por arenas limosas y/o arcillosas de grano fino a medio, color habano y gris, humedad alta, densidad media a muy densa SM, SC, SW-SM, SP-SM según S.U.C.S.**

Estos materiales se encuentran con espesores entre 1.50 a 12.30mts, poseen una humedad alta y una densidad media a muy densa. Son materiales que cuentan con un numero de golpes por pie N° entre 10 y N° > 50. Este depósito clasifica como SM, SC, SW-SM y SP-SM según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos S.U.C.S, son materiales no plásticos (N.P) o con baja plasticidad y presentan un porcentaje pasa tamiz 200 entre 4.70% y 48.90%.

Tabla 5. Características arenas limosas y/o arcillosas de grano fino a medio.

Descripción	Características y/o propiedades	Min.	Pro.	Max.
ARENAS LIMOSAS Y/O ARCILLOSAS DE GRANO FINO A MEDIA, color habano y gris, humedad alta, densidad media a muy densa. Se realizo el ensayo de penetración estándar (S.P.T.) en campo para medir la resistencia, presentando valores del orden de N=10 a N>50 golpes/pie de penetración. SUCS: SM, SC, SW-SM, SP-SM Este depósito se encontró en los sondeos**:** SP-1(1.00-4.50) (7.00-10.00)m; SP-2(6.00-10.00)m; SP-3(3.50-5.00) (7.00-15.0)m; SP-4(2.70-15.00)m; SP-5(5.50-11.00)m; SP-6(4.00-15.00)m; SP-7(4.00-12.00)m; SP-8(4.00-15.00)m.	% Pasa tamiz 200	4.70	19.20	48.90
	Humedad Natural (W%)	12.00	17.60	26.30
	Límite liquido (LL%)	NP	25.90	26.30
	Índice plástico (Ip%)	NP	7.64	7.97
	Peso unitario, γ (Ton/m3)	1.85	1.90	1.95
	Clasificación SUCS	**SP-SM**	**SC**	**SC**

e) **Materiales Finos conformados por Arcillas con arena, de baja plasticidad, color gris, humedad alta, consistencia firme a muy firme, SC según S.U.C.S.**

Estos materiales se encuentran en espesores entre 5.00 a 6.50 mts, poseen una humedad media a alta y consistencia firme a muy firme, aumentando su resistencia con la profundidad. Son materiales que cuentan con un numero de golpes por pie N° = 14 a N° > 50. Este depósito clasifica como SC según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos S.U.C.S, son materiales de baja plasticidad y presentan un porcentaje pasa tamiz 200 entre 47.70% a 48.20%.

Tabla 6. Características Arcillas con arena de baja plasticidad, color gris, consistencia firme a muy firme.

Descripción	Características y/o propiedades	Min.	Pro.	Max.
ARCILLAS CON ARENA. Color gris, humedad media a alta, firme a muy firme. Se realizo el ensayo de penetración estándar (S.P.T.) en campo para medir la resistencia, presentando valores del orden de 14 a N° > 50 golpes/pie de penetración.	% Pasa tamiz 200	47.70	47.95	48.20
	Humedad Natural (W%)	16.20	17.05	17.90
	Límite liquido (LL%)	33.50	33.50	33.50
	Índice plástico (Ip%)	16.71	16.93	17.15
	Peso unitario, γ (Ton/m3)	1.90	1.95	2.00
SUCS: **SC.** Este depósito se encontró en los sondeos: SP-1(10.00-15.00)m; SP-5(11.00-15.00)m.	Clasificación SUCS	**SC**	**SC**	**SC**

5.2. NIVEL FREÁTICO.

En la fecha de la investigación, se registraron niveles de agua freática y/o niveles de agua colgada hasta la profundidad explorada en todos los sondeos realizados por GEOTECHNICAL CONSULTING S.A.S.

La siguiente tabla muestra los sondeos donde fue encontrado los niveles freáticos de aguas junto a la profundidad de estos en los puntos de sondeo:

Tabla 7. Niveles freáticos de los sondeos.

SONDEO	PROFUNDIDAD N.F.A (m)
SP-1	1.20
SP-2	0.50
SP-3	0.80
SP-4	1.15
SP-5	0.80
SP-6	0.60
SP-7	0.60
SP-8	1.00
SP-9	0.60

5.3. PERFIL ESTRATIGRAFICO DE DISEÑO Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS.

GEOCONSULTING S.A.S. ha definido perfiles estratigráficos de diseño para las áreas de construcción e intervención del proyecto, a continuación, se agrupan las zonas y tramos de importancia del proyecto y los perfiles de diseño, los cuales serán explicados más adelante.

TRAMO	PERFIL DE DISEÑO
TRAMO CAÑO SOLEDAD Y AFLUENTE K0+000 al K0+817	Perfil de diseño # 1
TRAMO INTERMEDIO ARROYO PLATANAL K0+000 A K0+800, TRAMO FINAL ARROYO PLATANAL, ADYACENTE AL MERCADO DE SOLEDAD	Perfil de diseño # 2

Por medio de la información obtenida de la investigación geotécnica realizada, se determinaron las propiedades geomecánicas (ɣ, Φ´, C', Cu y E_s) de los estratos del subsuelo encontrado, empleando el método de González (1999) con las ecuaciones de Seed-Idris (Marcuson), Kishida y Bowles (1996), correlaciones con el ensayo de penetración estándar (N) y ensayos de laboratorio de suelos. A continuación, se explica detalladamente cada una de las fórmulas empleadas para la determinación de los parámetros (Ver cálculos y ensayos de laboratorios en anexos).

Peso Unitario (ɣ). Esta propiedad se determinó por medio de ensayos de laboratorio.

Resistencia Efectiva (ϕ' y c'). Es la resistencia efectiva de los suelos obtenidos con el esfuerzo efectivo (σ') y al ángulo de fricción equivalente (ϕ'eq), por medio del método de González (1999), con las ecuaciones de seed-Idris (Marcuson) y Kishida.

Para calcular estas propiedades es necesario tener en cuenta la corrección del número de golpes por energía se calculó N_{72} (número de golpes obtenido del ensayo de SPT en campo, corregido por condiciones de campo), haciendo uso de las siguientes expresiones:

CALCULOS PARA LA DETERMINACION DE N_{72}:

$_{72}$ corregido por condiciones de campo	N*nh*nb*ns*nr/72		(Según Skempton 1986, Seed y colaboradores 1985)
donde:			
***nh= Energía real o eficiencia de martillo: 45%.**	nr=	0≤ Long. ≤4m =	0,75
nb= corección diámetro perforación =1,0		4< Long. ≤6m =	0,85
ns= corrección muestreador = 1,0		6< Long. ≤10m =	0,95
nr= longitud de la barra.		Long>10 m =	1,00

***nh= Energia del 45%, cuerda y polea de equipo empleado**

Para obtener ($N1_{72}$), a su vez este valor (N_{72}) es afectado por la corrección por confinamiento (Cn), teniendo en cuenta que Cn ≤ 2, obtenida de la fórmula de Seed-Idris (Marcuson):

Donde,

$$Cn = 1 - K * \log Rs$$

(K=1.41 para Rs<1; K=0.92 para Rs ≥1)

$$Rs = \sigma_v'/p_a$$

R_s: Relación entre el esfuerzo efectivo vertical y la presión atmosférica ($\sigma'_v = \sigma' = \gamma * z$).

Para luego determinar el ángulo de fricción equivalente ϕ'eq, utilizando la fórmula de Kishida dada por: $\phi'eq = 15 + (20 \times N1_{72})^{0.5}$

Una vez obtenidos estos valores, se calcula el valor del esfuerzo cortante (τ), por medio de la ecuación de resistencia al corte de un suelo, definida en términos de esfuerzo efectivo (σ') y al ángulo de fricción equivalente (ϕ'eq):

$$\tau = \sigma' * \tan \phi'eq$$

Posteriormente se agrupan los resultados de τ y σ' para un mismo suelo (según el perfil de diseño establecido en cada estrato) y se realiza una regresión lineal para estimar c' y ϕ' para cada estrato. Estas determinaciones se muestran más adelante.

Módulo de Deformabilidad (E_s). Para los suelos granulares se usaron relaciones empíricas entre el módulo de deformación del material terreo Es y N60, penetración estándar normalizada al 60% de energía, con la finalidad de estimar los asentamientos elásticos de las cimentaciones, para ello, Kulhawy y Mayne (1990), proporcionaron la siguiente fórmula para estimar el módulo de deformabilidad "Es", así:

$$\frac{E_s}{P_a} = \propto N_{60}$$

Donde:

$P_a = Presion\ atmosferica\ (Mismas\ unidades\ para\ E_s)$

$\propto \rightarrow 5\ para\ arenas\ con\ finos,$

$\propto \rightarrow 10\ para\ arenas\ limpias\ normalmente\ consolidados,$

$\propto \rightarrow 15\ para\ arenas\ limpias\ sobreconsolidados$

Para los suelos cohesivos (Arcillas y limos inorganicos) Leoni, Augusto establece que el módulo de elasticidad (Es) para suelos finos, en general se puede dar como:

$$E_s = 48 * (N_{60})^{0.64} * [1 - (\frac{1}{Fs})^{(0.15+0.004*N_{60})}]$$

Leoni establece que a partir de esta ecuación podemos calcular los valores del módulo elástico “Es” expresados en MPa, para distintos valores de coeficiente de seguridad “Fs” y expresados como el resultado del SPT “N60”.

Teniendo en cuenta los estratos de suelos encontrados en el lote y los perfiles estratigráficos de diseño que se explicara más adelante, se calcularon los valores de Modulo de Deformabilidad (Es) aplicando las fórmulas y teorías aplicadas anteriormente.

Las figuras 5.0 y 5.1 muestran las gráficas obtenidas con los valores promedio de Modulo de Deformabilidad (Es) para los estratos encontrados en el lote de estudio por cada perfil de diseño definido, así:

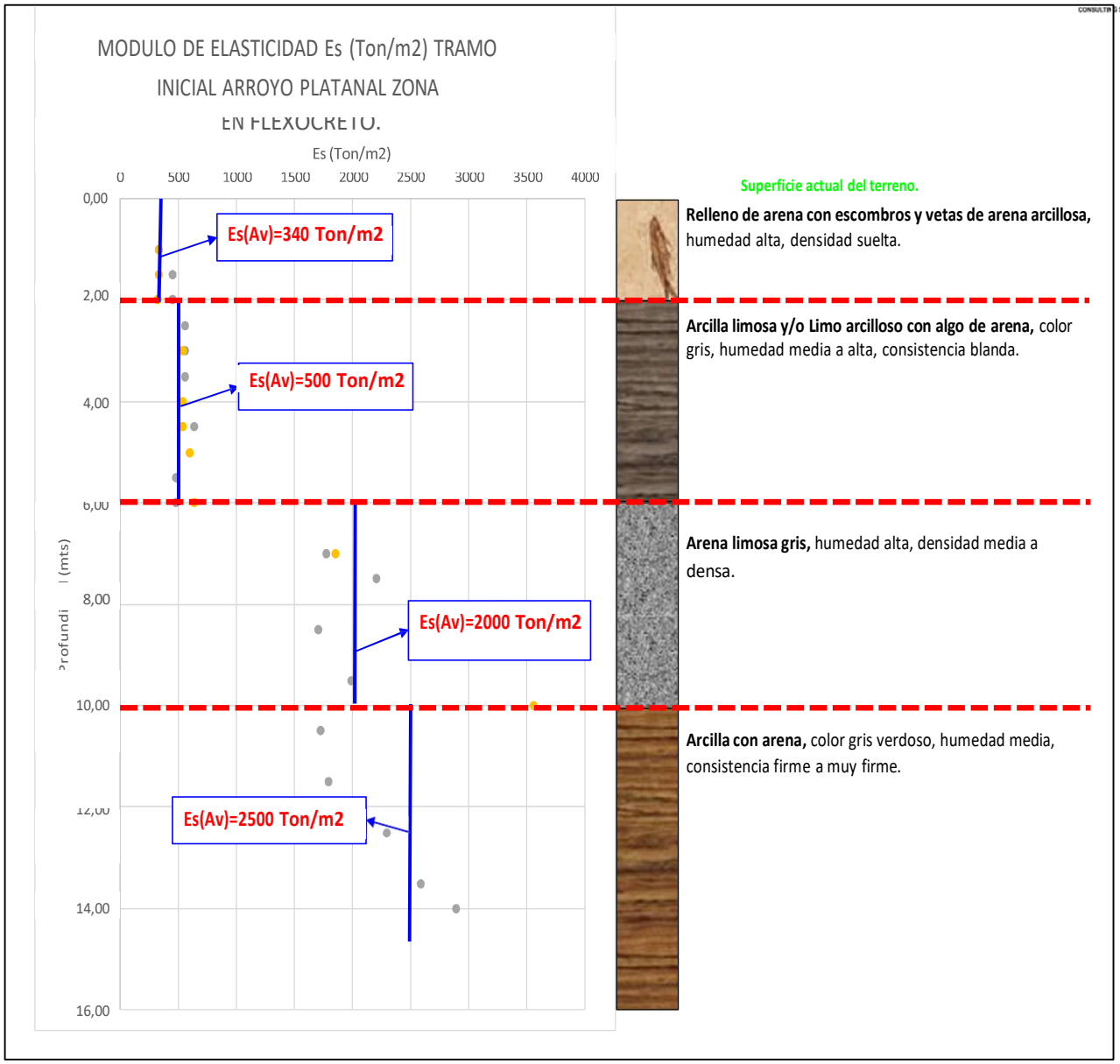


Figura 5.0 Valores módulos de elasticidad Perfil de diseño #1 PD1.

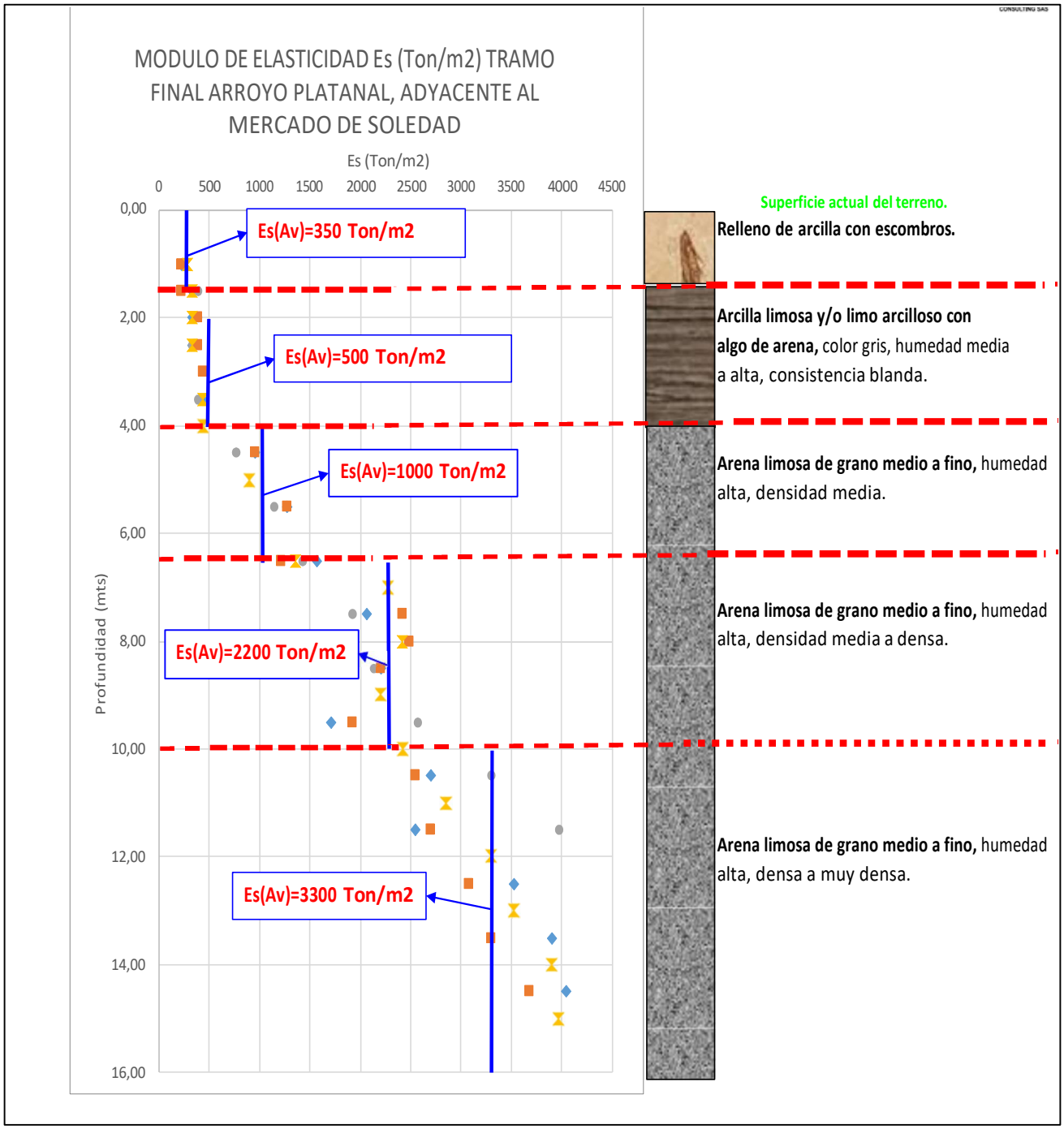


Figura 5.1. Valores módulos de elasticidad Perfil de diseño #2 PD2.

A continuación, en las siguientes tablas se agruparon los valores promedio de Modulo de elasticidad “Es” obtenidos anteriormente para cada perfil de diseño del proyecto, así:

Tabla 8. Promedios de E_S por estratos para perfil de diseño #1 (PD1).

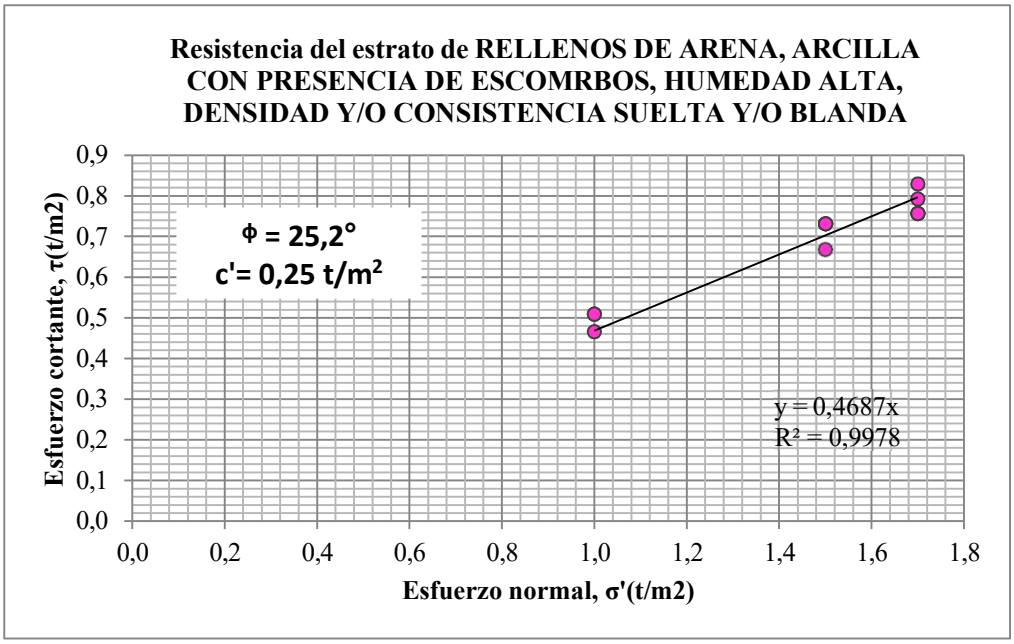
Descripción	Espesor de estrato (m)	Promedios
		E_s (Kpa)
Relleno de arenas con escrombros y vetas de arena arcillosa, humedad alta, densidad suelta	1.50	3400
Arcilla limosa y/o Limo arcilloso con algo de arena, color gris, humedad media a alta, consistencia blanda.	4.50	5000
Arena limosa gris, humedad alta, densidad media a densa.	4.00	20000
Arcilla con arena, color gris verdoso, humedad media, consistencia firme a muy firme.	5.00	25000

Tabla 9. Promedios de E_S por estratos para perfil de diseño #2 (PD2).

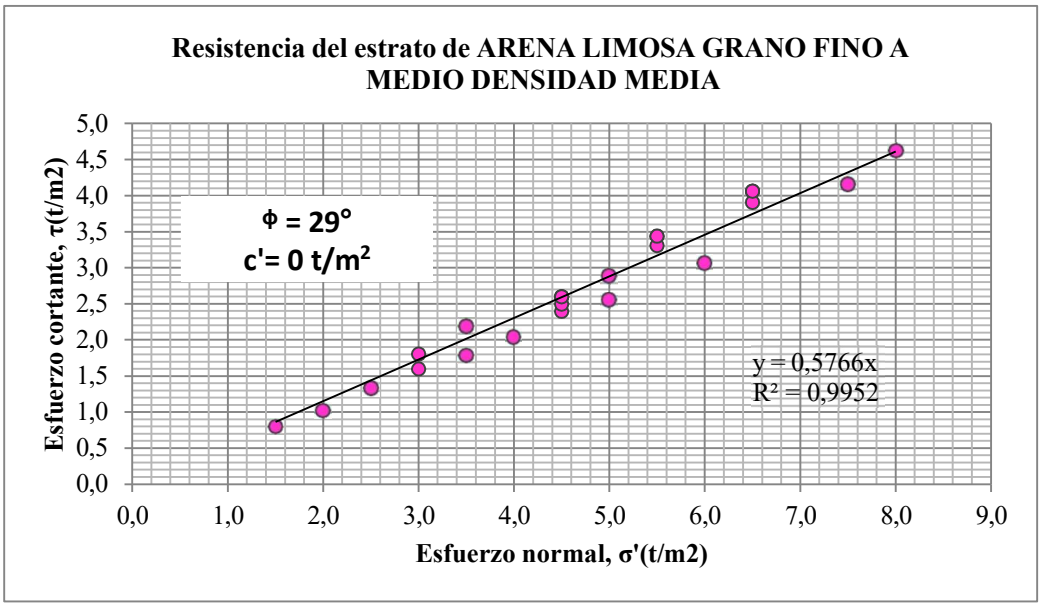
Descripción	Espesor de estrato (m)	Promedios
		E_s (Kpa)
Relleno de arena, arcilla con escombros, humedad alta, densidad y/o consistencia suelta y/o blanda.	1.50	3500
Limo arcilloso y/o arcilla limosa con presencia de arena, humedad media a alta, consistencia blanda.	2.50	5000
Arena limosa de grano medio a fino, humedad alta, densidad media.	2.50	10000
Arena limosa de grano medio a fino, humedad alta, densidad media a densa.	3.50	22000
Arena limosa de grano medio a fino, humedad alta, densa a muy densa.	5.00	33000

A continuación, las gráficas 1, 2, 3 y 4 muestran la determinación del ángulo de fricción interna del suelo (ϕ’) y Cohesión efectiva (c’), producto de los cálculos realizados siguiendo el método de González (1999). Las

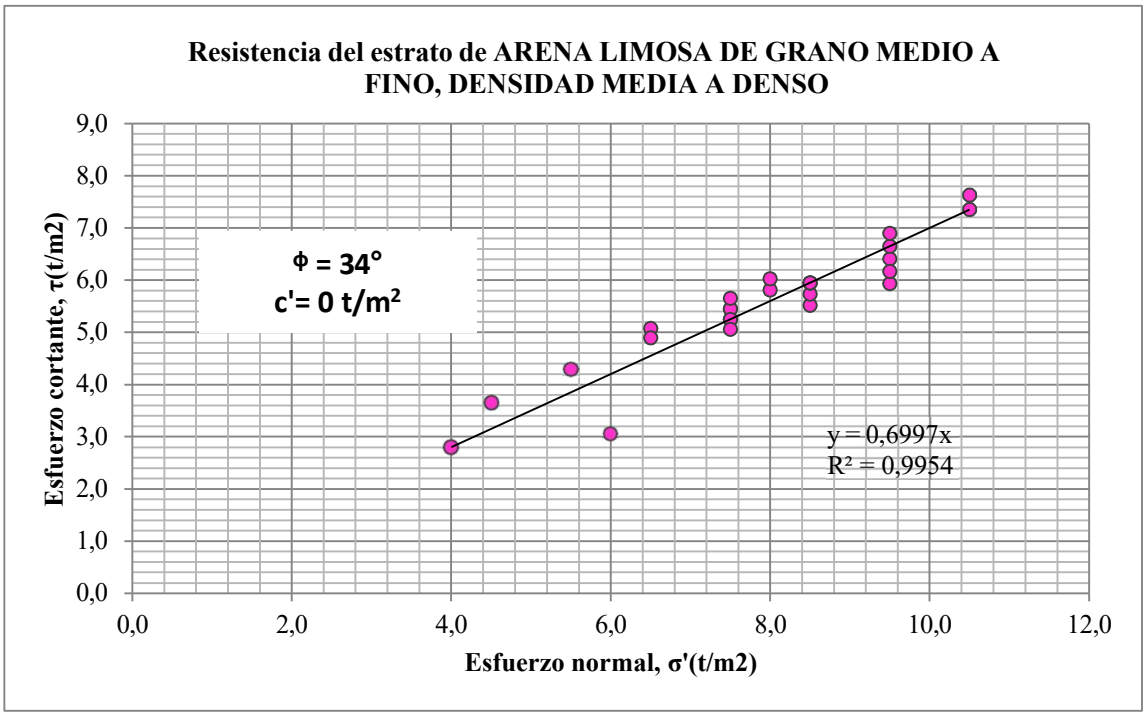
propiedades que se mostraran a continuación corresponden a los estratos de suelos resultantes y definidos por GEOCONSULTING S.A.S. en los perfiles de diseño geotécnico.



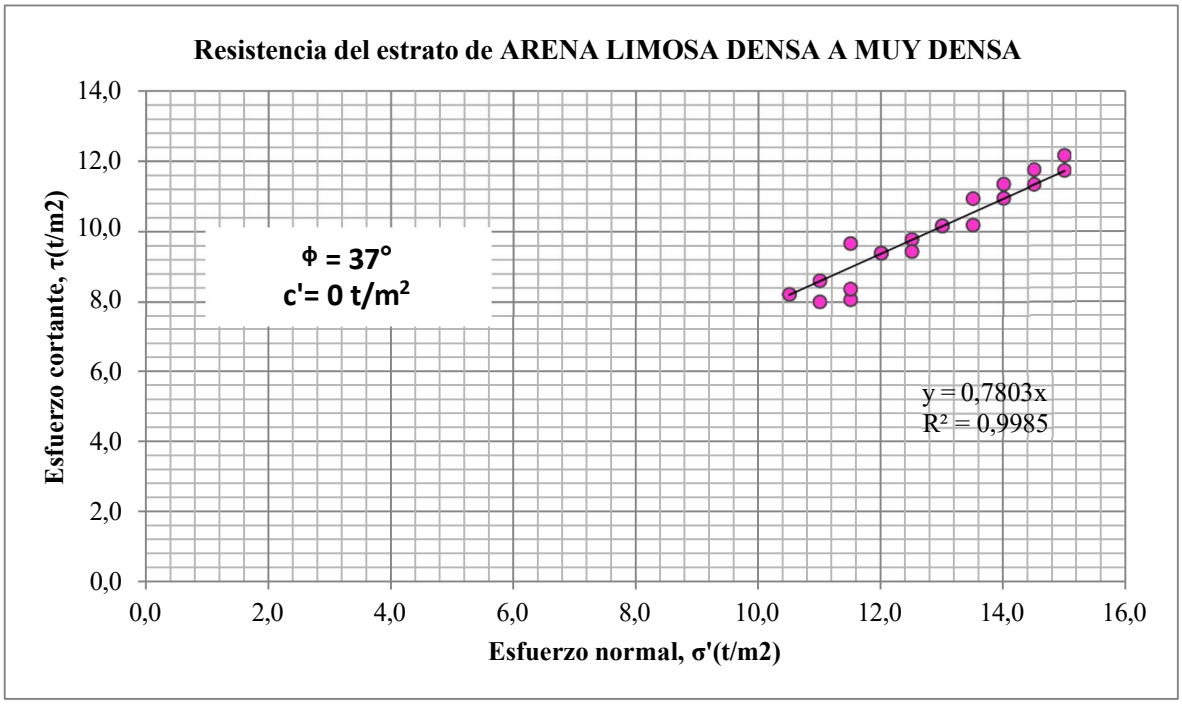
Grafica 1. Parámetros de ϕ' y C', determinados para el estrato de Rellenos de arena, arcilla con presencia de escombros, humedad alta, densidad y/o consistencia suelta y/o blanda.



Grafica 2. Parámetros de ϕ' y C', determinados para el estrato de Arena limosa de grano fino a medio, densidad media.



Grafica 3. Parámetros de ϕ' y C', determinados para el estrato de arena limosa de grano medio a fino, densidad media a densa.



Grafica 4. Parámetros de ϕ' y C', determinados para el estrato de arena limosa de grano medio a fino, densa a muy densa.

De acuerdo con estos resultados, los ensayos de laboratorios y los sondeos realizados en los que se encontraron estos estratos, los cuales se pueden observar en los anexos, se definen los parámetros de resistencia al corte, así como cohesión efectiva de los estratos granulares presentes en el lote de estudio. Los parámetros antes definidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 10. Propiedades de resistencia al corte de los suelos granulares (ϕ', c') perfil de diseño # 1 (PD1)

Descripción	Espesor de estrato (m)	Método de González (1999)	
		ϕ' (º)	c' (t/m^2)
Relleno de arenas con escrombros y vetas de arena arcillosa, humedad alta, densidad suelta	1.50	25.2	0.25
Arcilla limosa y/o Limo arcilloso con algo de arena, color gris, humedad media a alta, consistencia blanda.	4.50	15.0	0.00
Arena limosa gris, humedad alta, densidad media a densa.	4.00	34.0	0.00
Arcilla con arena, color gris verdoso, humedad media, consistencia firme a muy firme.	5.00	21.0	1.00

Tabla 11. Propiedades de resistencia al corte de los suelos granulares (ϕ', c') perfil de diseño # 2 (PD2)

Descripción	Espesor de estrato (m)	Método de González (1999)	
		ϕ' (º)	c' (t/m^2)
Relleno de arena, arcilla con escombros, humedad alta, densidad y/o consistencia suelta y/o blanda.	1.50	25.2	0.25
Limo arcilloso y/o arcilla limosa con presencia de arena, humedad media a alta, consistencia blanda.	2.50	15.0	0.00
Arena limosa de grano medio a fino, humedad alta, densidad media.	2.50	29.0	0.00
Arena limosa de grano medio a fino, humedad alta, densidad media a densa.	3.50	34.0	0.00
Arena limosa de grano medio a fino, humedad alta, densa a muy densa.	5.00	37.0	0.00

Parámetros No Drenados

Para la determinación de los parámetros no drenados, se realizaron ensayos de compresión simple (ASTM D 2166) y determinaciones de resistencia a la penetración (Penetrómetro de bolsillo). Adicionalmente, los parámetros obtenidos para este proyecto en particular, fueron comparados con parámetros caracterizados por esta oficina en suelos arcillosos cercanos a la zona del proyecto.

La resistencia a la penetración con penetrómetro de bolsillo o de mano (RPb); también llamada resistencia a la compresión (Amacher & O'Neill, 2004), esfuerzo a la compresión inconfinada (UCS) (Delegard, Schmidt, & Chenault, 2011; QCQA.com, n.d.), es la capacidad del suelo confinado a resistir la penetración de un objeto rígido. El ensayo consiste en penetrar verticalmente una punta cilíndrica plana de 6.4 mm de diámetro a una distancia de 6.4 mm durante 1 segundo (Bradford 1986, mencionado por (USDA, 1993)).

La escala está dada en unidades de presión (Kg/cm^2), basada en una regresión de resistencia a la penetración y compresión inconfinada (QCQA.com, n.d.; USDA, 1993). También es utilizado para estimar un aproximado de la resistencia al corte sin drenaje en suelos de grano fino, generalmente saturados (Vanapalli & Taek Oh, 2012). La medición se realiza gracias a un anillo que se desliza durante la penetración sobreponiéndose en la escala (Figura 5.2), estos valores pueden clasificar el suelo como se ve en la Tabla 12.

Clase	Resistencia a la penetración (MPa)
Bajo	< 0.1
Extremadamente bajo	< 0.01
Muy bajo	0.01 – 0.1
Intermedio	0.1 – 2
Bajo	0.1 – 1
Moderado	1 – 2
Superior	> 2
Alto	2 – 4
Muy alto	4 – 8
Extremadamente alto	> 8

Fuente: (USDA, 1993)

Tabla 12. Clasificación del suelo según la resistencia a penetración con penetrómetro de bolsillo.

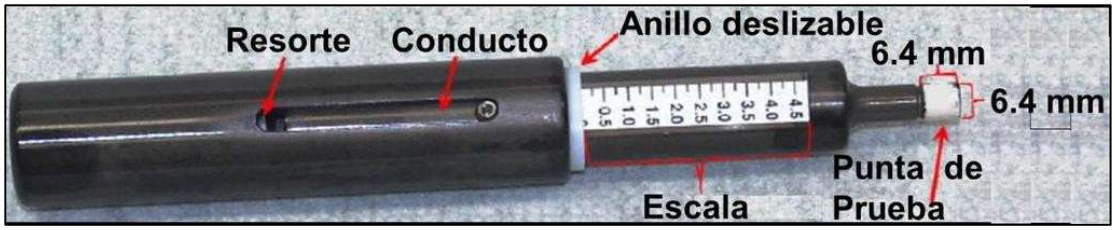


Fig. 5.2 Penetrómetro de bolsillo. Fuente: Delegard et al. 2011

En los anexos se muestran las determinaciones de las mediciones de resistencia usando el penetrómetro de bolsillo (registros de perforación).

Adicionalmente, como lo demuestra el proyecto de investigación "ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE CORRELACIONES ENTRE LA RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO DE SUELOS FINOS Y EL ENSAYO SPT PARA LA CIUDAD DE BARRANQUILLA (Garcia JD, Martinez J, 2.024)" se determinaron tres correlaciones con R^2 con valores entre 0.60 a 0.70 (Relación Fuerte a muy fuerte, según Deleon & Masinading, 2.018, ver Tabla No. 13), que utilizan correlaciones entre la resistencia al corte no drenado y los valores de SPT, al igual que otras propiedades de los suelos (Humedad natural, esfuerzo efectivo e índice de consistencia), para hallar valores acertados de Cu para suelos finos en el departamento del Atlántico y Magdalena. Las ecuaciones son presentadas a continuación, de esta manera.

Ecuación	R^2	
$c_{u\text{-}lab} = 5.3994\ (N_{60}) + 52.974$	0.592	Ec. 1
$\ln(c_{u\text{-}lab}) = 0.6544\ \ln(N_{60}) + 3.1114$	0.645	Ec. 2
$\ln(c_{u\text{-}lab}) = 3.8739 + 0.4511*\ln(N_{60}) - 0.2531*\ln(w) + 0.1227*\ln(\sigma') + 0.2406*\ln(IC)$	0.702	Ec. 3

Además de las ecuaciones mostradas anteriormente, Stroud, 1.974, también presenta una fórmula que relaciona los valores de SPT con la resistencia al corte no drenado de los suelos arcillosos, así:

$$c_u = 4.4 * N_{campo} \quad Ec\ 4$$

Coeficiente de determinación R^2	Interpretación
≥ 0.7	Relación muy fuerte
0.40 – 0.69	Relación fuerte
0.30 – 0.39	Relación moderada
0.20 – 0.29	Relación débil
0.01 – 0.19	No hay relación o es muy débil
0.0	No hay relación

Tabla 13. Interpretación de valores del coeficiente de determinación (Deleon & Masinading, 2.018).

A continuación, la figura 5.2 muestra el valor promedio de Cu obtenido para los estratos de limos arcillosos y/o arcillas limosas presentes en el lote de estudio.

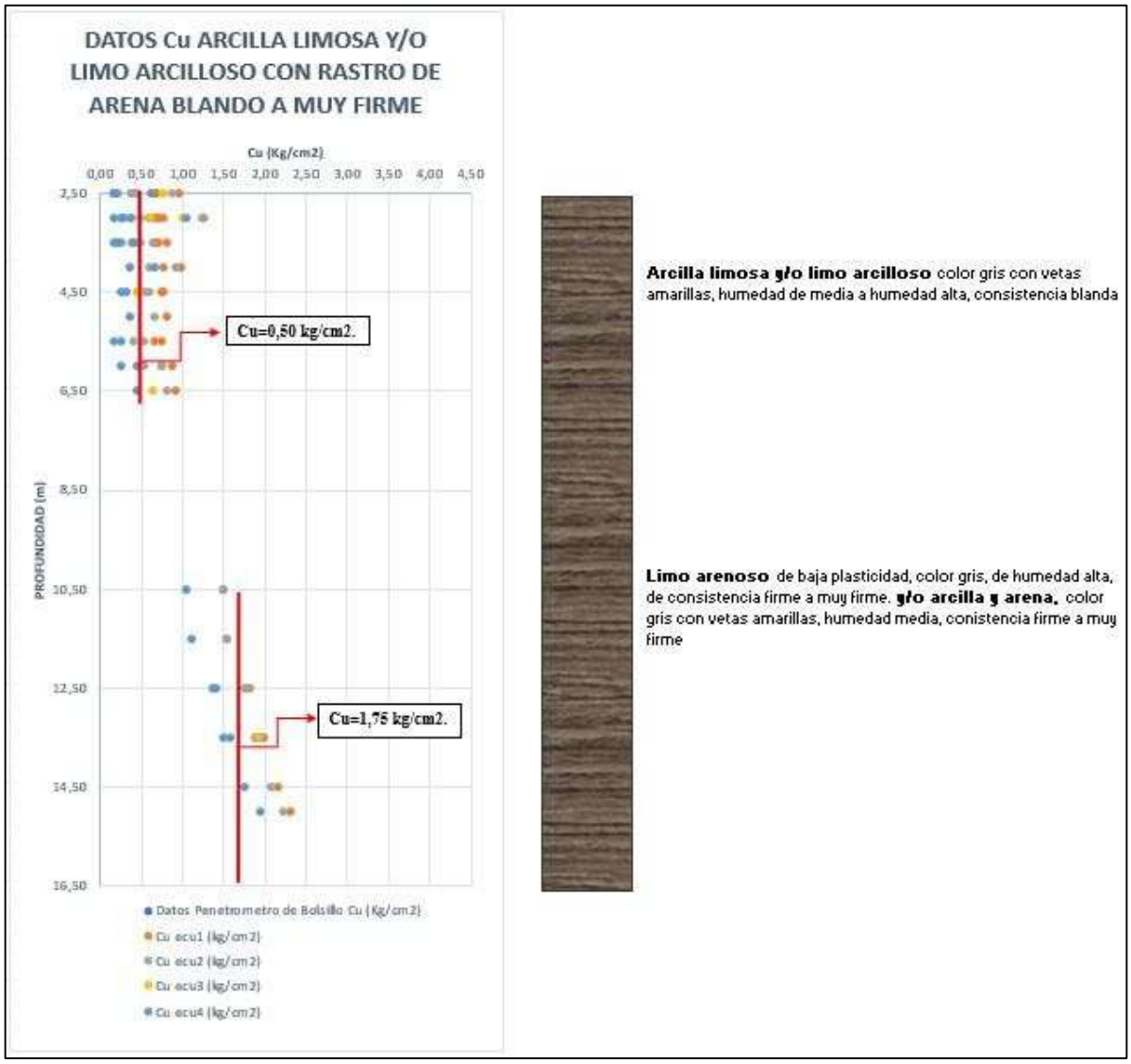


Figura 5.2. Datos Cu promedio de estratos de limos arcillosos y/o arcillas limosas con rastros de arena, consistencia blanda a muy firme.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, en las tablas 14 y 15 se observan las propiedades geomecánicas de los estratos de suelos encontrados y definidos para los análisis de cálculos para cada uno de los estratos.

Descripción	Espesor de estrato (m)	Cu (Ton/m2)	C' (Ton/m2)	E_s (Kpa)
Relleno de arenas con escombros y vetas de arena arcillosa, humedad alta, densidad suelta	1.50	0.00	0.25	3400
Arcilla limosa y/o Limo arcilloso con algo de arena, color gris, humedad media a alta, consistencia blanda.	4.50	5.00	0.25	5000
Arena limosa gris, humedad alta, densidad media a densa.	4.00	0.00	0.00	20000
Arcilla con arena, color gris verdoso, humedad media, consistencia firme a muy firme.	5.00	17.50	10.0	25000

Tabla 14. Propiedades geomecánicas de los estratos (C', Cu, ɣ, Es) para perfil de diseño #1 (PD1).

Descripción	Espesor de estrato (m)	Cu (Ton/m2)	C' (Ton/m2)	E_s (Kpa)
Relleno de arena, arcilla con escombros, humedad alta, densidad y/o consistencia suelta y/o blanda.	1.50	0.00	0.25	3500
Limo arcilloso y/o arcilla limosa con presencia de arena, humedad media a alta, consistencia blanda.	2.50	5.00	0.25	5000
Arena limosa de grano medio a fino, humedad alta, densidad media.	2.50	0.00	0.00	10000
Arena limosa de grano medio a fino, humedad alta, densidad media a densa.	3.50	0.00	0.00	22000
Arena limosa de grano medio a fino, humedad alta, densa a muy densa.	5.00	0.00	0.00	33000

Tabla 15. Propiedades geomecánicas de los estratos (C', Cu, ɣ, Es) para perfil de diseño #2 (PD2).

De acuerdo con nuestro criterio, se seleccionaron estos valores determinados por teorías y ensayos de laboratorio expuestos anteriormente,

de acuerdo con la condición más desfavorable resultando de la comparación de los datos determinados, teniendo en cuenta el comportamiento geo-mecánico de los suelos encontrados y al contexto global que comprende la construcción del proyecto.

5.4. PERFILES DE DISEÑO PARA CONSTRUCCION CIMENTACIÓN DEL PROYECTO.

GEOCONSULTING S.A.S. ha definido perfiles estratigráficos de diseño para las áreas de construcción e intervención del proyecto, a continuación, se agrupan las zonas y tramos de importancia del proyecto y los perfiles de diseño, los cuales serán explicados más adelante.

TRAMO	PERFIL DE DISEÑO
TRAMO CAÑO SOLEDAD Y AFLUENTE K0+000 al K0+817	Perfil de diseño # 1
TRAMO INTERMEDIO ARROYO PLATANAL K0+000 A K0+800, TRAMO FINAL ARROYO PLATANAL, ADYACENTE AL MERCADO DE SOLEDAD	Perfil de diseño # 2

5.4.1. Perfil de diseño (CAÑO SOLEDAD Y AFLUENTE K0+000 al K0+817):

El perfil estratigráfico de diseño (medido desde la superficie actual del terreno hasta la profundidad explorada y zona de incidencia de esfuerzos máximos del proyecto) correspondiente al tramo del caño soledad y afluente corresponde inicialmente a una capa de rellenos antrópicos de arena con escombros y vetas de arenas arcillosas, humedad alta y densidad suelta hasta los 1.50mts de profundidad, seguido de un estrato fino de arcillas

limosas y/o limos arcillosos con algo de arena, color gris, humedad media a alta y consistencia blanda, este estrato se encontró hasta una profundidad de 6.00mts y clasifica como CH y/o ML según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Subyaciendo el depósito fino, se identificó un estrato de arenas limosas finas de color gris, humedad alta y densidad media a densa, aumentando su resistencia con la profundidad, estas arenas tienen un espesor de hasta 4.00mts. Este estrato clasifica como SM según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Finalmente, se encuentra un estrato de arcilla con arena, color gris verdoso, humedad media y consistencia firme a muy firme, con un espesor aproximado de 5.00 mts (Según la máxima profundidad explorada), el cual clasifica como SC segun el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

La figura No 5.3, muestra el perfil de diseño definido por GEOCONSULTING S.A.S., (descripción de los estratos, espesores, propiedades mecánicas (ϕ' y Cu), peso unitario (γ) y módulos elásticos (E_s). Este perfil de diseño se determinó teniendo en cuenta la estratigrafía encontrada sobre esta zona en estudio.

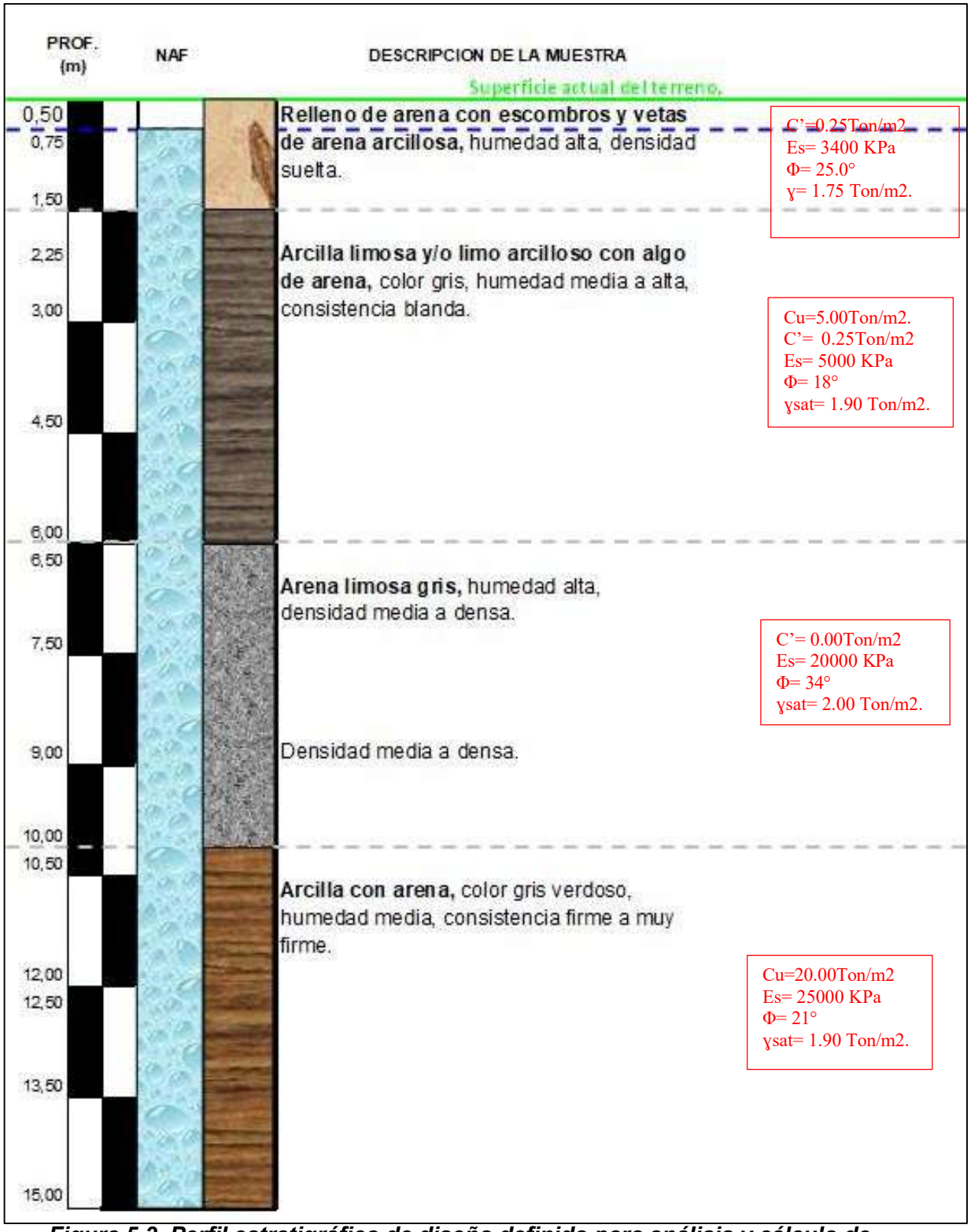


Figura 5.3. Perfil estratigráfico de diseño definido para análisis y cálculo de cimentación del proyecto perfil # 1 PD1.

5.4.2. Perfil de diseño (TRAMO INTERMEDIO ARROYO PLATANAL K0+000 A K0+800, TRAMO FINAL ARROYO PLATANAL, ADYACENTE AL MERCADO DE SOLEDAD):

El perfil estratigráfico de diseño (medido desde la superficie actual del terreno hasta la profundidad explorada y zona de incidencia de esfuerzos máximos del proyecto) correspondiente a los tramos mencionados, corresponde inicialmente a una capa de rellenos antrópicos de arena y/o arcilla con presencia de escomrbos, humedad alta y densidad suelta y/o blanda hasta los 1.50mts de profundidad, seguido de un estrato fino de arcillas limosas y/o limos arcillosos con algo de arena, color gris, humedad media a alta y consistencia blanda, este estrato se encontró hasta una profundidad de 4.00mts y clasifica como CH y/o ML según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Subyaciendo el depósito fino, se identificó un estrato de arenas limosas finas de color gris, humedad alta y densidad media a muy densa, aumentando su resistencia con la profundidad, estas arenas tienen un espesor de hasta 11.00mts.

La figura No 5.4, muestra el perfil de diseño definido por GEOCONSULTING S.A.S., (descripción de los estratos, espesores, propiedades mecánicas (ϕ' y Cu), peso unitario (γ) y módulos elásticos (E_s). Este perfil de diseño se determinó teniendo en cuenta la estratigrafía encontrada sobre esta zona en estudio.

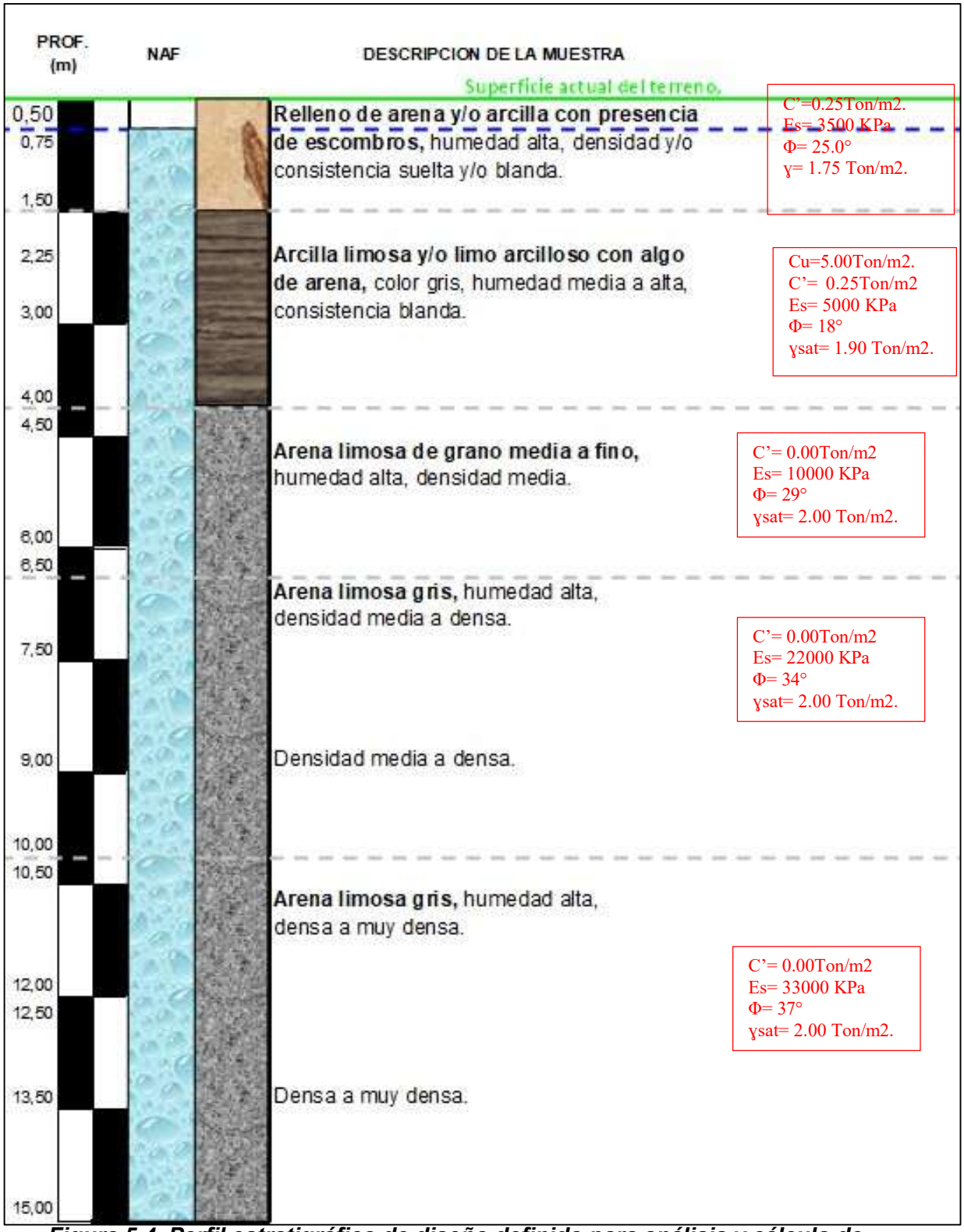


Figura 5.4. Perfil estratigráfico de diseño definido para análisis y cálculo de cimentación del proyecto perfil # 2 PD2.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 GENERALIDADES.

Para la elaboración del presente trabajo se tomaron en cuenta varios factores tales como:

- Estratigrafía encontrada en la exploración geotécnica realizada.
- Tipos de estructura y cargas de servicio de la estructura.
- Topografía actual del terreno.
- Geología de la zona.

6.2 OBRAS A INTERVENIR.

6.2.1 Canalización proyectada del Caño de Soledad K0+000 al K0+817.

La obra contempla la canalización del Caño de Soledad empleando concreto reforzado como material principal. El tramo por intervenir posee una longitud aproximada de 817 metros, lo que requiere la ejecución de excavaciones mecánicas a lo largo de todo el recorrido. El volumen de excavación y el relleno necesario se determinarán atendiendo a las variaciones topográficas presentes en el terreno, de modo que se garantice la estabilidad y funcionalidad de la canalización.

Para una mejor comprensión del diseño, la imagen 6.0 ilustra la sección típica del afluente en el segmento comprendido entre los puntos K0+000 y K0+800, donde se detallan las características constructivas y geométricas previstas para el proyecto.

proyecta la canalización del caño de soledad en concreto reforzado, este tramo contara con una longitud aproximada de 817 mts, los cuales se realizarán excavaciones mecánicas y lleno conforme a la variación de la topografía de este. La imagen 6.0 muestra la sección típica del afluente en el tramo que corresponde desde el K0+000 hasta el K0+800.

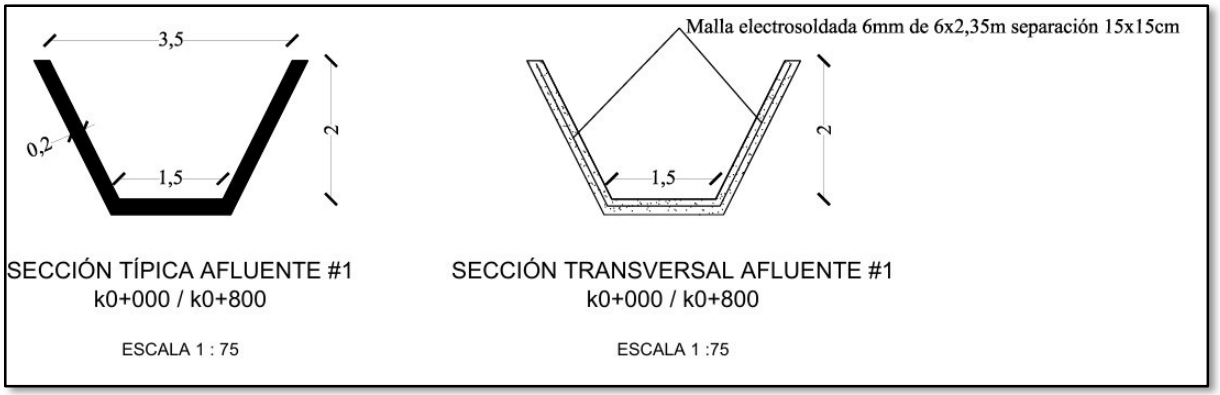


Figura 6.0 Esquema de la estructura de Canalización proyectada del Caño de Soledad

El material por excavar corresponde a uno relleno antrópicos de confirmado por arenas arcillas con presencia de escombro, densidad muy suelta a suelta. Estos materiales se podrán excavar con maquinaria pesada del tipo retroexcavadora y/o buldócer. El esquema presentado en la figura 6.0 muestra las dimensiones de la estructura del canal a construir en este tramo inicial del caño de soledad.

Para realizar los análisis de estabilidad de excavación para la construcción de los muros sobre cada tramo y definir la superficie de falla más crítica en cada análisis se utilizaron Software especializados, los cuales usan métodos de equilibrio límite para sus análisis tales como: Fellenius (1927), Janbu (1967), simplified Bishop (1955), Bell (1.968), conocidos como métodos ordinarios y otros métodos rigurosos tales como. Sarma (1973), Spenser, y Morgenstern y Price (métodos de dovelas). Estos analizan el problema en forma bidimensional y son altamente aceptados en todo el

mundo sin incurrir en errores mayores al 2% comparado con otros métodos más precisos tales como “métodos de cálculos. Se trazaron varias hipótesis de falla usando como método de análisis la teoría de Bishop Simplificado (falla circular).

En cada análisis y método se trazaron entre 200-400 superficies de falla. El programa puede mostrar todas las superficies de falla evaluadas, sin embargo, para una mejor interpretación gráfica y de diseño se muestra la superficie de falla más crítica la cual corresponde al menor factor de seguridad alcanzado en el análisis. Cada uno de estos análisis de factor de seguridad (FS) es comparado con el mínimo aceptado para que el talud no represente peligro de inestabilidad, en donde esté involucrado el riesgo de vidas humanas. El Factor de seguridad mínimo aceptado según la NSR 2010 es FS ≥ 1.50 (taludes condición estática y agua subterránea normal (construcción) y FS ≥ 1.05 (taludes condición Seudo-estática con agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño).

Adicionalmente, se determinaron los factores de seguridad de los taludes ante eventos sísmicos, para ello, el Software realiza un análisis Pseudo-estático el cual simula con bastante aceptación estos fenómenos. Para esto, se propuso una condición dinámica inducida por un sismo con aceleración = 0.10 g, valores recomendados en el código NSR 2010.

Los análisis se realizaron evaluando la condición de construcción de la estructura de canal. A continuación, se muestra una tabla resumen de los resultados obtenidos:

CAÑO DE SOLEDAD K0+000 AL K0+817		
ANALISIS	FACTOR DE SEGURIDAD, (FS)	
	SIN SISMO (a/g = 0)	CON SISMO (a/g=0.10)
Evaluación estabilidad del talud con N.A.F.	1.64 > 1.50 (Condición segura) Fig 6.1	1.07 > 1.05 (condición insegura) Fig 6.2.

Como se puede apreciar en el cuadro resumen, los hacer cortes a 63° aproximadamente con alturas H= 2.0mts para ambas condiciones sin sismo y con sismo (ah=0,1g) serían seguras y estables. Ver figuras 6.1 y 6.2. Se debe tener en cuenta que la estructura del vaso del canal en concreto reforzado de 4000 PSI le da un gran soporte a la estabilidad global de ambos taludes del canal.

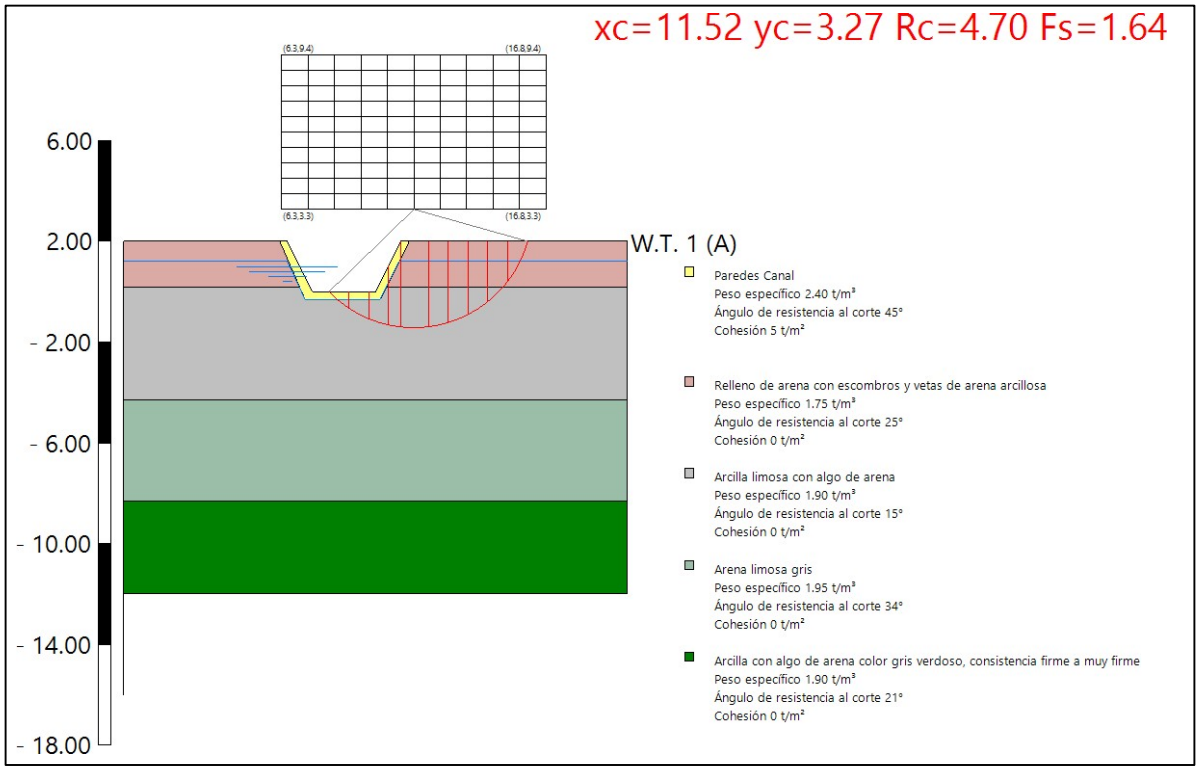


Figura 6.1. Análisis de estabilidad Caño Soledad k0+000 al K0+817 sin entibado, sin sismo, con NAF.

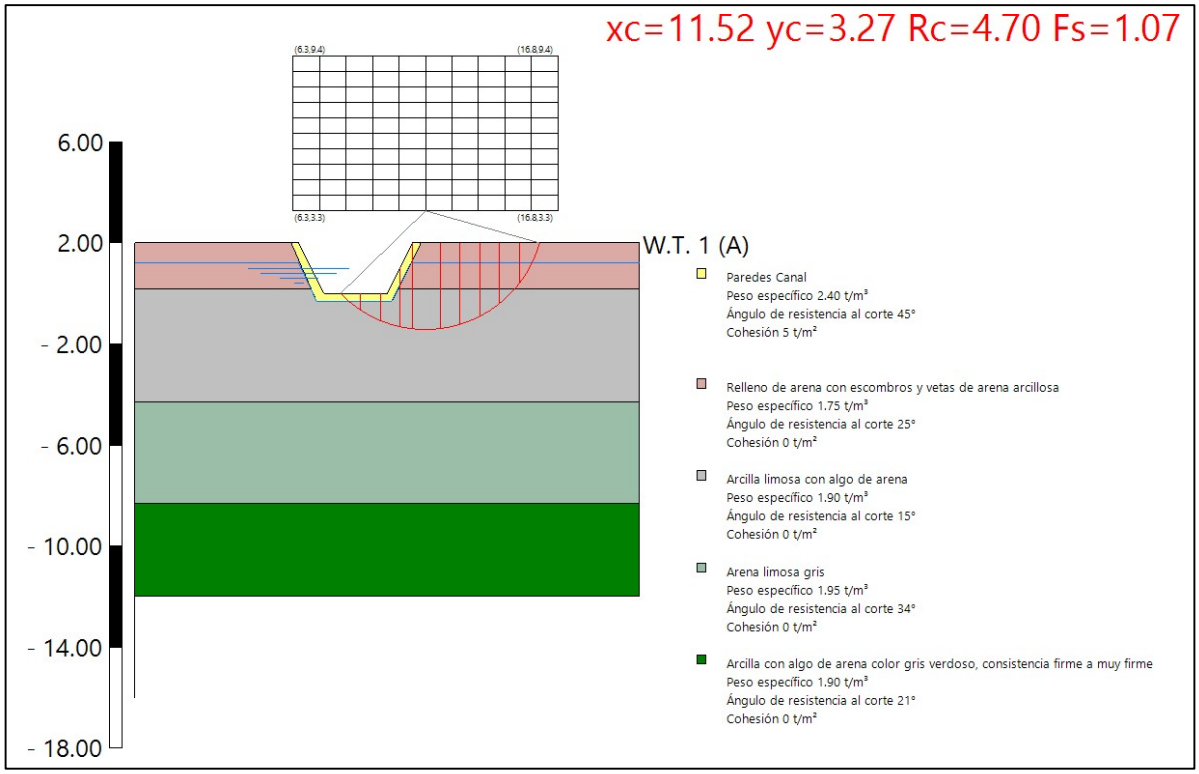


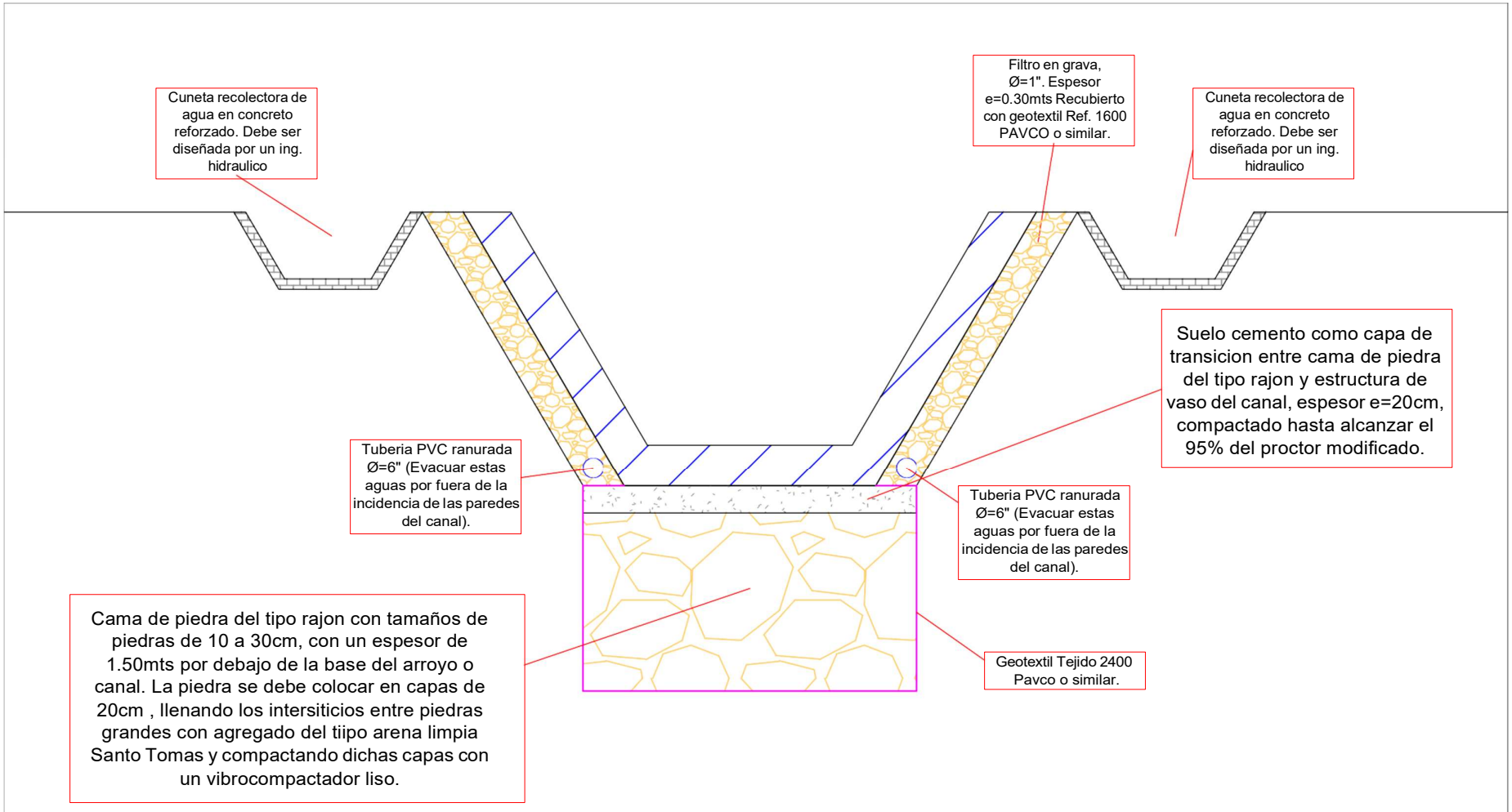
Figura 6.2. Análisis de estabilidad Caño Soledad k0+000 al K0+817 sin entibado, con sismo, con NAF.

6.2.1.1. Recomendaciones de subrasante caño de Soledad.

Como subrasante de apoyo para la estructura del vaso del canal en concreto reforzado, se deberá conformar una cama de piedras del tipo rajón con tamaño de piedras de 10 a 30cm, con un espesor de 1.50mts por debajo de la base del vaso del canal, garantizando un sobreancho con la misma conformación de por lo menos 1.00mt, envuelto perimetralmente por una capa de geotextil tejido ref 2400. La piedra se debe colocar en capas de 20cm, llenando los intersticios entre piedras grandes con agregado del tipo arena limpia Santo Tomas y compactando dichas capas con un vibro compactador liso, garantizando uniformidad, drenaje y estabilidad a largo plazo.

Como capa de transición entre la estructura del vaso del canal y la cama de piedras del tipo rajón, se deberá conformar una capa de 20cm en suelo cemento compactada hasta alcanzar el 95% del Proctor modificado.

De igual manera, a los costados del canal se deberán construir cunetas recolectoras de agua aguas lluvias para reducir el riesgo de lavado del material junto a la estructura. Adicionalmente, a los costados de las paredes del caño, se deberá construir un filtro en grava limpia (Φ=1'') con una tubería (Φ=6'') perforada en el fondo para recolectar el agua captada y finalmente conducir estas aguas por fuera delproyecto, este filtro deberá estar recubierto con geotextil ref 1600 (A lo largo de toda la altura de las paredes del canal) (Ver figura 6.2a).



CLIENTE: ALCALDIA DE SOLEDAD	**PROYECTO:** RECUPERACION AMBIENTAL MEDIANTE LA REALIZACION DE LA RECTIFICACION Y ADECUACION HIDRAULICA DEL ARROYO PLATANAL Y CAÑO SOLEDAD Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS.	**CONTIENE:** Perfil caño soledad con soluciones planeadas para proteccion de fondo y orillas.	GEOCONSULTING SAS GEOTECNIA, CONSTRUCCION E INTERVENTORIAS DE OBRAS CIVILES.	**REVISADO POR: ING. HENRY D. GARCIA**	ESCALA : Grafica	
					FECHA: MAY 2024	FIGURA-NO. 6.2a

6.2.2 Canalización proyectada del tramo final arroyo platanal K0+000 al K0+800.

La obra contempla la canalización y construcción de un canal trapezoidal en concreto reforzado como material estructural principal. El tramo por intervenir posee una longitud aproximada de 800 metros, lo que requiere la ejecución de excavaciones mecánicas y rellenos controlados a lo largo de todo el recorrido.

Los volúmenes de corte y relleno se determinarán conforme a las variaciones topográficas presentes en el terreno, de modo que se garantice la estabilidad, continuidad hidráulica y funcionalidad de la canalización. Tal como se observa en la Figura 6.3, la topografía natural presenta zonas en corte y otras en relleno, con espesores variables de 2.0 a 3.5 m, dependiendo de la ubicación dentro del tramo.

Para la conformación de estas secciones se recomienda el uso de un material seleccionado tipo Terraplén, conforme a lo establecido en la Tabla 220-1 “Requisitos de los materiales para terraplenes” de las Especificaciones Generales de Construcción del INVIAS (Ed. 2013 o vigente), cumpliendo los siguientes criterios:

Clasificación SUCS: GW, GP, SW, SP, SM o SC (granulares o de baja plasticidad).

- **Límites de plasticidad:** LL ≤ 35 %, PI ≤ 10 %.
- **Porcentaje que pasa tamiz No.200**: ≤ 25 %.
- **Contenido de material orgánico:** ≤ 0 %.
- **CBR mínimo:** 10 %.
- **Tamaño máximo de partícula:** 3” (75 mm).

El material deberá colocarse en capas horizontales sueltas no mayores a 30 cm, compactadas hasta alcanzar una densidad seca mínima del 95 % del Proctor Modificado (ASTM D1557 / INV E-142) y con contenido de humedad óptima ±2 %.

El proceso de compactación se realizará con equipos adecuados al tipo de suelo y espesor de capa (rodillo liso o vibratorio para zonas granulares, rodillo pata de cabra para suelos finos), efectuando controles de densidad y humedad in situ (ASTM D6938 o INV E-161) a la frecuencia establecida por la Interventoría.

El relleno tipo Terraplén tendrá la función de conformar los taludes de los costados del canal. Adicionalmente, como subrasante de apoyo para la estructura del vaso del canal en concreto reforzado, se deberá conformar una cama de piedras del tipo rajón con tamaño de piedras de 10 a 30cm, con un espesor de 1.50mts por debajo de la base del vaso del canal, garantizando un sobreancho con la misma conformación de por lo menos 1.00mt, envuelto perimetralmente por una capa de geotextil tejido ref 2400. La piedra se debe colocar en capas de 20cm, llenando los intersticios entre piedras grandes con agregado del tipo arena limpia Santo Tomas y compactando dichas capas con un vibro compactador liso, garantizando uniformidad, drenaje y estabilidad a largo plazo.

Como capa de transición entre la estructura del vaso del canal y la cama de piedras del tipo rajón, se deberá conformar una capa de 20cm en suelo cemento compactada hasta alcanzar el 95% del Proctor modificado.

En zonas donde el terreno natural presente suelos de baja capacidad portante o alto contenido de finos, se deberá disponer una capa separadora de

geotextil no tejido entre la subrasante y el primer estrato granular del terraplén, con el fin de evitar migración de partículas y pérdida de soporte.

Adicionalmente, de acuerdo con la NSR-10 (Título H, numeral H.3.2.3), los rellenos bajo estructuras hidráulicas deberán ejecutarse con materiales granulares compactados y con control de densidad, a fin de limitar asentamientos diferenciales y garantizar el adecuado desempeño del canal revestido. Ver figura 6.3.

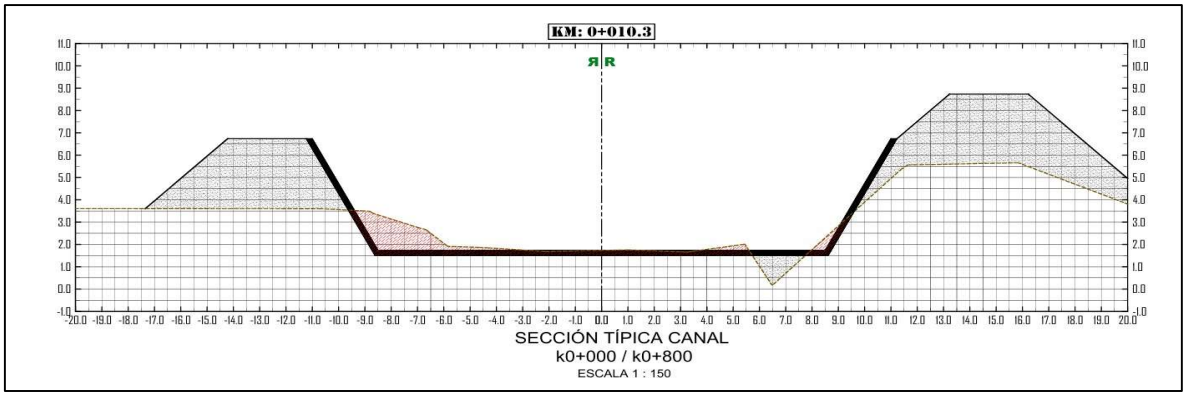


Figura 6.3. Sección típica canal Arroyo Platanal K0+000 al K0+800.

Tabla 220 - 1. Requisitos de los materiales para terraplenes

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Partes del terraplén a las que se aplican		Todas	Todas	Cimiento y Núcleo
Tamaño máximo, mm	E-123	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) en masa, máximo	E-123	25	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1.0	1.0
Límite líquido, máximo (%)	E-125	30	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	10	15	-
CBR de laboratorio, mínimo (%) *(Nota 1)*	E-148	10	5	3
Expansión en prueba CBR, máximo (%)	E-148	0.0	2.0	2.0
Índice de colapso, máximo (%) *(Nota 2)*	E-157	2.0	2.0	2.0
Contenido de sales Solubles, máximo (%)	E-158	0.2	0.2	-

Nota 1. Los valores de C.B.R. indicados en la Tabla 220 - 1 están asociados al grado de compactación mínimo especificado (numeral 220.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Tabla 220 – 1 Requisitos de los materiales para terraplenes.

A continuación, se muestra la siguiente tabla en donde se presentan los resultados del factor de seguridad para una sección típica del canal bajo una condición estratigráfica general.

ARROYO PLATANAL K0+000 AL K0+800		
ANALISIS	FACTOR DE SEGURIDAD, (FS)	
	SIN SISMO (a/g = 0)	CON SISMO (a/g=0.10)
Evaluación estabilidad del talud con N.A.F.	1.28 > 1.25 (Condición segura) Fig 6.4	1.01 > 1.00 (condición insegura) Fig 6.5.

Como se puede apreciar en el cuadro resumen, al hacer cortes a 63° aproximadamente con alturas H= 5.0mts para ambas condiciones sin sismo y con sismo (ah=0,1g) se presentarán situaciones seguras y estables en etapas de construccion. Ver figuras 6.4 y 6.5. Se debe tener en cuenta que la estructura del vaso del canal en concreto reforzado de 4000 PSI le da un gran soporte a la estabilidad global de ambos taludes del canal.

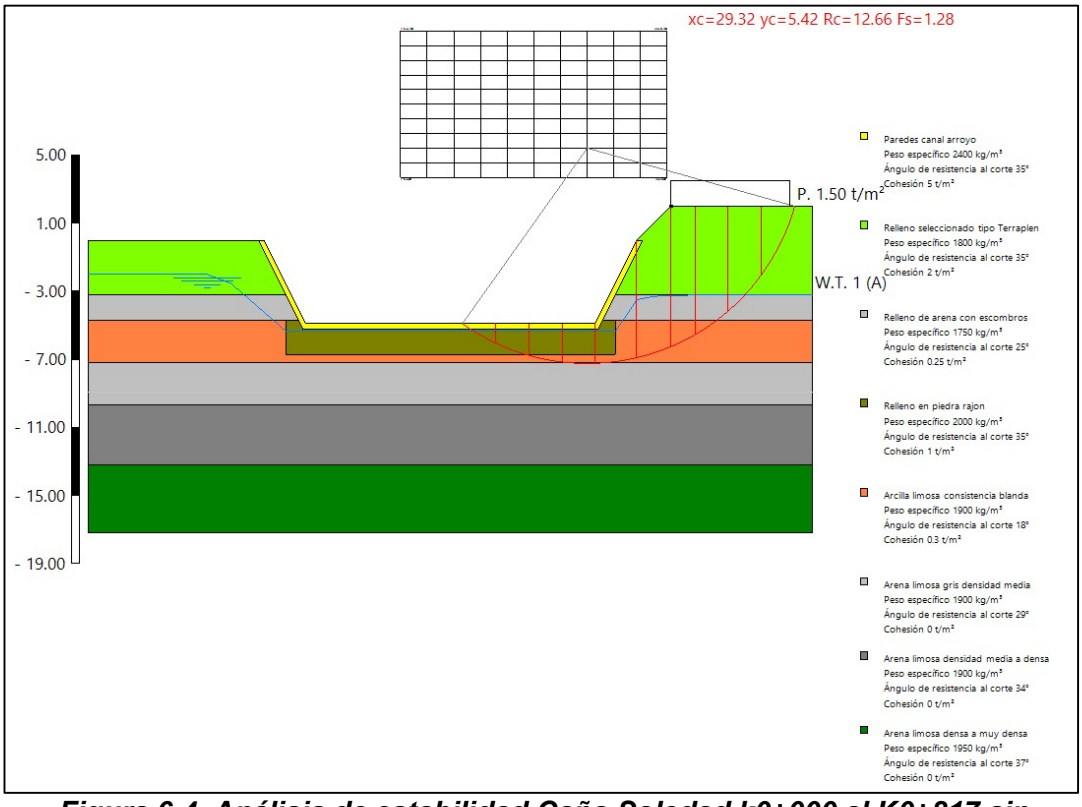


Figura 6.4. Análisis de estabilidad Caño Soledad k0+000 al K0+817 sin entibado, sin sismo, con NAF.

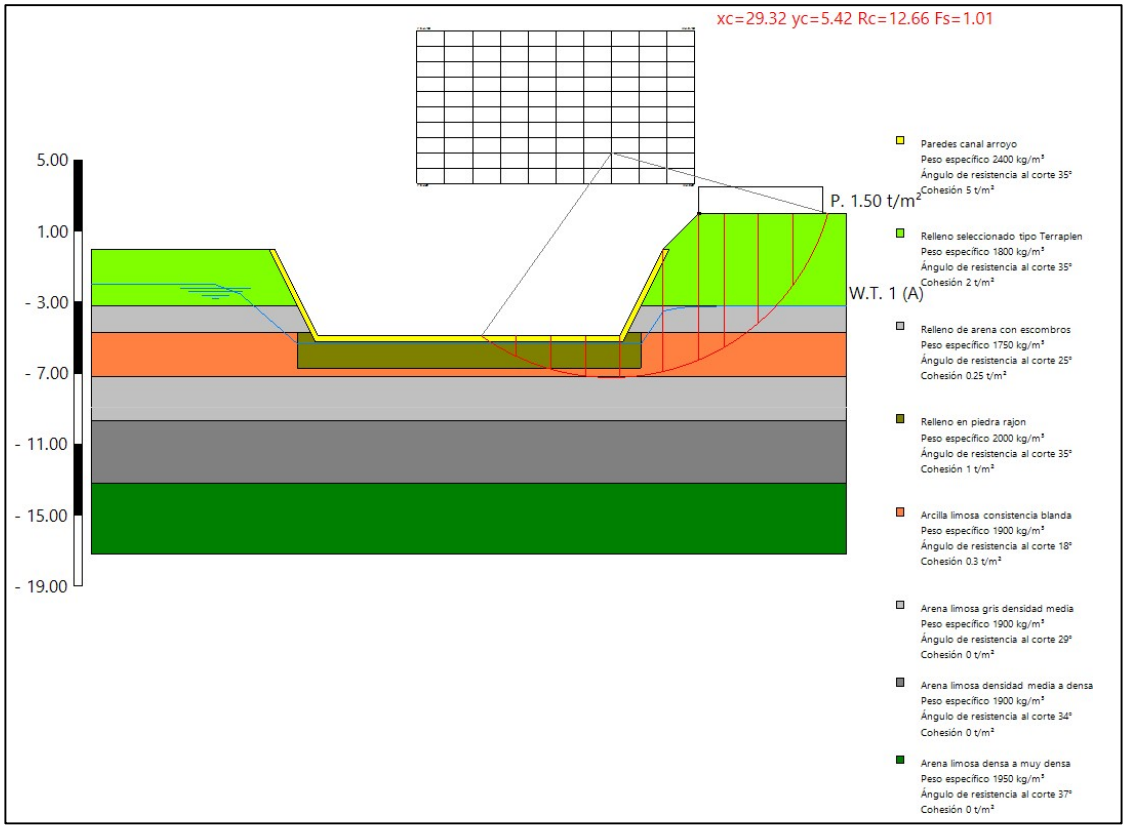


Figura 6.5. Análisis de estabilidad Caño Soledad k0+000 al K0+817 sin entibado, con sismo, con NAF.

6.2.3 Canalización proyectada del tramo final arroyo platanal Caño de Soledad K0+950 al K1+050.

En este tramo del arroyo el platanal se ha propuesto la construcción de muro de contención debido a la cercanía del arroyo con las viviendas vecinas, las cuales se encuentran en alto riesgo debido al desbordamiento del arroyo en épocas de lluvias. Por lo anterior es necesario construir un muro que confine el área de incidencia de las viviendas cercanas, dándole soporte y seguridad a esta zona, sin afectar la construcción y funcionamiento de la canalización del arroyo en este tramo.

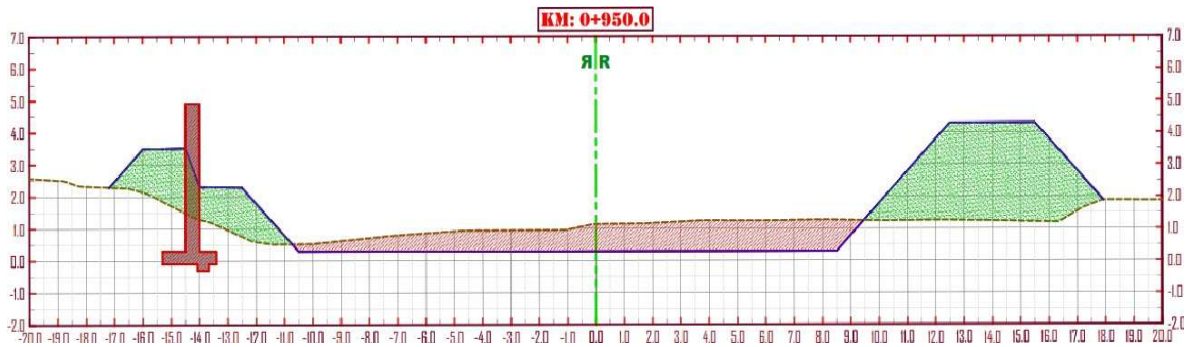


Figura 6.6. Sección transversal tramo Arroyo Soledad k0+950

De acuerdo con los planos del proyecto, las curvas de nivel indican una variación topográfica entre las cotas +0.50m y +3.50m, presentando una diferencia de nivel de aproximadamente 3.0 metros. Según la información suministrada por el cliente.

Teniendo en cuenta la diferencia de niveles y cercanías de las estructuras vecinas se recomienda la construcción de un muro de contención tipo cantiliber con una altura de 3.5 mts. Luego de la construcción del Muro se recomienda realizar un lleno con material tipo terraplén invias relacionado en el **capítulo 6.2.2** por medio de taludes con una pendiente 1H:1V (45°) y una berma intermedia de 1.0 mt como lo muestra la figura 6.6**,** compactado como mínimo al 95% del Proctor Modificado por medio de capas no mayores 30 cm.

6.3 EVALUACIÓN ESTABILIDAD GLOBAL DEL MURO CANTILIBER K0+950 AL K1+050.

Con el objetivo de evaluar la estabilidad global de la ladera y la factibilidad estructural del muro de contención tipo cantiléver proyectado en el tramo K0+950 al K1+050, adyacente a las viviendas de la carrera 22, se realizaron análisis utilizando software especializado basados en métodos de equilibrio límite. Dichos análisis incluyeron tanto métodos ordinarios, como Fellenius

(1927), Janbu Simplificado (1967), Bishop Simplificado (1955) y Bell (1968), como métodos más rigurosos de dovelas, tales como Sarma (1973), Spencer y Morgenstern-Price. Estos procedimientos, ampliamente aceptados a nivel internacional, abordan el problema en dos dimensiones y presentan desviaciones menores al 2% con respecto a métodos más complejos. Para efectos del estudio, se modelaron múltiples hipótesis de superficie de falla, empleando como criterio principal de análisis el método de Bishop Simplificado, bajo el supuesto de mecanismos de falla circular.

En cada uno de los análisis realizados, según el método de equilibrio límite seleccionado, se generaron entre 200 y 400 superficies de falla potenciales, con el objetivo de identificar la condición más desfavorable. Si bien el software utilizado permite visualizar todas las superficies evaluadas, para efectos de interpretación técnica y diseño geotécnico se presenta únicamente aquella que genera el factor de seguridad (FS) más bajo, correspondiente a la superficie de falla crítica.

Los factores de seguridad obtenidos fueron comparados con los valores mínimos exigidos por la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-10, los cuales establecen que, para condiciones estáticas con nivel freático normal durante la etapa de construcción, el FS debe ser mayor o igual a 1.50. Para condiciones pseudoestáticas, con presencia de agua subterránea y considerando el coeficiente sísmico de diseño, se acepta un valor mínimo de FS ≥ 1.05, debido a la inclusión del riesgo asociado a la amenaza sísmica y su potencial impacto en la estabilidad del talud.

Adicionalmente, se efectuaron análisis pseudoestáticos para simular el comportamiento del talud ante solicitaciones sísmicas. El modelo incorporó una aceleración sísmica horizontal equivalente a 0.10g, valor recomendado

en la NSR-10 para el sitio de estudio. Esta condición dinámica fue integrada en los cálculos mediante la aplicación de coeficientes sísmicos en el análisis de equilibrio límite, lo cual permite estimar con aceptable precisión el desempeño del talud ante eventos sísmicos.

Los análisis descritos fueron desarrollados empleando las propiedades mecánicas de los suelos reportadas en el apartado 5.3, “Propiedades de los Estratos Encontrados”, del presente documento, las cuales fueron determinadas y recomendadas por nuestra compañía con base en los resultados de exploración geotécnica, ensayos de laboratorio y criterios de correlación empírica respaldados por la experiencia local.

Se realizo un análisis previo del talud a 90° con altura de 3.00 metros con la viviendas cercanas y estos fueron los resultados.

ANALISIS	**FACTOR DE SEGURIDAD, (FS)**	
	SIN SISMO (a/g = 0)	**CON SISMO (a/g=0.10)**
Evaluación estabilidad del talud corte 90 grados H= 3.0 mts, con N.A.F.	0.85 < 1.50 (Condición insegura e inestable) Fig. 6.7	0.67 < 1.05 (condición insegura e inestable) Fig. 6.8

Tal como se evidencia en el cuadro resumen de resultados, la configuración de cortes verticales con inclinación de 90° y altura H=3.0 m resulta inestable tanto bajo condiciones estáticas como pseudoestáticas (coeficiente sísmico horizontal ah=0.10g), al no cumplir con los factores de seguridad mínimos requeridos. Esta condición de inestabilidad se encuentra representada en las Figuras 6.7 y 6.8.

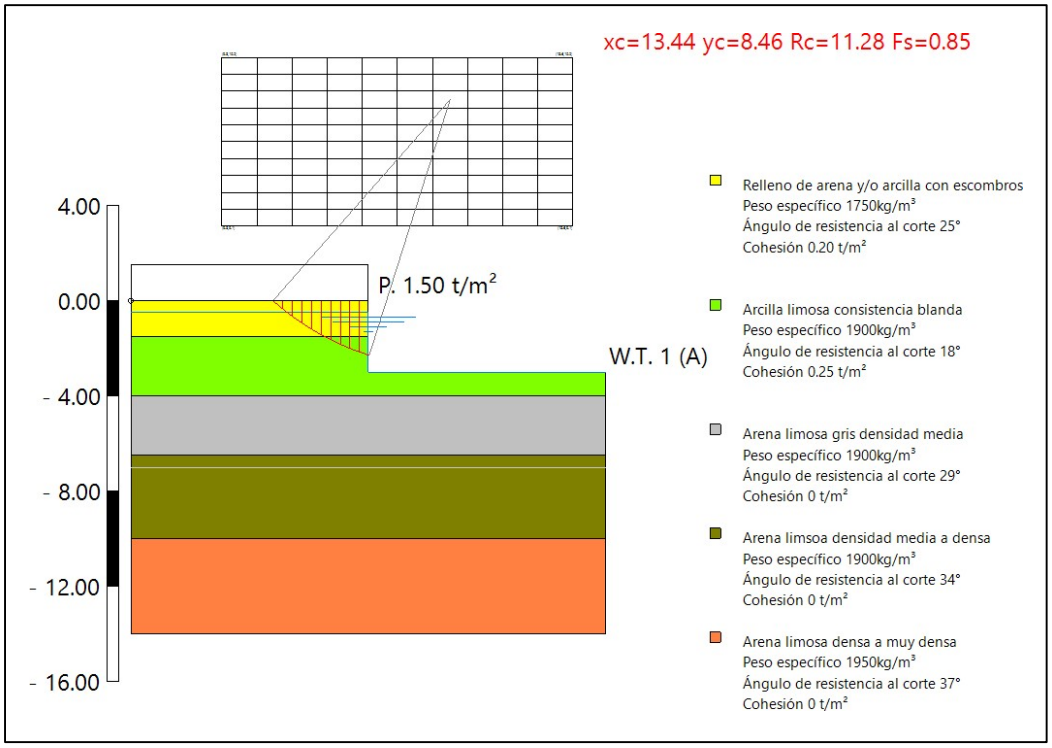


Figura 6.7. Análisis de estabilidad cortes a 90° (H=3.0m), sin sismo y con NAF.

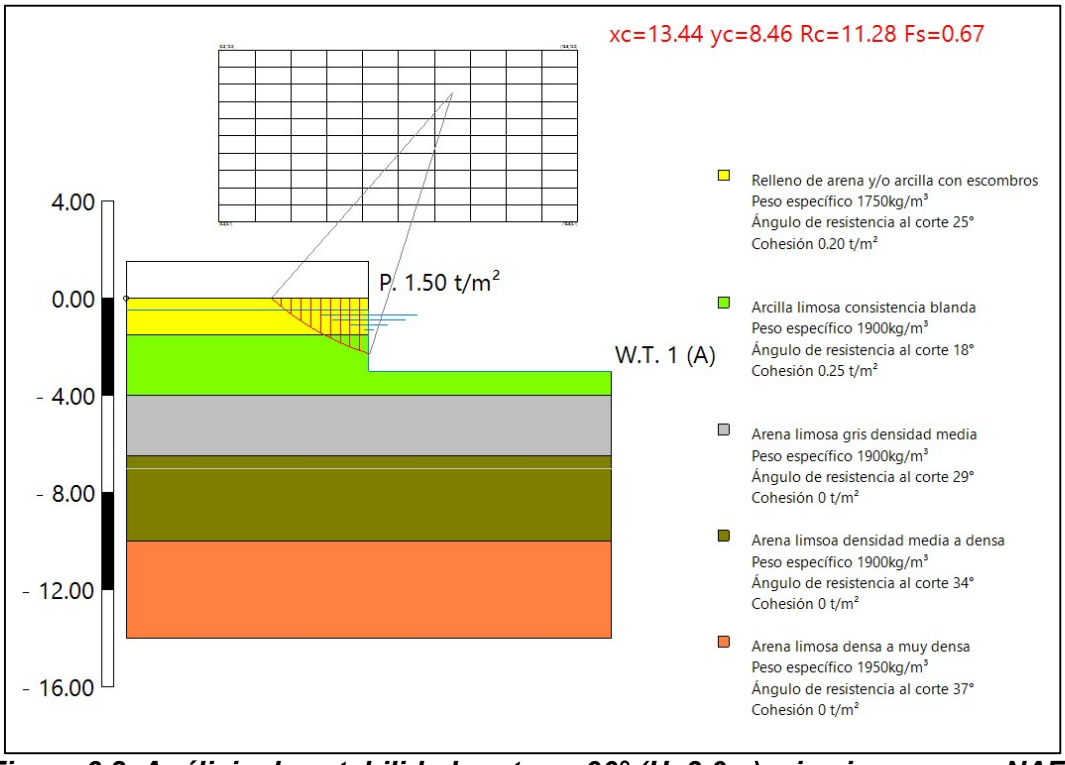


Figura 6.8. Análisis de estabilidad cortes a 90° (H=3.0m), sin sismo y con NAF.

Debido a lo anterior, condición insegura con cortes a 90 grados, se evalúo la construcción de un muro en cantiliber de T, con las siguientes caracteristicas. Ver Figura 6.9:

- Altua de Muro maxima: 4.5m
- Profundidad de desplante: 1.0m
- Ancho de cimentacion: 2.3m
- Espesor de muro: 0.45m *(Según criterio estructural).*
- Espesor de base: 0.45m *(Según criterio estructural).*

Adicionalmente, se debera construir un filtro en grava limpia (Φ=1'') con una tubería (Φ=6'') perforada en el fondo para recolectar el agua captada y finalmente conducir estas aguas por fuera del lote, este filtro deberá estar recubierto con geotextil ref 1600 (A lo largo de toda la altura del muro) (Ver figura 6.9.

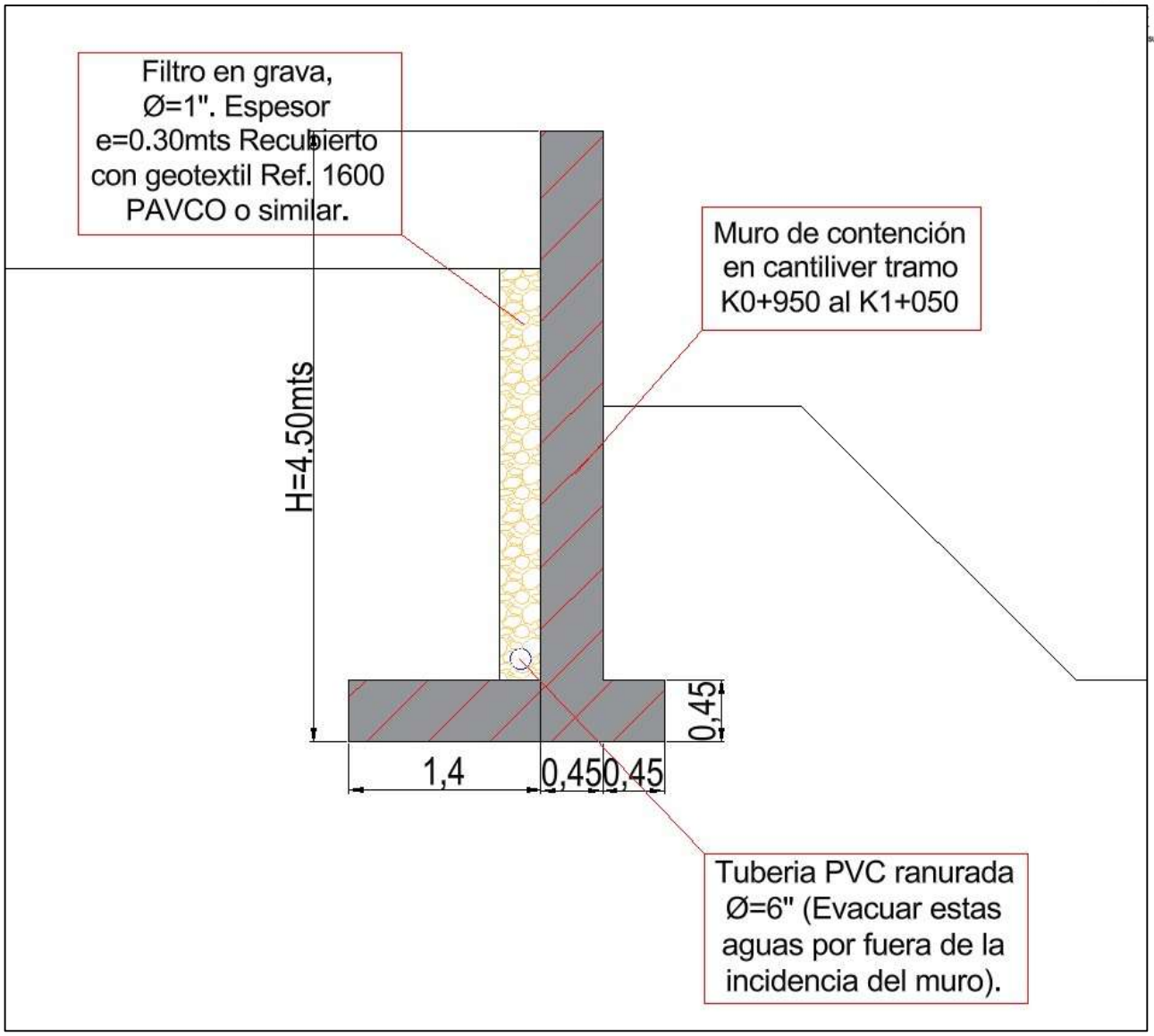


Figura 6.9. Esquema de las dimensiones del muro de contención de cantiliber en T.

6.5 RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS DE CIMENTACIÓN.

La baja compacidad de los suelos presentes en el área del proyecto, combinada con su elevada susceptibilidad a experimentar grandes deformaciones bajo los esfuerzos transmitidos por el muro de contención tipo cantiliber en T, exige una solución de cimentación que garantice la estabilidad y seguridad estructural. Por tal motivo, se recomienda que el muro sea apoyado sobre una cimentación profunda.

La alternativa seleccionada consiste en la utilización de **pilotes pre-excavados fundidos in-situ**. Esta elección responde tanto a las características particulares del proyecto como a la naturaleza del terreno encontrado, conformado por rellenos antrópicos compuestos principalmente de arenas y escombros. Dichos materiales, por su origen y composición, presentan un comportamiento mecánico variable y una capacidad portante limitada, lo que refuerza la necesidad de emplear pilotes que sean ejecutados in-situ para adaptarse a las condiciones reales del subsuelo.

Para el diseño y cálculo de estos pilotes, se han empleado teorías clásicas de la mecánica de suelos, que permiten estimar la capacidad de carga y el comportamiento esperado bajo las condiciones específicas del lote. Así, se busca asegurar que la cimentación profunda proporcione el soporte adecuado al muro de contención, minimizando riesgos de asentamientos excesivos y garantizando la funcionalidad de la obra en el largo plazo.

A continuación, se indica las teorías aplicadas para el cálculo de la capacidad de carga de los pilotes y determinación de los asentamientos esperados. A continuación, se indican formulaciones empleadas por varios autores.

Carga Última vertical:

La carga límite vertical ha sido calculada con fórmulas estadísticas que expresan la misma en función de la geometría del pilote, de las características del terreno y de la conexión pilote-terreno. Al respecto, y ya que la realización de un pilote (sea este hincado o barrenado) modifica siempre las características del terreno alrededor del mismo, se propone asumir ángulo de resistencia al corte igual a:

$\phi' = \frac{3}{4}\phi + 10$ en pilotes hincados

$\phi' = \phi - 3°$ en pilotes barrenados

Dónde: (ϕ) es el ángulo de resistencia al corte antes de realizar el pilote. A continuación, indicaremos con ϕ el parámetro de resistencia seleccionado Para fines de cálculo, la carga última $Q_{lim\ se}$ subdivide convencionalmente en dos partes, la resistencia en la punta Q_p e la resistencia lateral Q_l.

Resistencia unitaria en la punta

Fórmula de Terzaghi

La solución propuesta por Terzaghi asume que el terreno existente por encima de la profundidad alcanzada desde la punta del pilote puede ser sustituida por una sobrecarga equivalente igual a la tensión vertical eficaz (sin tener en cuenta el hecho que la interacción entre pilote y terreno de cimentación pueda modificar tal valor) y reconduce el análisis al problema de capacidad de carga de una cimentación superficial.

La fórmula de Terzaghi se puede escribir:

$$Qp = c \acute{} Nc \acute{} sc + g \acute{} L \acute{} Nq + 0.5 \acute{} g \acute{} D \acute{} Ng \acute{} sg$$

Dónde:

$$N_q = \frac{a^2}{2\cos^2(45+\phi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi-\phi/2)\tan\phi}$$

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

$$N_\gamma = \frac{\tan\phi}{2}\left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\phi} - 1\right)$$

Método de Berezantzev

Berezantzev hace referencia a una superficie de deslizamiento “tipo Terzaghi” que se detiene en el plano de cimentación (punta del pilote). Considera que el cilindro de terreno coaxial al pilote y con diámetro igual a la extensión sección de la superficie de deslizamiento, está en parte “sostenido” por acción tangencial del terreno que queda a lo largo de la superficie lateral. Consigue un valor de la presión en la base inferior a *Gd*, y entre más pequeño es, más marcado es el “efecto silo”, o sea más grande la relación D/B. Esto lo toma en cuenta el coeficiente Nq, que por lo tanto es función decreciente de D/B. La resistencia unitaria Qp en la punta, en el caso de terreno con rozamiento (f) y cohesión ©, se da la expresión:

$$Qp = c \acute{} Nc + g \acute{} L \acute{} Nq$$

Dónde:

g = peso específico del terreno;

L = largo del pilote;

Nc y Nq = son los factores de capacidad de carga incluyendo el efecto forma (circular);

Método de Vesic:

Vesic ha asimilado el problema de la rotura entorno a la punta del pilote al de la expansión de una cavidad cilíndrica en un medio elástico-plástico. De tal manera toma en cuenta también la compresión del medio.

Según Vesic los coeficientes de capacidad portante Nq e Nc se pueden calcular como sigue:

$$N_q = \frac{3}{3-\sin\phi}\left\{\exp\left[\left(\frac{\pi}{2}-\phi\right)\tan\phi\right]\right\}\left\{\tan^2\left(45+\frac{\phi}{2}\right)\right\}\left\{I_{rr}^{(4\sin\phi)/[3(1+\sin\phi)]}\right\}$$

El índice de rigidez reducido Irr en la expresión anterior se calcula a partir de la deformación volumétrica e_V. El índice de rigidez I_r se calcula utilizando el módulo de elasticidad tangencial G' y la resistencia al corte *s* del terreno. Cuando hay condiciones sin drenaje o el suelo se encuentra en estado denso, el término e_V se puede asumir igual a cero y se obtiene $I_{rr}=I_r$

Se puede estimar I_r con los siguientes valores:

TERRENO	**Ir**
Arena	75-150
Limo	50-75
Arcilla	150-250

El término N_c de la capacidad portante se calcula:

$$N_c = (N_q - 1)\cot\phi \quad \textit{(a)}$$

Cuando ϕ =*0* (condiciones sin drenaje)

$$N_c = \frac{4}{3}(1nI_{rr} + 1) + \frac{\pi}{2} + 1$$

Método de Janbu

Janbu calcula N_q (con el ángulo y expresado en radiantes) como sigue:

$$N_q = \left(\tan\phi + \sqrt{1 + \tan^2\phi}\right)^2 \exp(2\psi \tan\phi)$$

N_c se puede obtener de la ecuación (a) cuando ϕ > *0.*

Para ϕ = 0 se usa N_c = 5.74

Fórmula de Hansen

La fórmula de Hansen vale para cualquier relación D/B, o sea tanto para cimentaciones superficiales como profundas; pero el mismo autor introduce coeficientes para interpretar mejor el comportamiento real de la cimentación. De hecho, sin los mismos habría un aumento demasiado fuerte de la carga última con la profundidad.

Para valores L/D>1:

$$d_c = 1 + 0.4\tan^{-1}\frac{L}{D}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\phi(1-\sin\phi)^2\tan^{-1}\frac{L}{D}$$

En el caso φ = 0

D/B	0	1	1.1	2	5	10	20	100
d'c	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

En los factores siguientes las expresiones con ápices (') valen cuando $\varphi = 0$.

Factor de forma:

$$s'_c = 0.2\frac{D}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{D}{L}$$

$$s_q = 1 + \frac{D}{L}\tan\phi$$

$$s_q = 1 + \frac{D}{L}\tan\phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4\frac{D}{L}$$

Factor de profundidad:

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2\tan\phi(1 - \sin\phi)k$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{per qualsiasi } \kappa$$

$$k = \tan^{-1}\frac{L}{D} \quad \text{se} \frac{L}{D} > 1$$

Resistencia del fuste:

El método utilizado para calcular la capacidad de carga lateral es el método a, propuesto por Tomlinson (1971). La resistencia lateral se calcula de la siguiente manera:

$$Q_l = (\alpha c + \sigma K \tan\delta) \cdot Al \cdot f_w$$

Al = superficie lateral del pilote;

f_W = factor de corrección ligado a la tronco-conicidad del pilote, o sea la disminución porcentual del diámetro del pilote con

c= valor medio de la cohesión (o de la resistencia al corte en condiciones no drenadas);

σ= presión vertical eficaz del terreno;

K = coeficiente de empuje horizontal, dependiente de la tecnología de ejecución del pilote y de anterior estado de densidad, se calcula como sigue:

Para pilotes hincados

$K = 1 – \tan^2\phi$, en el caso específico, es posible asignar los siguientes valores propuestos en la tabla:

Pilote	K Terreno suelto	Terreno denso
Acero	0.5	1
Hormigón Pref.	1	2
Madera	1	3

Para pilotes barrenados

$K = 1 – \text{sen}(\phi)$.

δ = ejecución del pilote y de anterior estado de densidad, se calcula como sigue:

Para pilotes hincados:

$\delta = \frac{3}{4}\tan \phi$

Para pilotes barrenados

$\delta = \tan \phi$

α = coeficiente de adherencia que se obtiene como a continuación:

Pilotes barrenados:

Caquot – Kerisel $\alpha = \frac{100 + c^2}{100 + 7c^2}$

Meyerhof – Murdock (1963) $\alpha = 1 - 0.1 \cdot c$ para c<5 t/m^2

$\alpha = 0.525 - 0.005 \cdot c$ para c³ 5 t/m^2

Whitaker – Cooke (1966) a = 0.9 para c < 2.5 t/m^2

a = 0.8 para 2.5 ≤ c < 5 t/m^2

a = 0.6 para 5 ≤ c ≤ 7.5 t/m^2

a = 0.9 para c > 7.5 t/m^2

Woodward (1961) a = 0.9 para c < 4 t/m^2

a = 0.6 para 4 ≤ c < 8 t/m^2

a = 0.5 para 8 ≤ c <12 t/m^2

a = 0.4 para 12 ≤ c ≤ 20 t/m^2

a = 0.20 para c > 20 t/m^2.

Pilotes hincados

Coeficiente a para pilotes hincados	
2.5 ≤ c < 5 t/m2	a = 1.00
5 ≤ c < 10	a = 0.70
10 ≤ c < 15	a = 0.50
15 ≤ c < 20	a = 0.40
c ³ 20	a = 0.30

Rozamiento negativo: Cuando se hinca un Pilote o pasa a través de un estrato de material comprimible antes de terminar el proceso de consolidación, el terreno se moverá con respecto al pilote produciendo esfuerzos de roce entre pilote y terreno que inducen al llamado fenómeno de rozamiento negativo.

El rozamiento aumenta la carga axial en el pilote, con la consecuencia del aumento del asiento debido al acortamiento elástico del mismo como efecto del aumento de la carga. La fuerza que nace como efecto del rozamiento negativo se estima igual al componente de roce de la resistencia lateral (ver Resistencia del fuste) a lo largo de la superficie lateral en contacto con el estrato donde se genera tal fenómeno, pero del lado opuesto al rozamiento positivo. El resultado así determinado no se detrae de la carga límite, sino de la de ejercicio.

Factor de corrección sísmica

Criterio de Vesic:

Según este autor, para tener en cuenta el fenómeno de la dilatación en el cálculo de la capacidad de carga es suficiente disminuir en 2° el ángulo de rozamiento de los estratos de cimentación. La limitación de esta sugerencia está en el hecho que no toma en cuenta la intensidad de la solicitación sísmica (expresada por medio del parámetro de la aceleración sísmica horizontal máximo). Sin embargo, este criterio parece confirmarse en las observaciones hechas con ocasión de diferentes eventos sísmicos.

Criterio de Sano:

El autor propone disminuir el ángulo de rozamiento de los estratos portantes en una cantidad dada por la relación:

$$D_p = arctg\left(\frac{A_{\max}}{\sqrt{2}}\right)$$

Donde: A_{max} es la aceleración sísmica horizontal máxima.

Este criterio, con respecto al de Vesic, tiene la ventaja de considerar la intensidad de la solicitación sísmica. No obstante, la experiencia demuestra que la aplicación acrítica de esta relación puede conducir a valores excesivamente cautelosos de Qlim.

Las correcciones de Sano y de Vesic se aplican exclusivamente a terrenos incoherentes muy densos. Es errado aplicarlas a terrenos sueltos medianamente densos, donde las vibraciones sísmicas producen el fenómeno opuesto al de la dilatación, con aumento del grado de densidad y del ángulo de rozamiento

ASIENTOS:

a) Según Poulos and Davis.

El asentamiento vertical ha sido calculado con el método de Davis-Poulos, según el cual el pilote se considera rígido (indeformable) inmerso en un medio elástico, semiespacio o estrato de espesor finito.

Se hace la hipótesis de que la interacción pilote-terreno sea constante en tractos en n superficies cilíndricas en las que se divide la superficie lateral del pilote. El asiento de la superficie genérica i por efecto de la carga transmitida del pilote al terreno en la superficie j-ésima se puede expresar:

$$W_{i,j} = (t_j / E) \cdot B \cdot I_{i,j}$$

dónde:

t_j = Incremento de tensión relativo al punto medio de la franja

E = Módulo elástico del terreno

B = Diámetro del pilote

$I_{i,\,j}$ = Coeficiente de influencia

El asiento se obtiene sumando Wi, j para todas las j áreas.

b) Según Fleming (Método Hiperbólico).

El método hiperbólico modificado representa un desarrollo del estudio de Chin (1970,1972,1983) que permite estimar el asiento de pilotes individuales a partir de la idea que el diagrama carga-asiento, por el

cuerpo de un pilote y su base tenga un andar hiperbólico. Los valores de la carga última lateral (Qsu) y la resistencia de base última (Qbu) representan los términos asintóticos de la curva (figura a) (Terzaghi, 1943). Es posible agregar una representación del problema considerando la variación de la S/Q respecto al desplazamiento S (figura b).

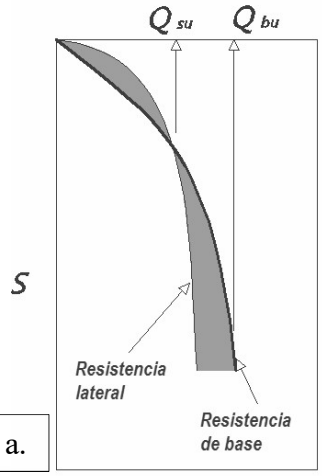


Fig. a.

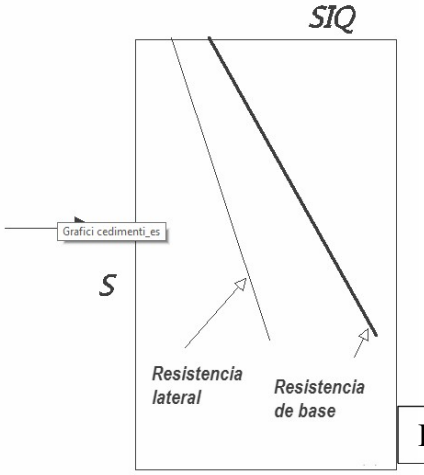
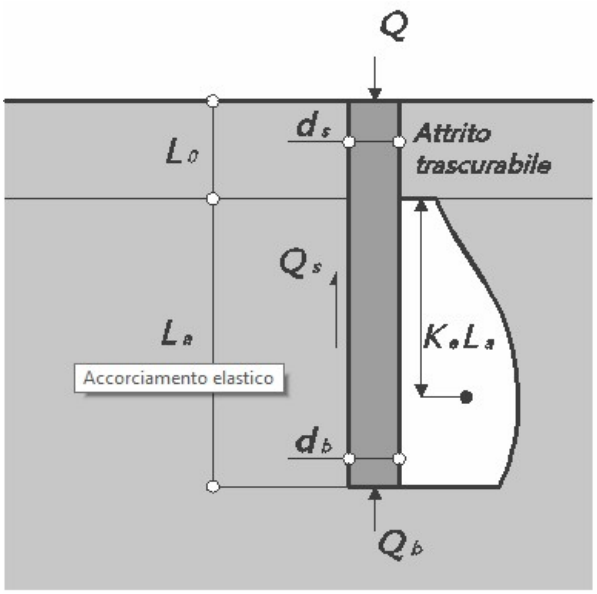


Fig. b.

El estudio de Fleming ha demostrado que los desplazamientos totales estimados con el método de Chin eran disturbados por la reducción elástica del cuerpo del pilote por el cual sugirió una técnica aplicada de la deformación elástica del pilote puede ser determinada sustrayendo la estima de Chin la reducción del pilote antes de diagramar la curva hiperbólica.



Considerando el esquema en figura la reducción elástica del pilote y de la carga aplicada Q en relación al rozamiento lateral último Q_{su}. En particular si $Q \leq Qsu$ la deformación elástica del cuerpo del pilote corresponde a la suma de la reducción elástica a lo largo de la zona de rozamiento *nulo y aquel que se* desarrolla en la parte activa del fusto:

$$S_e = \frac{4}{\pi}\frac{Q(L_o + K_e L_a)}{d_s^2 E_c}$$

En cambio, se tiene $Q > Qsu$ a reducción a la parte activa del pilote que será agregada a la deformación elástica.

$$S_e = \frac{4}{\pi}\frac{1}{d_s^2 E_C}[Q(L_o + L_a) - L_a Q_{su}(1 - k_e)]$$

Los parámetros de la fórmula son:

ds: Diámetro del pilote, parte superior.

Ec : Módulo de elasticidad del material del pilote, el cual puede ser obtenido por una interpretación lineal entre valores de $Ec =$

$26000000\frac{KN}{m2}$ para hormigón con esfuerzo de $20\ N/mm2$ y el valor de $Ec = 40000000\frac{KN}{m2}$, par concretos de $40N/mm2$.

Lo: Largo del pilote con rozamiento bajo o nulo.

La : Largo activo del pilote.

Ke: Relación del largo equivalente al fusto del pilote con respecto al largo activo La. Se puede considerar un valor de 0.5 cuando se tiene un rozamiento que se desarrolla uniformemente a lo largo $La,$ o bien cuando el pilote va introducido en arena o grava. Para pilotes en creta caracterizados por un esfuerzo que crece en profundidad se puede utilizar un valor de

· 0.45.

El desplazamiento del pilote rígido puede ser calculado sabiendo que la suma del rozamiento lateral y de la resistencia de base corresponde al total aplicado a la cabeza del pilote.

$$Q = Qs + Qb$$

Considerando el pilote rígido el desplazamiento total en cabeza es igual a aquel que se obtiene a lo largo del fusto es igual a aquel medido en la base del pilote:

$$St = Ss = Sb$$

Del gráfico lineal se puede ver que el desplazamiento a lo largo del fusto del pilote puede ser calculado así:

$$S_s = \frac{M_s d_s Q_s}{Q_{su} - Q_s}$$

Dónde:

Ms = Factor.

Ds = Diámetro pilote superior.

Qs = Rozamiento.

Qsu = Rozamiento último.

A continuación, se indica la estratigrafía y propiedades geotécnicas de cada estrato usadas en los análisis y sistemas de cimentación propuesto.

Las figuras No. 6.10, 6.11, 6.12, 6.13, 6.14 y 6.15 muestran un pantallazo de las soluciones propuestas (Pilotes pre-excavados fundidos in situ con longitudes y diámetros diferentes), además de mostrar más adelante los pantallazos que contienen la carga por punta fricción y total de los pilotes según la longitud (L) y diámetro (D) de cada uno, así como los cálculos de asentamientos del pilote según Fleming (1.992).

Estratigrafía
Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. 1

Nr.	Hs	Peso especifico [kN/m3]	Peso especifico saturado [kN/m3]	c [kN/m2]	Fi (°)	Rock	RQD (%)	Pile point [MN/m2]	Rozamiento negativo	α	Módulo elástico [MN/m2]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2.50	19.00	19.50	50.0	15.00	No	0.00	0.00	Si	0.65	5.00	0	Arcilla Blanda
2	2.00	19.00	20.00	0.00	29.00	No	0.00	0.00	No	0.00	10.00	0	Arena limosa densidad media
3	3.50	19.00	20.00	0.00	34.00	No	0.00	0.00	No	0.00	22.00	0	Arena limosa densa
4	5.00	19.50	20.00	0.00	37.00	No	0.00	0.00	No	0.00	33.00	0	Arena limosa muy densa

Estratigrafía y propiedades geotécnicas de cada estrato.

❖ **Pilotes Pre-excavados Diametro D=0.40mts, Longitud L=8.00mts**

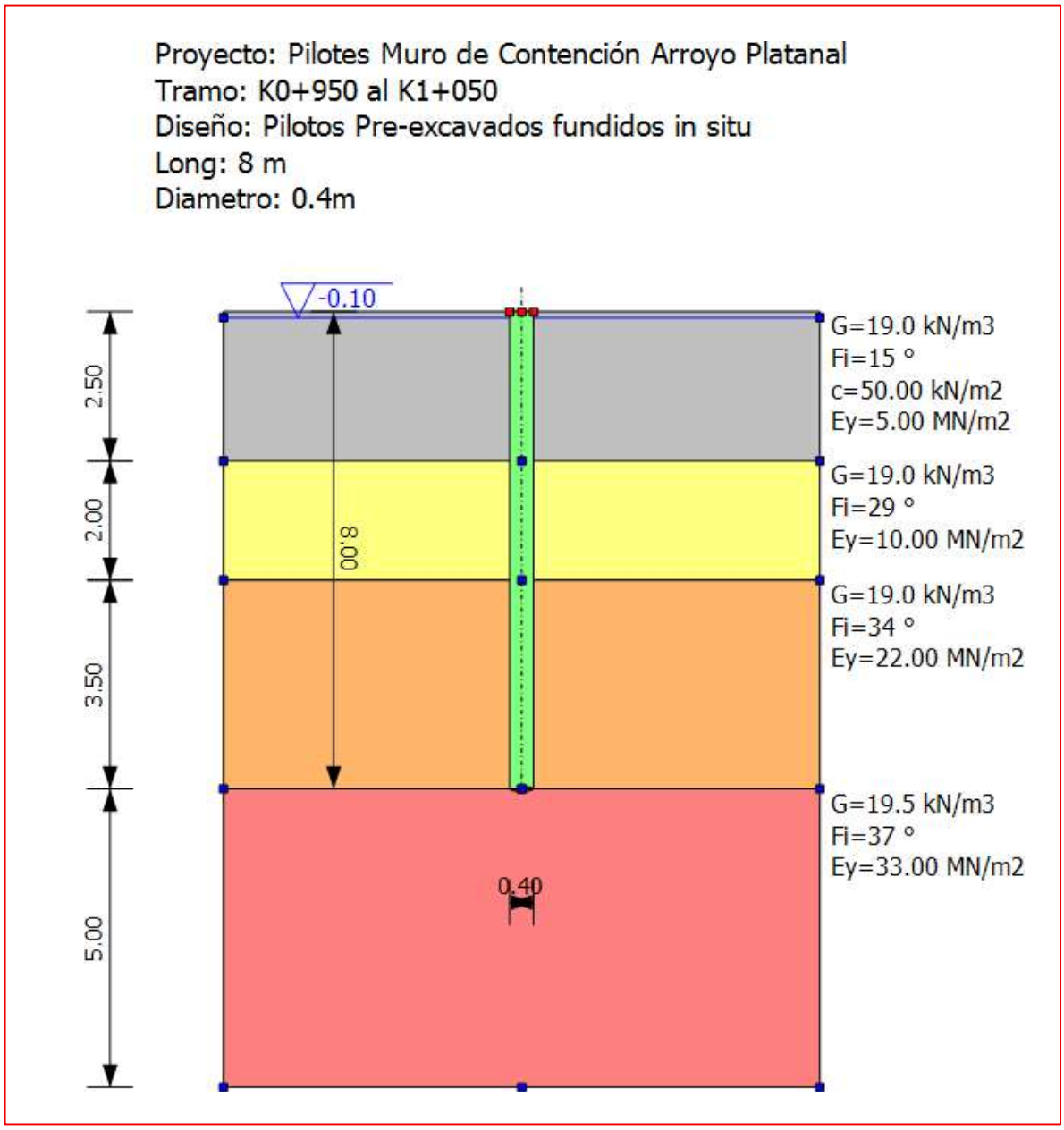


Figura 6.10. Sistema de cimentación Pilotes Pre-excavados, Longitud L=8.00mts, Diámetro D=0.40mts.

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia caracteristica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3
Número de verticales examinadas 1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3) 1.00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4) 1.00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	655.35	655.35	655.35
Lateral	182.26	182.26	182.26
Total	660.11	660.11	660.11

Coeficiente parcial resistencia caracteristica R3
Base 2.50
Lateral 2.50
Resistencia de proyecto base 262.14 kN
Resistencia de proyecto lateral 72.90 kN
Resistencia de proyecto 259.65 kN

Asiento (Poulos e Davis 1968)

Carga aplicada 250.00 kN
Coeficiente influencia 0.15
Asiento 0.42 cm

Cálculo de asentamientos elásticos según Poulos and Davis y Capacidad de carga por punta, fricción y total de los pilotes, para un pilotaje tipo, Longitud L=8.00 mts y Diámetro D=0.40 mts. Ver memoria de cálculo.

La capacidad admisible del pilote es de Pw=250kN para un diámetro de pilote, D=0.40mts. Los pilotes se deben construir con una separación mínima, S=2.5D, es decir, mayor o igual a 2.5 veces el diámetro del pilote centro a centro. Se estimaron asentamientos elásticos del pilote individual, arrojando un asentamiento de S=0.42cm (Según Poulos and Davis).

❖ **Pilotes Pre-excavados Diametro D=0.40mts, Longitud L=9.00mts**

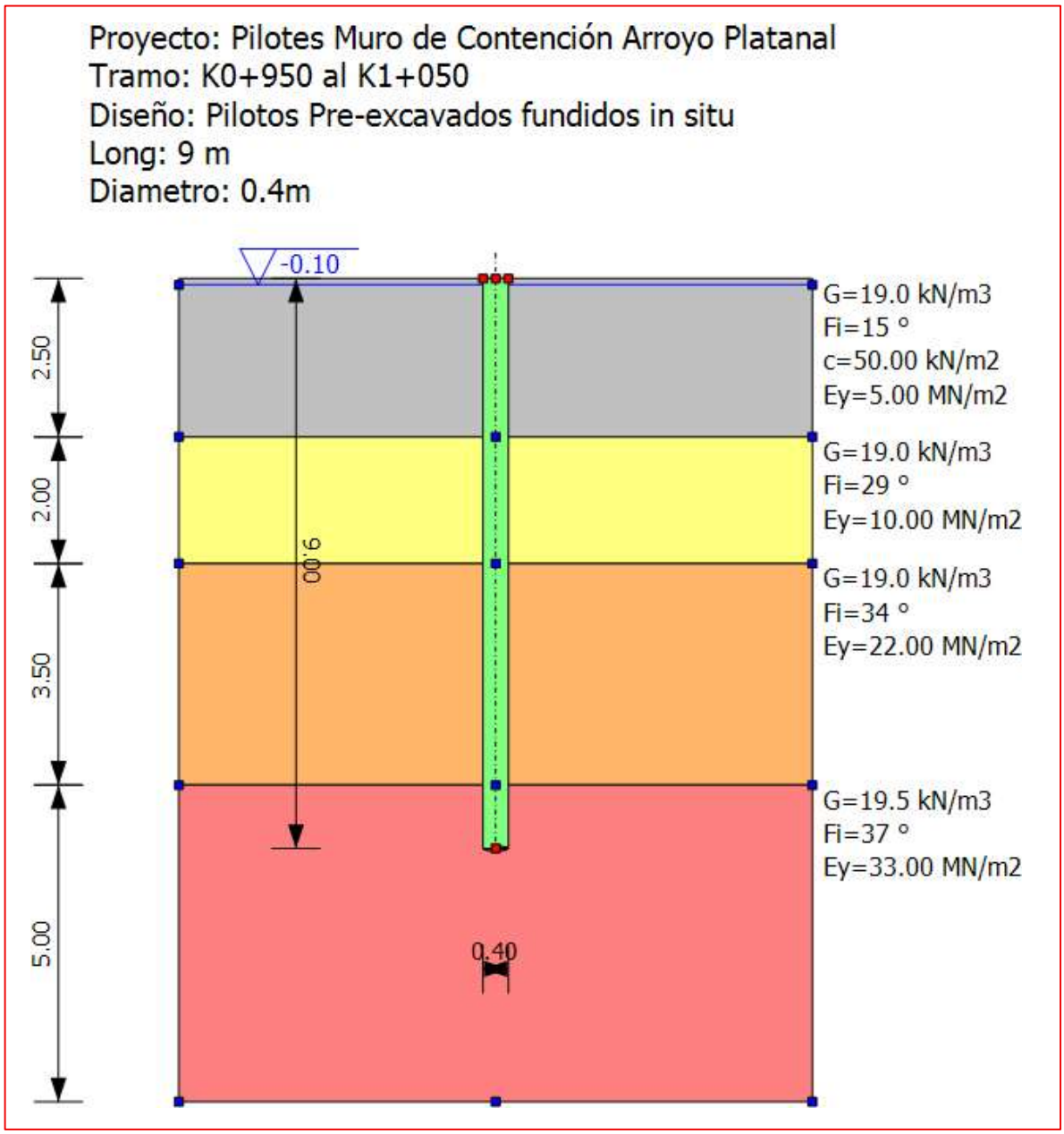


Figura 6.11. Sistema de cimentación Pilotes Pre-excavados, Longitud L=9.00mts, Diámetro D=0.40mts.

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3
Número de verticales examinadas 1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3) 1.00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4) 1.00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	858.29	858.29	858.29
Lateral	235.73	235.73	235.73
Total	907.09	907.09	907.09

Coeficiente parcial resistencia característica R3
Base 2.50
Lateral 2.50
Resistencia de proyecto base 343.31 kN
Resistencia de proyecto lateral 94.29 kN
Resistencia de proyecto 352.78 kN

Asiento (Poulos e Davis 1968)

Carga aplicada 350.00 kN
Coeficiente influencia 0.15
Asiento 0.40 cm

Cálculo de asentamientos elásticos según Poulos and Davis y Capacidad de carga por punta, fricción y total de los pilotes, para un pilotaje tipo, Longitud L=9.00 mts y Diámetro D=0.40 mts. Ver memoria de cálculo.

La capacidad admisible del pilote es de Pw=350kN para un diámetro de pilote, D=0.40mts. Los pilotes se deben construir con una separación mínima, S=2.5D, es decir, mayor o igual a 2.5 veces el diámetro del pilote centro a centro. Se estimaron asentamientos elásticos del pilote individual, arrojando un asentamiento de S=0.40cm (Según Poulos and Davis).

❖ **Pilotes Pre-excavados Diametro D=0.40mts, Longitud L=10.00mts**

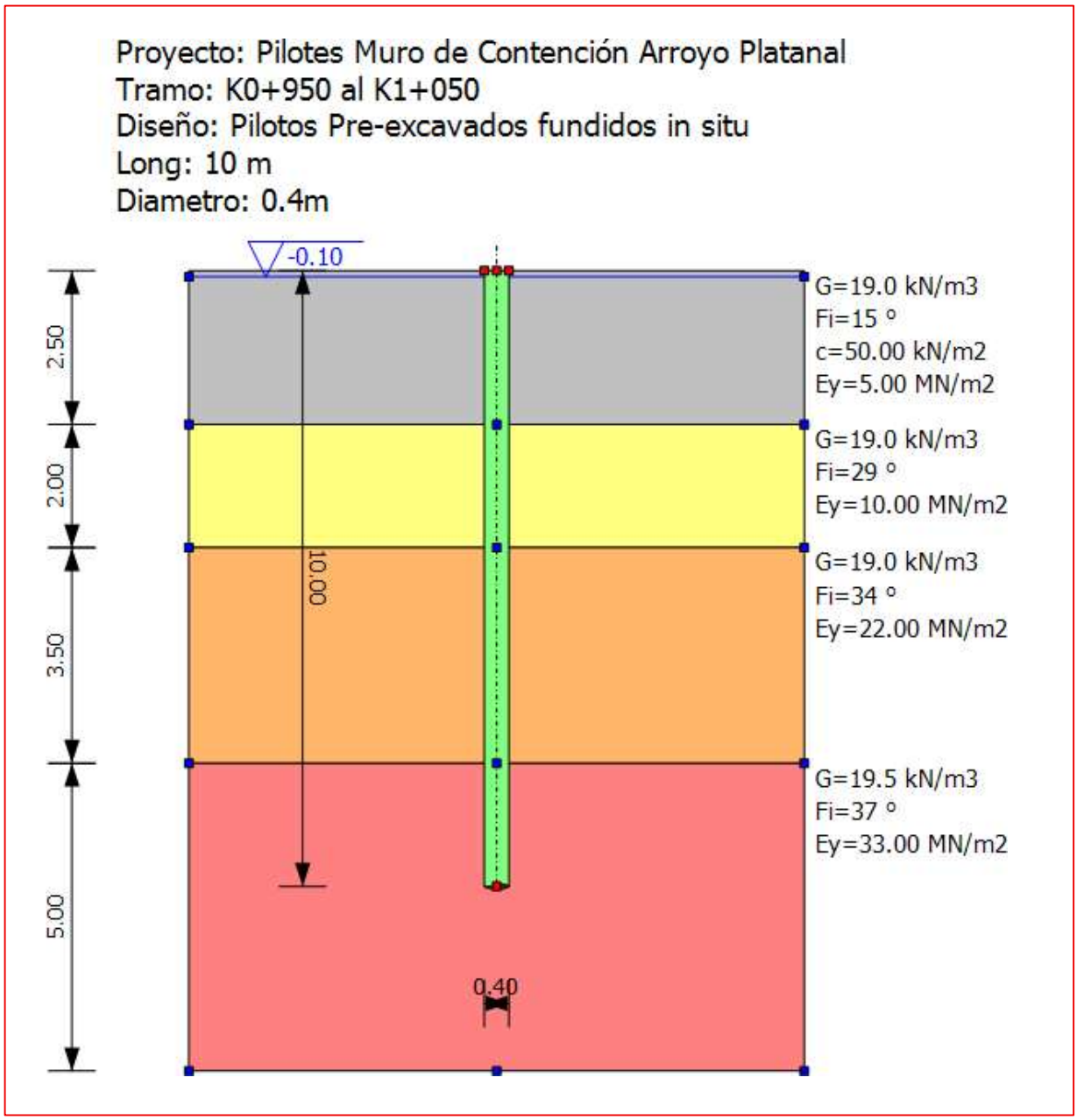


Figura 6.12. Sistema de cimentación Pilotes Pre-excavados, Longitud L=10.00mts, Diámetro D=0.40mts.

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3
Número de verticales examinadas 1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3) 1.00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4) 1.00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	934.36	934.36	934.36
Lateral	294.16	294.16	294.16
Total	1032.17	1032.17	1032.17

Coeficiente parcial resistencia característica R3
Base 2.50
Lateral 2.50
Resistencia de proyecto base 373.74 kN
Resistencia de proyecto lateral 117.66 kN
Resistencia de proyecto 397.16 kN

Asiento (Poulos e Davis 1968)

Carga aplicada 400.00 kN
Coeficiente influencia 0.15
Asiento 0.46 cm

Cálculo de asentamientos elásticos según Poulos and Davis y Capacidad de carga por punta, fricción y total de los pilotes, para un pilotaje tipo, Longitud L=10.00 mts y Diámetro D=0.40 mts. Ver memoria de cálculo.

La capacidad admisible del pilote es de Pw=400kN para un diámetro de pilote, D=0.40mts. Los pilotes se deben construir con una separación mínima, S=2.5D, es decir, mayor o igual a 2.5 veces el diámetro del pilote centro a centro. Se estimaron asentamientos elásticos del pilote individual, arrojando un asentamiento de S=0.46cm (Según Poulos and Davis).

❖ **Pilotes Pre-excavados Diametro D=0.50mts, Longitud L=8.00mts**

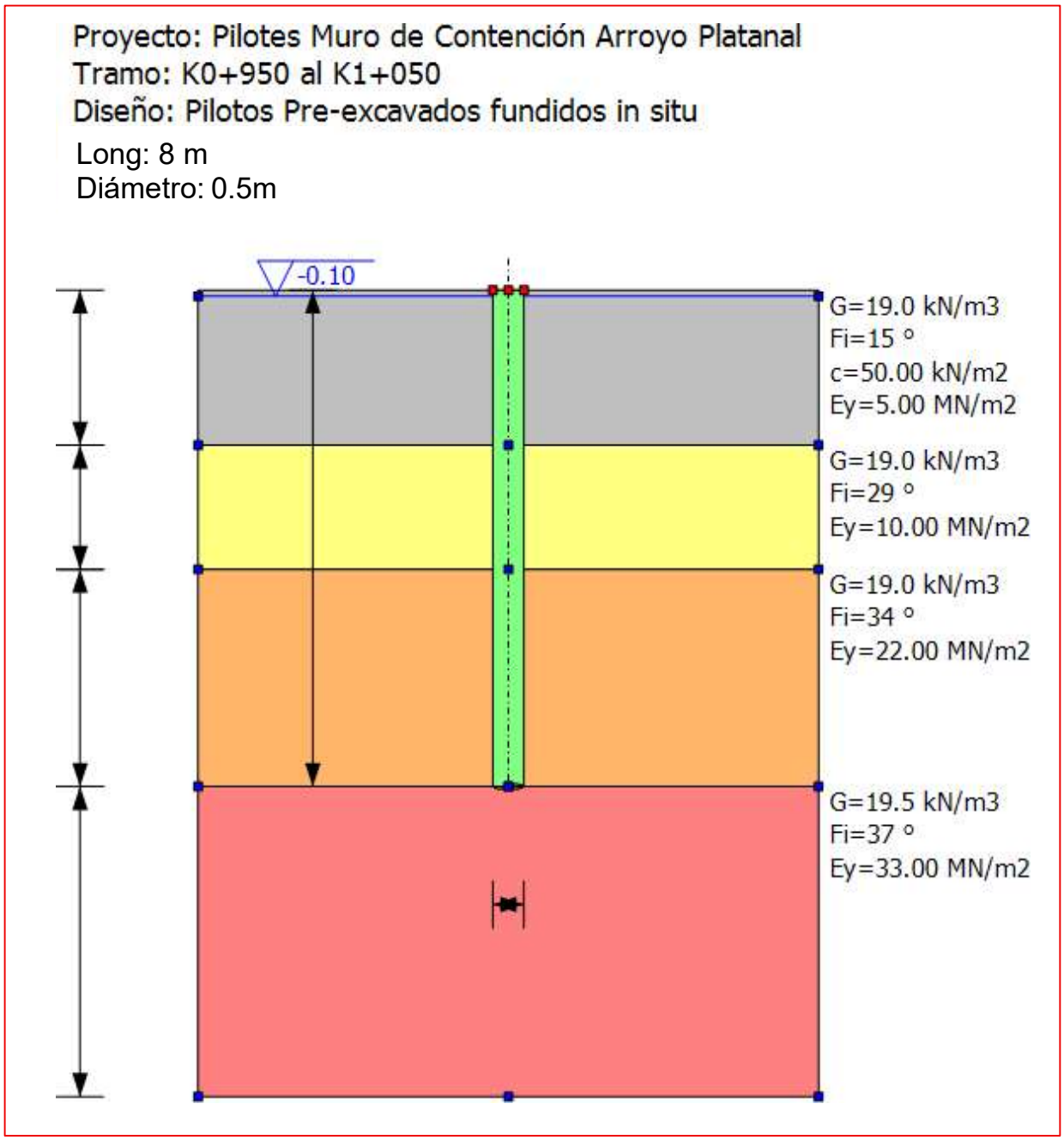


Figura 6.13. Sistema de cimentación Pilotes Pre-excavados, Longitud L=8.00mts, Diámetro D=0.50mts.

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación:	A1+M1+R3
Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1.00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1.00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	1023.98	1023.98	1023.98
Lateral	227.83	227.83	227.83
Total	1006.37	1006.37	1006.37

Coeficiente parcial resistencia característica	R3
Base	2.50
Lateral	2.50
Resistencia de proyecto base	409.59 kN
Resistencia de proyecto lateral	91.13 kN
Resistencia de proyecto	382.91 kN

Asiento (Poulos e Davis 1968)

Carga aplicada	380.00 kN
Coeficiente influencia	0.15
Asiento	0.51 cm

Cálculo de asentamientos elásticos según Poulos and Davis y Capacidad de carga por punta, fricción y total de los pilotes, para un pilotaje tipo, Longitud L=8.00 mts y Diámetro D=0.50 mts. Ver memoria de cálculo.

La capacidad admisible del pilote es de Pw=380kN para un diámetro de pilote, D=0.50mts. Los pilotes se deben construir con una separación mínima, S=2.5D, es decir, mayor o igual a 2.5 veces el diámetro del pilote centro a centro. Se estimaron asentamientos elásticos del pilote individual, arrojando un asentamiento de S=0.51cm (Según Poulos and Davis).

❖ **Pilotes Pre-excavados Diametro D=0.50mts, Longitud L=9.00mts**

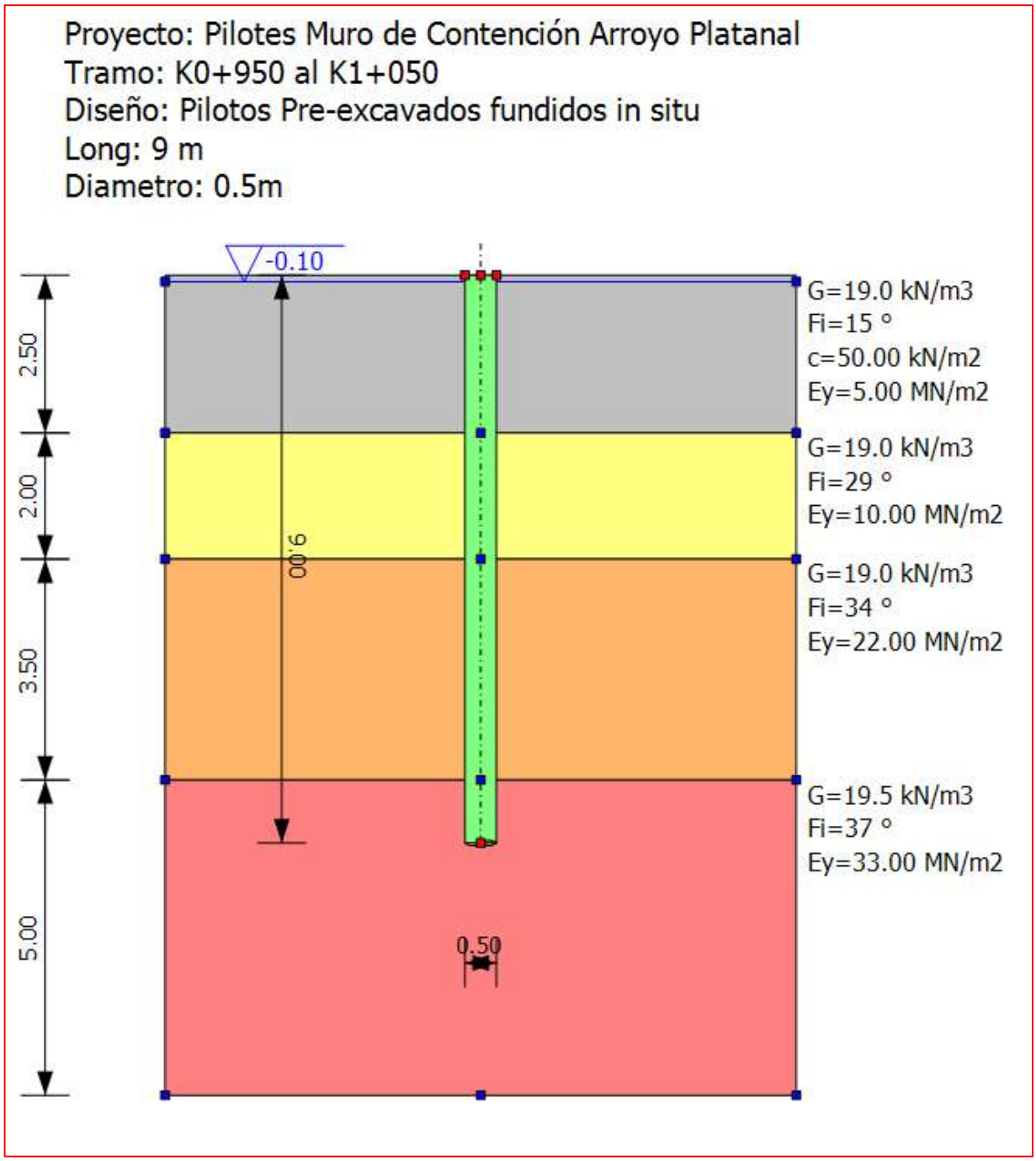


Figura 6.14. Sistema de cimentación Pilotes Pre-excavados, Longitud L=9.00mts, Diámetro D=0.50mts.

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia caracteristica cargas axiales. Nombres combinación:	A1+M1+R3
Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1.00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1.00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	1341.07	1341.07	1341.07
Lateral	294.66	294.66	294.66
Total	1375.57	1375.57	1375.57

Coeficiente parcial resistencia caracteristica	R3
Base	2.50
Lateral	2.50
Resistencia de proyecto base	536.43 kN
Resistencia de proyecto lateral	117.87 kN
Resistencia de proyecto	521.76 kN

Asiento (Poulos e Davis 1968)

Carga aplicada	520.00 kN
Coeficiente influencia	0.15
Asiento	0.47 cm

Cálculo de asentamientos elásticos según Poulos and Davis y Capacidad de carga por punta, fricción y total de los pilotes, para un pilotaje tipo, Longitud L=9.00 mts y Diámetro D=0.50 mts. Ver memoria de cálculo.

La capacidad admisible del pilote es de Pw=520kN para un diámetro de pilote, D=0.50mts. Los pilotes se deben construir con una separación mínima, S=2.5D, es decir, mayor o igual a 2.5 veces el diámetro del pilote centro a centro. Se estimaron asentamientos elásticos del pilote individual, arrojando un asentamiento de S=0.47cm (Según Poulos and Davis).

❖ **Pilotes Pre-excavados Diametro D=0.50mts, Longitud L=10.00mts**

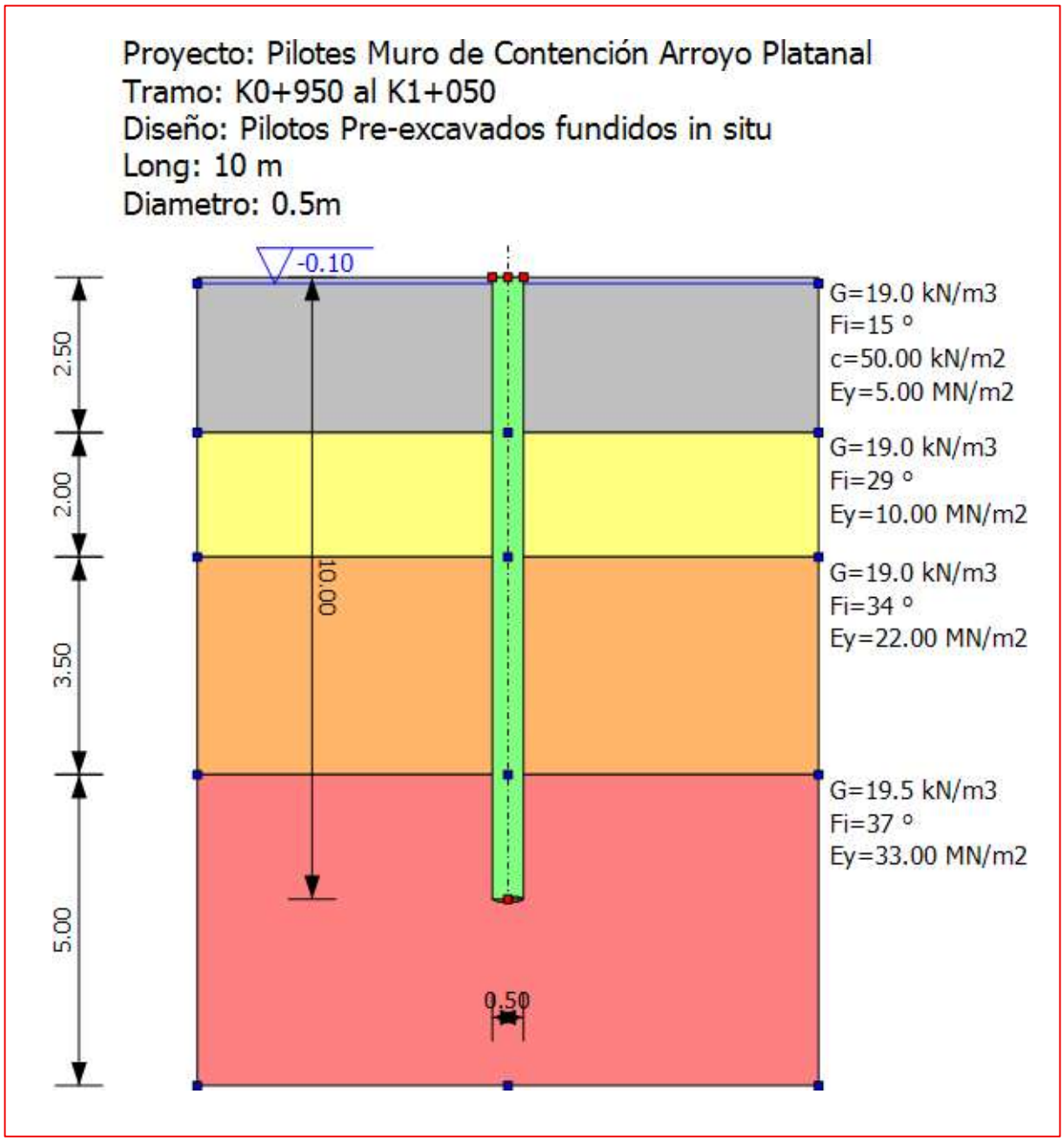


Figura 6.15. Sistema de cimentación Pilotes Pre-excavados, Longitud L=10.00mts, Diámetro D=0.50mts.

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia caracteristica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3
Número de verticales examinadas 1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3) 1.00
Factor correlación vertical examinada minima (xi4) 1.00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	1459.93	1459.93	1459.93
Lateral	367.70	367.70	367.70
Total	1552.74	1552.74	1552.74

Coeficiente parcial resistencia caracteristica R3
Base 2.50
Lateral 2.50
Resistencia de proyecto base 583.97 kN
Resistencia de proyecto lateral 147.08 kN
Resistencia de proyecto 583.79 kN

Asiento (Poulos e Davis 1968)

Carga aplicada 580.00 kN
Coeficiente influencia 0.15
Asiento 0.53 cm

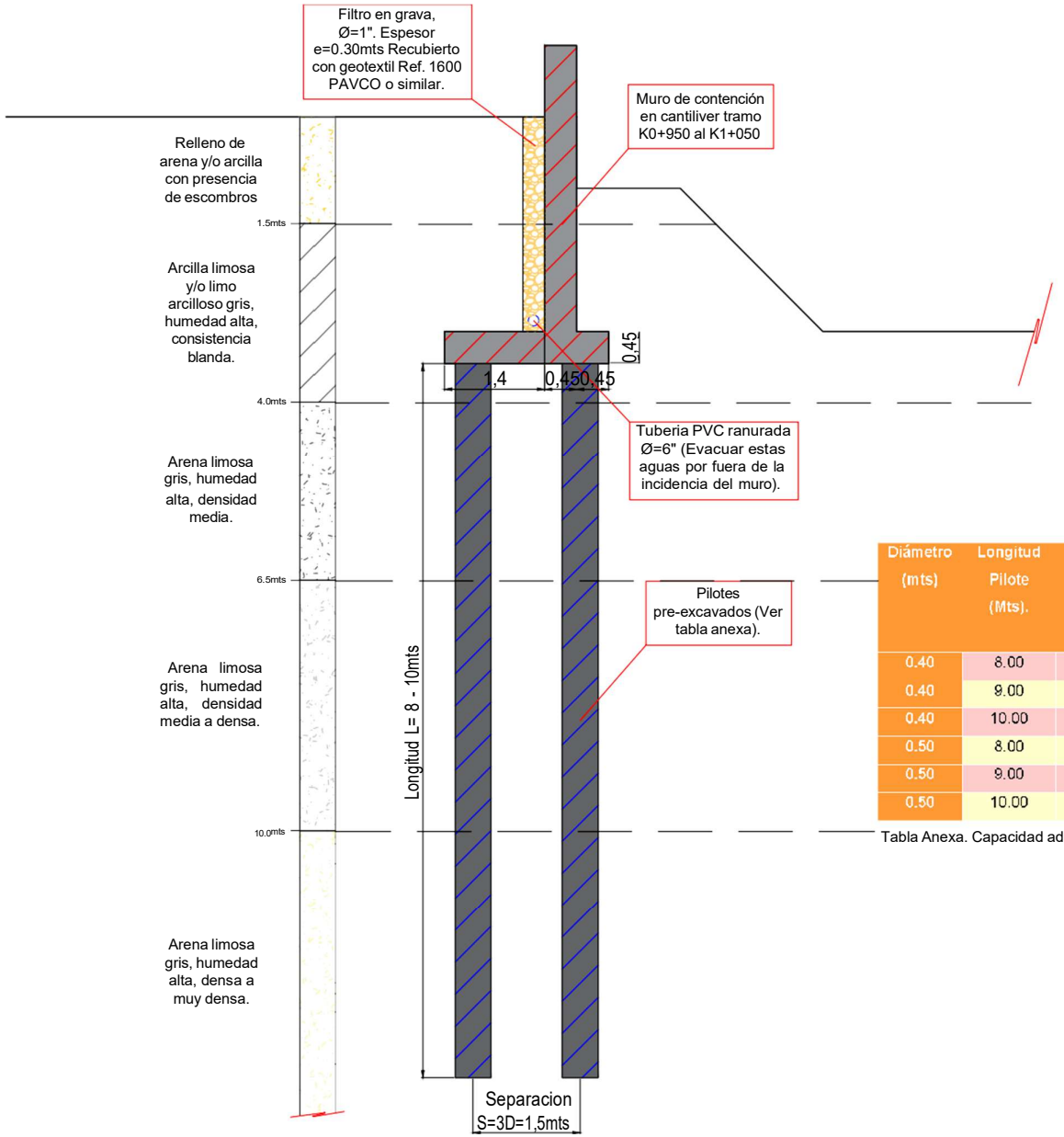
Cálculo de asentamientos elásticos según Poulos and Davis y Capacidad de carga por punta, fricción y total de los pilotes, para un pilotaje tipo, Longitud L=10.00 mts y Diámetro D=0.50 mts. Ver memoria de cálculo.

La capacidad admisible del pilote es de Pw=580kN para un diámetro de pilote, D=0.50mts. Los pilotes se deben construir con una separación mínima, S=2.5D, es decir, mayor o igual a 2.5 veces el diámetro del pilote centro a centro. Se estimaron asentamientos elásticos del pilote individual, arrojando un asentamiento de S=0.53cm (Según Poulos and Davis).

La tabla siguiente muestra un resumen de las alternativas de pilotes recomendados para el muro de contención Arroyo Platanal K0+950 al K1+050, para diferentes longitudes y capacidad de los pilotes, al igual los asentamientos esperados por Poulos and Davis (1.968).

Diámetro (mts)	Longitud Pilote (Mts).	Capacidad individual Pilote, Padm (Ton).	Asentamiento esperado individual del pilote (mm) (δ) (Poulos and Davis (1.968))
0.40	8.00	25.00	4.2
0.40	9.00	35.00	4.0
0.40	10.00	40.00	4.6
0.50	8.00	38.00	5.1
0.50	9.00	52.00	4.7
0.50	10.00	58.00	5.3

La figura 6.16 Muestra el sistema de cimentación profunda del tipo pilotes pre-excavados en concreto reforzado para el muro de contención Arroyo Platanal K0+950 al K1+050.



Diámetro (mts)	Longitud Pilote (Mts).	Capacidad individual Pilote, Padm (Ton).	Asentamiento esperado individual del pilote (mm) (δ) (Poulos and Davis (1.968))
0.40	8.00	25.00	4.2
0.40	9.00	35.00	4.0
0.40	10.00	40.00	4.6
0.50	8.00	38.00	5.1
0.50	9.00	52.00	4.7
0.50	10.00	58.00	5.3

Tabla Anexa. Capacidad admisible Pilotes Pre-excavados segun diametro y longitud.

CLIENTE: ALCALDIA DE SOLEDAD.	**PROYECTO:** RECUPERACION AMBIENTAL MEDIANTE LA REALIZACION DE LA RECTIFICACION Y ADECUACION HIDRAULICA DEL ARROYO PLATANAL Y CAÑO SOLEDAD Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS.	**CONTIENE:** SISTEMA DE CIMENTACION PROFUNDA DEL TIPO PILOTES PRE-EXCAVADOS EN CONCRETO REFORZADO PARA MURO EN CANTILIVER.	GEOTECHNICAL	**GEOCONSULTING SAS** GEOTECNIA, CONSTRUCCION E INTERVENTORIAS DE OBRAS CIVILES.	**REVISADO POR: ING. HENRY D. GARCIA**	ESCALA : Grafica FECHA: MAY 2024 FIGURA-NO. 6.16

Algunos procesos constructivos para la construcción de pilotes pre-excavados fundidos in situ, sistema Kelly.

Estos pilotes serán del tipo pre excavado, realizando una perforación de la profundidad y sección requerida.

Una vez terminada la perforación y antes de vaciar el concreto será necesario verificar que ésta se encuentre limpia, libre de material suelto y la pared interior no esté colapsada.

Deberá realizarse la fundida con concreto Tremie, en cualquier caso, el concreto utilizado tendrá una resistencia mínima de 3000 psi a los 28 días o de la resistencia diseñada por el Ing. Calculista, de acuerdo con sus análisis.

El refuerzo o acero de los pilotes deberá estar libre de grasa, óxido y mortero, para ello se deberá limpiar con grata o cualquier otro elemento que a el juicio de la Interventoría no permita la adherencia de acero con el concreto.

Se tendrán en cuenta adicionalmente los lineamientos de la NSR-10, en general los del capítulo H.8.

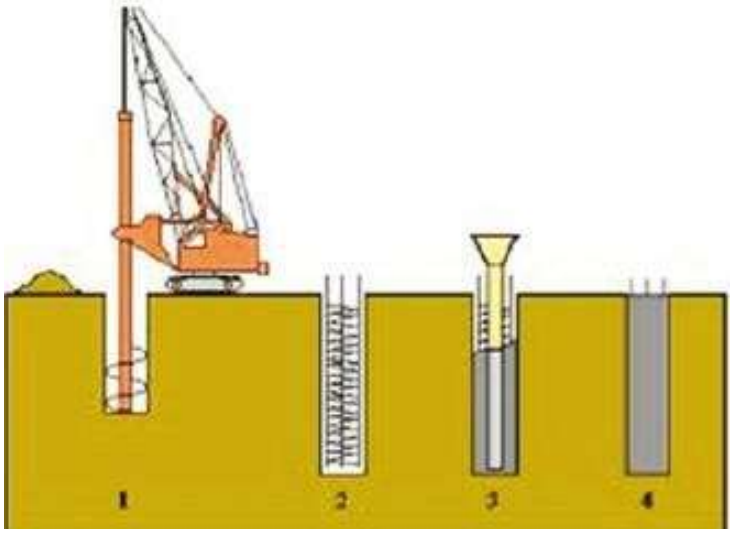
Para el vaciado del concreto Tremie se tendrán las siguientes consideraciones:

- Se utilizarán soluciones de bentonita o polímeros para evitar el derrumbe interno de las paredes de la excavación, **en caso de ser necesario.**

- En caso de utilizar lodos (bentonita), se recomienda mantener la viscosidad con cono de Marsh entre 38 a 42 seg.
- El concreto deberá provenir de una planta de mezclas con la resistencia especificada por el Calculista.
- Los pilotes serán construidos desde la superficie actual del terreno y el concreto se fundirá solamente hasta la cota indicada en los planos estructurales.
- La punta del pilote deberá descansar por lo menos a las cotas indicadas en el informe de suelos, pero en todo caso el Ingeniero de Suelos, podrá modificar esta cota en el sitio durante la ejecución de los trabajos para lograr la reacción requerida.
- La tolerancia en el alineamiento vertical de la excavación del pilote no deberá variar del alineamiento proyectado en más de 2% o dos centímetros por metro (2 cm/m) de profundidad.
- El Contratista deberá presentar a la terminación de cada pilote un récord de perfil estratigráfico encontrado, junto con informes sobre volumen de concreto utilizado, tiempo de excavación, tipo de carga e imprevistos particulares.
- El orden de construcción de los pilotes deberá ser establecido de acuerdo con el ingeniero de suelos de la obra y el Ing. Director. El Contratista podrá elaborar el programa para ser aprobado por el Ingeniero de Suelos.
- No se podrá colocar concreto en ningún pilote sin previa aprobación del Interventor o Asesor Técnico de la obra.
- El Contratista deberá constatar si el subsuelo realmente corresponde a los perfiles estratigráficos indicados en el estudio de suelos. De no ser similar deberá dar aviso inmediato a fin de modificar como corresponde el diseño del pilotaje establecido.

- Todos los pilotes se reforzarán siguiendo las indicaciones del diseño estructural. Las cuantías y longitudes serán definidas por el Ingeniero de Estructuras.

Gráfico Pilotes fundidos en sitio con el sistema Tremie y perforación con sistema Kelly.



Pasos:

1. Construcción orificio con barra Kelly (pilotes pres-excavados), con el diámetro y longitud total del pilote.
2. Colocación del refuerzo dentro del orificio o excavación del pilote.
3. Fundida del pilote con concreto y tubería Tremie.
4. Extracción total de la tubería Tremie y fin del pilote.

6.6 EVALUACION EXTERNA DEL MURO DE CONTENCION EN CANTILIBER.

Este capítulo presenta los análisis realizados para verificar la estabilidad externa del muro de contención tipo cantiléver, considerando los estados límite últimos (ELU) establecidos en la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Los chequeos contemplaron las condiciones más desfavorables del terreno, sin presencia de nivel freático, y aplicando las solicitaciones por empuje activo del suelo y sobrecargas externas.

Verificación al Volcamiento:

Se calculó el momento de volcamiento generado por el empuje activo del suelo con la ecuación:

$$FS_{volcamiento} = \frac{\sum Mr}{Mo}$$

$$Mo = Pa\frac{H}{3}$$

Donde Mr son la suma de momentos resistentes y Mo la suma de los momentos actuantes.

Seccion	Alto	Ancho	Area	Densidad	Peso/Longitud Unitaria (T/m)	Brazo de momento desde el punto C (m)	Momento (T*m/m)
1	4,05	0,45	1,8225	2,4	4,4	0,675	2,95
2	0,45	2,3	1,035	2,4	2,5	1,15	2,86
3	4,05	1,4	5,67	1,66	9,4	1,6	15,06
						∑Mr	20,87

Análisis	FS	Cumple
Volcamiento	2.06	OK

Verificación al deslizamiento:

La verificación al deslizamiento se evaluó considerando la fricción entre la base del muro y el suelo. El empuje horizontal total se tomó como el empuje activo. El factor de seguridad al deslizamiento se calculó como:

$$FS_{deslizamiento} = \frac{(\sum v) tag(k_1 \phi_2) + B k_2 C'_2 + P_P}{Pa}$$

Análisis	FS	Cumple
Deslizamiento	2.11	OK

Verificación de capacidad portante:

Para la capacidad portante se aplicó el principio de carga admisible, comparando la presión transmitida al terreno con la capacidad portante del mismo, teniendo en cuenta que la excentricidad del elemento fuera menor a B/6 para cumplir con capacidad de puntera sea menor a la capacidad admisible del elemento.

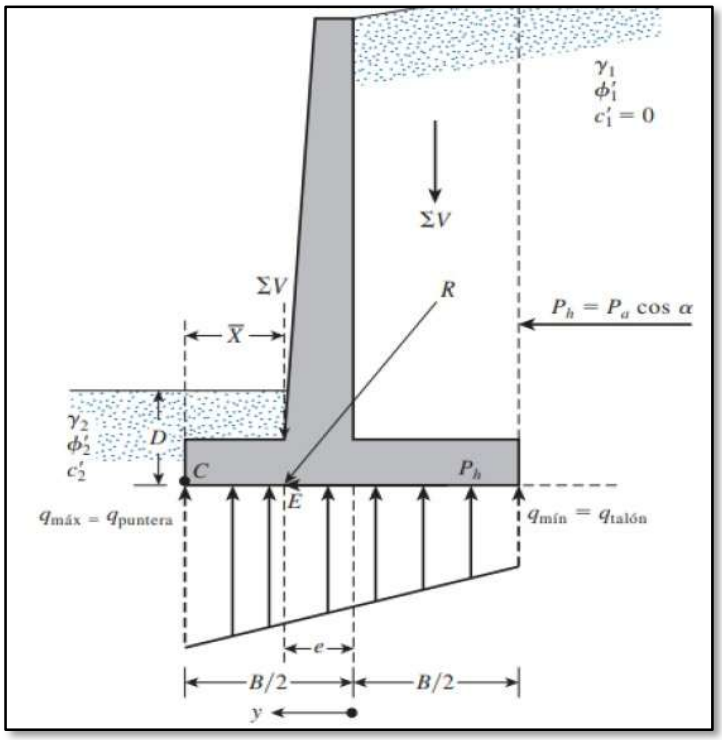


Figura No 6.17 Condición de excentricidad donde la excentricidad del elemento es menor a B/6 del muro de contención de cantiliber en T.

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum v - \sum Mo}{\sum v}$$

$$q_{puntera} = \frac{\sum v}{B}(1 + \frac{6e}{B})$$

Seccion	Alto	Ancho	Area	Densidad	Peso/Longitud Unitaria (T/m)
1	4,05	0,45	1,8225	2,4	4,4
2	0,45	2,3	1,035	2,4	2,5
3	4,05	1,4	5,67	1,66	9,4
				ΣV	**16,3**

Análisis	FS	Cumple
Capacidad Portante	0.62	NO

Debido a las condiciones del suelo, este muro no puede ser cimentado mediante fundaciones superficiales, ya que el estrato presenta baja capacidad portante y elevada compresibilidad. Adicionalmente, en los primeros metros se identifica un relleno antrópico, el cual, conforme a la NSR-10, no es apto para recibir cargas estructurales. Por estas razones, se ha determinado que la solución adecuada es implementar cimentación profunda mediante pilotes pre-excavados y fundidos in situ.

6.7 RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS DE MURO DE CONTENCION

Diagrama de presión para diseño de muros de contención Arroyo Platanal.

Para el análisis y diseño estructural de los muros de contención perimetral (espesores del muro, refuerzo, etc.), se deberán usar diagramas de presiones debido al suelo. Estos análisis le corresponderán al ingeniero estructural.

Los diagramas debido al suelo serán del tipo triangular a lo largo de toda la altura libre del muro medida desde el nivel de desplante del muro hasta la superficie del terreno a conformar, con un valor de esfuerzo horizontal a lo largo del muro, del orden de:

$$\sigma h = k_a * \gamma * H + k_a * q$$

donde:

Ka= 0.27 (Coeficiente activo de presión de tierra).
H = Altura libre del muro de contención.
ɣ = 1.8 Ton/m3. Peso unitario del suelo húmedo.
q: sobrecarga = 1.5 ton/m2, (sobrecarga mínimo-establecida por NSR-10)

El muro se deberá desplantar a una profundidad Df= 0.9mts por debajo del nivel del terreno actual.

La figura 6.18 muestra los diagramas de presiones para diseñar el muro de contención en cantiliver.

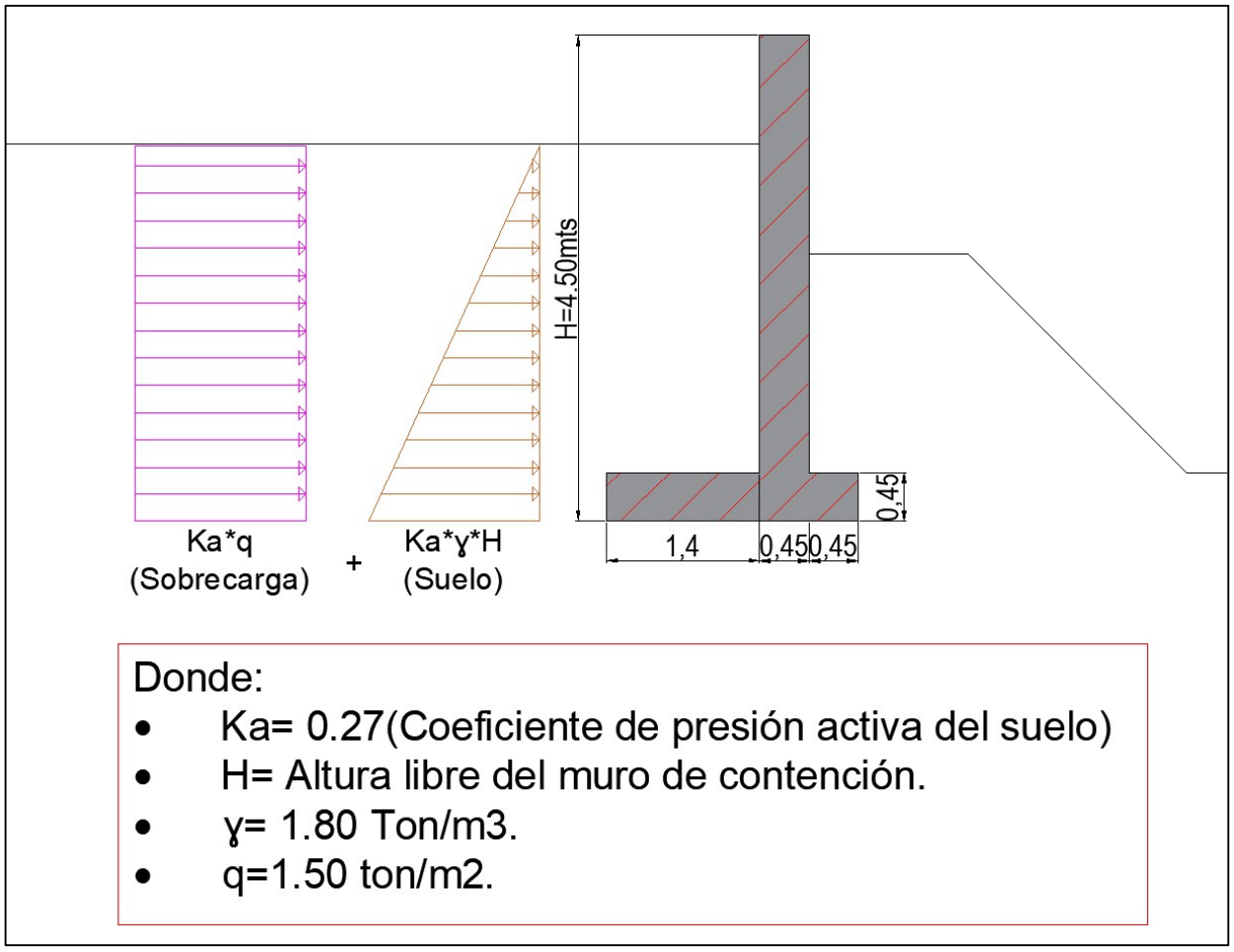


Figura 6.18 Diagrama de presiones para el diseño de muro en cantiliver Arroyo Platanal.

Nota: las dimensiones de este muro son aproximadas y deben ser verificadas en forma definitiva por el ingeniero estructurasl encargado del diseño final del muro de contencion apoyado sobre los pilotes antes recomendados.

Diagrama de presiones para diseño de las paredes del canal de soledad y arroyo platanal

Para el análisis y diseño de las paredes laterales del canal de soledad y arroyo platanal, se deberán usar diagramas de presiones (Empujes debido al suelo + sobrecarga). Estos diagramas fueron determinados considerando el caso generalizado de la presión activa para rellenos granulares considerando muros con cara posterior vertical. La figura 6.19 Muestra la condición para el caso práctico para el cálculo de los diagramas de presiones para el diseño de las paredes del canal de soledad y arroyo platanal.

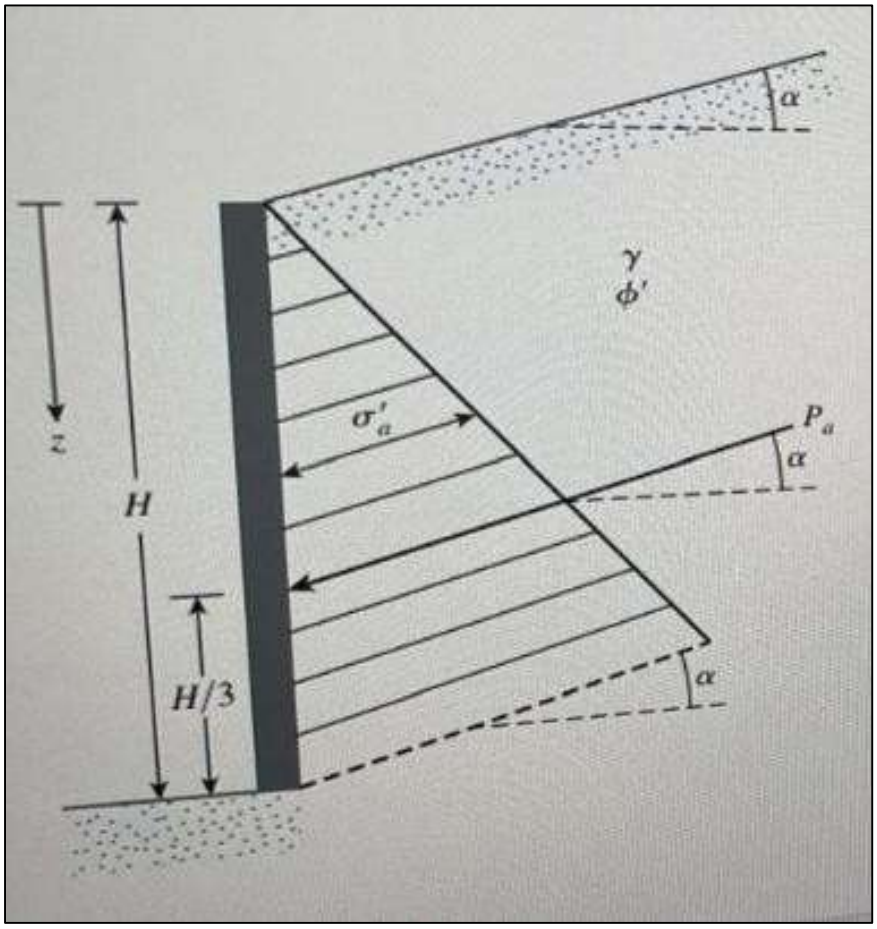


Figura 6.19 Caso generalizado de la presión activa para relleno granular considerando muros con cara posterior vertical.

La expresión para calcular la presión activa es la siguiente:

$$P_a = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * K_a + K_a * q$$

Donde:

$$K_a = \cos(\alpha) \frac{\cos(\alpha) - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \emptyset'}}{\cos(\alpha) + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \emptyset'}}$$

Donde:

P_a = Presión activa para caso generalizado (Relleno granular), inclinada a un ángulo "α" con respecto a la horizontal.

$\gamma = 2.00$Ton/m3 = Peso específico del suelo;

$K_a = 0.82$ = Coeficiente de presión activa de tierra para el caso generalizado (Relleno granular), inclinada a un ángulo "α" con respecto a la horizontal;

H = 5.2mts = Altura de excavación;

q = 1.50Ton/m2 = Sobrecarga mínima según NSR-10.

$\alpha = 35°$ = Angulo de inclinación del relleno **(*)**;

(*) En nuestro caso el ángulo "α" debe ser máximo 35°, ya que una inclinación mayor haría que el talud no sea estable como un talud libre, lo que haría que este tiende a deslizarse por gravedad.

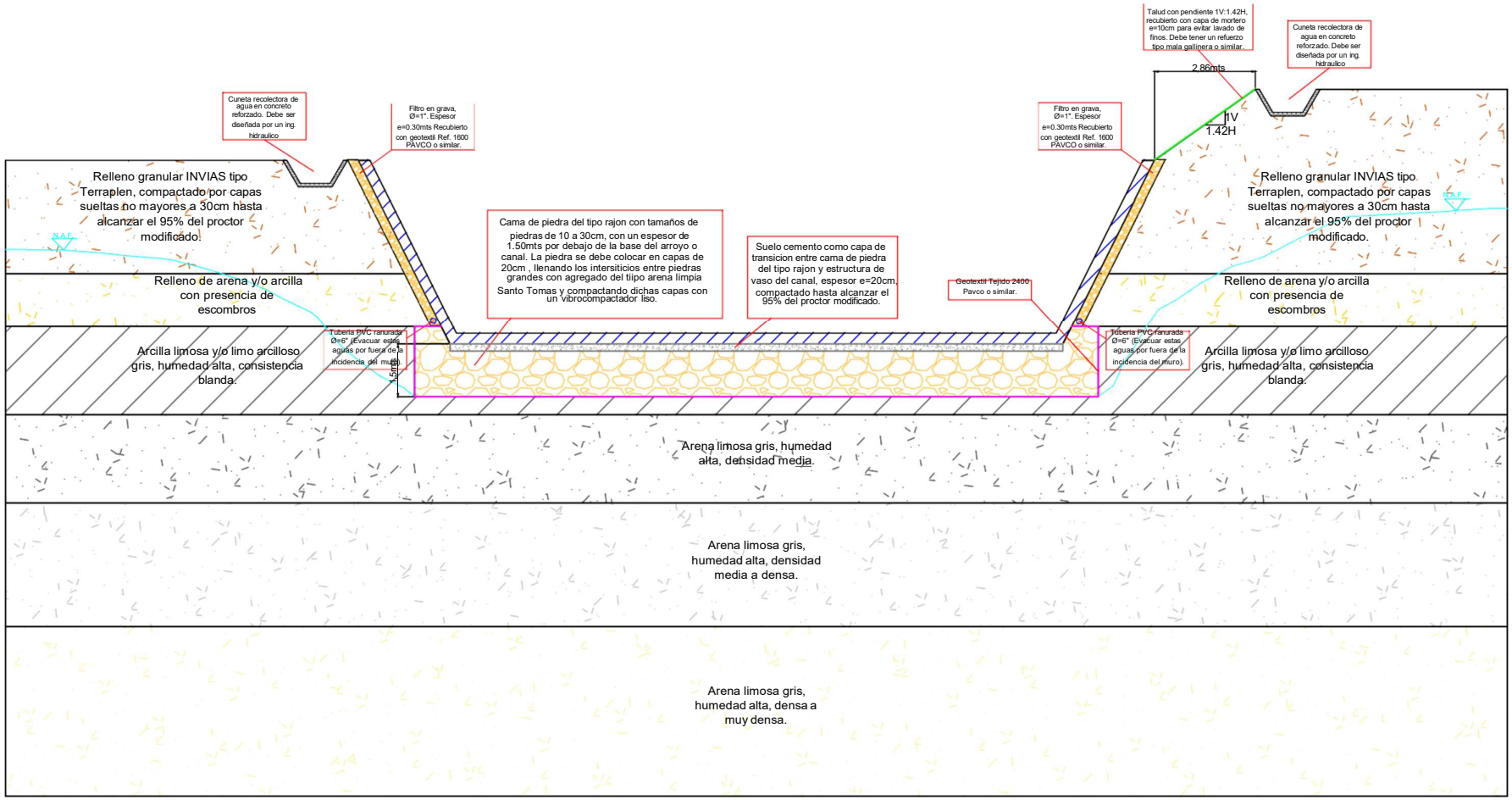
Las figuras No. 6.20 y 6.21 muestran un perfil con el esquema del canal y los diagramas de presiones para el caso generalizado de la presión activa (Relleno granular), inclinada a un ángulo "α" con respecto a la horizontal.

Como se mencionó anteriormente, se deberán conformar taludes a los costados del canal con relleno tipo Terraplén. Adicionalmente, como subrasante de apoyo para la estructura del vaso del canal en concreto reforzado, se deberá conformar una cama de piedras del tipo rajón con

tamaño de piedras de 10 a 30cm, con un espesor de 1.50mts por debajo de la base del vaso del canal, garantizando un sobreancho con la misma conformación de por lo menos 1.00mt, envuelto perimetralmente por una capa de geotextil tejido ref 2400. La piedra se debe colocar en capas de 20cm, llenando los intersticios entre piedras grandes con agregado del tipo arena limpia Santo Tomas y compactando dichas capas con un vibro compactador liso, garantizando uniformidad, drenaje y estabilidad a largo plazo.

Como capa de transición entre la estructura del vaso del canal y la cama de piedras del tipo rajón, se deberá conformar una capa de 20cm en suelo cemento compactada hasta alcanzar el 95% del Proctor modificado.

De igual manera, a los costados del canal se deberán construir cunetas recolectoras de agua aguas lluvias para que esta no se infiltre en la corona del talud.



CLIENTE: ALCALDIA DE SOLEDAD	**PROYECTO:** RECUPERACION AMBIENTAL MEDIANTE LA REALIZACION DE LA RECTIFICACION Y ADECUACION HIDRAULICA DEL ARROYO PLATANAL Y CAÑO SOLEDAD Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS.	**CONTIENE:** Perfil Arroyo Platanal con soluciones planeadas para proteccion de fondo y orillas.	GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**GEOCONSULTING SAS** GEOTECNIA, CONSTRUCCION E INTERVENTORIAS DE OBRAS CIVILES.	**REVISADO POR: ING. HENRY D. GARCIA**	ESCALA : Grafica FECHA: MAY 2024 FIGURA-NO. 6.20

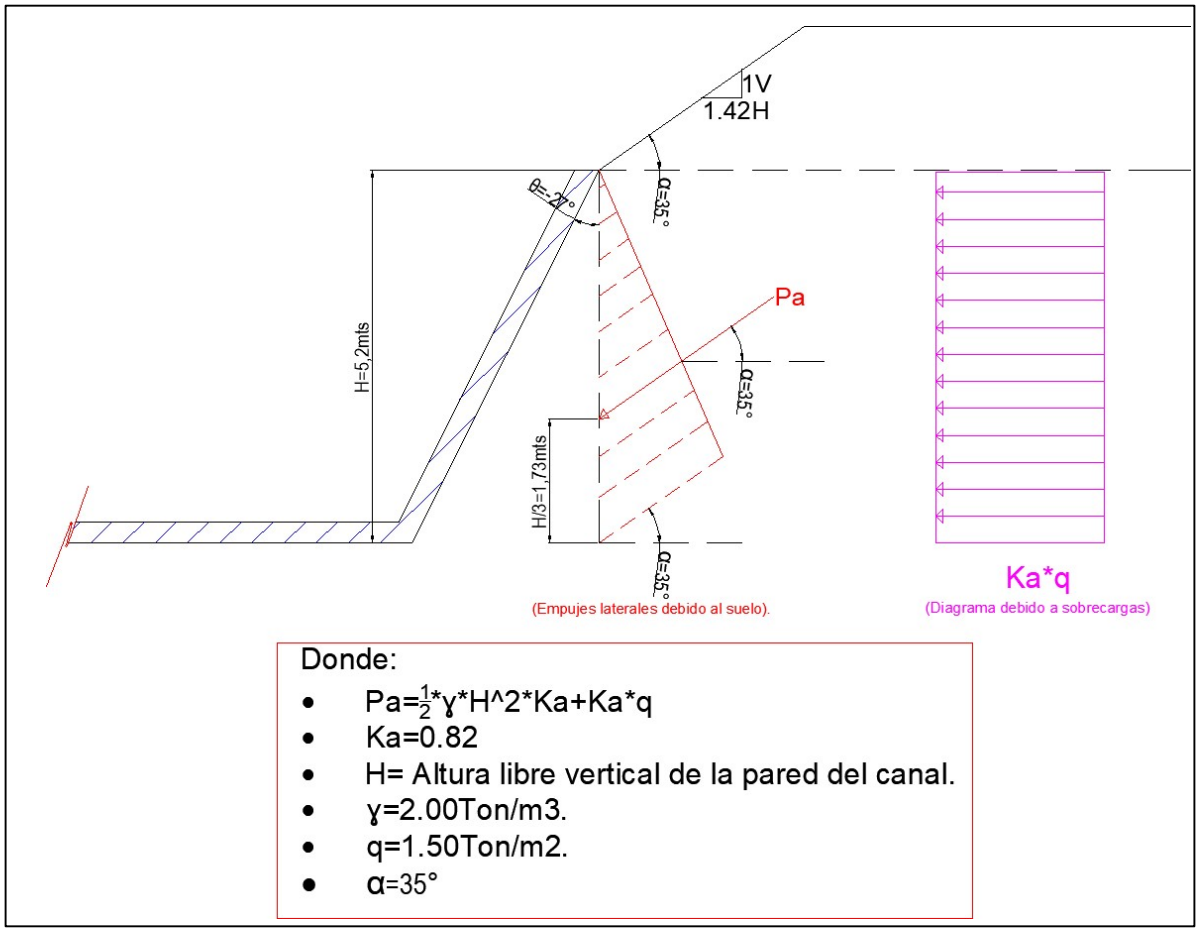


Figura 6.21. Diagrama de presiones para diseño paredes arroyo Platanal.

7.0 OBRAS DE DRENAJE.

De acuerdo con lo establecido en la **Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente – NSR-10**, en sus Títulos **E y H**, es obligatorio implementar medidas adecuadas para el manejo de aguas superficiales y subterráneas con el fin de garantizar la estabilidad del terreno de fundación y evitar la pérdida de capacidad portante o asentamientos diferenciales que puedan comprometer la seguridad estructural del proyecto.

Por lo tanto, el proyecto deberá incluir un sistema de drenaje superficial eficiente y conforme a las disposiciones del **Título H – Capítulo H.1 y H.2 de la NSR-10**, que permita captar, conducir y disponer adecuadamente las aguas lluvias provenientes de cubiertas, zonas pavimentadas y superficies naturales. Se recomienda la construcción de cunetas, bajantes canalizadas, zanjas drenantes y pendientes positivas del terreno, las cuales deberán ser diseñadas por un Ingeniero Civil y revisadas por un **Ingeniero Hidráulico**, quien validará la capacidad del sistema frente a los caudales pluviales de diseño según la intensidad y duración propias de la zona. Según el **Título E – Capítulo E.2**, es responsabilidad del diseño geotécnico establecer medidas que prevengan la infiltración de aguas hacia las zonas de cimentación, debido a los efectos negativos que esto puede tener sobre la resistencia y comportamiento del suelo de fundación. En consecuencia, se deberán implementar los siguientes lineamientos:

- Pendientes mínimas del terreno del **2% alejadas de la estructura**, de acuerdo con el numeral E.2.4.1.
- Evacuación efectiva de las aguas pluviales mediante canales o tuberías hacia un sistema de recolección pluvial.

- Protección del pie de cimentación para evitar saturación del suelo bajo estructuras permanentes.
- Revestimiento de superficies propensas a escorrentía concentrada, como bordes de taludes o accesos.
- Monitoreo y mantenimiento permanente del sistema de drenaje.

Estas recomendaciones deben ser consideradas parte integral del diseño del proyecto y su cumplimiento debe ser verificado en obra. El no acatamiento de estas disposiciones podría generar vulnerabilidades frente a la estabilidad estructural y seguridad de los ocupantes, contrariando lo dispuesto por la NSR-10.

Adicionalmente se deberán construir un filtro de grava limpia (Φ=1'') al respaldo del muro, colocar un tubería (Φ=6'') perforada en el fondo para recolectar el agua captada y finalmente conducir estas aguas por fuera del lote, este filtro deberá estar recubierto con geotextil ref 1600 y posterior a su construcción realizar los llenos con material de sitio compactado al 95% del Proctor modificado.

8.0. LIMITACIONES

Las recomendaciones dadas en este informe corresponden al resultado de evaluación de muestras y condiciones de suelo obtenidas de acuerdo con la ingeniería de suelos.

Pueden existir condiciones del subsuelo no encontradas en los sondeos, sin embargo, se considera que el alcance de los trabajos de campo es adecuado para definir los parámetros y características de los suelos en el área del proyecto.

Al momento de iniciar los trabajos de encontrarse condiciones distintas no contempladas en el presente trabajo, se nos debe avisar, con el objeto de verificar los resultados y dar las nuevas recomendaciones de cimentación. De no notificarnos las variaciones encontradas y de suceder algún problema con la estructura no se responderá con la estabilidad de la obra.

GEOTECHNICAL
CONSULTING SAS

MEMORIAS DE CALCULO

Relación de cálculo

Definición
Por talud se entiende una porción de vertiente natural cuyo perfil original ha sido modificado con intervenciones artificiales relevantes con respecto a la estabilidad. Por derrumbe se entiende una situación de inestabilidad que concierne vertientes naturales y comprende considerables espacios de terreno.

Introducción al análisis de estabilidad
Para resolver un problema de estabilidad es necesario tener en cuenta las ecuaciones de campo y los vínculos constitutivos. Las primeras tienen que ver con el equilibrio, mientras que los vínculos describen el comportamiento del terreno. Tales ecuaciones son particularmente complejas ya que los terrenos son sistemas multifase, que se pueden convertir en sistemas monofase solo en condiciones de terreno seco, o de análisis en condiciones drenadas.
En la mayor parte de los casos nos encontramos con suelos que además de saturados, son también bifase, lo que vuelve notoriamente complicado el análisis de las ecuaciones de equilibrio. Además es prácticamente imposible definir una ley constitutiva de validez general, ya que los terrenos presentan un comportamiento no-lineal y aún en caso de pequeñas deformaciones, son anisótropos y su comportamiento depende no solo del esfuerzo desviador, sino también del normal. Para enfrentar estas dificultades se introducen hipótesis que ayuden a simplificar:

1. Se usan leyes constitutivas simplificadas: modelo rígido perfectamente plástico. Se asume que la resistencia del suelo se expresa únicamente con los parámetros cohesión (c) y ángulo de rozamiento (φ), constantes para el terreno y característicos del estado plástico. Por tanto, se considera válido el criterio de rotura de Mohr-Coulomb.

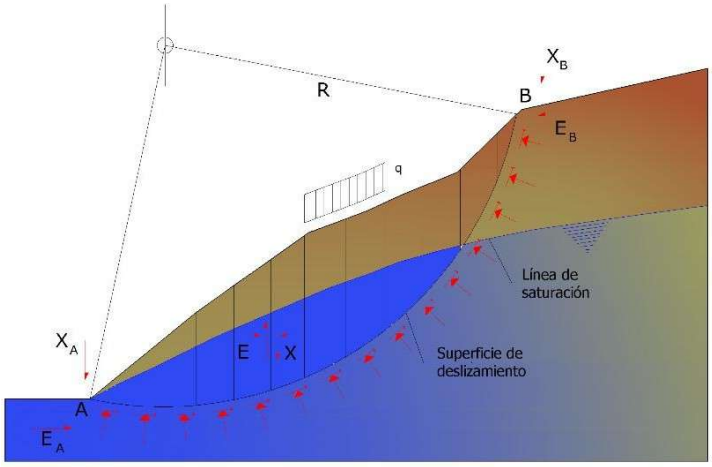
2. En algunos casos se satisfacen solo en parte las ecuaciones de equilibrio.

Método del equilibrio límite (LEM)

El método del equilibrio límite consiste en estudiar el equilibrio de un cuerpo rígido, constituido por el talud y por una superficie de deslizamiento de cualquier forma (línea recta, arco circular, espiral logarítmica). Con tal equilibrio se calculan las tensiones de corte (τ) y se comparan con la resistencia disponible (τ_f), calculada según el criterio de rotura de Coulomb: De tal comparación deriva la primera indicación de estabilidad, con el coeficiente de seguridad:

$$F = \tau_f / \tau$$

Entre los métodos del equilibrio último hay algunos que consideran el equilibrio global del cuerpo rígido (Culman) mientras que otros, por falta de homogeneidad, dividen el cuerpo en rebanadas y consideran el equilibrio de cada una (Fellenius, Bishop, Janbu, etc.).
A continuación se discuten los métodos del equilibrio último de las rebanadas.



Método de las rebanadas

La masa susceptible al deslizamiento se subdivide en un número conveniente de rebanadas. Si el número de rebanadas es igual a *n*, el problema presenta las siguientes incógnitas:

- n valores de las fuerzas normales N_i en la base de cada rebanada
- n valores de las fuerzas de corte en la base de la rebanada T
- (n-1) fuerzas normales E_i en la conexión de las rebanadas
- (n-1) fuerzas tangenciales X_i en la conexión de las rebanadas
- n valores de la coordenada del punto de aplicación de las E_i
- (n-1) valores de la coordenada del punto de aplicación de las X_i
- una incógnita constituida por el factor de seguridad F.

En total las incógnitas son (6n-2).
Mientras las ecuaciones a disposición son:

- ecuaciones de equilibrio de momentos n
- ecuaciones de equilibrio en la traslación vertical n
- ecuaciones de equilibrio en la traslación horizontal n
- ecuaciones del criterio de rotura n

Total número de ecuaciones 4n

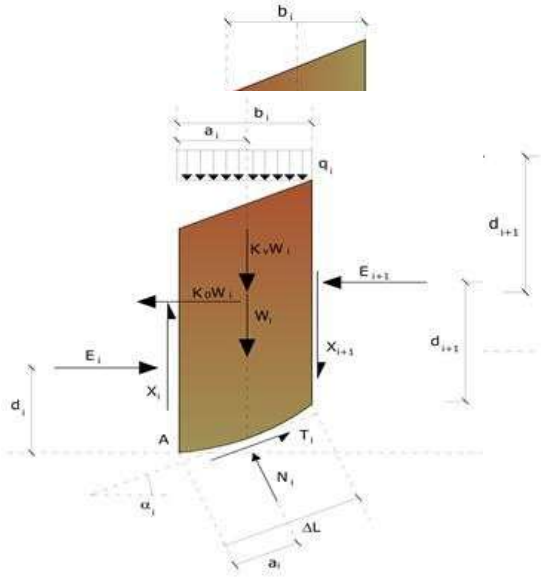
El problema es estáticamente indeterminado y el grado de indeterminación es igual a:

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

El grado de indeterminación se reduce a (n-2). Al asumir que N_i se aplica en el punto medio de la franja, esto equivale a crear la hipótesis de que las tensiones normales totales están distribuidas uniformemente. Los diferentes métodos que se basan en la teoría del equilibrio límite se diferencian por el modo en que se eliminan las (n-2) indeterminaciones.

Método de Fellenius (1927)

Con este método (válido solo para superficies de deslizamiento circulares) se pasan por alto las fuerzas entre las franjas, por lo tanto las incógnitas se reducen a:



- n valores de las fuerzas normales N_i;
- n valores de las fuerzas de corte T_i;
- 1 factor de seguridad.

Incógnitas (2n+1).
Las ecuaciones disponibles son:

- n ecuaciones de equilibrio traslación vertical;
- n ecuaciones del criterio de rotura;
- ecuación de equilibrio de momentos global.

$$F = \frac{\Sigma\{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos\alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan\varphi_i \}}{\Sigma W_i \times \sin\alpha_i}$$

Esta ecuación es fácil de resolver pero se ha visto que da resultados conservadores (factores de seguridad bajos) especialmente para superficies profundas.

Método de Bishop (1955)

Con este método se toman en cuenta todas las fuerzas actuantes en los bloques. Fue el primero en describir los problemas relacionados con los métodos convencionales.
Las ecuaciones usadas para resolver el problema son:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \qquad \text{Criterio de rotura}$$

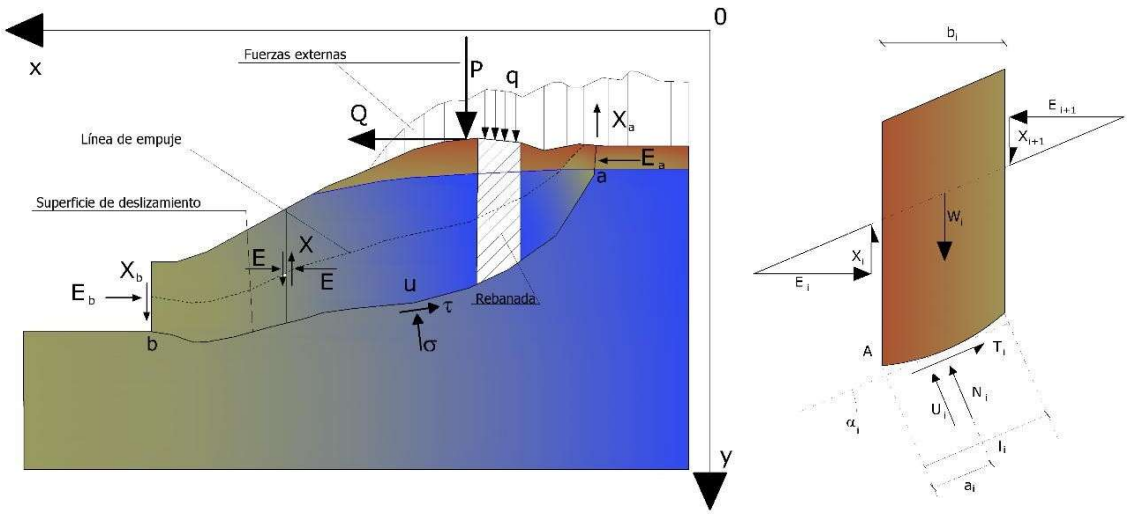
$$F = \frac{\Sigma\{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i \} \times \dfrac{\sec\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin\alpha_i}$$

Los valores de F y de ΔX que satisfacen esta ecuación dan una solución rigurosa al problema.
Como primer aproximación conviene plantear ΔX= 0 e iterar para el cálculo del factor de seguridad. Este procedimiento se conoce como método de **Bishop ordinario** y los errores con respecto al método completo son de alrededor de un 1 %.

Método de Janbu (1967)

Janbu extendió el método de Bishop a superficies de deslizamiento de cualquier forma.
Cuando se tratan superficies de deslizamiento de cualquier forma el brazo de las fuerzas cambia (en el caso de las superficies circulares queda constante e igual al radio), por este motivo es mejor valorar la ecuación del momento respecto al ángulo de cada bloque.

$$F = \frac{\Sigma\{ c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i \} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

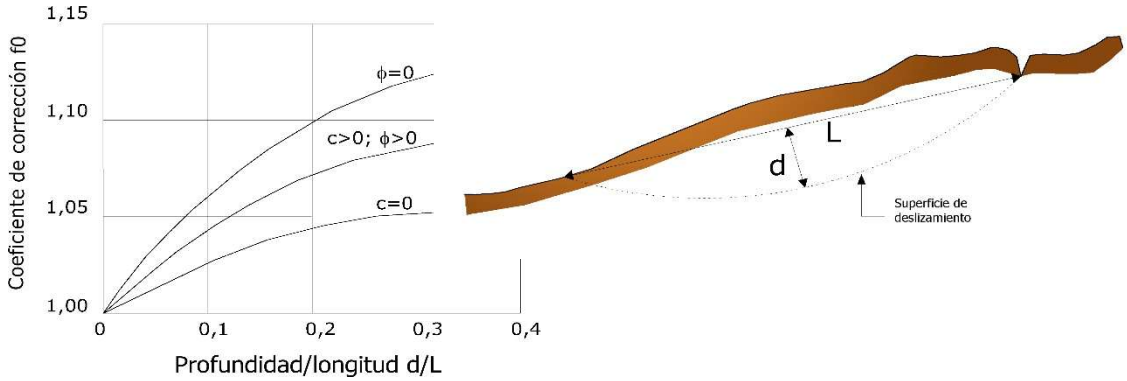


Acciones en la i-ésima rebanada según las hipótesis de Janbu y representación de la totalidad de la masa

Asumiendo ΔX= 0 se obtiene el método ordinario.
Janbu propuso además un método para la corrección del factor de seguridad obtenido con el método ordinario según lo siguiente:

$$F_{corregido} = f_0 \cdot F$$

Donde f_0 depende de la geometría y de los parámetros geotécnicos y esto se puede encontrar en tablas y gráficos.
Esta corrección es muy confiable para taludes poco inclinados.



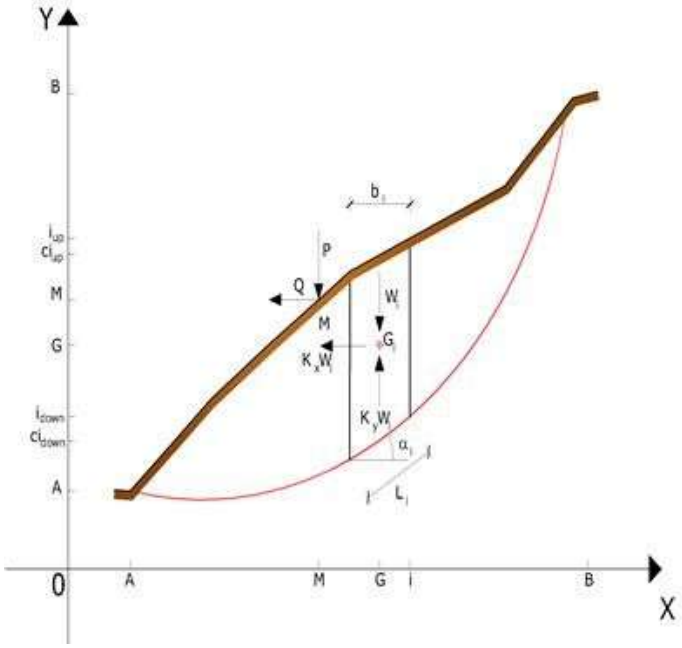
Método de Bell (1968)

Las fuerzas agentes sobre el cuerpo resbaladizo incluyen el peso efectivo del terreno, W, las fuerzas sísmicas pseudo estáticas horizontales y verticales $K_X W$ y $K_Z W$, las fuerzas horizontales y verticales X y Z aplicadas externamente al perfil del talud, en fin, el resultado de los esfuerzos totales normales y de corte, σ e τ agentes en la potencial superficie de deslizamiento.
El esfuerzo total normal puede incluir un exceso de presión de los poros u que se debe especificar con la introducción de los parámetros de fuerza eficaz.
Prácticamente este método se puede considerar como una extensión del método del círculo de rozamiento en secciones homogéneas anteriormente descrito por Taylor.
De acuerdo con la ley de la resistencia de Mohr-Coulomb en términos de tensión efectiva, la fuerza de corte agente en la base de la i-ésima rebanada está dada por:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \Phi_i}{F}$$

Donde:

F = factor de seguridad;
c_i = cohesión eficaz (o total) en la base de la i-ésima rebanada;
ϕ_i = ángulo de rozamiento eficaz (= 0 con la cohesión total) en la base de la i-ésima rebanada;
L_i = longitud de la base de la i-ésima rebanada;
u_{ci} = presión de los poros en el centro de la base de la i-ésima rebanada.



El equilibrio se da igualando a cero la suma de las fuerzas horizontales, la suma de las fuerzas verticales y la suma de los momentos con respecto al origen.
Se adopta la siguiente asunción en la variación de la tensión normal agente en la potencial superficie de deslizamiento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos\alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

Donde el primer término de la ecuación incluye la expresión:

$$W_i \cos\alpha_i / L_i = \text{valor del esfuerzo normal total asociado al método ordinario de las rebanadas}$$

El segundo término de la ecuación incluye la función:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

Donde **x_0** y **x_n** son, respectivamente, las abscisas del primer y del último punto de la superficie de deslizamiento, mientras **x_{ci}** representa la abscisa del punto medio de la base de la i-ésima rebanada.
Una parte sensible de reducción del peso asociada a una aceleración vertical del terreno K_Z g se puede transmitir directamente a la base y esto se incluye en el factor (1 - K_Z).
El esfuerzo normal total en la base de una rebanada está dado por:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La solución de las ecuaciones de equilibrio se consigue resolviendo un sistema lineal de tres ecuaciones, las cuales se obtienen multiplicando las ecuaciones de equilibrio por el factor de seguridad F, sustituyendo la expresión de N_i y multiplicando cada término de la cohesión por un coeficiente arbitrario C_3. Con el fin de iniciar una solución iterativa, se puede usar cualquier par de valores del factor de seguridad dentro de una estimación físicamente razonable.
El número necesario de iteraciones depende tanto de la estimación inicial como de la precisión deseada para la solución; normalmente el proceso converge rápidamente.

Método de Sarma (1973)

El método de Sarma es un simple pero esmerado método para el análisis de estabilidad de taludes que permite determinar la aceleración sísmica horizontal necesaria para que la masa de terreno, delimitada por la superficie de deslizamiento y por el perfil topográfico, alcance el estado de equilibrio límite (aceleración crítica K_c) y, al mismo tiempo, permite obtener el factor de seguridad obtenido como con los otros métodos comunes de la geotecnia.

Se trata de un método basado en el principio del equilibrio límite y de las franjas. Por lo tanto se considera el equilibrio de una masa potencial de terreno en deslizamiento subdividida en n franjas verticales de espesor suficientemente pequeño como para asumir que el esfuerzo normal N_i obra en el punto medio de la base de la franja.

Las ecuaciones a considerar son:

- La ecuación de equilibrio en la traslación horizontal de cada rebanada;
- La ecuación de equilibrio en la traslación vertical de cada rebanada;
- La ecuación de equilibrio de momentos.

Condiciones de equilibrio en la traslación horizontal y vertical:

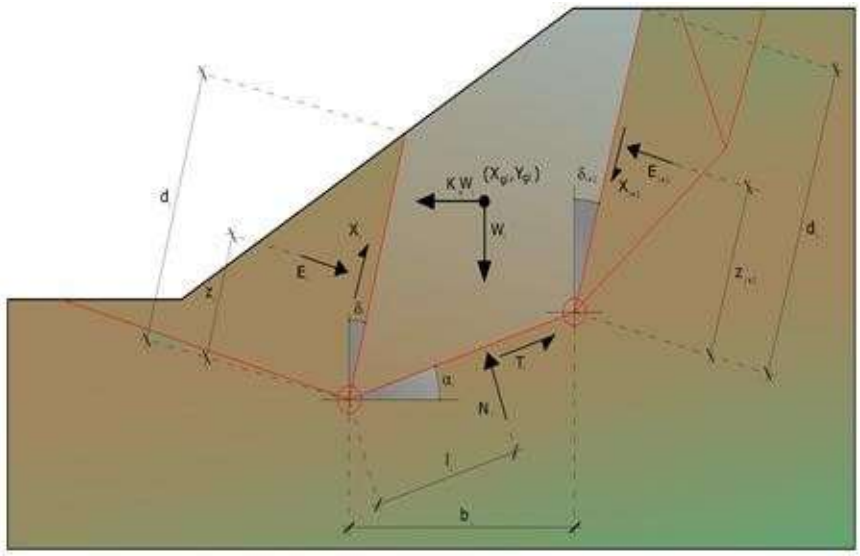
$$N_i \cos\alpha_i + T_i \sin\alpha_i = W_i - \Delta X_i$$
$$T_i \cos\alpha_i - N_i \sin\alpha_i = KW_i + \Delta E_i$$

Además se asume que en ausencia de fuerzas externas en la superficie libre se tiene:

$$\Sigma \Delta E_i = 0$$
$$\Sigma \Delta X_i = 0$$

Donde E_i y X_i representan, respectivamente, las fuerzas horizontales y verticales en la i-ésima cara de la rebanada genérica i.

La ecuación de equilibrio de momentos se escribe seleccionando como punto de referencia el baricentro del cúmulo; de manera que, después de haber efectuado una serie de posiciones y transformaciones trigonométricas y algebraicas, en el método de Sarma la solución del problema se obtiene resolviendo dos ecuaciones:



Acciones en la i-ésima rebanada, método de Sarma

$$\sum \Delta X_i \cdot \left[(y_{mi} - y_G) \cdot tg\left(\psi_i' - \alpha_i'\right) + (x_i' - x_G) \right] = \sum \Delta E_i + \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Pero el enfoque de solución, en este caso, está completamente invertido: el problema en efecto requiere encontrar un valor de K (aceleración sísmica) correspondiente a un determinado factor de seguridad; y en particular, encontrar el valor de la aceleración K correspondiente al factor de seguridad F = 1, o sea la aceleración crítica. Se tiene por lo tanto:

K=Kc **Aceleración crítica** si F=1
F=Fs **Factor de seguridad en condiciones estáticas** si K=0

La segunda parte del problema del Método de Sarma es encontrar una distribución de fuerzas internas X_i y E_i tal que permita verificar el equilibrio de la rebanada y el equilibrio global del macizo, sin violar el criterio de rotura.
Se ha encontrado que una solución aceptable al problema se puede obtener asumiendo la siguiente distribución de las fuerzas X_i:

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

Donde Q_i es una función conocida, donde se toman en cuenta los parámetros geotécnicos promedio en la i-ésima cara de la rebanada i, y λ representa una incógnita.
La solución completa del problema se obtiene por lo tanto, después de algunas iteraciones, con los valores de K_c, λ y F, que permiten obtener también la distribución de las fuerzas entre las franjas.

Método de Spencer (1967)

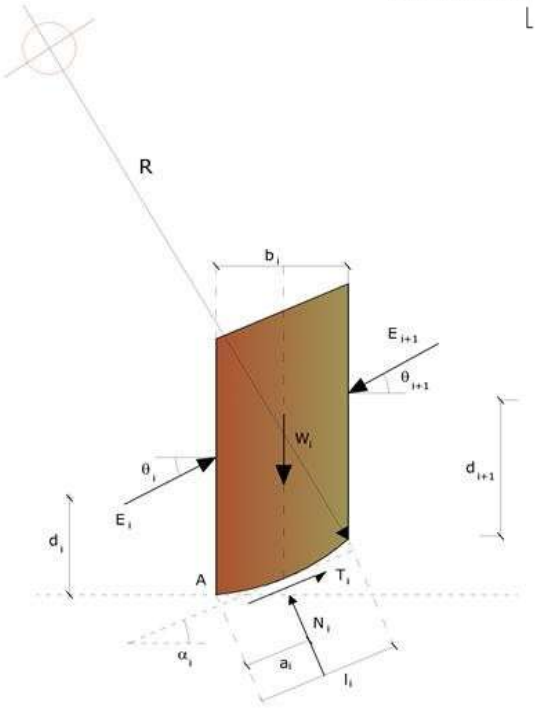
El método se basa en el supuesto de que:

a) Las fuerzas de conexión a lo largo de las superficies de división de cada rebanada están orientadas paralelamente entre sí e inclinadas con respecto a la horizontal de un ángulo θ;
b) Todos los momentos son nulos $M_i = 0$ i=1…..n.

Básicamente el método satisface todas las ecuaciones de la estática y equivale al método de Morgenstern y Price cuando la función f(x) = 1.

Imponiendo el equilibrio de momentos respecto al centro del arco descrito por la superficie de deslizamiento se tiene:

$$1) \qquad \sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$



Donde:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s}\left(W\cos\alpha - \gamma_w h l \sec\alpha\right)\frac{tg\alpha}{F_s} - W\operatorname{sen}\alpha}{\cos(\alpha-\theta)\left[\frac{F_s + tg\varphi tg(\alpha-\theta)}{F_s}\right]}$$

fuerza de interacción entre las rebanadas;
R = radio del arco circular;
θ = ángulo de inclinación de la fuerza Q_i respecto a la horizontal.

Imponiendo el equilibrio de las fuerzas horizontales y verticales se obtiene respectivamente:

$$\sum(Q_i \cos\theta) = 0$$
$$\sum(Q_i \operatorname{sen}\theta) = 0$$

Asumiendo las fuerzas Q_i paralelas entre sí, se puede también escribir:

$$2) \qquad \sum Q_i = 0$$

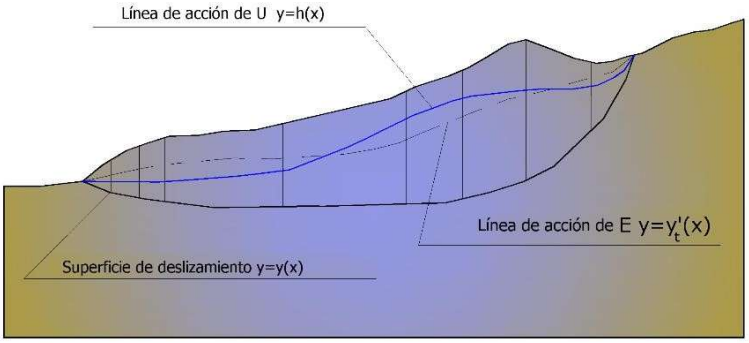
El método propone el cálculo de dos coeficientes de seguridad: el primero (F_{sm}) se obtiene de 1), ligado al equilibrio de momentos; el segundo (F_{sf}) de 2) ligado al equilibrio de fuerzas. En práctica se procede resolviendo la 1) y la 2) para un intervalo dado de valores del ángulo θ, considerando como valor único del coeficiente de seguridad aquel para el cual se obtiene:

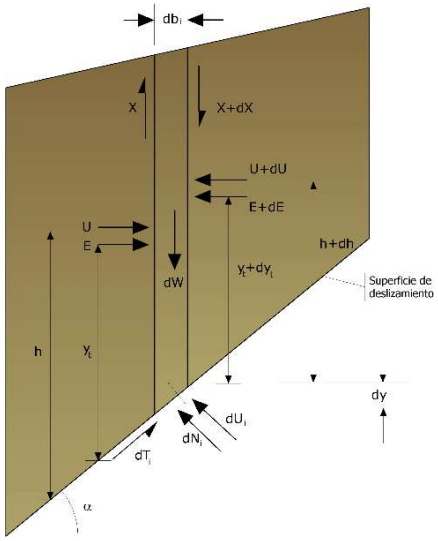
$$F_{sm} = F_{sf}$$

Método de Morgenstern y Price (1965)

Se establece una relación entre los componentes de las fuerzas de interconexión de tipo $X = \lambda f(x)E$, donde λ es un factor de escala y f(x) es la función de la posición de E y de X que define una relación entre las variaciones de la fuerza X y de la fuerza E dentro la masa deslizante. La función f(x) se escoge arbitrariamente (constante, sinusoide, semisinusoide, trapecio, fraccionada) e influye poco sobre el resultado, pero se debe verificar que los valores obtenidos de las incógnitas sean físicamente aceptables.
La particularidad del método es que la masa se subdivide en franjas infinitesimales, a las cuales se aplican las ecuaciones de equilibrio en la traslación horizontal y vertical y de rotura en la base de las franjas. Se llega a una primer ecuación diferencial que une las fuerzas de conexión incógnitas E, X, el coeficiente de seguridad Fs, el peso de la franja infinitésima dW y el resultado de las presiones neutras en la base dU.
Se obtiene la llamada "**ecuación de las fuerzas**":

$$c'\sec^2\alpha + tg\varphi'\left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - tg\alpha\frac{dE}{dx} - \sec\alpha\frac{dU}{dx}\right) = \frac{dE}{dx} - tg\alpha\left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx}\right)$$





Acciones en la i-ésima rebanada según las hipótesis de Mongester y Price y representación del conjunto

Una segunda ecuación, llamada "**ecuación de los momentos**", se escribe imponiendo la condición de equilibrio a la rotación respecto a la base:

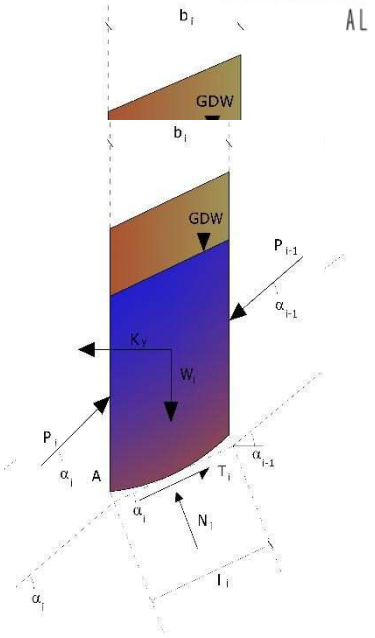
$$X = \frac{d\left(E_\gamma\right)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

Estas dos ecuaciones se extienden por integración a toda la masa deslizante.
El método de cálculo satisface todas las ecuaciones de equilibrio y se aplica a superficies de cualquier forma, pero implica necesariamente el uso de un ordenador.

Método de Zeng y Liang (2002)

Con Zeng y Liang se efectuaron una serie de análisis paramétricos en un modelo bidimensional, desarrollado según los elementos finitos, que recrea el caso de pilotes en un terreno en movimiento (drilled shafts). El modelo bidimensional reproduce una franja de terreno de espesor 1 y supone che el fenómeno se de en condiciones de deformación plana en dirección paralela al eje de los pilotes.
Dicho modelo ha sido utilizado para investigar la influencia que tienen en la formación del efecto arco, algunos parámetros como el intereje entre pilotes, el diámetro y la forma de los mismos y las propiedades mecánicas del suelo. En la relación entre interejes y el diámetro de los pilotes (s/d), los autores identifican el parámetro adimensional determinante en la formación del efecto arco.

El problema resulta ser estáticamente indeterminado, con un grado de indeterminación igual a (8n-4), sin embargo es posible obtener una solución reduciendo el número de incógnitas y asumiendo hipótesis simplificadoras, con el fin de determinar el problema. Los supuestos que determinan el problema son:



-Ky se asumen como horizontales con el fin de reducir el número total de incógnitas de (n-1) a (7n-3);
-Las fuerzas normales en la base de la banda actúan en el punto medio, reduciendo las incógnitas de n a (6n-3);
-La posición de los empujes laterales está a un tercio de la altura promedio de la inter rebanada y reduce las incógnitas de (n-1) a (5n-2);
-Las fuerzas (Pi-1) y Pi se asumen como paralelas a la inclinación de la base de la franja (ai), reduciendo el número de incógnitas de (n-1) a (4n-1);
-Se asume un único límite elástico para todas las franjas, reduciendo las incógnitas de (n) a (3n-1).

El número total de incógnitas se reduce por lo tanto a (3n) y para calcularlas se usa el factor de transferencia de carga. Además se debe tener en cuenta que la fuerza de estabilización transmitida al terreno en el lado externo de los pilotes se reduce en una cantidad R, llamado factor de reducción, calculado como a continuación:

$$R = \frac{1}{s/d} + \left(1 - \frac{1}{s/d}\right) \cdot R_p$$

El factor R depende por lo tanto del cociente entre el intereje de los pilotes y el diámetro de los mismos y del factor Rp que toma en cuenta el efecto arco.

Estimación de la acción sísmica

Para verificar la estabilidad de taludes con acción sísmica se usa el método pseudo-estático. Para terrenos que con una carga cíclica puedan desarrollar presiones intersticiales elevadas, se considera un aumento porcentual de las presiones neutras que toma en cuenta este factor de pérdida de resistencia.
Para evaluar la acción sísmica se consideran las siguientes fuerzas:

$$F_H = K_x W$$
$$F_V = K_y W$$

Donde:

- **F_H** y **F_V** son, respectivamente, el componente horizontal y vertical la fuerza de inercia aplicada al baricentro de la rebanada;
- **W** peso de la rebanada;
- **K_x** coeficiente sísmico horizontal;
- **K_y** coeficiente sísmico vertical.

Búsqueda de la superficie de deslizamiento crítica

En presencia de suelos homogéneos no se dispone de métodos para individuar la superficie de deslizamiento crítica y se debe examinar un elevado número de superficies potenciales.
En caso de superficies de forma circular la búsqueda se hace más sencilla, ya que después de haber colocado una malla centros de m líneas y n columnas, se examinan todas las superficies cuyo centro sea el nudo genérico de la malla m×n con radio variable dentro un determinado rango de valores, de forma tal que se examinan superficies cinemáticamente admisibles.

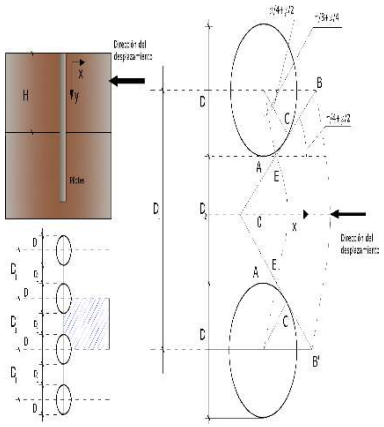
Estabilidad de taludes utilizando pilotes

Los pilotes ayudan a aumentar la resistencia al corte en ciertas superficies de deslizamiento. La operación puede ser el resultado de una estabilidad ya establecida, donde se conoce la superficie de deslizamiento, o bien de forma preventiva, se puede proyectar según hipotéticas superficies de rotura que responsablemente, se asumen como las más probables. En ambos casos, se opera considerando una masa de terreno en movimiento sobre un cúmulo estable en el cual se atesta la alineación de pilotes.
El terreno de ambas zonas tiene una influencia distinta sobre el elemento uniaxial (pilote): solicitaciones en la parte superior (pilote pasivo – terreno activo) y resistencia en la zona inferior (pilote activo – terreno pasivo). De esta interferencia, entre "barrera" y masa en movimiento derivan las acciones estabilizadoras, las cuales deben perseguir los siguientes objetivos:

1. conferir al talud un coeficiente de seguridad mayor del que posee;
2. ser absorbidas por la estructura garantizando su integridad (las tensiones internas, derivadas de las solicitaciones máximas transmitidas a las diferentes secciones de cada pilote, deben ser inferiores a las admisibles del suelo) y resultar inferiores a la carga última que soporta el terreno calculada, lateralmente considerando la iteración (pilote-terreno).

Carga última de la interacción entre los pilotes y el terreno lateral

En los tipos de terreno cuyo comportamiento no es de tipo homogéneo, las deformaciones en la zona de contacto no están relacionadas entre sí. Por lo tanto al no poder asociar el suelo a un modelo de comportamiento perfectamente elástico (hipótesis que se puede asumir con materiales rocosos poco fracturados), generalmente se procede suponiendo que el movimiento de masa se encuentre en su estado inicial y que el terreno adyacente a los pilotes esté en la fase máxima consentida de plastificación, más allá de la cual podría suceder que el material se deslice a través de la cortina de pilotes.



Estableciendo además que la carga absorbida por el terreno sea igual a la de la condición límite hipotética y que entre dos pilotes consecutivos, como consecuencia del empuje activo, se instaure una especie de efecto arco, los autores T. Ito y T. Matsui (1975) obtuvieron la relación que permite determinar la carga última. Esto se logra refiriéndose al esquema estático diseñado en la figura anterior y a las hipótesis citadas.

- Bajo la acción del empuje activo del terreno se forman dos superficies de deslizamiento localizadas en las líneas AEB y A'E'B

- Las direcciones EB y E'B' forman los siguientes ángulos con el eje x:+(45 + φ/2) e –(45 + φ/2), respectivamente
- El volumen del terreno, comprendido en la zona delimitada por los vértices AEBB'E'A' tiene un comportamiento plástico, y por lo tanto se puede aplicar el criterio de ruptura de Mohr-coulomb
- La presión activa del terreno actúa en el plano A-A';
- Los pilotes poseen una elevada rigidez a flexión y corte.

Dicha expresión, referida a la profundidad genérica Z, con respecto a un espesor de terreno unitario, es la siguiente:

$$P(Z) = C \cdot D_1 (D_1/D_2)^{k1} \left[1 / \left(N_\varphi tag\varphi \left(e^{k2} - 2\left(N_\varphi\right)^{1/2} tag\varphi - 1 \right) + K3 \right] - C \left[D_1 \cdot K_3 - D_2 / \left(N_\varphi\right)^{1/2} \right] + \gamma Z / N_\varphi \left[D_1 (D_1/D_2)^{k1} \cdot e^{k2} - D_2 \right] \right]$$

Donde:

C = cohesión terreno;

φ = ángulo de rozamiento terreno;

γ = peso específico terreno;

D_1 = intereje entre pilotes;

D_2 = espacio libre entre dos pilotes consecutivos;

$N_\varphi = tag^2(\pi/4 + \varphi/2)$

$$K_1 = \left(N_\varphi\right)^{1/2} tag\varphi + N_\varphi - 1$$

$$K_2 = \left(D_1 - D_2\right) / D_2 \cdot N_\varphi tag\left(\pi/8 + \varphi/4\right)$$

$$K_3 = \left[2tag\varphi + 2\left(N_\varphi\right)^{1/2} + 1 / \left(N_\varphi\right)^{1/2} \right] / \left[\left(N_\varphi\right)^{1/2} tag\varphi + N_\varphi - 1 \right]$$

La fuerza total, con respecto a un estrato de terreno en movimiento de espesor H, se obtiene integrando la expresión anterior.

En presencia de terrenos granulosos (condición drenada), en los cuales se pueden asumir C = 0, la expresión se convierte en:

$$P = 1/2\gamma \cdot H^2 / N_\varphi \left[D_1 (D_1/D_2)^{k1} \cdot e^{k2} - D_2 \right]$$

Con terrenos cohesivos (condición no drenada), con φ = 0 y C ≠ 0, se tiene:

$$P(z) = C\left[D_1\left(3\ln\left(D_1 / D_2\right) + \left(D_1 - D_2\right)/D_2 tag\pi/8\right) - 2\left(D_1 - D_2\right)\right] + \gamma \cdot Z\left(D_1 - D_2\right)$$

$$P = \int_0^H P(Z)dZ$$

$$P = C \cdot H\left[D_1\left(3\ln\left(D_1/D_2\right) + \left(D_1 - D_2\right)/D_2 tag\pi/8\right) - 2\left(D_1 - D_2\right)\right] + 1/2\,\gamma H^2\left(D_1 - D_2\right)$$

El dimensionado de la cortina de pilotes que, como ya se ha mencionado, debe conferir al talud un incremento del coeficiente de seguridad y garantizar la integridad del mecanismo pilote-terreno, es bastante problemático. De hecho, dada la complejidad de la expresión de la carga P, que se ve influenciada por varios factores asociados sea a las características mecánicas del terreno que a la geometría de la estructura, no es fácil llegar a la solución más conveniente con una sola elaboración. Para alcanzar el objetivo es necesario realizar varios intentos con la finalidad de:

- Encontrar en el perfil topográfico del talud, una posición que pueda garantizar, en igualdad de condiciones, una mejor distribución de coeficientes de seguridad
- Determinar la colocación de los pilotes, caracterizada por la relación entre interejes y distancia entre los pilotes (D2/D1), que permite aprovechar al máximo la resistencia del complejo pilote-terreno. Por experiencia se ha comprobado que, excluyendo los casos límites ($D_2 = 0$ P→ ∞ e $D_2 = D_1$ P→ valor mínimo), los valores más adecuados son aquellos para los cuales tal relación está comprendida entre 0,60 y 0,80;
- Evaluar la posibilidad de introducir más filas de pilotes y, en caso afirmativo, evaluar para las filas sucesivas, la posición que da más garantías en términos de seguridad y de ahorro de materiales;
- Adoptar el tipo de vínculo adecuado para obtener una distribución más regular de las solicitaciones. Por experiencia se ha constatado que el que alcanza mejor dicho objetivo es el vínculo que impide la rotación de la cabeza del pilote.

Método de la carga última de Broms

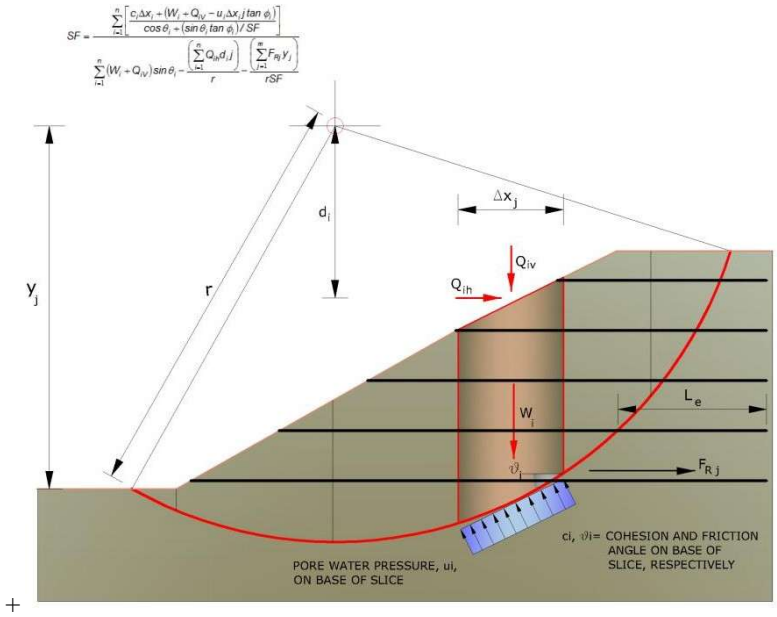
En caso de que la carga del pilote sea ortogonal al eje, configuración que se da cuando un pilote impide el movimiento de una masa en derrumbe, la resistencia puede quedar a cargo de su carga última horizontal.
Broms analiza el problema de cálculo de la carga última horizontal tanto para medios cohesivos como no cohesivos. Su método de cálculo se basa en algunas hipótesis simplificadoras con respecto a la reacción que ejerce el terreno por unidad de longitud de pilote en condiciones límite y también toma en cuenta la resistencia a la rotura del pilote (Momento de plastificación).
Con este método se puede hacer frente a varios casos:

- Medio puramente cohesivo, pilote libre de rotar en la cabeza;
    - Mecanismo de pilote corto;
    - Mecanismo de pilote largo;
- Medio puramente cohesivo, pilote con restricción para rotar en la cabeza;
    - Mecanismo de pilote corto;
    - Mecanismo de pilote intermedio;
    - Mecanismo de pilote largo;
- Medio sin cohesión, pilote con restricción para rotar en la cabeza;
    - Mecanismo de pilote corto;
    - Mecanismo de pilote largo;
- Medio sin cohesión, pilote libre de rotar en la cabeza;
    - Mecanismo de pilote corto;

- Mecanismo de pilote intermedio;
- Mecanismo de pilote largo.

Elementos de Refuerzo

Los refuerzos son elementos horizontales y su aplicación aumenta la resistencia del terreno al desplazamiento. Si el elemento de refuerzo interseca la superficie de desplazamiento, entonces la fuerza de resistencia que proporciona entra en la ecuación de equilibrio de cada rebanada; en caso contrario el elemento de refuerzo no tiene influencia alguna en la estabilidad.



Las comprobaciones internas tienen como objetivo estimar el nivel de estabilidad del terreno reforzado; los cálculos permiten la verificación de la rotura del elemento de refuerzo por tracción y la verificación del arrancamiento (*Pullout*).
El parámetro que suministra la resistencia a tracción del refuerzo, T_{Allow}, se calcula partiendo de la resistencia nominal del material con el que ha sido realizado el mismo, reducido con coeficientes adecuados que tengan en cuenta la agresividad del terreno, el daño por efecto creep y el daño por instalación.
El otro parámetro es la resistencia a la extracción (*Pullout*) que se calcula mediante la siguiente relación:

$$T_{Pullout} = 2 \cdot Le \cdot \sigma'_v \cdot f_b \cdot \tan(\delta)$$

Para geosintéticos no tejidos:

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\varphi)}$$

Donde:
δ Representa el ángulo de rozamiento entre el terreno y el refuerzo;
$T_{Pullout}$ Resistencia que moviliza un refuerzo anclado en una longitud L_e al interior de la parte estable del terreno;
L_e Longitud de anclaje del refuerzo al interior de la parte estable;

f_b Coeficiente de *Pullout*;
σ'_V Tensión vertical, calculada a la profundidad media del tramo de refuerzo anclado al terreno.

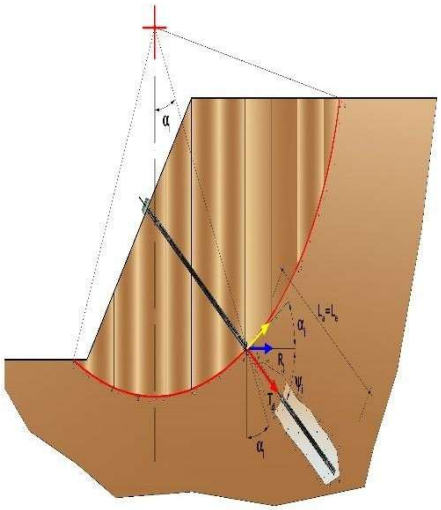
A efectos de la comprobación, se elige el valor mínimo entre T_{Allow} y $T_{Pullout}$, la verificación interna se satisface si la fuerza que transmite el refuerzo generada en la parte posterior del tramo reforzado no supera el valor de la T'.

Anclajes
Los anclajes, tirantes o clavos, son elementos estructurales capaces de sostener fuerzas de tracción gracias a una adecuada conexión con el suelo.

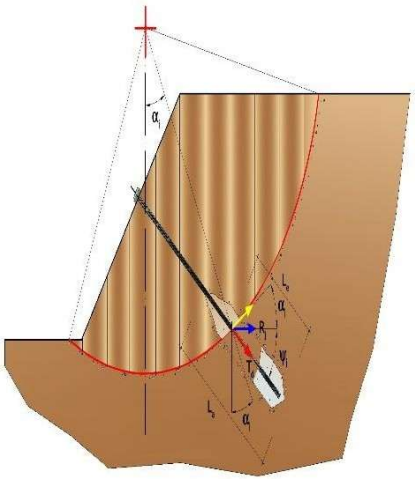
Los elementos que caracterizan un anclaje son:

- **cabeza:** indica el conjunto de elementos cuya función es transmitir la fuerza de tracción del anclaje a la estructura;
- **cimentación**: indica la parte del anclaje que realiza la conexión con el suelo, transmitiendo al mismo la fuerza de tracción del anclaje.

El tramo comprendido entre la cabeza y la cimentación toma el nombre de zona libre, mientras que la cimentación (o bulbo) se realiza inyectando en un tramo del terreno, mediante válvulas, el mortero o la lechada de cemento.
El interior del anclaje está constituido por una armadura realizada con barras, hilos o cable trenzado.
Los anclajes intervienen en la estabilidad con mayor o menor eficacia dependiendo de si están parcial (interceptados por la superficie de deslizamiento) o totalmente anclados a la parte estable del terreno.



Bulbo completamente anclado



Bulbo parcialmente anclado

Las fórmulas que expresan la medida de seguridad a lo largo de una supuesta superficie de deslizamiento se verán modificadas con la presencia de anclajes (activos, pasivos y clavos) de la siguiente manera:

- con anclajes *activos*, su presencia deduce de las acciones (denominador);

$$Fs = \frac{R_d}{E_d - \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos\alpha_i}}$$

- con anclajes *pasivos y con clavos*, su contribución se suma a las resistencias (numerador)

$$Fs = \frac{R_d + \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos\alpha_i}}{E_d}$$

Con R_j se indica la resistencia del anclaje y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R_j = T_d \cdot \cos\Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i}\right) \cdot \left(\frac{L_e}{L_a}\right)$$

donde:

T_d	resistencia de proyecto (TIRO?);
Ψ_i	inclinación del anclaje con respecto a la horizontal;
i	intereje;
Le	longitud eficaz;
La	longitud de anclaje.

Los dos índices (i, j) de la sumatoria representan, respectivamente, la i-ésima rebanada y el j-ésimo anclaje interceptado por la superficie de deslizamiento de la i-ésima rebanada.

ANALISIS DE ESTABILIDAD CAÑO DE SOLEDAD

Análisis de Estabilidad de Taludes con: BISHOP (1955)

Cálculo realizado de acuerdo a	NSR-10
Número de estratos	5.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Coeficiente parcial resistencia	1.0
Análisis	Condición drenada

Superficie circular

Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	6.28 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	3.27 m
Abscisa vértice derecho superior xs	16.77 m
Ordenada vértice derecho superior ys	9.41 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	10.0
Número de celdas en y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:
Classe d'uso:
Vita nominale: 0.0 [anni]
Vita di riferimento: 0.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:
Categoria topografica:

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.V.	0.0	0.0	0.0	0.0

S.L.C.	0.0	0.0	0.0	0.0

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.V.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.C.	0.0	0.0	0.0	0.0

Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	2.0
2	6.5	2.0
3	7.5	0.0
4	10.0	0.0
5	11.0	2.0
6	20.0	2.0
7	20.0	-12.0
8	0.0	-12.0

Nivel freático

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	1.2
2	6.5	1.2
3	7.2	-0.3
4	10.19	-0.3
5	10.94	1.2
6	20.0	1.2

Vértices estrato… 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	2.0
2	6.2	2.0
3	7.2	-0.3
4	10.19	-0.3
5	11.34	2.0
6	20.0	2.0
7	20.0	-12.0
8	0.0	-12.0

Vértices estrato… 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.2
2	6.98	0.2
3	7.2	-0.3
4	10.19	-0.3
5	10.44	0.2
6	20.0	0.2
7	20.0	-12.0
8	0.0	-12.0

Vértices estrato… 3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-4.3
2	20.0	-4.3
3	20.0	-12.0
4	0.0	-12.0

Vértices estrato… 4

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-8.3
2	20.0	-8.3
3	20.0	-12.0
4	0.0	-12.0

Coeficientes de acciones parciales

Desventajas: permanente, variable	1.0	1.0
Favorable: permanente, variable	1.0	1.0

Coeficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.25
Cohesión efectiva	1.25
Cohesión no drenada	1.4
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

Estratigrafía

Estrato	Cohesión (t/m²)	Cohesión no drenada (t/m²)	Ángulo de resitencia al corte (°)	Peso específico (t/m³)	Peso saturado (t/m³)	Litología	
1	5	150	45	2.40	2.40	Paredes Canal	
2	0	0	25	1.75	1.75	Relleno de arena con escombros y vetas de arena arcillosa	
3	0	5	15	1.90	1.95	Arcilla limosa con algo de arena	
4	0	0	34	1.95	2.00	Arena limosa gris	
5	0	20	21	1.90	2	Arcilla con algo de arena color gris verdoso, consistencia firme a muy firme	

Resultados análisis talud

==========

Fs mínimo encontrado	1.64
Abscisa centro superficie	11.52 m
Ordenada centro superficie	3.27 m
Radio superficie	4.7 m

==========

B: Ancho de la rebanada; Alfa: Ángulo de inclinación de la base de la rebanada; Li: Longitud de la base de la rebanada; Peso de la rebanada; Ui: Fuerzas derivadas de las presiones neutras; Ni: Fuerzas agentes normalmente en la dirección de deslizamiento; Ti: Fuerzas agentes paralelamente a la superficie de deslizamiento; Fi: Ángulo de rozamiento interno; c: cohesión.

xc = 11.525 yc = 3.27 Rc = 4.697 Fs=1.645

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)	Kh•Wi (t)	Kv•Wi (t)	c (t/m²)	Fi (°)	Ui (t)	N'i (t)	Ti (t)
1	0.79	-39.6	1.0	0.67	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	1.0	0.2
2	0.79	-27.9	0.9	1.47	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	1.8	0.3
3	0.79	-17.4	0.8	2.45	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	2.7	0.4
4	0.48	-9.4	0.5	2.78	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	2.9	0.5
5	1.1	0.3	1.1	6.95	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	6.9	1.1
6	0.79	12.0	0.8	4.84	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	4.8	0.8
7	0.79	22.1	0.9	4.46	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	4.5	0.7
8	0.79	33.0	0.9	3.83	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	4.1	0.7
9	0.79	45.7	1.1	2.85	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	3.5	0.6
10	0.79	63.5	1.8	1.34	0.0	0.0	0.0	25.0	0.1	1.7	0.5

ANALISIS DE ESTABILIDAD ARROYO PLATANAL

Análisis de Estabilidad de Taludes con: BISHOP (1955)

Cálculo realizado de acuerdo a	NSR-10
Número de estratos	8.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Coeficiente parcial resistencia	1.0
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	18.35 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	3.7 m
Abscisa vértice derecho superior xs	34.02 m
Ordenada vértice derecho superior ys	12.29 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	10.0
Número de celdas en y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:
Classe d'uso:
Vita nominale: 0.0 [anni]
Vita di riferimento: 0.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:
Categoria topografica:

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.V.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.C.	0.0	0.0	0.0	0.0

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.V.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.C.	0.0	0.0	0.0	0.0

Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.34	0.0
3	12.79	-4.9
4	29.79	-4.9
5	32.23	0.0
6	34.23	2.0
7	36.24	2.0
8	42.57	2.0

Nivel freático

Nr.	X	y

	(m)	(m)
1	0.0	-2.01
2	7.0	-2.01
3	8.4	-2.54
4	11.6	-5.33
5	31.0	-5.33
6	32.23	-3.5
7	33.23	-3.3
8	36.24	-3.2
9	42.57	-3.2

Vértices estrato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	12.6	-5.2
4	29.97	-5.2
5	32.57	0.0
6	32.23	0.0
7	34.23	2.0
8	36.23	2.0
9	42.57	2.0

Vértices estrato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-3.2
2	11.6	-3.2
3	12.6	-5.2
4	29.97	-5.2
5	30.97	-3.2
6	42.57	-3.2

Vértices estrato 3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-4.7
2	12.35	-4.7
3	12.6	-5.2
4	29.97	-5.2
5	30.22	-4.7
6	42.57	-4.7

Vértices estrato 4

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-4.7
2	11.6	-4.7

3	11.6	-6.7
4	30.97	-6.7
5	30.97	-4.7
6	42.57	-4.7

Vértices estrato 5

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-7.2
2	42.57	-7.2

Vértices estrato 6

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-9.7
2	42.57	-9.7

Vértices estrato 7

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-13.2
2	42.57	-13.2

Coeficientes de acciones parciales

==========

Desventajas: permanente, variable	1.0	1.0
Favorable: permanente, variable	1.0	1.0

==========

Coeficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno

==========

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.25
Cohesión efectiva	1.25
Cohesión no drenada	1.4
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

==========

Estratigrafía

Estrato	Cohesión (t/m²)	Cohesión no drenada (t/m²)	Ángulo de resitencia al corte (°)	Peso específico (kg/m³)	Peso saturado (kg/m³)	Litología	
1	5	150	35	2400	2400	Paredes canal arroyo	

2	2	50	35	1800	1850	Relleno seleccionado tipo Terraplen	
3	0.25	0	25	1750	1750	Relleno de arena con escombros	
4	1	10	35	2000	2100	Relleno en piedra rajon	
5	0.3	5	18	1900	1950	Arcilla limosa consistencia blanda	
6	0	0	29	1900	1950	Arena limosa gris densidad media	
7	0	0	34	1900	1950	Arena limosa densidad media a densa	
8	0	0	37	1950	2000	Arena limosa densa a muy densa	

Cargas repartidas

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carga externa (t/m²)
1	34.24	2	41.24	2	1.5

Resultados análisis talud

==========

Fs mínimo encontrado	1.28
Abscisa centro superficie	29.32 m
Ordenada centro superficie	5.42 m
Radio superficie	12.66 m

==========

xc = 29.32 yc = 5.415 Rc = 12.656 Fs=1.28

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kg)	Kh•Wi (kg)	Kv•Wi (kg)	c (t/m²)	Fi (°)	Ui (kg)	N'i (kg)	Ti (kg)
1	1.95	-30.3	2.32	727.14	0.0	0.0	1.0	35.0	0.0	6154.8	5131.1
2	1.95	-20.4	2.1	6502.8	0.0	0.0	1.0	35.0	0.0	9477.9	6809.8
3	1.95	-11.2	2.08	674.84	0.0	0.0	0.3	18.0	3265.4	5904.1	1964.4
4	1.95	-2.3	2.0	9550.7	0.0	0.0	0.0	29.0	3714.5	5943.0	2572.7
5	2.44	7.7	2.52	2207.7	0.0	0.0	0.3	18.0	4438.6	17259.8	4955.5
6	2.0	18.1	2.12	7865.22	0.0	0.0	0.3	18.0	6650.0	20461.0	5684.9
7	1.42	26.4	1.62	2536.43	0.0	0.0	0.3	18.0	3799.9	18415.3	5044.6
8	1.95	35.4	2.42	7155.56	0.0	0.0	0.3	18.0	3348.9	24413.0	6756.2
9	1.95	47.4	2.92	1245.01	0.0	0.0	0.25	25.0	20.3	22026.8	8584.8
10	1.95	64.2	4.51	1165.67	0.0	0.0	2.0	35.0	0.0	5248.7	9864.2

ANALISIS DE ESTABILIDAD TALUD A 90° TRAMO MURO DE CONTENCION

Análisis de Estabilidad de Taludes con: BISHOP (1955)

Cálculo realizado de acuerdo a	NSR-10
Número de estratos	5.0
Número rebanadas	10.0
Grado de seguridad aceptable	1.3
Coeficiente parcial resistencia	1.0
Análisis	Condición drenada
Superficie circular	

Malla centros

Abscisa vértice izquierdo inferior xi	3.83 m
Ordenada vértice izquierdo inferior yi	3.14 m
Abscisa vértice derecho superior xs	18.62 m

Ordenada vértice derecho superior ys	10.23 m
Intervalo de búsqueda	10.0
Número de celdas en x	10.0
Número de celdas en y	10.0

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:
Classe d'uso:
Vita nominale: 0.0 [anni]
Vita di riferimento: 0.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:
Categoria topografica:

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.V.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.C.	0.0	0.0	0.0	0.0

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.V.	0.0	0.0	0.0	0.0
S.L.C.	0.0	0.0	0.0	0.0

Vértices perfil

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	10.0	0.0
3	10.0	-3.0
4	20.0	-3.0

Nivel freático

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-0.5
2	10.0	-0.5
3	10.0	-3.01
4	20.0	-3.01

Vértices estrato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.5
2	10.0	-1.5
3	10.0	-3.0
4	20.0	-3.0

Vértices estrato 2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-4.0
2	20.0	-4.0

Vértices estrato 3

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-6.5
2	20.0	-6.5

Vértices estrato 4

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-10.0
2	20.0	-10.0

Coeficientes de acciones parciales

Desventajas: permanente, variable	1.0	1.0
Favorable: permanente, variable	1.0	1.0

Coeficientes parciales parámetros geotécnicos del terreno

Tangente ángulo de resistencia al corte	1.25
Cohesión efectiva	1.25
Cohesión no drenada	1.4
Reducción parámetros geotécnicos terreno	No

==========

Estratigrafía

Estrato	Cohesión (t/m²)	Cohesión no drenada (t/m²)	Ángulo de resitencia al corte (°)	Peso específico (kg/m³)	Peso saturado (kg/m³)	Litología	
1	0.20	0	25	1750	1750	Relleno de arena y/o arcilla con escombros	
2	0.25	5	18	1900	1950	Arcilla limosa consistencia blanda	
3	0	0	29	1900	1950	Arena limosa gris densidad media	
4	0	0	34	1900	1950	Arena limsoa densidad media a densa	
5	0	0	37	1950	2000	Arena limosa densa a muy densa	

Cargas repartidas

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carga externa (t/m²)
1	0	0	10	0	1.5

Resultados análisis talud

==========

Fs mínimo encontrado	0.85
Abscisa centro superficie	13.44 m
Ordenada centro superficie	8.46 m
Radio superficie	11.28 m

==========

xc = 13.445 yc = 8.46 Rc = 11.279 Fs=0.847

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kg)	Kh•Wi (kg)	Kv•Wi (kg)	c (t/m²)	Fi (°)	Ui (kg)	N'i (kg)	Ti (kg)
1	0.41	40.1	0.5	581.62	0.0	0.0	0.2	25.0	0.0	447.5	371.6
2	0.41	37.4	0.5	962.1	0.0	0.0	0.2	25.0	0.0	787.3	554.3
3	0.41	34.9	0.5	1171.93	0.0	0.0	0.2	25.0	119.7	868.0	594.9
4	0.41	32.4	0.5	1363.04	0.0	0.0	0.2	25.0	228.9	942.0	632.3
5	0.41	30.0	0.5	1536.98	0.0	0.0	0.2	25.0	328.3	1010.5	667.2
6	0.41	27.6	0.5	1697.67	0.0	0.0	0.25	18.0	0.0	1536.7	724.9
7	0.41	25.3	0.4	1857.2	0.0	0.0	0.25	18.0	0.0	1685.8	779.5
8	0.41	23.1	0.4	2001.13	0.0	0.0	0.25	18.0	0.0	1821.8	829.4
9	0.41	20.9	0.4	2130.27	0.0	0.0	0.25	18.0	0.0	1946.2	875.1
10	0.41	18.2	0.4	2188.1	0.0	0.0	0.25	18.0	0.0	2008.6	
	896.9	.5									

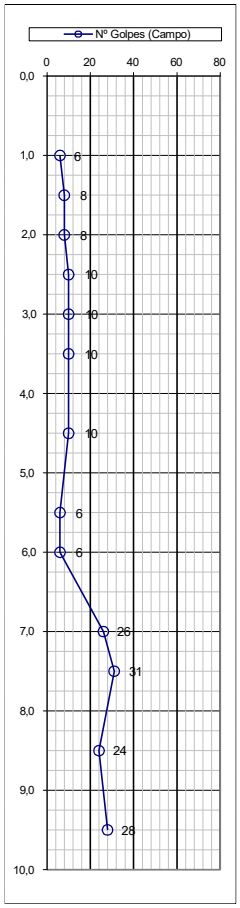
GEOTECHNICAL
CONSULTING SAS

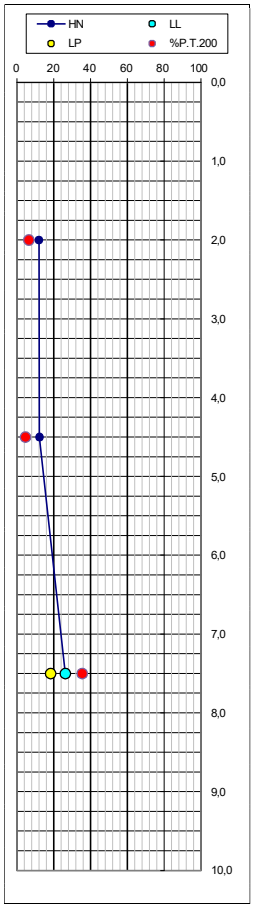
ANEXOS

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	25-ABRIL-24
		SONDEO :	1
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**NAF INICIAL:**	1,20 m
		NAF FINAL:	1,20 m
CLIENTE:	0	**TIPO DE PERFORACION:**	PERCUSION
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**MARTILLO:**	140 lb
		COORDENADAS:	10°54'31.00"N
			74°45'39.80"O
		COTA:	

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
1,00			**Relleno de arena con escombros.**				
			Vetas de arena arcillosa, humedad media, densidad suelta.	S.S.			
2,00			**Arena limosa de grano medio,** color habano, humedad alta, densidad suelta.	S.S.			
			Arena limosa de grano fino a medio, color gris, humedad alta, densidad suelta.	S.S.			SP-SM
3,00			**Densidad suelta.**	S.S.			
				S.S.			
4,00							
			Densidad suelta.	S.S.			SP-SM
5,00			**Limo arcilloso gris,** humedad media, consistencia blanda.				
				S.S.			
6,00			Consistencia blanda.	S.S.			
7,00				S.S.			
			Arena arcillosa de grano medio, humedad alta, densa.	S.S.			SC
8,00							
			Densidad media.	S.S.			
9,00							
				S.S.			
10,00							





OBSERVACION
%R: Porcentaje de Recobro. RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca. qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo). qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)
CONVENCIONES
S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm) Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes). Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

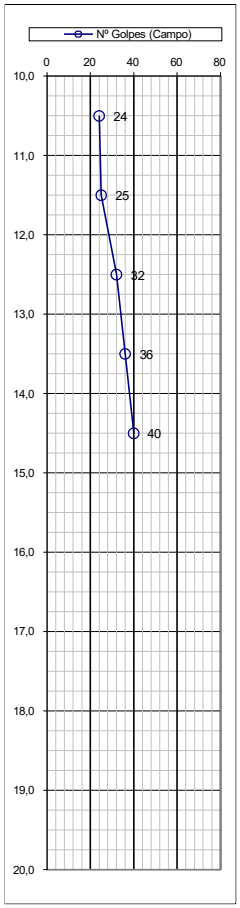
RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

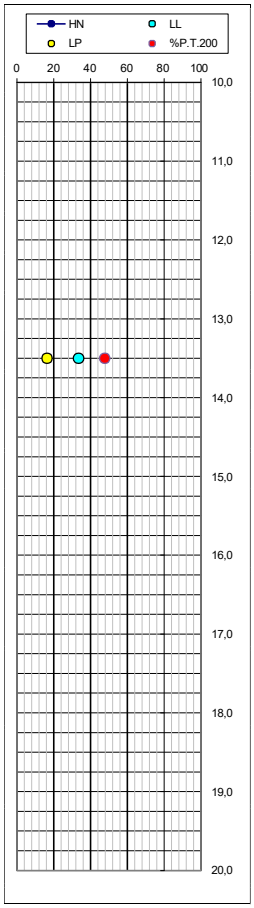
ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	25-ABRIL-24
		SONDEO :	1
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**NAF INICIAL:**	1,20 m
		NAF FINAL:	1,20 m
CLIENTE:	0	**TIPO DE PERFORACION:**	PERCUSION
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**MARTILLO:**	140 lb
		COORDENADAS:	10°54'31.00"N
			74°45'39.80"O
		COTA:	

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
11,00			**Arcilla con arena,** color gris verdoso, humedad media, consistencia firme.	S.S.			SC
12,00			**Muy firme.**	S.S.			
13,00			**Presencia de mayor arena.**	S.S.			
14,00			**Arcilla con arena con presencia calcarea.**	S.S.			
15,00				S.S.			
16,00			**FIN DE LA EXPLORACION.**				
17,00							
18,00							
19,00							
20,00							





OBSERVACION
%R: Porcentaje de Recobro.
RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca.
qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo).
qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)
CONVENCIONES
S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm)
Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes).
Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Garcia

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"

LOCALIZACION: BARRANQUILLA - ATLÁNTICO

CLIENTE: 0

No ESTUDIO: EST-025HDG-2024

FECHA: 25-ABRIL-24

SONDEO : 2

NAF INICIAL: 0,50 m

NAF FINAL: 0,50 m

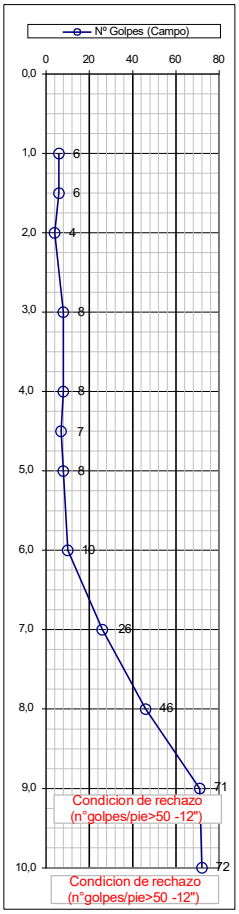
TIPO DE PERFORACION: PERCUSION

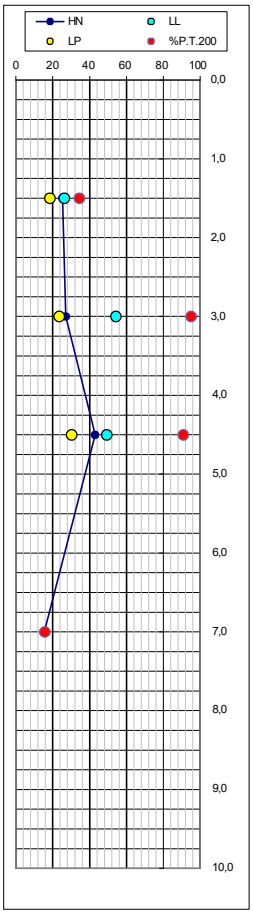
MARTILLO: 140 lb

COORDENADAS: 10°54'33.55"N
74°45'38.62"O

COTA:

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
1,00			**Relleno de arena con escombros.**				
			Relleno de arena arcillosa, humedad alta, densidad suelta.	S.S.			
				S.S.			SC
2,00			**Arcilla limosa con algo de arena,** color gris con vetas amarillas, humedad media, consistencia blanda.	S.S.			
3,00			Consistencia media, **qu=0,50kg/cm2.** **qu(*)=0,53kg/cm2.**	S.S.			CH
4,00				S.S.			
			Limo arcilloso color gris, humedad alta, consistencia media.	S.S.			ML
5,00				S.S.			
			Arena limo-arcillosa color café, humedad alta, densidad suelta.				
6,00				S.S.			
			Arena limosa gris, humedad alta, densidad **media.**				
7,00				S.S.			SM
8,00			**Densa.**	S.S.			
9,00			**Muy densa.**	S.S.			
10,00				S.S.			





OBSERVACION

%R: Porcentaje de Recobro.
RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca.
qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo).
qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)

CONVENCIONES

S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm)
Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes).
Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Garcia

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"

LOCALIZACION: BARRANQUILLA - ATLÁNTICO

CLIENTE: 0

No ESTUDIO: EST-025HDG-2024

FECHA: 25-ABRIL-24

SONDEO : 3

NAF INICIAL: 0,80 m

NAF FINAL: 0,80 m

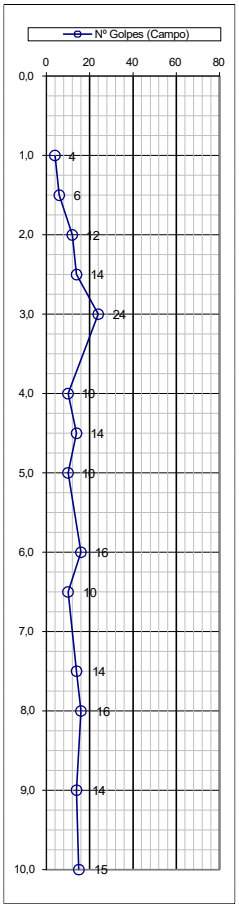
TIPO DE PERFORACION: PERCUSION

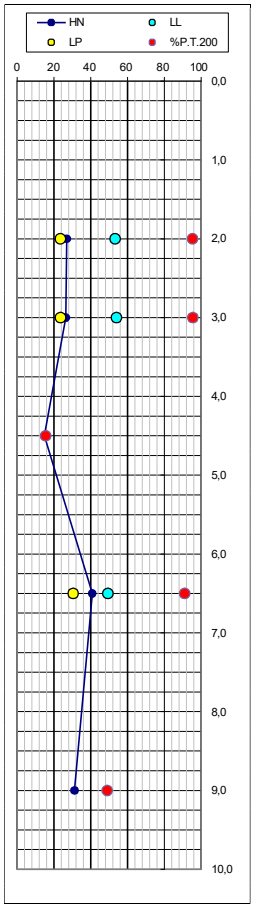
MARTILLO: 140 lb

COORDENADAS: 10°54'37.93"N
74°45'36.87"O

COTA:

PROF. (m)	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
1,00	**Relleno de arena con escombros y basura.** **Relleno de arcilla color habano,** humedad media, consistencia blanda.	S.S.			
2,00	**Arcilla limosa con presencia de arena,** humedad media, consistencia blanda. Consistencia media, **qu=0,50kg/cm2. qu(*)=0,55kg/cm2.**	S.S.			CH
3,00		S.S.			CH
4,00	**Arena limosa fina,** color habano, humedad alta, densidad suelta.	S.S.			
5,00	Densidad media. Densidad suelta.	S.S.			SM
6,00	**Limo arenoso** color habano, humedad alta, consistencia media.	S.S.			ML
7,00		S.S.			
8,00	**Arena limosa de grano medio,** color gris, humedad alta, densidad media.	S.S.			
9,00	**Arena limosa fina de baja plasticidad,** color gris, humedad alta, densidad media.	S.S.			SM
10,00		S.S.			





OBSERVACION

%R: Porcentaje de Recobro.
RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca.
qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo).
qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)

CONVENCIONES

S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm)
Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes).
Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Garcia

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

CODIGO	: FM-113
VIGENCIA	: NOV 10/13
VERSION	: 2

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"

LOCALIZACION: BARRANQUILLA - ATLÁNTICO

CLIENTE: 0

No ESTUDIO: EST-025HDG-2024

FECHA: 25-ABRIL-24

SONDEO : 3

NAF INICIAL: 0,80 m

NAF FINAL: 0,80 m

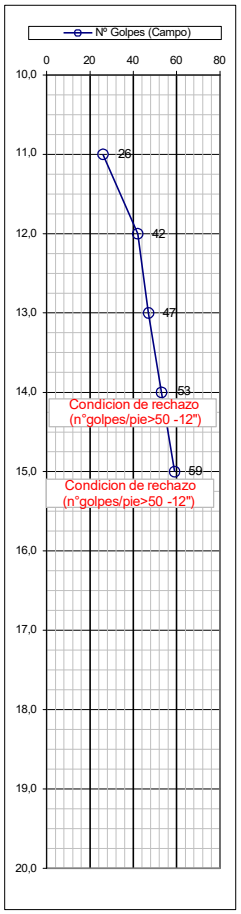
TIPO DE PERFORACION: PERCUSION

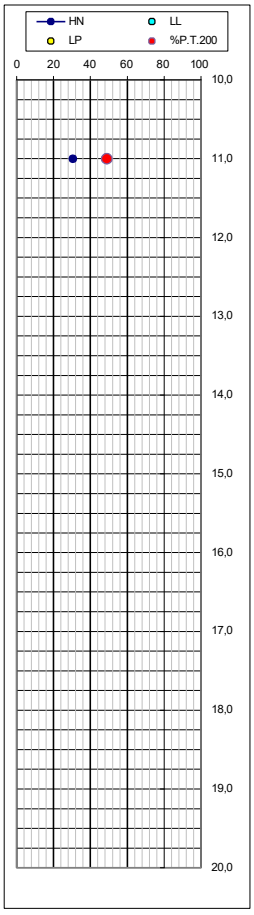
MARTILLO: 140 lb

COORDENADAS: 10°54'37.93"N 74°45'36.87"O

COTA:

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
11,00			**Arena limosa de baja plasticidad,** color gris, humedad alta, densidad media.	S.S.			SM
12,00			Densa	S.S.			
13,00				S.S.			
14,00			Muy densa.	S.S.			
15,00				S.S.			
16,00			**FIN DE LA EXPLORACION.**				
17,00							
18,00							
19,00							
20,00							





OBSERVACION

%R: Porcentaje de Recobro.
RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca.
qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo).
qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)

CONVENCIONES

S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm)
Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes).
Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Garcia

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"

LOCALIZACION: BARRANQUILLA - ATLÁNTICO

CLIENTE: 0

No ESTUDIO: EST-025HDG-2024

FECHA: 25-ABRIL-24

SONDEO : 4

NAF INICIAL: 1,15 m

NAF FINAL: 1,15 m

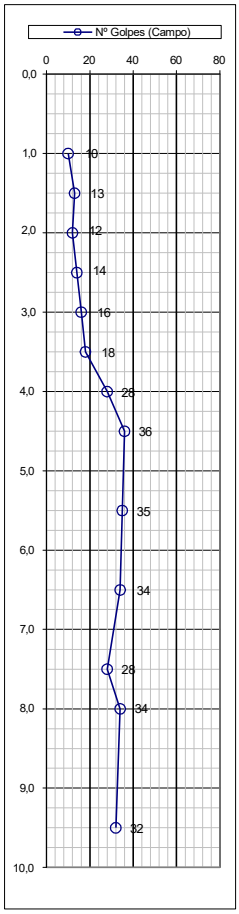
TIPO DE PERFORACION: PERCUSION

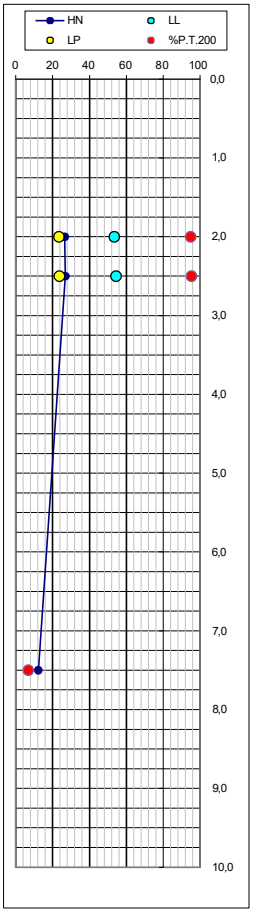
MARTILLO: 140 lb

COORDENADAS: 10°54'41.77"N
74°45'42.21"O

COTA:

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
			Relleno de arcilla y escombros.				
1,00			**Arcilla** color gris, humedad media, consistencia blanda.	S.S.			
				S.S.			
2,00			Consistencia media, **qu=0,50kg/cm2. qu(*)=0,56kg/cm2**	S.S.			CH
				S.S.			CH
3,00			**Arena limosa de grano medio,** color gris, humedad alta, densidad media.	S.S.			
				S.S.			
4,00				S.S.			
			Densa.	S.S.			
5,00							
				S.S.			
6,00							
				S.S.			
7,00							
			Densidad media.	S.S.			SW-SM
8,00			Densa.	S.S.			
9,00							
			Color gris oscuro.	S.S.			
10,00							





OBSERVACION
%R: Porcentaje de Recobro. RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca. qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo). qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)
CONVENCIONES
S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm) Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes). Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"

LOCALIZACION: BARRANQUILLA - ATLÁNTICO

CLIENTE: 0

No ESTUDIO: EST-025HDG-2024

FECHA: 25-ABRIL-24

SONDEO : 4

NAF INICIAL: 1,15 m

NAF FINAL: 1,15 m

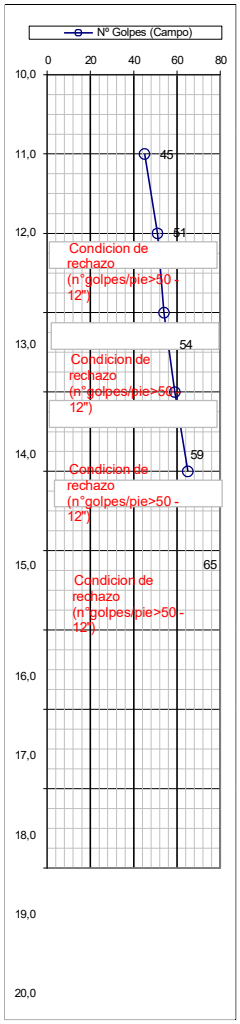
TIPO DE PERFORACION: PERCUSION

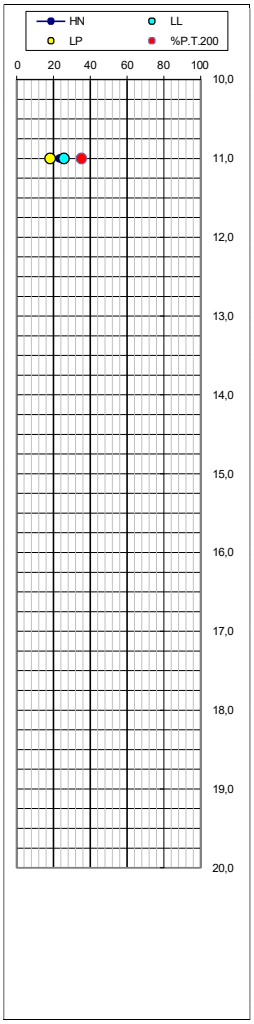
MARTILLO: 140 lb

COORDENADAS: 10°54'41.77"N
74°45'42.21"O

COTA:

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
11,00			**Arena arcillosa gris,** humedad alta, densa.	S.S.			SC
12,00			Muy densa.	S.S.			
13,00				S.S.			
14,00				S.S.			
15,00			**FIN DE LA EXPLORACION.**	S.S.			
16,00							
17,00							
18,00							
19,00							
20,00							





OBSERVACION

%R: Porcentaje de Recobro.
RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca.
qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo).
qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)

CONVENCIONES

S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm)
Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes).
Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Garcia

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"

LOCALIZACION: BARRANQUILLA - ATLÁNTICO

CLIENTE: 0

No ESTUDIO: EST-025HDG-2024

FECHA: 25-ABRIL-24

SONDEO : 5

NAF INICIAL: 0,80 m

NAF FINAL: 0,80 m

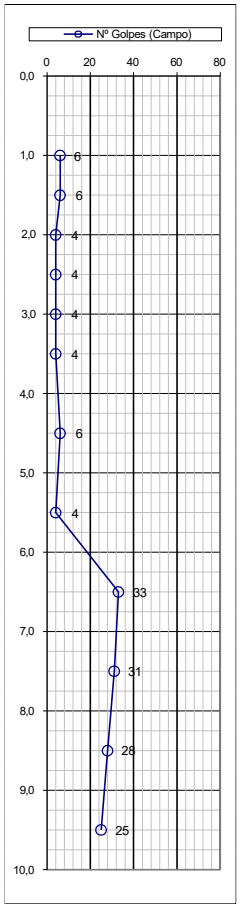
TIPO DE PERFORACION: PERCUSION

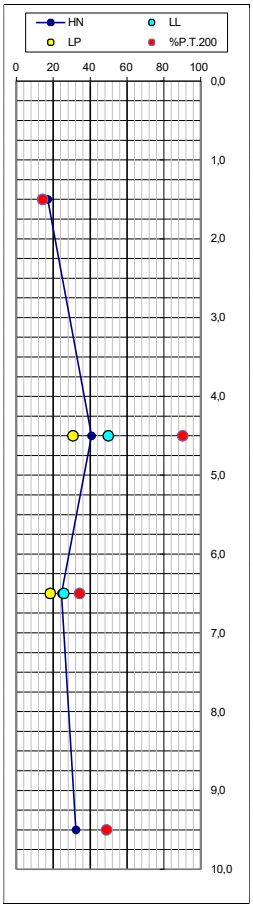
MARTILLO: 140 lb

COORDENADAS: 10°54'43.96"N
74°45'36.13"O

COTA:

PROF. (m)	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
1,00	**Relleno de arena con escombros.**				
	Relleno de arena con ladrillos, humedad alta, densidad suelta.	S.S.			GM
		S.S.			
2,00	**Limo arcilloso color gris,** humedad alta, consistencia blanda.	S.S.			
		S.S.			
3,00		S.S.			
	consistencia blanda.	S.S.			
4,00					
	Limo arenoso gris con vetas amarillas, humedad media, consistencia media.	S.S.			ML
5,00					
	Consistencia blanda.	S.S.			
6,00	**Arena arcillosa de grano medio a fino,** color gris, humedad alta, denso.				
		S.S.			SC
7,00					
	Arena limosa gris de grano medio a fino, color gris, humedad alta, densa.	S.S.			
8,00					
	Densidad media.	S.S.			
9,00					
	Arena limosa fina de baja plasticidad, color gris, humedad alta, densidad media.	S.S.			SM
10,00					





OBSERVACION

%R: Porcentaje de Recobro.
RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca.
qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo).
qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)

CONVENCIONES

S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm)
Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes).
Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"

LOCALIZACION: BARRANQUILLA - ATLÁNTICO

CLIENTE: 0

No ESTUDIO: EST-025HDG-2024

FECHA: 25-ABRIL-24

SONDEO : 5

NAF INICIAL: 0,80 m

NAF FINAL: 0,80 m

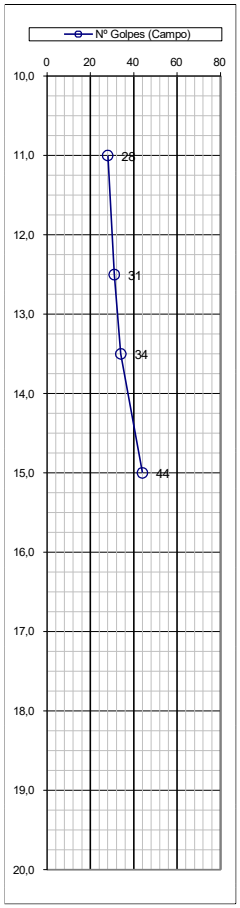
TIPO DE PERFORACION: PERCUSION

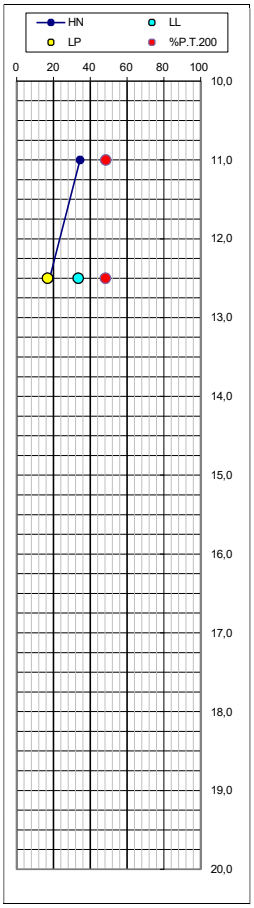
MARTILLO: 140 lb

COORDENADAS: 10°54'43.96"N
74°45'36.13"O

COTA:

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
11,00			**Arena limosa fina de baja plasticidad,** color gris, humedad alta, densidad media.	S.S.			SM
12,00			**Arcilla y arena,** color gris con vetas amarillas, humedad media, consistencia firme.				
13,00			Muy firme.	S.S.			SC
14,00				S.S.			
15,00				S.S.			
16,00			**FIN DE LA EXPLORACION.**				
17,00							
18,00							
19,00							
20,00							





OBSERVACION

%R: Porcentaje de Recobro.
RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca.
qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo).
qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)

CONVENCIONES

S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm)
Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes).
Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"

LOCALIZACION: BARRANQUILLA - ATLÁNTICO

CLIENTE: 0

No ESTUDIO: EST-025HDG-2024

FECHA: 25-ABRIL-24

SONDEO : 6

NAF INICIAL: 0,60 m

NAF FINAL: 0,60 m

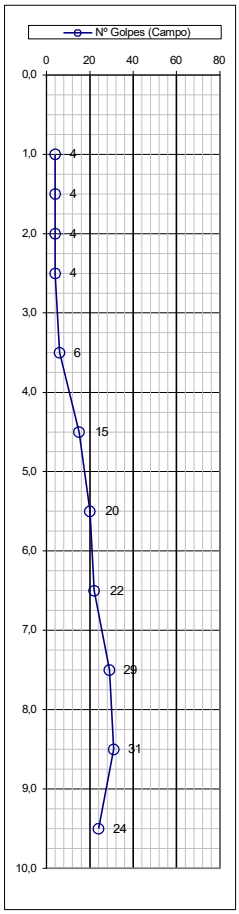
TIPO DE PERFORACION: PERCUSION

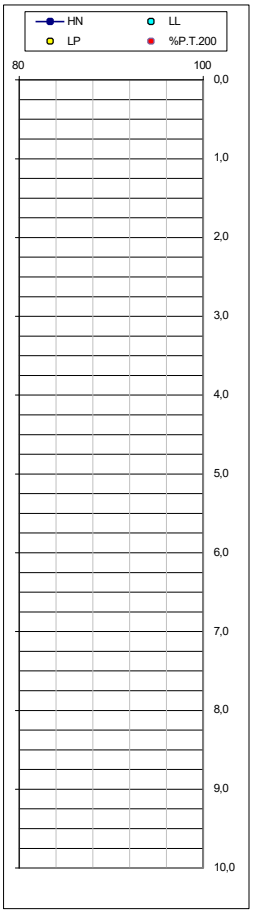
MARTILLO: 140 lb

COORDENADAS: 10°54'48.93"N
74°45'36.00"O

COTA:

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
			Relleno de arcilla con escombros.				
1,00			**Arcilla limosa con algo de arena,** color gris, humedad media, consistencia blanda.	S.S.			
				S.S.			
2,00				S.S.			
			Consistencia blanda.	S.S.			
3,00			**Limo arenoso** color gris, humedad alta, **consistencia blanda.**				
				S.S.			
4,00							
			Arena limosa de grano medio a fino, color gris, humedad alta, densidad media.	S.S.			
5,00							
				S.S.			
6,00							
			Densidad media.	S.S.			
7,00							
				S.S.			
8,00							
			Denso.	S.S.			
9,00							
				S.S.			
10,00							





OBSERVACION
%R: Porcentaje de Recobro. RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca. qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo). qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)
CONVENCIONES
S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm) Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes). Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

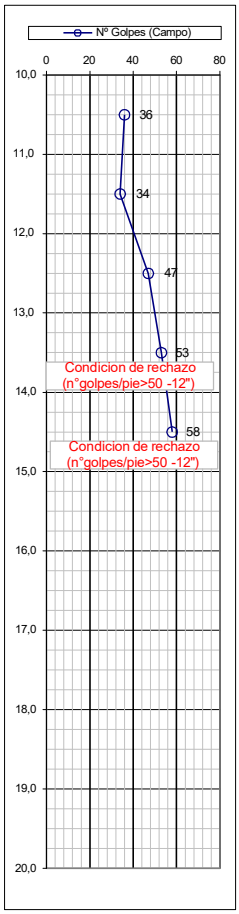
RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

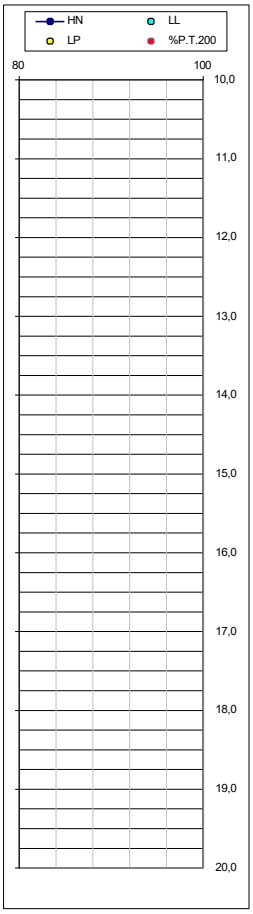
ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	COLUMNA ESTRATIGRAFICA	CODIGO : FM-113
		VIGENCIA : NOV 10/13
		VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	25-ABRIL-24
		SONDEO :	6
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**NAF INICIAL:**	0,60 m
		NAF FINAL:	0,60 m
CLIENTE:	0	**TIPO DE PERFORACION:**	PERCUSION
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**MARTILLO:**	140 lb
		COORDENADAS:	10°54'48.93"N
			74°45'36.00"O
		COTA:	

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
11,00			**Arena limosa gris,** humedad alta, densa.	S.S.			
12,00			Densa.	S.S.			
13,00			Densa.	S.S.			
14,00			Muy densa.	S.S.			
15,00			Muy densa.	S.S.			
16,00			**FIN DE LA EXPLORACION.**				
17,00							
18,00							
19,00							
20,00							





OBSERVACION
%R: Porcentaje de Recobro.
RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca.
qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo).
qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)
CONVENCIONES
S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm)
Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes).
Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"

LOCALIZACION: BARRANQUILLA - ATLÁNTICO

CLIENTE: 0

No ESTUDIO: EST-025HDG-2024

FECHA: 25-ABRIL-24

SONDEO : 7

NAF INICIAL: 0,80 m

NAF FINAL: 0,60 m

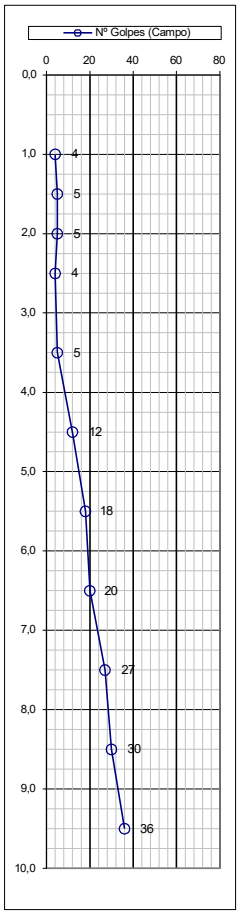
TIPO DE PERFORACION: PERCUSION

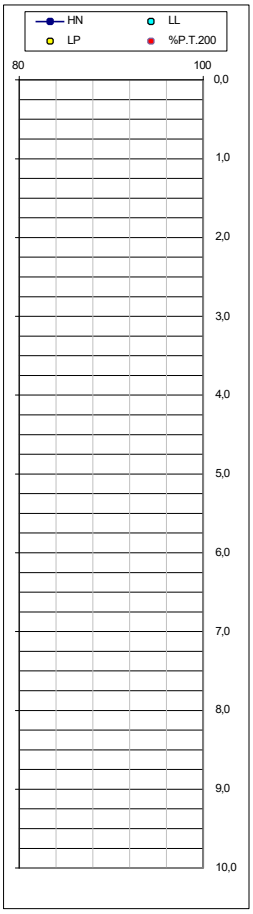
MARTILLO: 140 lb

COORDENADAS: 10°54'54.02"N 74°45'36.69"O

COTA:

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
1,00			**Relleno de arcilla con escombros.**	S.S.			
2,00			**Arcilla limosa con algo de arena,** color gris, humedad media, consistencia blanda.	S.S.			
				S.S.			
			Consistencia blanda.	S.S.			
3,00							
4,00			**Limo arenoso** color gris, humedad alta, **consistencia blanda.**	S.S.			
5,00			**Arena limosa de grano medio a fino,** color gris, humedad alta, densidad media.	S.S.			
6,00				S.S.			
7,00			**Densidad media.**	S.S.			
8,00				S.S.			
9,00			**Denso.**	S.S.			
10,00				S.S.			





OBSERVACION

%R: Porcentaje de Recobro.
RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca.
qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo).
qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)

CONVENCIONES

S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm)
Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes).
Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

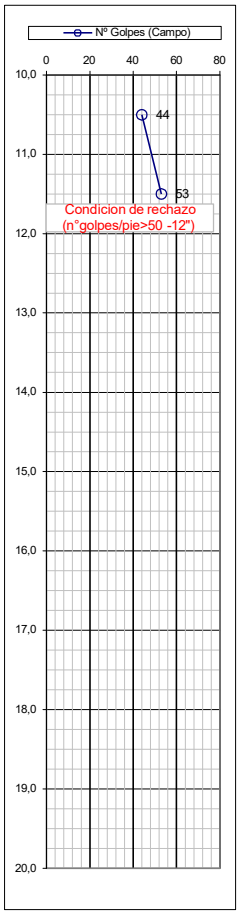
RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

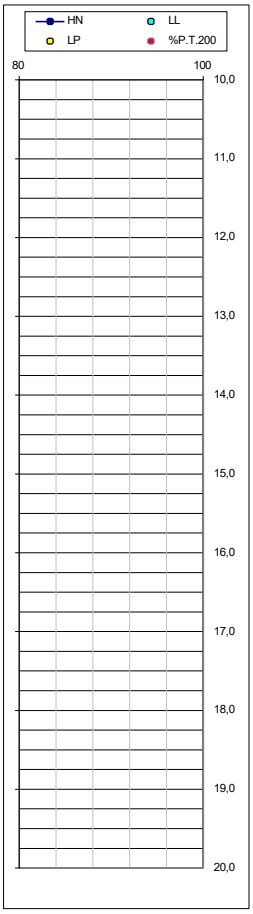
ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	25-ABRIL-24
		SONDEO :	7
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**NAF INICIAL:**	0,80 m
		NAF FINAL:	0,60 m
CLIENTE:	0	**TIPO DE PERFORACION:**	PERCUSION
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**MARTILLO:**	140 lb
		COORDENADAS:	10°54'54.02"N 74°45'36.69"O
		COTA:	

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
11,00			**Arena limosa gris,** humedad alta, densa.	S.S.			
12,00				S.S.			
			FIN DE LA EXPLORACION.				
13,00							
14,00							
15,00							
16,00							
17,00							
18,00							
19,00							
20,00							





OBSERVACION

%R: Porcentaje de Recobro.
RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca.
qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo).
qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)

CONVENCIONES

S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm)
Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes).
Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"

LOCALIZACION: BARRANQUILLA - ATLÁNTICO

CLIENTE: 0

No ESTUDIO: EST-025HDG-2024

FECHA: 25-ABRIL-24

SONDEO : 8

NAF INICIAL: 1,00 m

NAF FINAL: 1,00 m

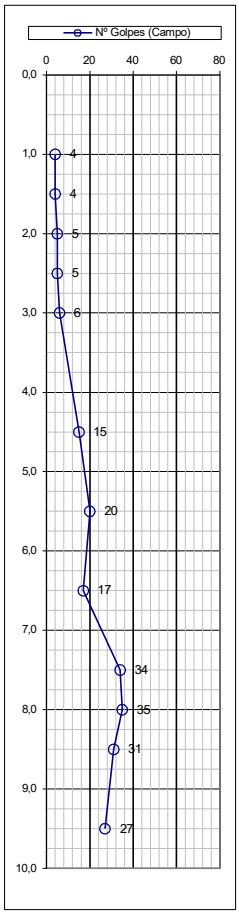
TIPO DE PERFORACION: PERCUSION

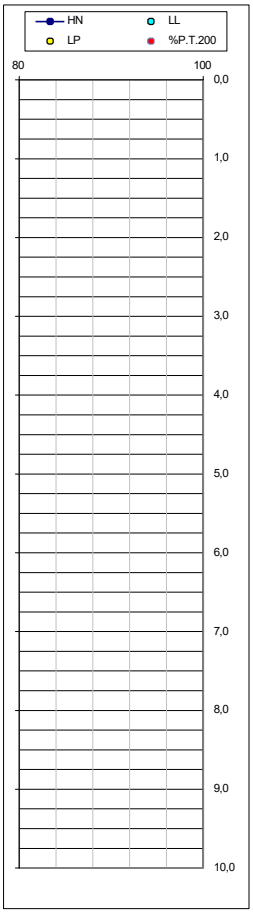
MARTILLO: 140 lb

COORDENADAS: 10°54'57.30"N
74°45'35.48"O

COTA:

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
1,00			**Relleno de arena con algo de escombros.**				
			Densidad suelta	S.S.			
				S.S.			
2,00			**Limo arenoso** color gris, humedad alta, consistencia blanda.	S.S.			
				S.S.			
3,00			Consistencia blanda.	S.S.			
4,00							
			Arena limosa de grano medio a fino, color gris, humedad alta, densidad media.	S.S.			
5,00							
			Densidad media.	S.S.			
6,00							
				S.S.			
7,00			Denso.	S.S.			
8,00				S.S.			
				S.S.			
9,00							
			Densidad media.	S.S.			
10,00							





OBSERVACION

%R: Porcentaje de Recobro.
RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca.
qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo).
qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)

CONVENCIONES

S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm)
Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes).
Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

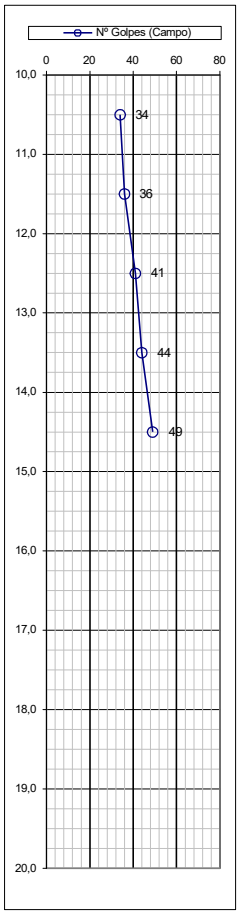
RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

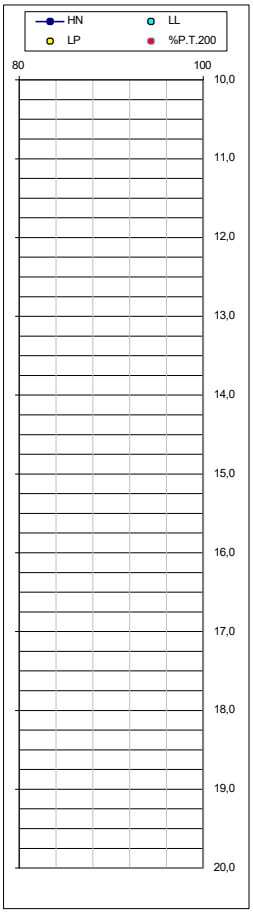
ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	25-ABRIL-24
		SONDEO :	8
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**NAF INICIAL:**	1,00 m
		NAF FINAL:	1,00 m
CLIENTE:	0	**TIPO DE PERFORACION:**	PERCUSION
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**MARTILLO:**	140 lb
		COORDENADAS:	10°54'57.30"N 74°45'35.48"O
		COTA:	

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
11,00			**Arena limosa gris,** humedad alta, densa.	S.S.			
12,00			Densa.	S.S.			
13,00				S.S.			
14,00				S.S.			
15,00			Densa.	S.S.			
16,00			**FIN DE LA EXPLORACION.**				
17,00							
18,00							
19,00							
20,00							





OBSERVACION
%R: Porcentaje de Recobro.
RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca.
qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo).
qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)
CONVENCIONES
S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm)
Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes).
Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"

LOCALIZACION: BARRANQUILLA - ATLÁNTICO

CLIENTE: 0

No ESTUDIO: EST-025HDG-2024

FECHA: 25-ABRIL-24

SONDEO : 9

NAF INICIAL: 0,60 m

NAF FINAL: 0,60 m

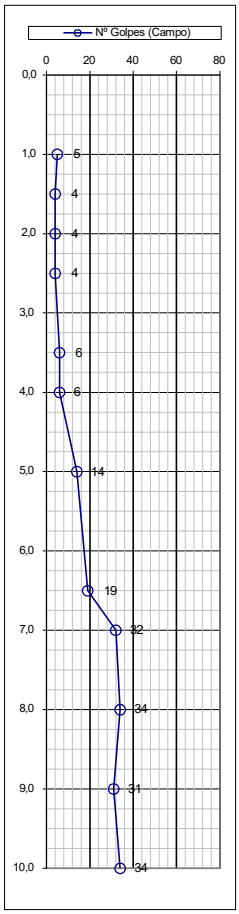
TIPO DE PERFORACION: PERCUSION

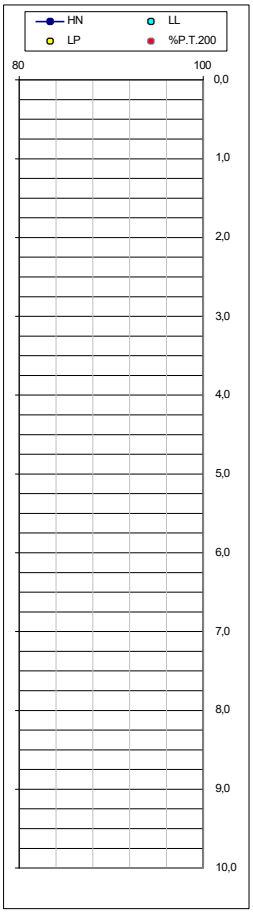
MARTILLO: 140 lb

COORDENADAS: 10°54'57.21"N
74°45'33.82"O

COTA:

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
1,00			**Relleno de arena con escombros.** Densidad suelta.	S.S.			
2,00			**Arcilla limosa con algo de arena,** color gris, humedad media, consistencia blanda.	S.S. S.S.			
3,00			**Limo arenoso** color gris, humedad alta, consistencia blanda. Consistencia media.	S.S. S.S. S.S.			
4,00							
5,00			**Arena limosa de grano medio a fino,** color gris, humedad alta, densidad media.	S.S.			
6,00							
7,00			**Densidad media.**	S.S. S.S.			
8,00				S.S.			
9,00			**Denso.**	S.S.			
10,00				S.S.			





OBSERVACION

%R: Porcentaje de Recobro.
RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca.
qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo).
qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)

CONVENCIONES

S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm)
Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes).
Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

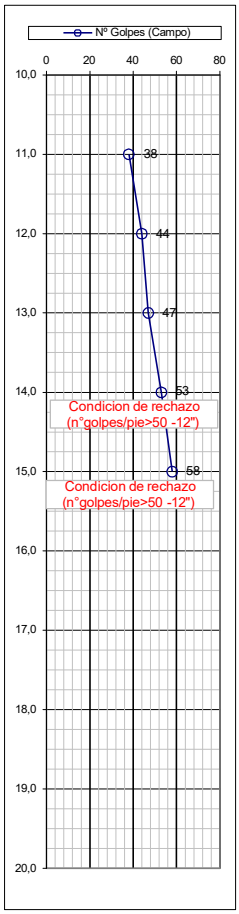
RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

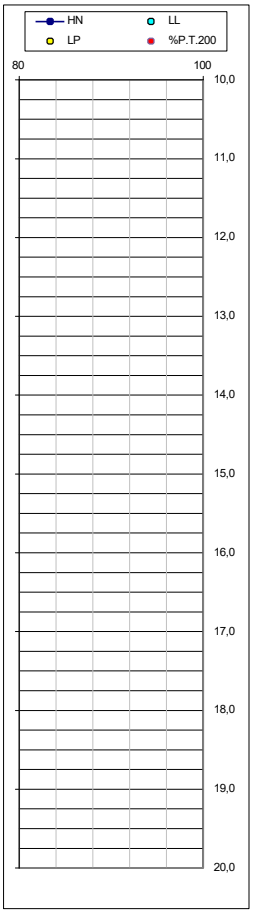
ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	**COLUMNA ESTRATIGRAFICA**	CODIGO : FM-113 VIGENCIA : NOV 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	25-ABRIL-24
		SONDEO :	9
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**NAF INICIAL:**	0,60 m
		NAF FINAL:	0,60 m
CLIENTE:	0	**TIPO DE PERFORACION:**	PERCUSION
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**MARTILLO:**	140 lb
		COORDENADAS:	10°54'57.21"N 74°45'33.82"O
		COTA:	

PROF. (m)	N.A.F	COLUMNA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	TIPO DE PERF.	% RECUPERACION	RQD (%)	CLASIFICACION (U.S.C.S)
11,00			**Arena limosa gris,** humedad alta, densa.	S.S.			
12,00				S.S.			
13,00				S.S.			
14,00				S.S.			
15,00				S.S.			
16,00			**FIN DE LA EXPLORACION.**				
17,00							
18,00							
19,00							
20,00							





OBSERVACION
%R: Porcentaje de Recobro.
RQD (Rock Quality Designation): Indice de calidad de la roca.
qu: resistencia a la compresion simple (penetrometro de bolsillo).
qu(*): resistencia a la compresion simple (compresion inconfinada)
CONVENCIONES
S.S. : SPLIT SPOON ; B(HQ): BARRENA HQ (D= 70mm)
Q-e. : Depositos eolicos (dunas y loes).
Q1-Sm. : Calizas arrecifales y terrigenas y arenas calcareas de grano fino a grueso.

Clasificacion de la calidad del macizo rocoso según el indice RQD

RQD	CALIDAD
<25	Muy Mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**RESUMEN ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-115
		VIGENCIA : NOV. 10/13
		VERSION : 2

FECHA:	ABRIL 2024	**No ESTUDIO:**	EST-025HDG-2024
PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"		
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO		
CLIENTE:	0		

SONDEO	PROFUNDIDAD cm	W%	LIMITES			γ t/m³	q_u kg/cm2	% QUE PASA								SUCS
			LL	LP	IP			3/4"	1/2"	3/8"	4	10	40	100	200	
SP-1	1,50-2,00	12,0	N.P	N.P	NP			100,0	100,0	100,0	100,0	98,0	30,5	10,2	6,5	SP-SM
SP-1	4,00-4,50	12,3	N.P	N.P	NP			100,0	100,0	100,0	100,0	97,7	28,8	7,6	4,7	SP-SM
SP-1	7,00-7,50	26,3	26,3	18,3	7,97			100,0	100,0	100,0	100,0	99,0	57,9	40,3	35,5	SC
SP-1	13,00-13,50	16,2	33,5	16,3	17,15			100,0	100,0	100,0	100,0	98,4	65,8	50,5	47,7	SC
SP-2	1,00-1,50	25,3	26,3	18,5	7,83			100,0	100,0	100,0	100,0	98,7	58,3	41,3	34,4	SC
SP-2	2,50-3,00	27,0	54,3	25,5	28,81	1,97	0,53	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	97,8	96,4	95,1	CH
SP-2	4,00-4,50	43,0	49,3	30,3	18,97			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	96,6	93,5	90,9	ML
SP-2	6,50-7,00	15,4	N.P	N.P	NP			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	49,2	23,6	15,7	SM
SP-3	1,50-2,00	26,9	53,3	23,5	29,75	1,91	0,55	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,4	97,3	95,2	CH
SP-3	2,50-3,00	26,5	54,0	23,6	30,38			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	97,9	96,4	95,5	CH
SP-3	4,00-4,50	14,8	N.P	N.P	NP			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	48,9	24,4	15,5	SM
SP-3	6,00-6,50	40,8	49,4	30,5	18,87			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	97,3	94,4	91,1	ML
SP-3	8,50-9,00	31,2	N.P	N.P	NP			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,8	86,9	48,9	SM
SP-3	10,50-11,00	30,5	N.P	N.P	NP			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,6	86,5	48,9	SM
SP-4	1,50-2,00	26,6	53,5	23,5	30,03	1,95		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	97,7	96,3	94,9	CH
SP-4	2,00-2,50	26,8	54,5	23,6	30,84		0,56	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,1	96,9	95,3	CH
SP-4	7,00-7,50	12,2	N.P	N.P	NP			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	18,2	9,9	6,8	SW-SM
SP-4	10,50-11,00	23,3	25,7	18,2	7,55			100,0	100,0	100,0	100,0	98,7	57,8	42,7	35,2	SC
SP-5	1,00-1,50	17,0	N.P	N.P	NP			100,0	94,1	82,2	49,3	65,3	39,5	23,2	14,2	GM
SP-5	4,00-4,50	40,8	49,9	30,7	19,20			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	97,1	94,3	90,3	ML
SP-5	6,00-6,50	24,4	25,7	18,3	7,40			100,0	100,0	100,0	100,0	98,5	58,2	41,6	34,2	SC
SP-5	9,00-9,50	32,4	N.P	N.P	NP			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,0	86,4	48,9	SM

Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**RESUMEN ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-115
		VIGENCIA : NOV. 10/13
		VERSION : 2

FECHA:	ABRIL 2024	**No ESTUDIO:**	EST-025HDG-2024
PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"		
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO		
CLIENTE:	0		

SONDEO	**PROFUNDIDAD**	**W%**	**LIMITES**			γ	q_u	**% QUE PASA**								**SUCS**
	cm		**LL**	**LP**	**IP**	**t/m³**	**kg/cm2**	**3/4"**	**1/2"**	**3/8"**	**4**	**10**	**40**	**100**	**200**	
SP-5	10,50-11,00	34,5	N.P	N.P	NP			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,3	86,2	48,4	SM
SP-5	12,00-12,50	17,9	33,5	16,8	16,71			100,0	100,0	100,0	100,0	97,9	66,3	50,4	48,2	SC

Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-1
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	4
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	1,50-2,00

GRADACION

P_1 = 136,2 g			PORCENTAJES (%)		
Tamiz		Reten			
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	2,7	2,0	2,0	98,0
40	0,420	92,0	67,5	69,5	30,5
100	0,149	27,6	20,3	89,8	10,2
200	0,074	5,1	3,7	93,5	6,5
FONDO			42,7		

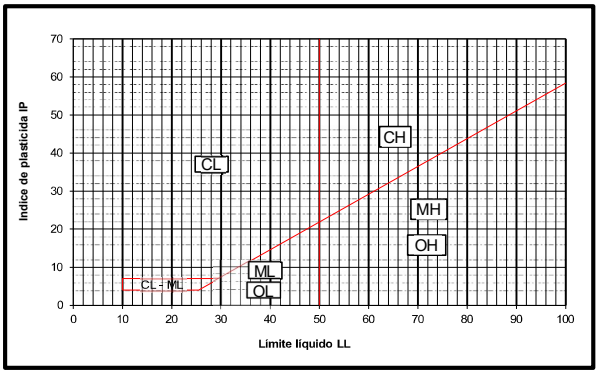
D_{10}	0,143 mm
D_{30}	0,410 mm
D_{60}	0,831 mm
Cc (Coef. Curvatura)	1,41
Cu (Coef. Uniformidad)	5,80

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	N.P
Límite Líquido	N.P
Indice de Plasticidad	NP

Humedad Natural	12,0

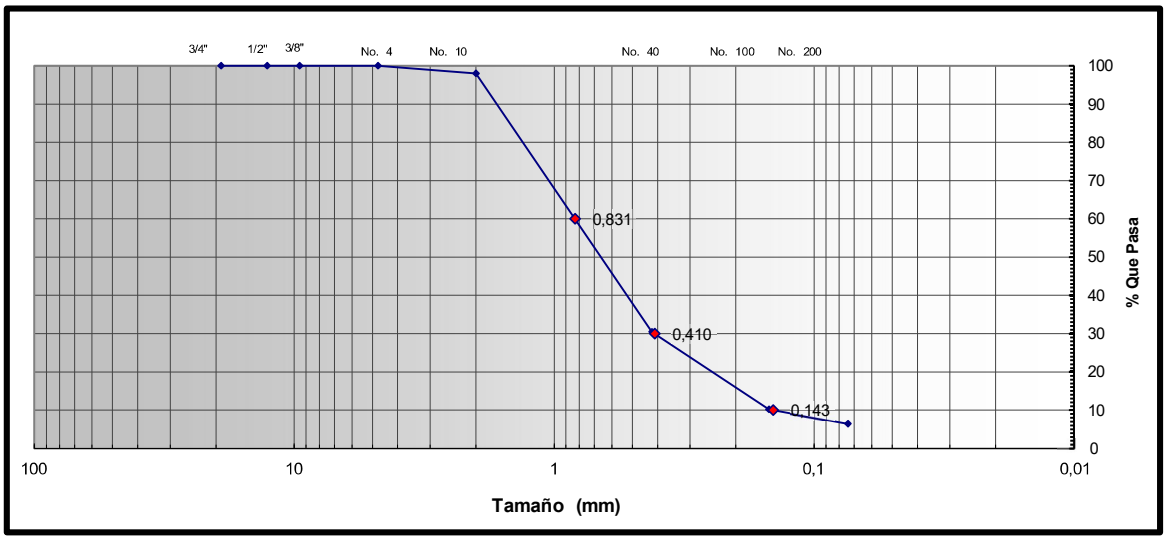


CLASIFICACION

U.S.C.	SP-SM

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	93,5	6,5

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-1
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	8
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	4,00-4,50

GRADACION

P_1 = 132,1 g

Tamiz		Reten	PORCENTAJES (%)		
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	3,0	2,3	2,3	97,7
40	0,420	91,0	68,9	71,2	28,8
100	0,149	28,0	21,2	92,4	7,6
200	0,074	3,9	3,0	95,3	4,7
FONDO			36,8		

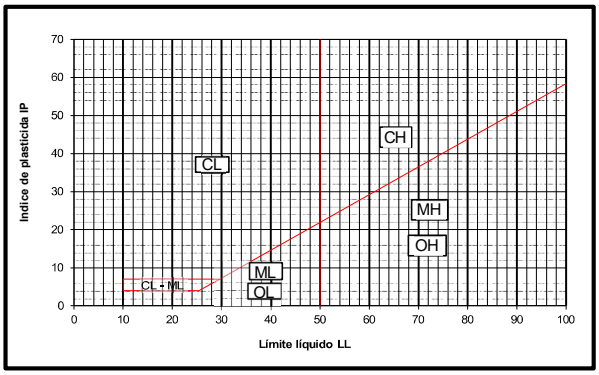
D_{10}	0,167 mm
D_{30}	0,431 mm
D_{60}	0,851 mm
Cc (Coef. Curvatura)	1,31
Cu (Coef. Uniformidad)	5,09

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	N.P
Límite Líquido	N.P
Indice de Plasticidad	NP

Humedad Natural	12,3

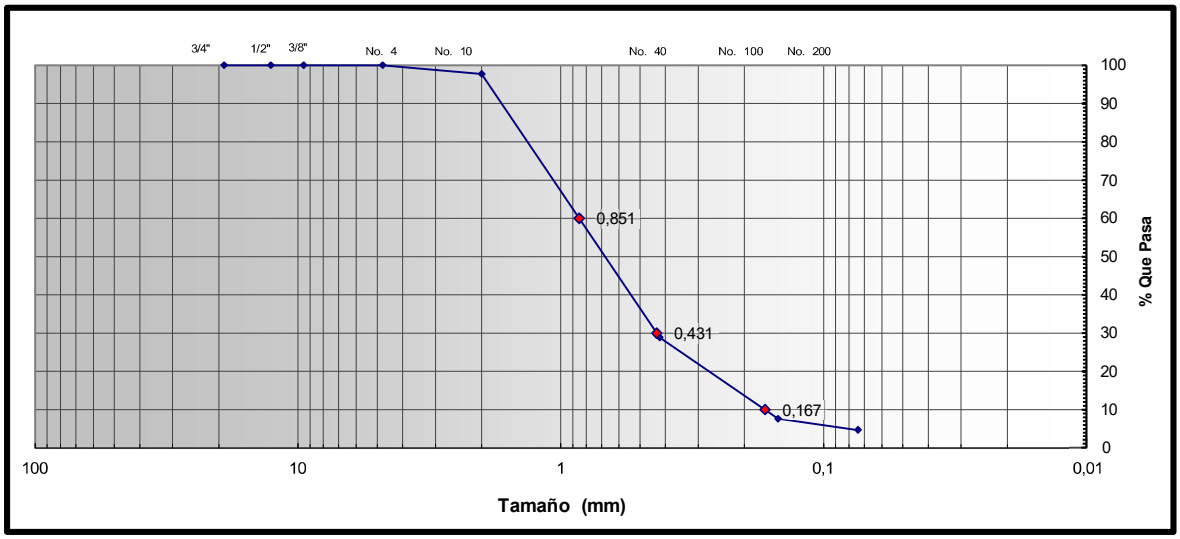


CLASIFICACION

U.S.C.	SP-SM

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	95,3	4,7

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-1
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	12
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	7,00-7,50

GRADACION

P_1 = 145,5 g

Tamiz		Reten	PORCENTAJES (%)		
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	1,5	1,0	1,0	99,0
40	0,420	59,7	41,0	42,1	57,9
100	0,149	25,7	17,7	59,7	40,3
200	0,074	7,0	4,8	64,5	35,5
FONDO			81,0		

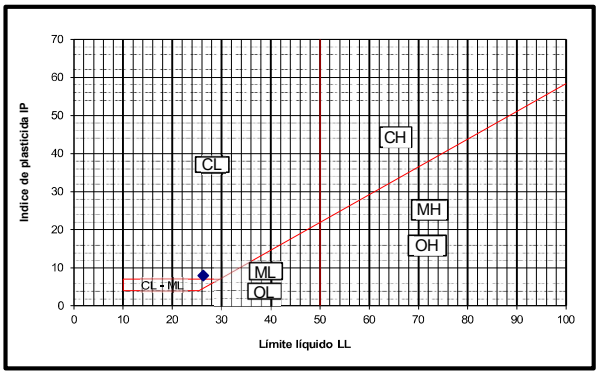
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	0,454 mm
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	18,3
Límite Líquido	26,3
Indice de Plasticidad	8,0

Humedad Natural	26,3

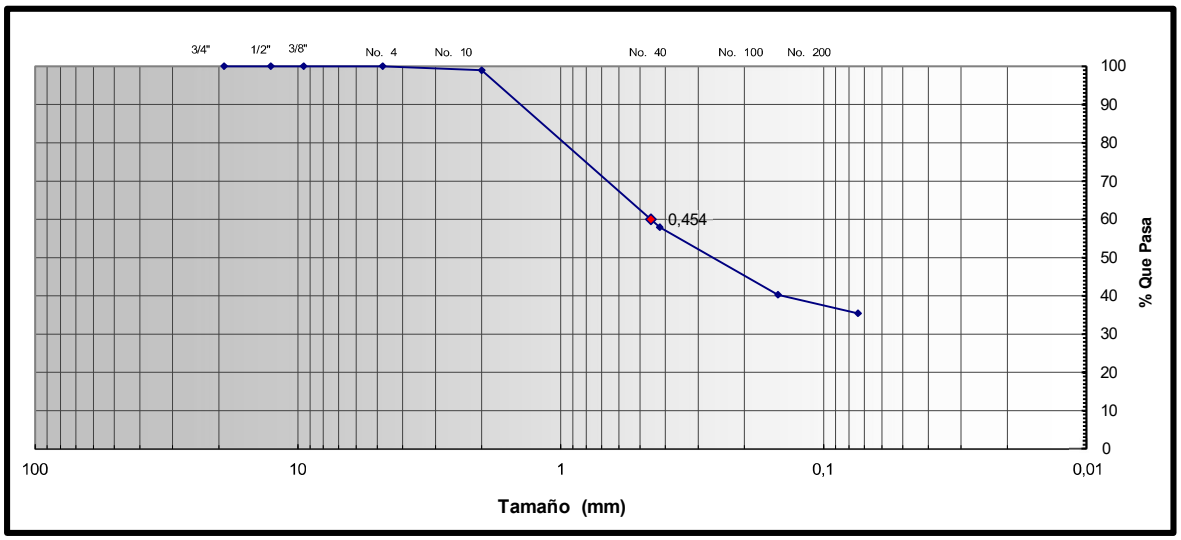


CLASIFICACION

U.S.C.	SC

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	64,5	35,5

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA	CODIGO : FM-114
		VIGENCIA : NOV. 10/13
		VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-1
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	18
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	13,00-13,50

GRADACION

P_1 = 186,4 g			PORCENTAJES (%)		
Tamiz		Reten			
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	3,0	1,6	1,6	98,4
40	0,420	60,8	32,6	34,2	65,8
100	0,149	28,5	15,3	49,5	50,5
200	0,074	5,2	2,8	52,3	47,7
FONDO			134,1		

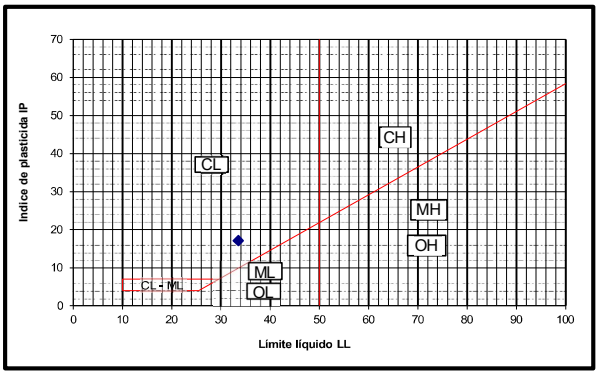
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	0,284 mm
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	16,3
Límite Líquido	33,5
Indice de Plasticidad	17,2

Humedad Natural	16,2

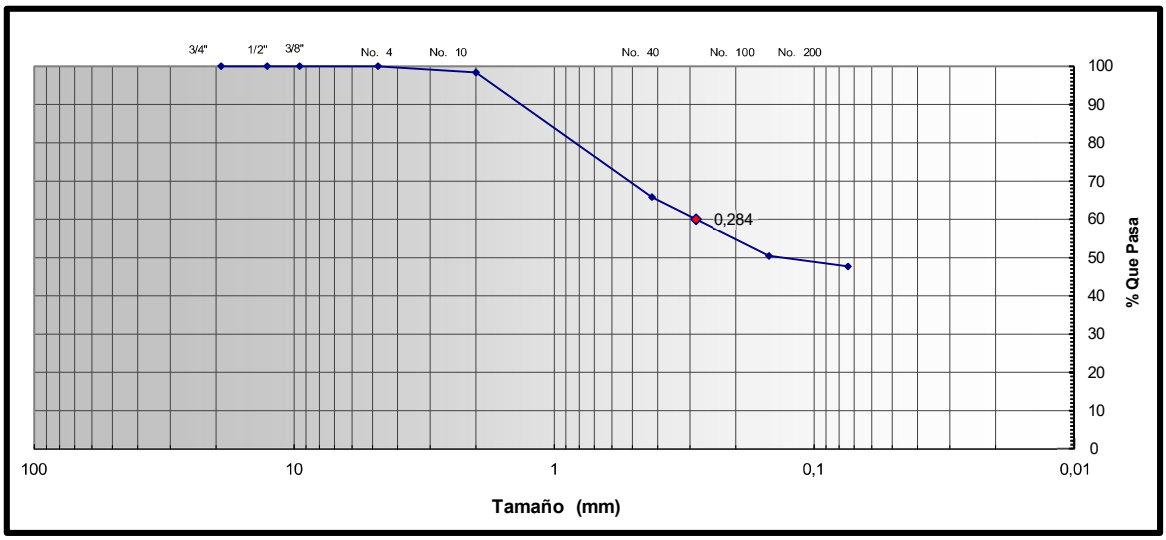


CLASIFICACION

U.S.C.	SC

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	52,3	47,7

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA	CODIGO : FM-114
		VIGENCIA : NOV. 10/13
		VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-2
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	3
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	1,00-1,50

GRADACION

P_1 = 130,3 g

Tamiz		Reten	PORCENTAJES (%)		
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	1,7	1,3	1,3	98,7
40	0,420	52,6	40,4	41,7	58,3
100	0,149	22,2	17,0	58,7	41,3
200	0,074	9,0	6,9	65,6	34,4
FONDO			64,7		

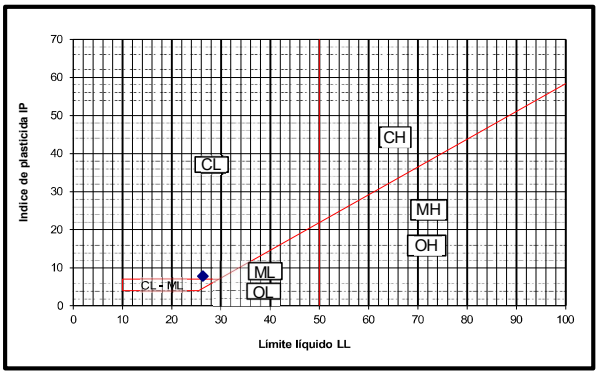
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	0,448 mm
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	18,5
Límite Líquido	26,3
Indice de Plasticidad	7,8

Humedad Natural	25,3

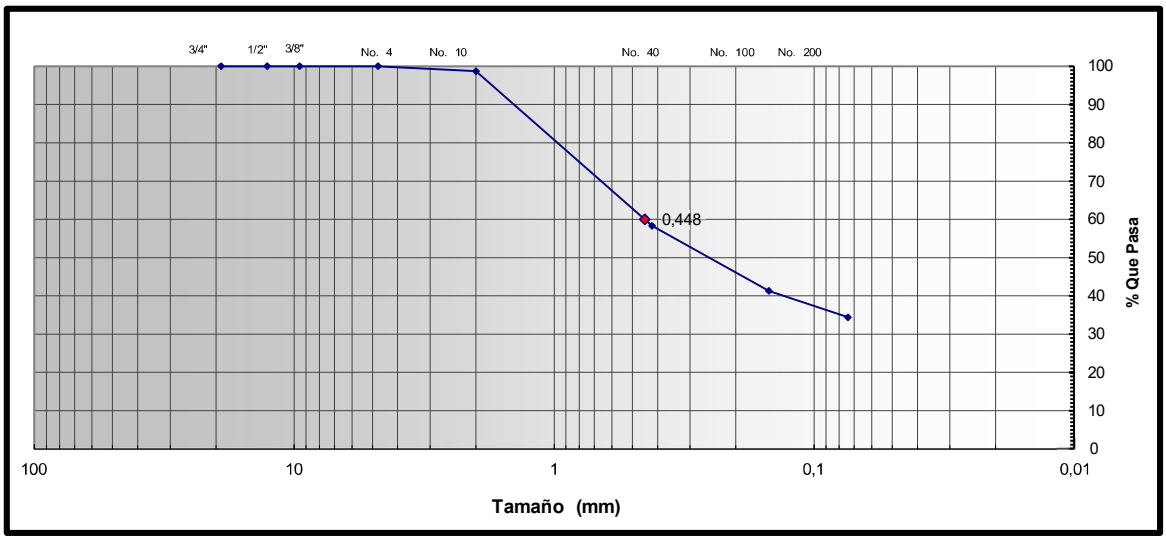


CLASIFICACION

U.S.C.	SC

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	65,6	34,4

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-2
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	5
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	2,50-3,00

GRADACION

P_1 = 114,9 g			PORCENTAJES (%)		
Tamiz		Reten			
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	2,5	2,2	2,2	97,8
100	0,149	1,6	1,4	3,6	96,4
200	0,074	1,5	1,3	4,9	95,1
FONDO			110,0		

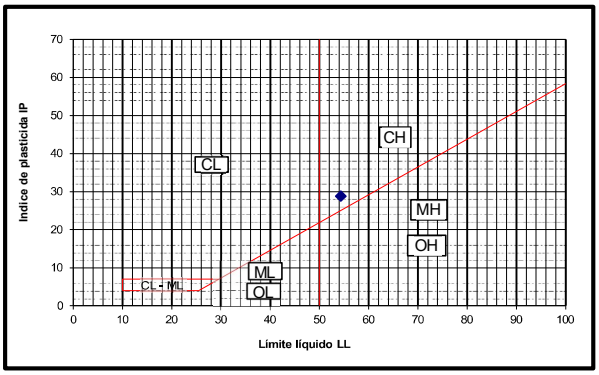
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	25,5
Límite Líquido	54,3
Indice de Plasticidad	28,8

Humedad Natural	27,0

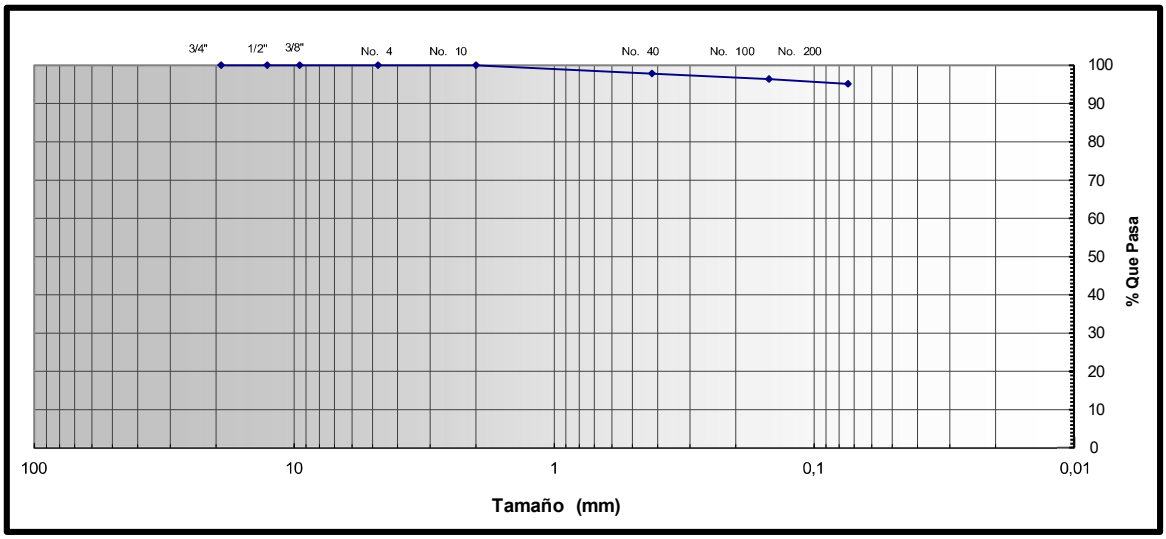


CLASIFICACION

U.S.C.	CH

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	4,9	95,1

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-2
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	6
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	4,00-4,50

GRADACION

P_1 = 120,7 g			PORCENTAJES (%)		
Tamiz		Reten			
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	4,1	3,4	3,4	96,6
100	0,149	3,7	3,1	6,5	93,5
200	0,074	3,2	2,7	9,1	90,9
FONDO			111,6		

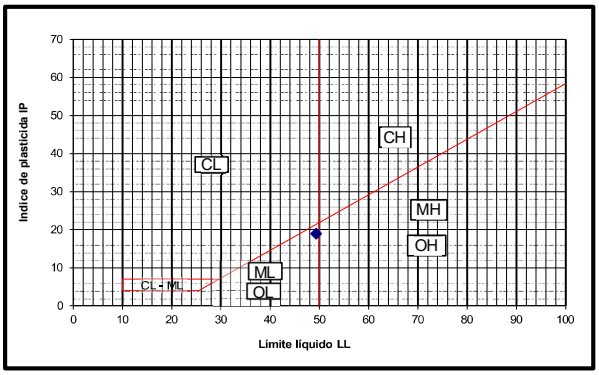
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	30,3
Límite Líquido	49,3
Indice de Plasticidad	19,0

Humedad Natural	43,0

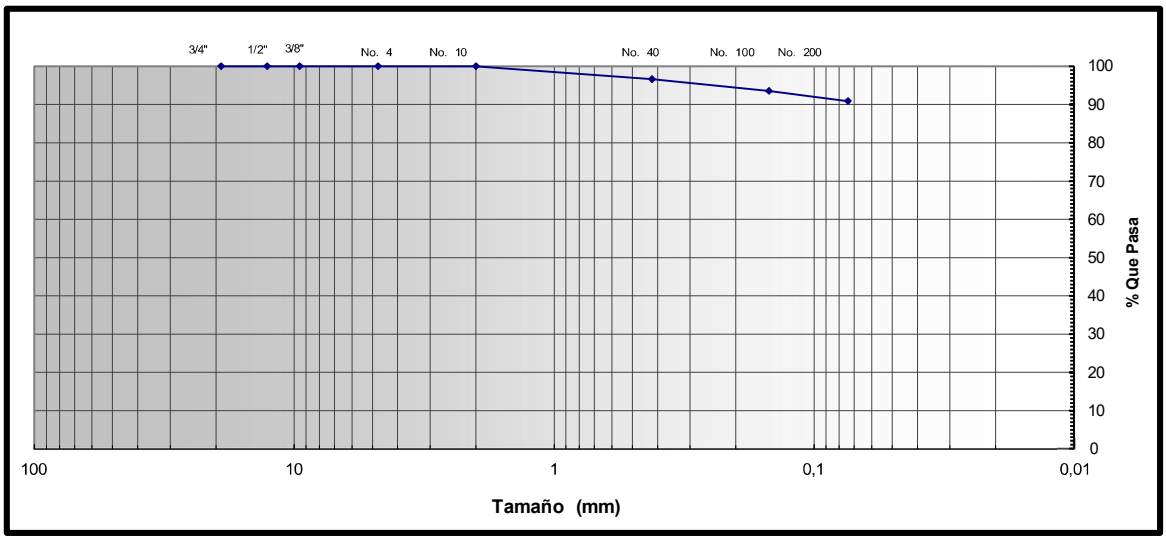


CLASIFICACION

U.S.C.	ML

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	9,1	90,9

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-2
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	9
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	6,50-7,00

GRADACION

P_1 = 152,4 g

Tamiz		Reten	PORCENTAJES (%)		
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	77,4	50,8	50,8	49,2
100	0,149	39,1	25,7	76,4	23,6
200	0,074	12,0	7,9	84,3	15,7
FONDO			68,1		

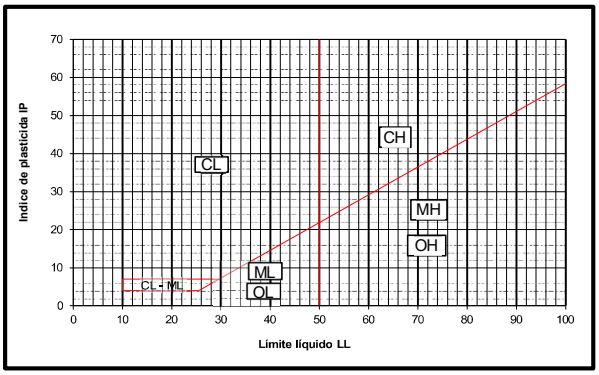
D_{10}	
D_{30}	0,193 mm
D_{60}	0,585 mm
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	N.P
Límite Líquido	N.P
Indice de Plasticidad	NP

Humedad Natural	15,4

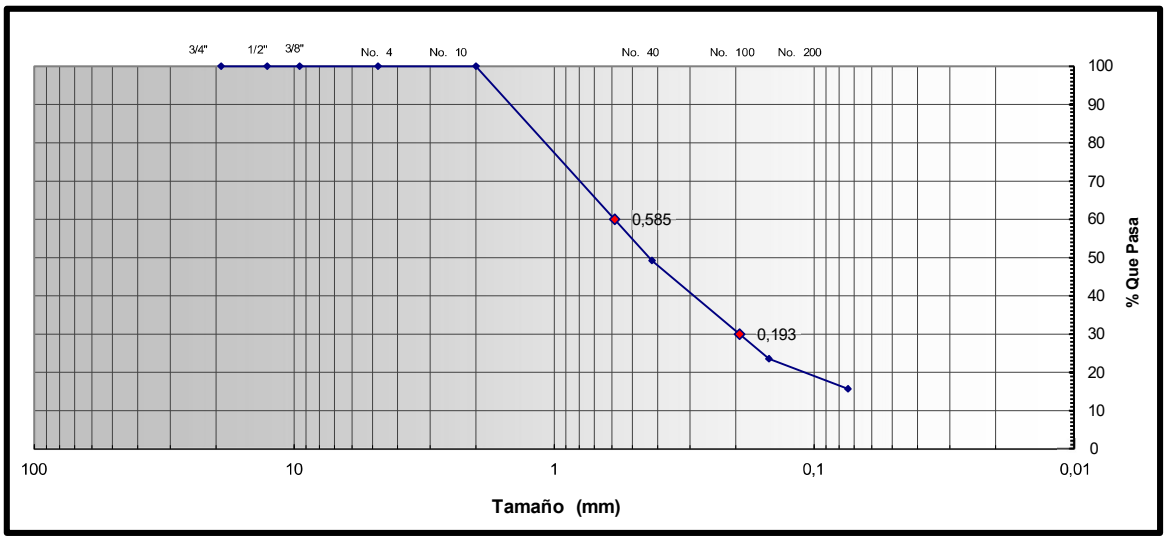


CLASIFICACION

U.S.C.	SM

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	84,3	15,7

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-3
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	4
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	1,50-2,00

GRADACION

P_1 = 121,4 g

Tamiz		Reten	PORCENTAJES (%)		
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	2,0	1,6	1,6	98,4
100	0,149	1,3	1,1	2,7	97,3
200	0,074	2,5	2,1	4,8	95,2
FONDO			116,6		

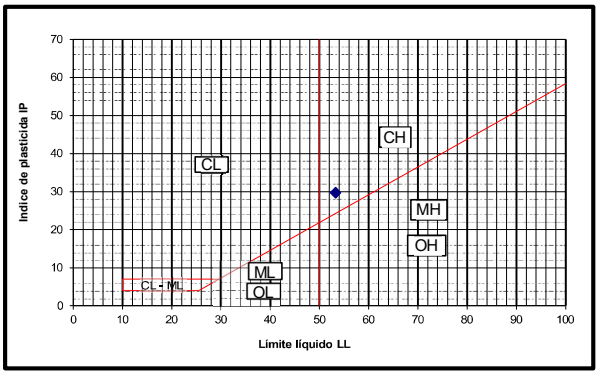
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	23,5
Límite Líquido	53,3
Indice de Plasticidad	29,8

Humedad Natural	26,9

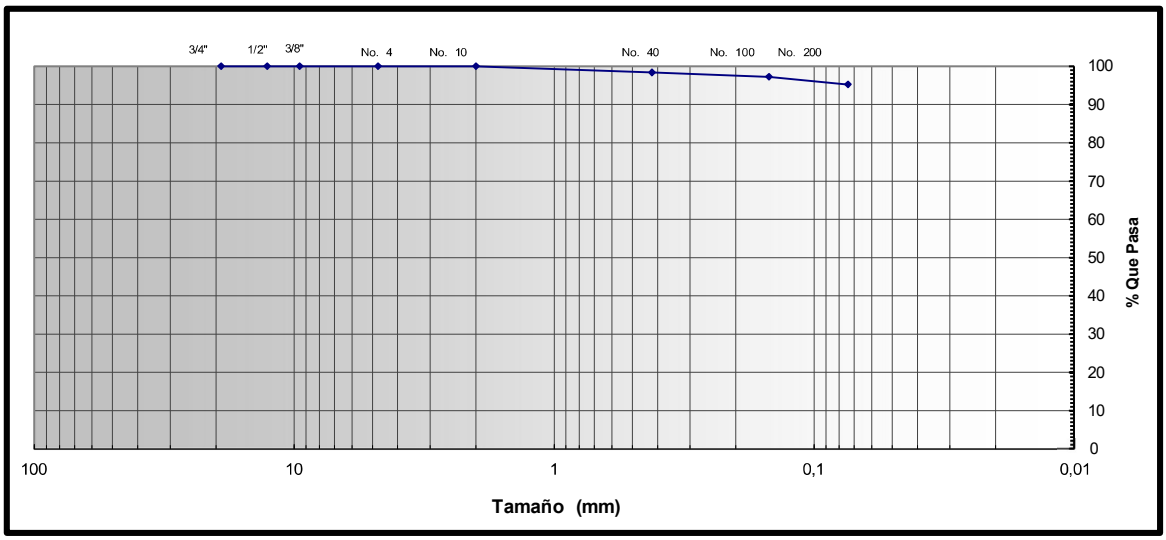


CLASIFICACION

U.S.C.	CH

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	4,8	95,2

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-3
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	6
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	2,50-3,00

GRADACION

P_1 = 121,9 g

Tamiz		Reten	PORCENTAJES (%)		
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	2,5	2,1	2,1	97,9
100	0,149	1,9	1,6	3,6	96,4
200	0,074	1,1	0,9	4,5	95,5
FONDO			117,4		

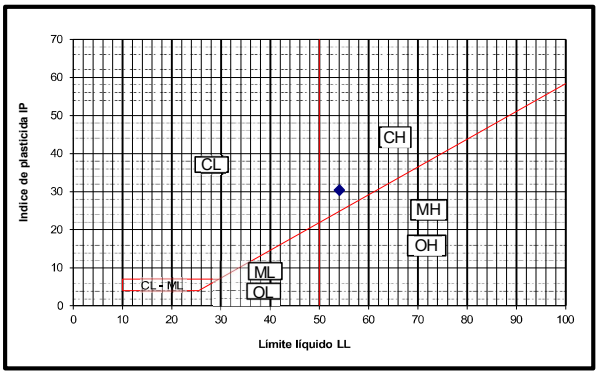
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	23,6
Límite Líquido	54,0
Indice de Plasticidad	30,4

Humedad Natural	26,5

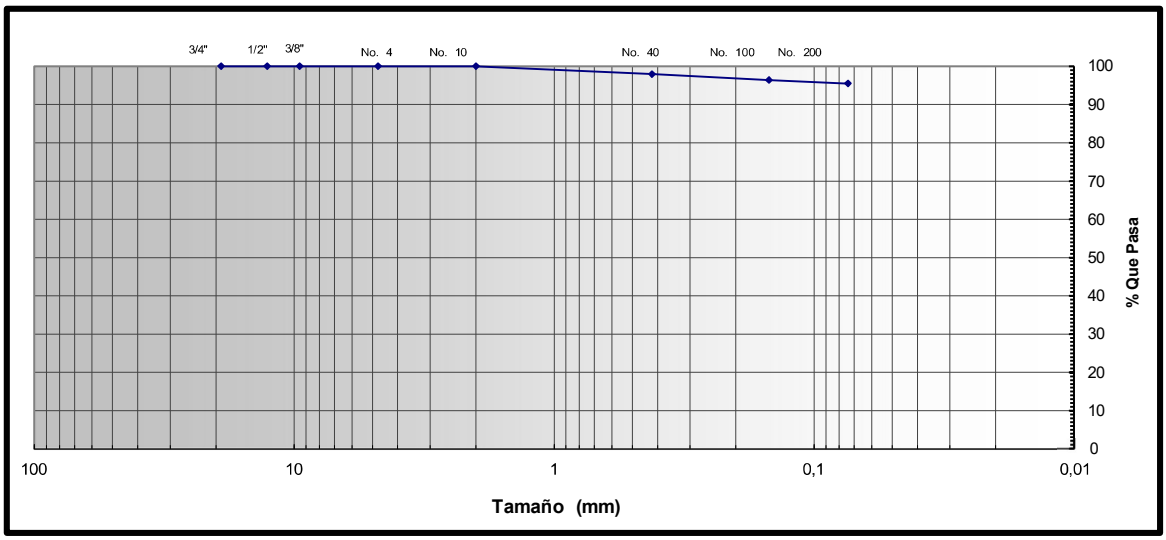


CLASIFICACION

U.S.C.	CH

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	4,5	95,5

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-3
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	8
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	4,00-4,50

GRADACION

P_1 = 126,3 g

Tamiz		Reten	PORCENTAJES (%)		
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	64,5	51,1	51,1	48,9
100	0,149	31,0	24,5	75,6	24,4
200	0,074	11,2	8,9	84,5	15,5
FONDO			41,8		

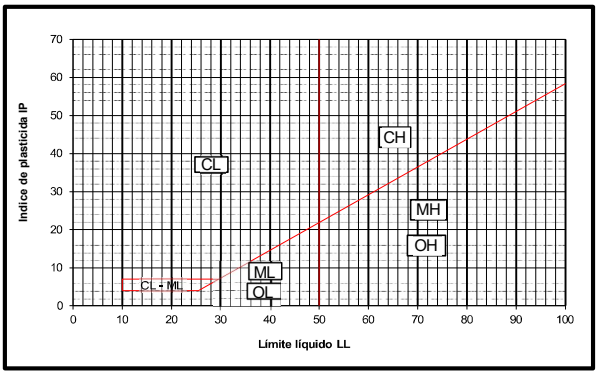
D_{10}	
D_{30}	0,189 mm
D_{60}	0,589 mm
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	N.P
Límite Líquido	N.P
Indice de Plasticidad	NP

Humedad Natural	14,8

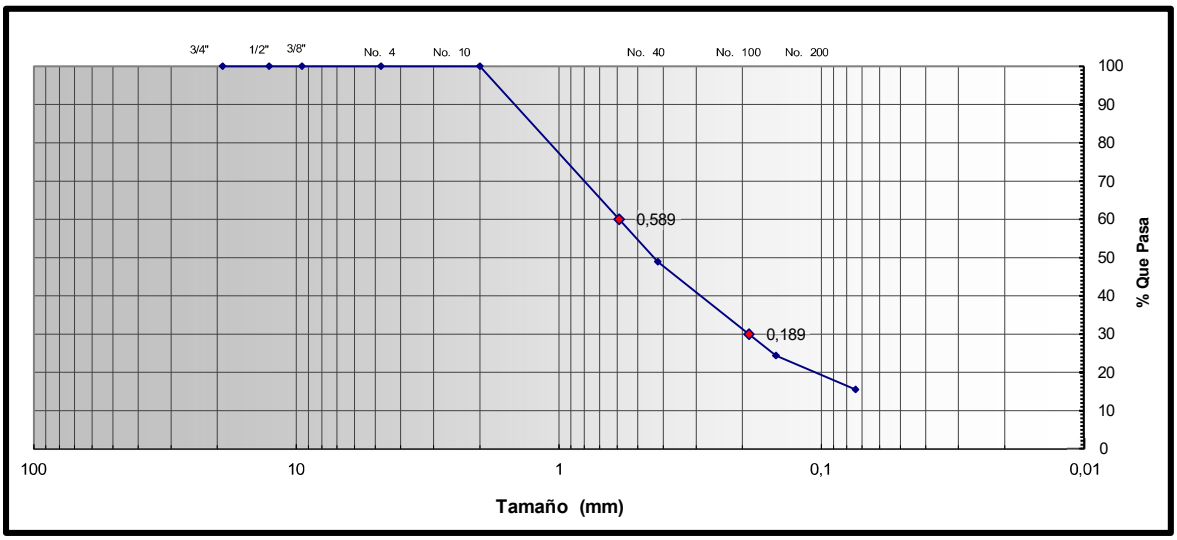


CLASIFICACION

U.S.C.	SM

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	84,5	15,5

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-3
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	11
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	6,00-6,50

GRADACION

P_1 = 115,3 g

Tamiz		Reten	PORCENTAJES (%)		
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	3,1	2,7	2,7	97,3
100	0,149	3,4	2,9	5,6	94,4
200	0,074	3,8	3,3	8,9	91,1
FONDO			106,4		

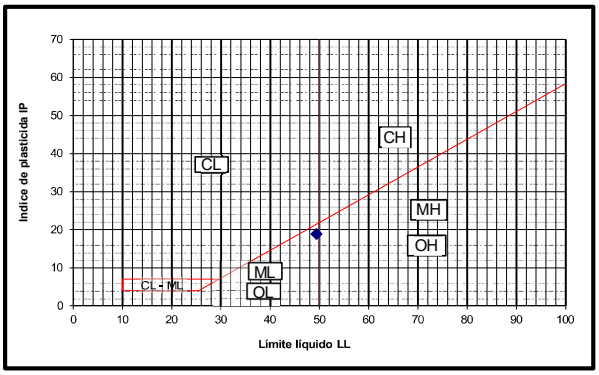
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	30,5
Límite Líquido	49,4
Indice de Plasticidad	18,9

Humedad Natural	40,8

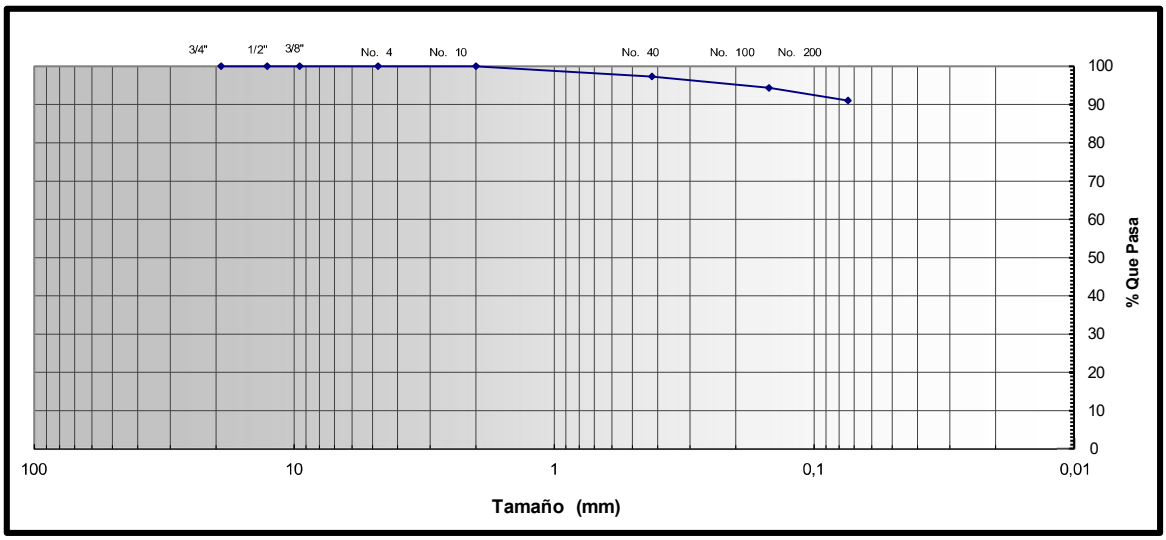


CLASIFICACION

U.S.C.	ML

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	8,9	91,1

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA	CODIGO : FM-114
		VIGENCIA : NOV. 10/13
		VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-3
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	14
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	8,50-9,00

GRADACION

P_1 = 134,5 g			PORCENTAJES (%)		
Tamiz		Reten			
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	8,4	6,2	6,2	93,8
100	0,149	9,2	6,8	13,1	86,9
200	0,074	51,1	38,0	51,1	48,9
FONDO			83,4		

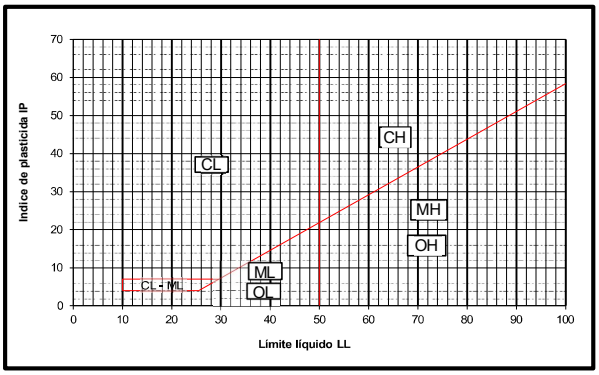
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	0,091 mm
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	N.P
Límite Líquido	N.P
Indice de Plasticidad	NP

Humedad Natural	31,2

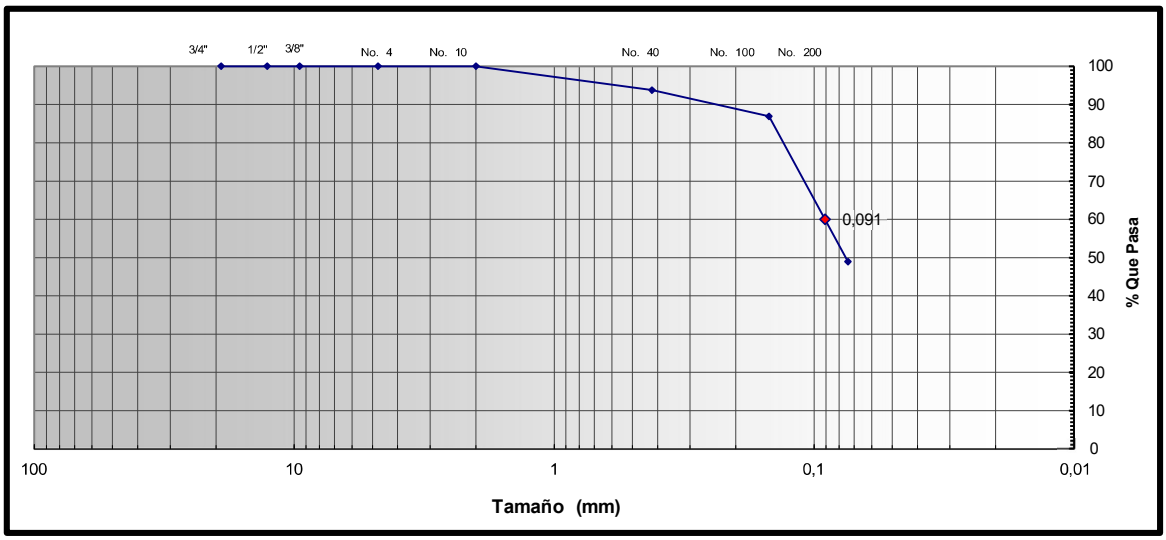


CLASIFICACION

U.S.C.	SM

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	51,1	48,9

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-3
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	16
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	10,50-11,00

GRADACION

P_1 = 141,2 g

Tamiz		Reten	PORCENTAJES (%)		
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	7,6	5,4	5,4	94,6
100	0,149	11,5	8,1	13,5	86,5
200	0,074	53,1	37,6	51,1	48,9
FONDO			90,1		

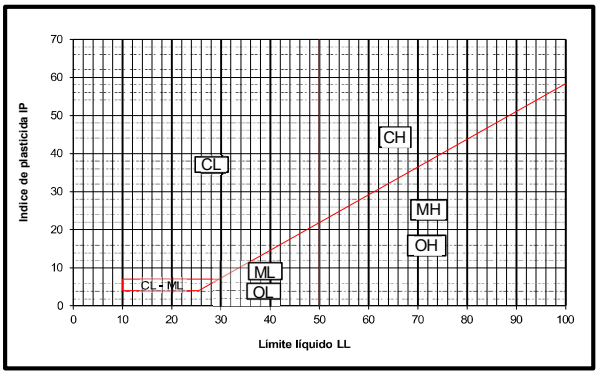
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	0,091 mm
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	N.P
Límite Líquido	N.P
Indice de Plasticidad	NP

Humedad Natural	30,5

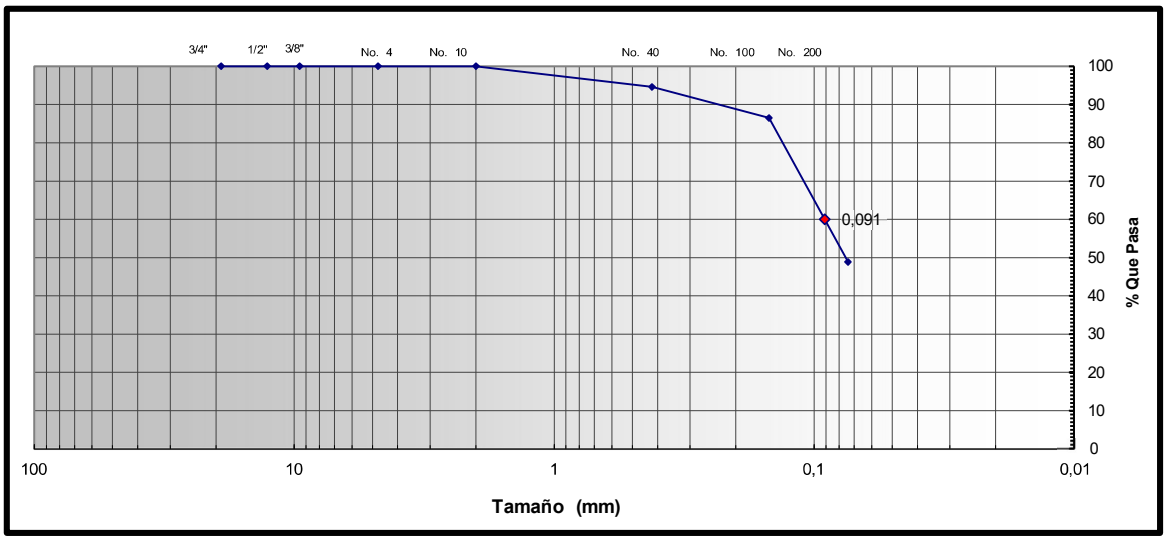


CLASIFICACION

U.S.C.	SM

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	51,1	48,9

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-4
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	3
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	1,50-2,00

GRADACION

P_1 = 118,3 g

Tamiz		Reten	PORCENTAJES (%)		
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	2,7	2,3	2,3	97,7
100	0,149	1,7	1,4	3,7	96,3
200	0,074	1,6	1,4	5,1	94,9
FONDO			113,2		

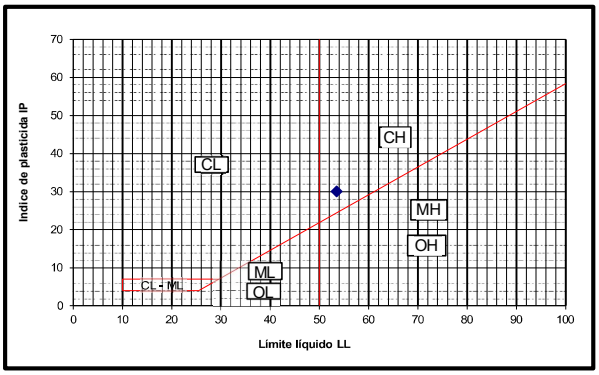
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	23,5
Límite Líquido	53,5
Indice de Plasticidad	30,0

Humedad Natural	26,6

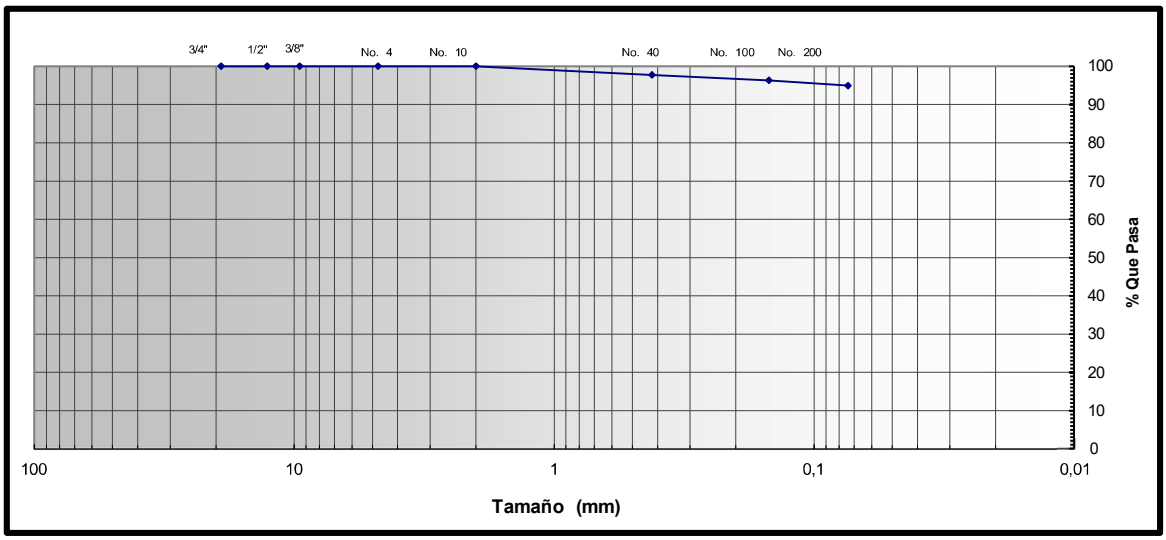


CLASIFICACION

U.S.C.	CH

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	5,1	94,9

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-4
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	5
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	2,00-2,50

GRADACION

P_1 = 121,9 g

Tamiz		Reten	PORCENTAJES (%)		
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	2,3	1,9	1,9	98,1
100	0,149	1,5	1,2	3,1	96,9
200	0,074	1,9	1,6	4,7	95,3
FONDO			117,2		

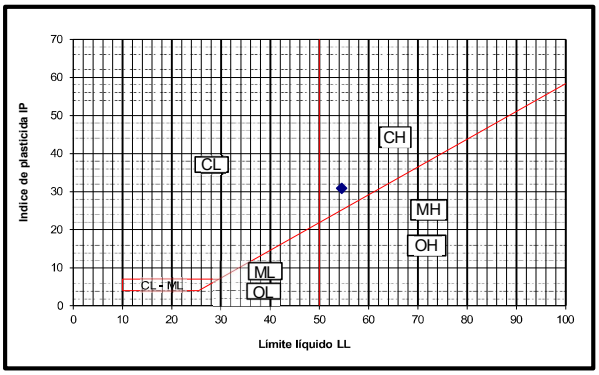
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	23,6
Límite Líquido	54,5
Indice de Plasticidad	30,8

Humedad Natural	26,8

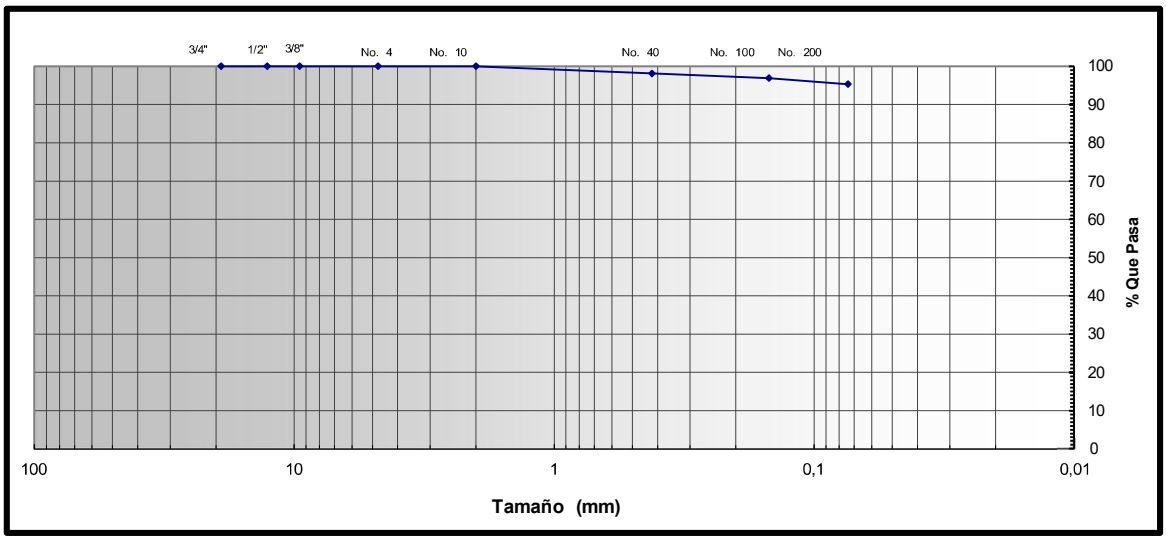


CLASIFICACION

U.S.C.	CH

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	4,7	95,3

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-4
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	12
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	7,00-7,50

GRADACION

P_1 = 122,6 g

Tamiz		Reten	PORCENTAJES (%)		
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	100,3	81,8	81,8	18,2
100	0,149	10,2	8,3	90,1	9,9
200	0,074	3,8	3,1	93,2	6,8
FONDO			29,4		

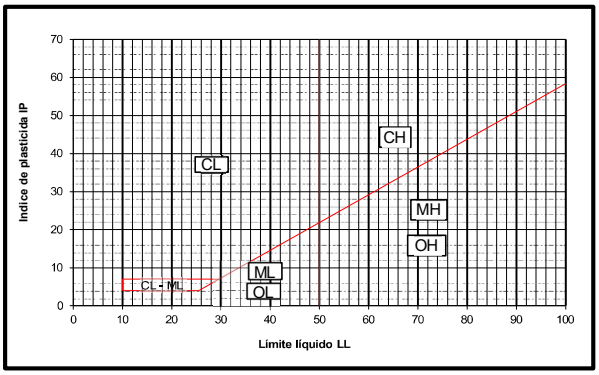
D_{10}	0,151 mm
D_{30}	0,526 mm
D_{60}	0,932 mm
Cc (Coef. Curvatura)	1,96
Cu (Coef. Uniformidad)	6,16

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	N.P
Límite Líquido	N.P
Indice de Plasticidad	NP

Humedad Natural	12,2

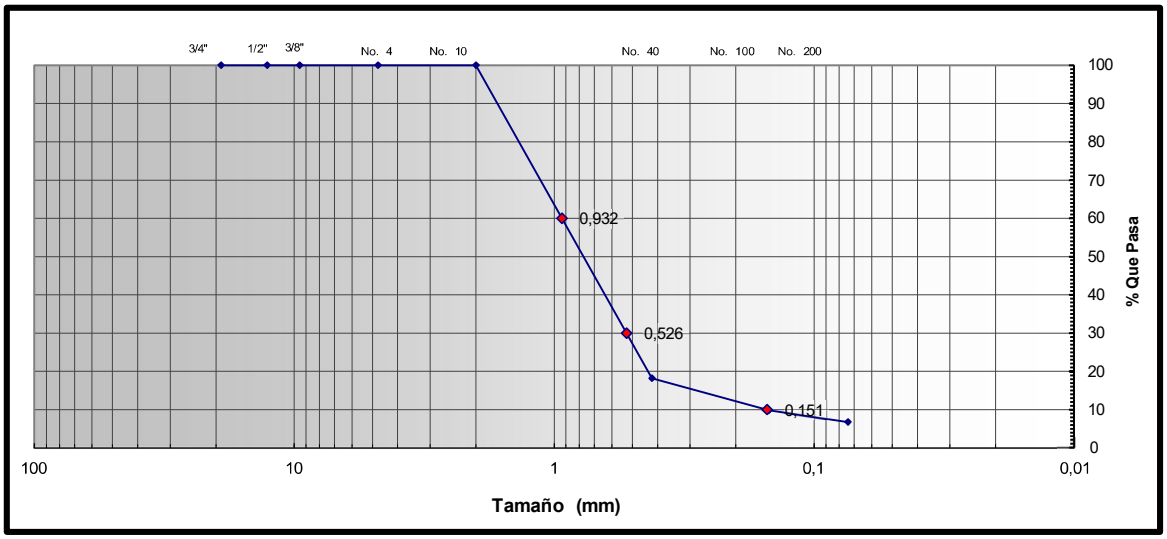


CLASIFICACION

U.S.C.	SW-SM

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	93,2	6,8

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA	CODIGO : FM-114
		VIGENCIA : NOV. 10/13
		VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-4
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	15
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	10,50-11,00

GRADACION

P_1 = 143,3 g			PORCENTAJES (%)		
Tamiz		Reten			
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	1,8	1,3	1,3	98,7
40	0,420	58,7	41,0	42,2	57,8
100	0,149	21,6	15,1	57,3	42,7
200	0,074	10,8	7,5	64,8	35,2
FONDO			78,5		

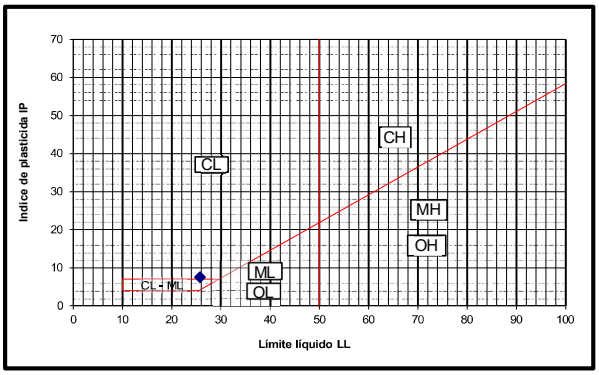
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	0,457 mm
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	18,2
Límite Líquido	25,7
Indice de Plasticidad	7,6

Humedad Natural	23,3

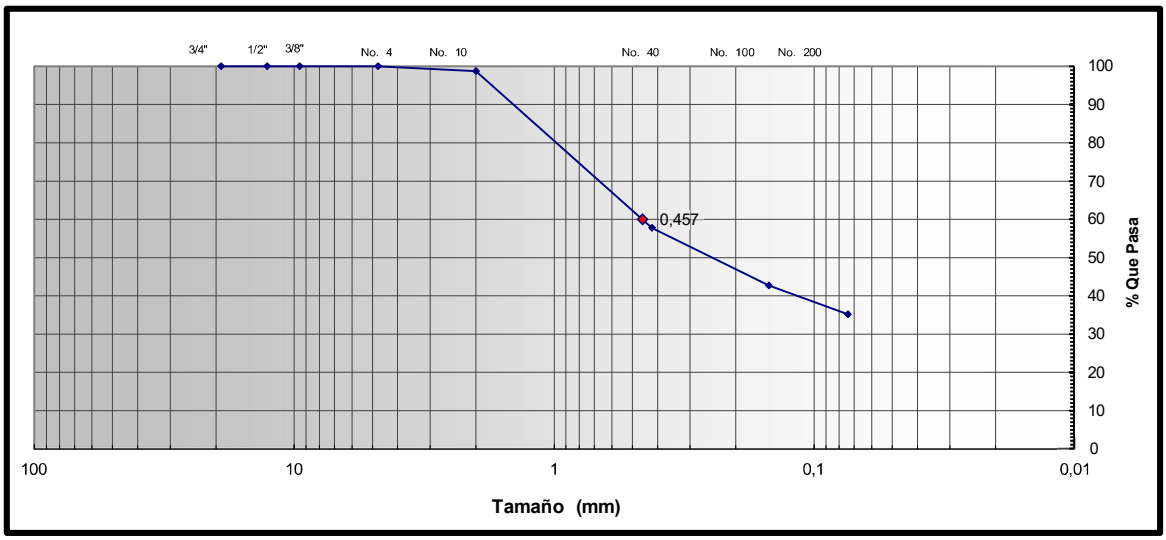


CLASIFICACION

U.S.C.	SC

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	64,8	35,2

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-5
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	3
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	1,00-1,50

GRADACION

P_1 = 252,2 g			PORCENTAJES (%)		
Tamiz		Reten			
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	14,8	5,9	5,9	94,1
3/8"	9,520	30,2	12,0	17,8	82,2
4	4,760	82,8	32,8	50,7	49,3
10	2,000	-40,4	-16,0	34,7	65,3
40	0,420	65,3	25,9	60,5	39,5
100	0,149	41,1	16,3	76,8	23,2
200	0,074	22,6	9,0	85,8	14,2
FONDO			166,4		

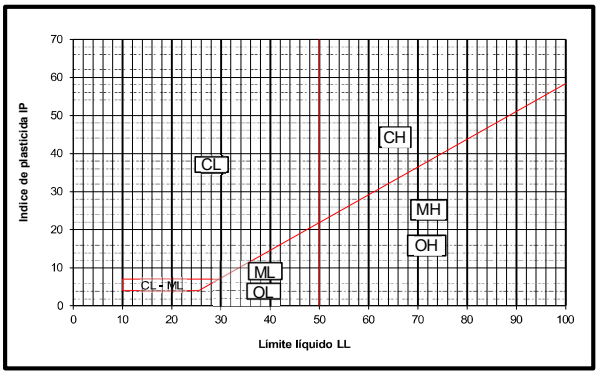
D_{10}	
D_{30}	0,230 mm
D_{60}	1,885 mm
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	N.P
Límite Líquido	N.P
Indice de Plasticidad	NP

Humedad Natural	17,0

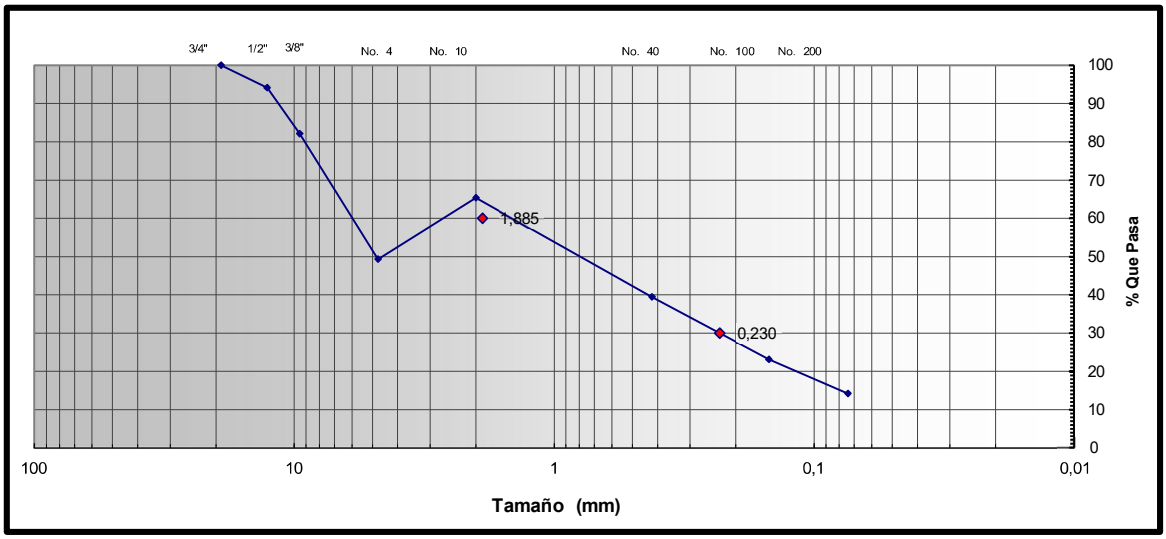


CLASIFICACION

U.S.C.	GM

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
50,7	35,1	14,2

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-5
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	8
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	4,00-4,50

GRADACION

P_1 = 148,3 g

Tamiz		Reten	PORCENTAJES (%)		
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	4,3	2,9	2,9	97,1
100	0,149	4,2	2,8	5,7	94,3
200	0,074	5,9	4,0	9,7	90,3
FONDO			138,6		

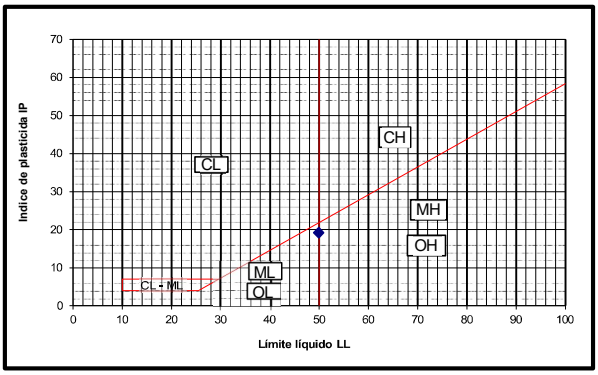
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	30,7
Límite Líquido	49,9
Indice de Plasticidad	19,2

Humedad Natural	40,8

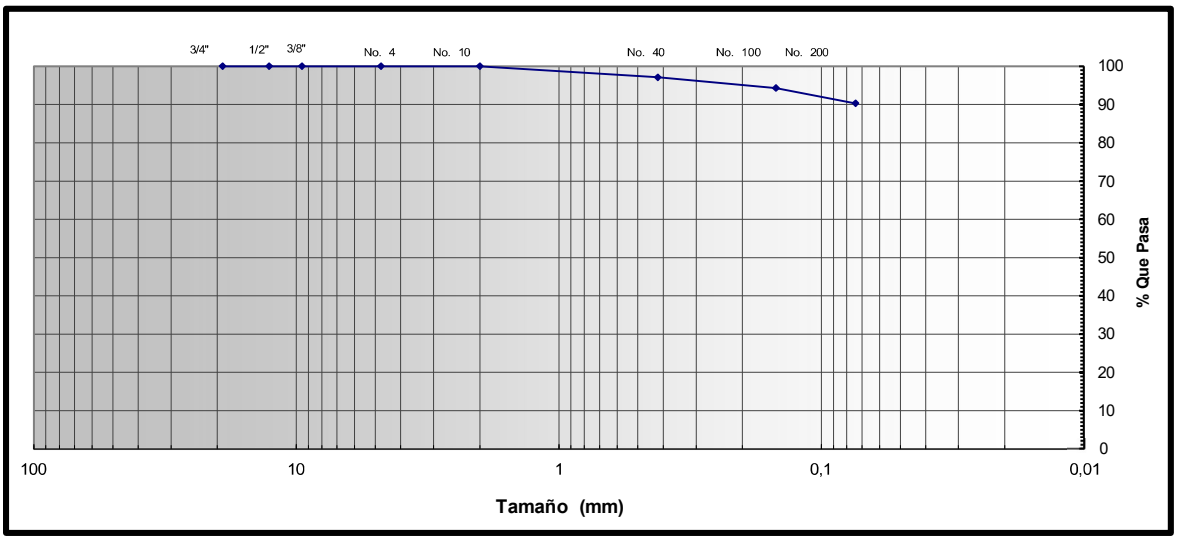


CLASIFICACION

U.S.C.	ML

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	9,7	90,3

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA	CODIGO : FM-114
		VIGENCIA : NOV. 10/13
		VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-5
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	10
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	6,00-6,50

GRADACION

P_1 = 136,7 g			PORCENTAJES (%)		
Tamiz		Reten			
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	2,0	1,5	1,5	98,5
40	0,420	55,1	40,3	41,8	58,2
100	0,149	22,8	16,7	58,4	41,6
200	0,074	10,0	7,3	65,8	34,2
FONDO			70,9		

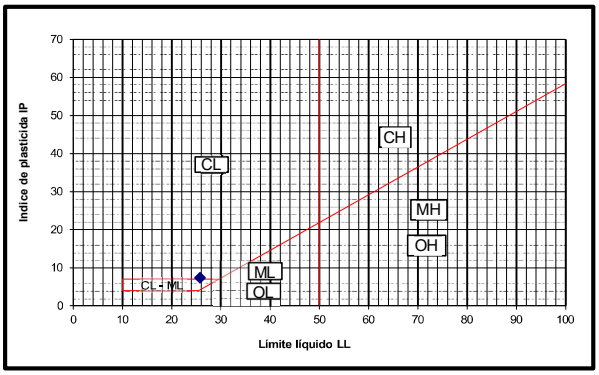
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	0,450 mm
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	18,3
Límite Líquido	25,7
Indice de Plasticidad	7,4

Humedad Natural	24,4

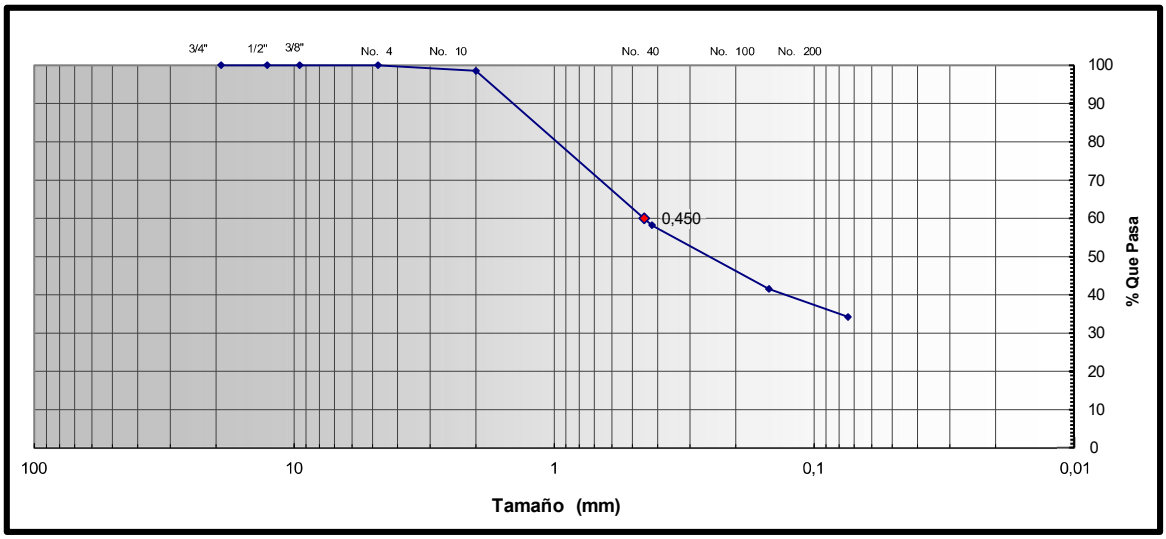


CLASIFICACION

U.S.C.	SC

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	65,8	34,2

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-5
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	13
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	9,00-9,50

GRADACION

P_1 = 145,2 g			PORCENTAJES (%)		
Tamiz		Reten			
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	10,1	7,0	7,0	93,0
100	0,149	9,6	6,6	13,6	86,4
200	0,074	54,5	37,5	51,1	48,9
FONDO			94,1		

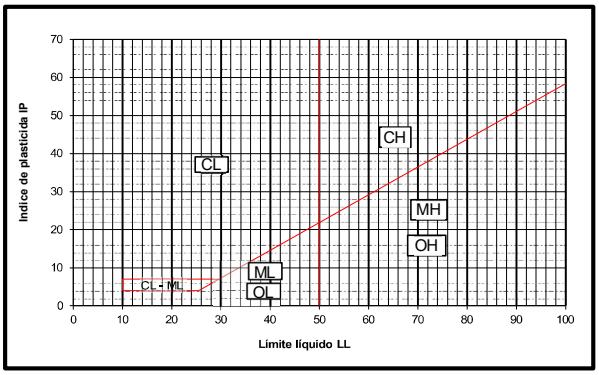
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	0,091 mm
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	N.P
Límite Líquido	N.P
Indice de Plasticidad	NP

Humedad Natural	32,4

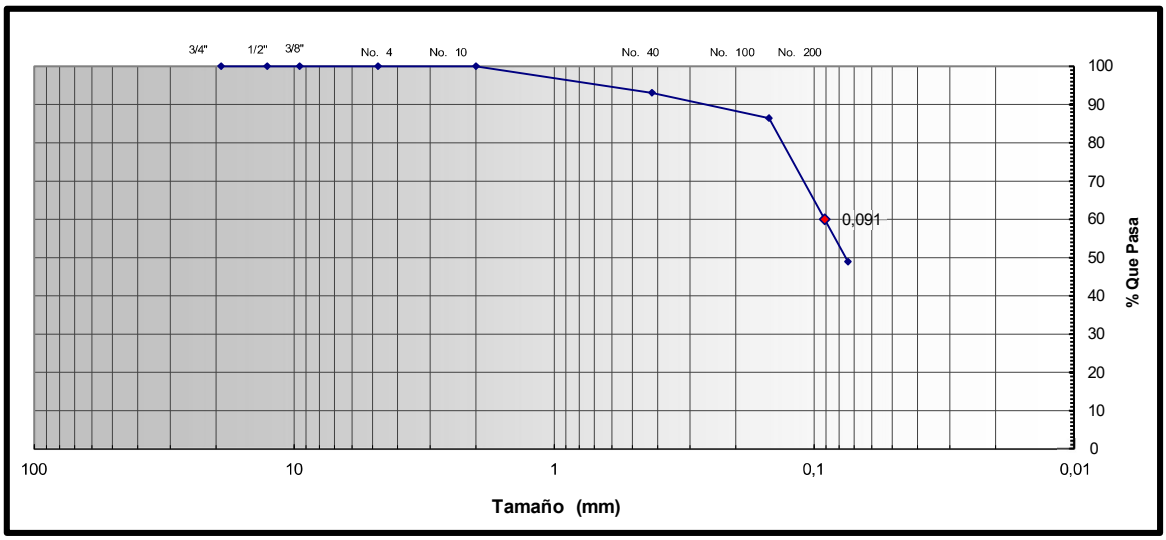


CLASIFICACION

U.S.C.	SM

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	51,1	48,9

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL CONSULTING SAS	**ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**	CODIGO : FM-114 VIGENCIA : NOV. 10/13 VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-5
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	14
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	10,50-11,00

GRADACION

P_1 = 132,6 g

Tamiz		Reten	PORCENTAJES (%)		
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
40	0,420	8,9	6,7	6,7	93,3
100	0,149	9,4	7,1	13,8	86,2
200	0,074	50,1	37,8	51,6	48,4
FONDO			81,0		

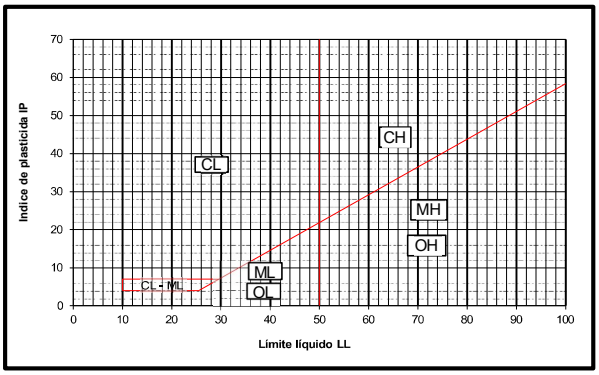
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	0,092 mm
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	N.P
Límite Líquido	N.P
Indice de Plasticidad	NP

Humedad Natural	34,5

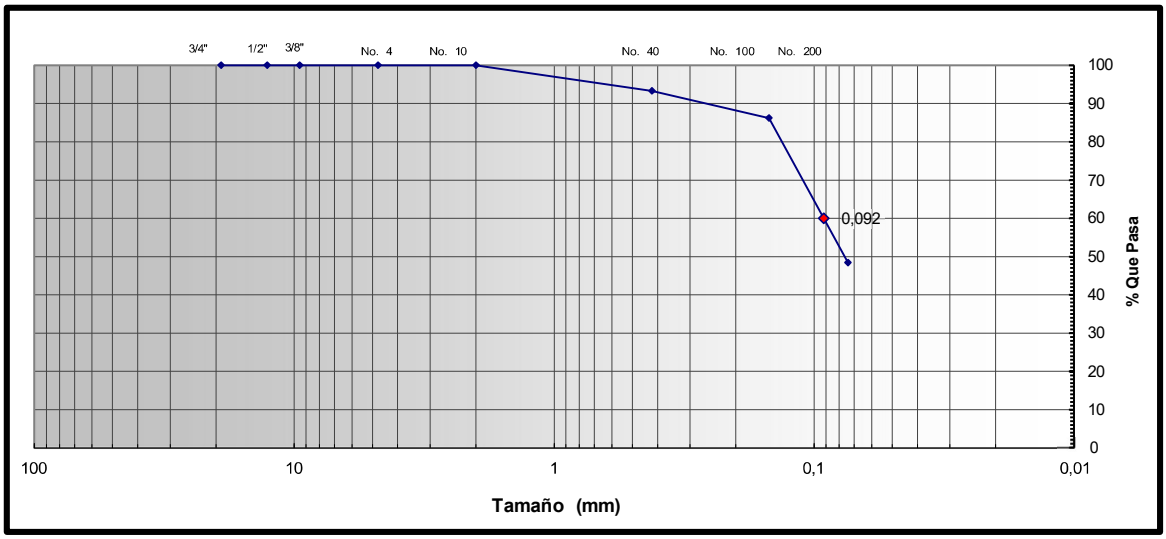


CLASIFICACION

U.S.C.	SM

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	51,6	48,4

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOTECHNICAL	ENSAYO DE GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA	CODIGO : FM-114
		VIGENCIA : NOV. 10/13
		VERSION : 2

PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"	**FECHA:**	ABRIL 2024
LOCALIZACION:	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	**SONDEO :**	SP-5
CLIENTE:	0	**MUESTRA:**	15
No ESTUDIO:	EST-025HDG-2024	**PROFUNDIDAD:**	12,00-12,50

GRADACION

P_1 = 131,3 g			PORCENTAJES (%)		
Tamiz		Reten			
Pulg./No.	(mm)	(g)	Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,520	0,0	0,0	0,0	100,0
4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
10	2,000	2,7	2,1	2,1	97,9
40	0,420	41,6	31,7	33,7	66,3
100	0,149	20,8	15,8	49,6	50,4
200	0,074	2,9	2,2	51,8	48,2
FONDO			79,5		

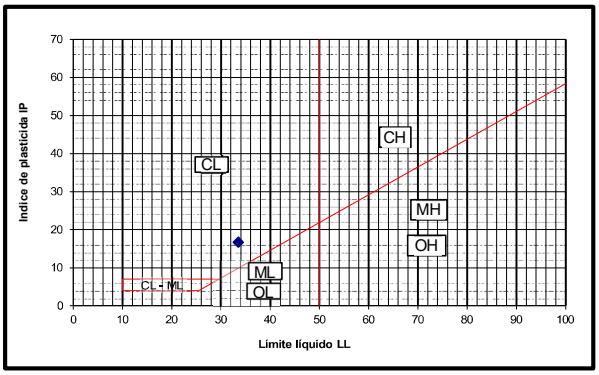
D_{10}	
D_{30}	
D_{60}	0,279 mm
Cc (Coef. Curvatura)	
Cu (Coef. Uniformidad)	

OBSERVACIONES

RESULTADOS DE CONSISTENCIA

Límite Plástico	16,8
Límite Líquido	33,5
Indice de Plasticidad	16,7

Humedad Natural	17,9

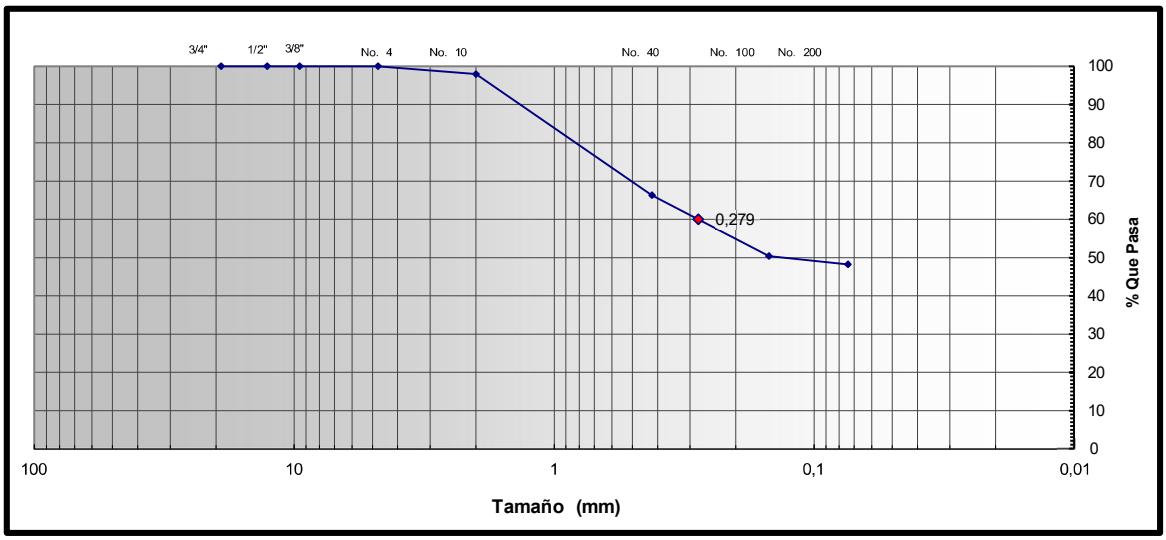


CLASIFICACION

U.S.C.	SC

GRAVAS(%)	ARENAS(%)	PASA No 200(%)
0,0	51,8	48,2

CURVA GRANULOMETRICA



ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	Ing. Henry Daniel Garcia

GEOCONSULTING S.A.S.

ESTUDIOS DE SUELOS, DISEÑOS VIALES, CONSTRUCCION OBRAS EN GEOTECNIA, INTERVENTERORIAS

	ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA	CODIGO :	FM-116
		VIGENCIA :	NOV. 10/13
		VERSION :	2

1. ESTUDIO DE SUELO No:
025HDG-2024

2. EMPRESA SOLICITANTE:

3. NOMBRE DEL ENSAYO
Ensayo de Compresión inconfinada

4. OBJETIVO DEL ENSAYO:
Determinar la resistencia a la compresíon inconfinada de suelos cohesivos bajo condiciones inalteradas, aplicando carga axial.

5. NORMAS DE REFERENCIA:
I.N.V.E. - 152

6. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:
Según norma I.N.V.E. - 152

7. DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS

MUESTRA No.	SP-2 2,50-3,00MTS
DESCRIPCIÓN	ARCILLA LIMOSA CON ALGO DE ARENA
LOCALIZACION	SOLEDAD - ATLANTICO

8. RESULTADOS:

Diametro	3,60	cm
Area (Ao)	10,18	cm^2
Altura inicial, (Ho)	7,40	cm
Volumen	75,32	cm^3
Peso (Muestra Humeda)	151,2	g
DENSIDAD HUMEDA	19,69	kN/m^3

A = Peso (Recipiente + Suelo Humedo):		g	
B = Peso (Recipiente + Suelo Seco) :		g	
C = Peso (Recipiente):		g	
D = Peso (Suelo Seco) = B - C		g	
E = Peso (Agua) = A - B		g	
F = Humedad = E / D		g	

%Pasa 200	95,13
LL (%)	54,32
LP (%)	23,51
IP (%)	30,81
Wn (%)	27
S.U.C.S.	CH

GEOCONSULTING S.A.S.

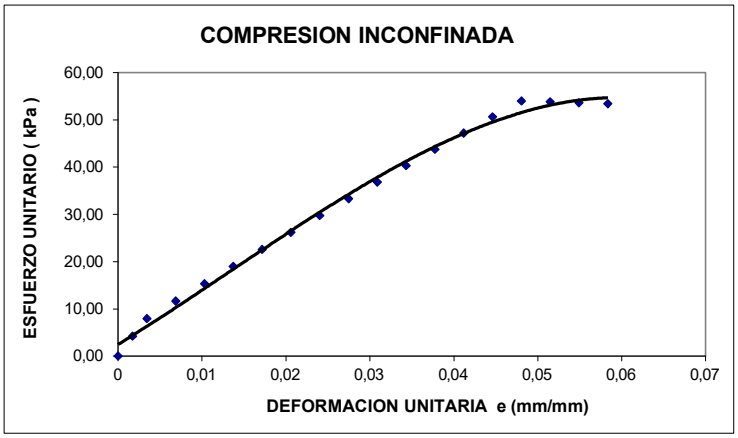
ESTUDIOS DE SUELOS, DISEÑOS VIALES, CONSTRUCCION OBRAS EN GEOTECNIA, INTERVENTERORIAS

Lectura del anillo L.D.A	Lectura del Deformimetro x 10^{-3}	Carga (kgr)	Deformacion de la Muestra DL (mm)	Deformacion Unitaria DL/Lo	Area (1- e)	Area Corregida A´ (cm^2)	Esfuerzo sobre la Muestra (kPa)
0	0	0	0	0	0	10,18	0,00
0,5	5	0,4395	0,1270	0,00172	0,998	10,20	4,22
1	10	0,8290	0,2540	0,00343	0,997	10,21	7,95
1,5	20	1,2184	0,5080	0,00686	0,993	10,25	11,65
2	30	1,6078	0,7620	0,01030	0,990	10,28	15,32
2,5	40	1,9972	1,0160	0,01373	0,986	10,32	18,96
3	50	2,3866	1,2700	0,01716	0,983	10,36	22,58
3,5	60	2,7759	1,5240	0,02059	0,979	10,39	26,18
4	70	3,1652	1,7780	0,02403	0,976	10,43	29,74
4,5	80	3,5545	2,0320	0,02746	0,973	10,47	33,28
5	90	3,9438	2,2860	0,03089	0,969	10,50	36,80
5,5	100	4,3330	2,5400	0,03432	0,966	10,54	40,29
6	110	4,7223	2,7940	0,03776	0,962	10,58	43,75
6,5	120	5,1115	3,0480	0,04119	0,959	10,62	47,19
7	130	5,5006	3,3020	0,04462	0,955	10,65	50,60
7,5	140	5,8898	3,5560	0,04805	0,952	10,69	53,98
7,5	150	5,8898	3,8100	0,05149	0,949	10,73	53,79
7,5	160	5,8898	4,0640	0,05492	0,945	10,77	53,59
7,5	170	5,8898	4,3180	0,05835	0,942	10,81	53,40

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea Atencia	Ing. Henry D. Garcia

GEOCONSULTING S.A.S.

ESTUDIOS DE SUELOS, DISEÑOS VIALES, CONSTRUCCION OBRAS EN GEOTECNIA, INTERVENTERORIAS



RESISTENCIA DE LA COMPRESÍON INCONFINADA qu = 53,98 kPa COHESÍON : 26,99 kPa

CONSISTENCIA DEL SUELO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA	
	kg/cm2	kPa
Muy Blanda	< 0,25	< 25
Blanda	0,25 - 0,50	25 - 50
Mediana	0,50 - 1,00	50 - 100
Firme	1,00 - 2,00	100 - 200
Muy Firme	2,00 - 4,00	200 - 400
Dura	> 4,00	> 400

9. OBSERVACIONES:

10. PRUEBAS REALIZADAS POR:
LABORATORISTA EMEL SALAS
11. FECHA DE REALIZACIÓN DE PRUEBAS:
ABRIL 2024

Ing. HENRY D. GARCIA

Ingeniero de Proyectos GEOCONSULTING S.A.S.

ESTE CERTIFICADO EXPRESA FIELMENTE EL RESULTADO DE LAS PRUEBAS REALIZADAS. PUEDE SER REPRODUCIDO TOTALMENTE, PERO NO PARCIALMENTE, EXCEPTO CUANDO SE HAYA OBTENIDO PERMISO POR ESCRITO DEL LABORATORIO QUE
LOS RESULTADOS CONTENIDOS EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN AL MOMENTO Y CONDICIONES EN QUE SE REALIZARON LAS PRUEBAS, Y SON VÁLIDOS UNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS IDENTIFICADAS Y DESCRITAS PREVIAMENTE EN EL NUMERAL

GEOCONSULTING S.A.S.

ESTUDIOS DE SUELOS, DISEÑOS VIALES, CONSTRUCCION OBRAS EN GEOTECNIA, INTERVENTERORIAS

	ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA	CODIGO :	FM-116
		VIGENCIA :	NOV. 10/13
		VERSION :	2

1. ESTUDIO DE SUELO No:
025HDG-2024

2. EMPRESA SOLICITANTE:

3. NOMBRE DEL ENSAYO
Ensayo de Compresión inconfinada

4. OBJETIVO DEL ENSAYO:
Determinar la resistencia a la compresíon inconfinada de suelos cohesivos bajo condiciones inalteradas, aplicando carga axial.

5. NORMAS DE REFERENCIA:
I.N.V.E. - 152

6. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:
Según norma I.N.V.E. - 152

7. DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS

MUESTRA No.	SP-3 1,50-2,00MTS
DESCRIPCIÓN	ARCILLA LIMOSA CON PRESENCIA DE ARENA
LOCALIZACION	SOLEDAD - ATLANTICO

8. RESULTADOS:

Diametro	3,60	cm
Area (Ao)	10,18	cm^2
Altura inicial, (Ho)	7,21	cm
Volumen	73,39	cm^3
Peso (Muestra Humeda)	142,9	g
DENSIDAD HUMEDA	19,10	kN/m^3

A = Peso (Recipiente + Suelo Humedo):		g	
B = Peso (Recipiente + Suelo Seco) :		g	
C = Peso (Recipiente):		g	
D = Peso (Suelo Seco) = B - C		g	
E = Peso (Agua) = A - B		g	
F = Humedad = E / D		g	

%Pasa 200	95,27
LL (%)	53,25
LP (%)	23,5
IP (%)	29,75
Wn (%)	26,94
S.U.C.S.	CH

GEOCONSULTING S.A.S.

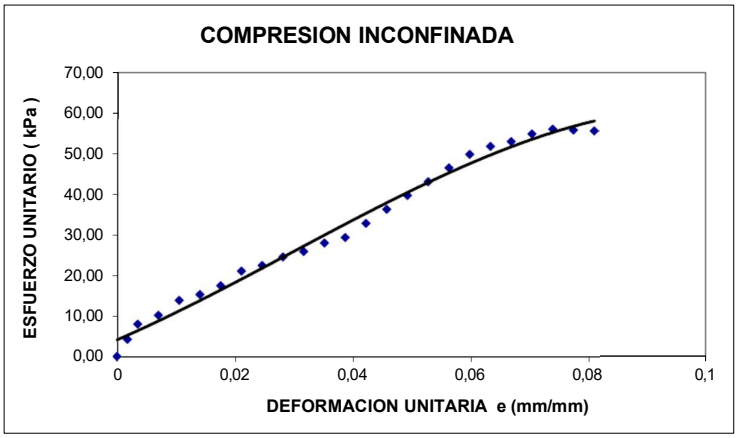
ESTUDIOS DE SUELOS, DISEÑOS VIALES, CONSTRUCCION OBRAS EN GEOTECNIA, INTERVENTERORIAS

Lectura del anillo L.D.A	Lectura del Deformimetro x 10^{-3}	Carga (kgr)	Deformacion de la Muestra DL (mm)	Deformacion Unitaria DL/Lo	Area (1- e)	Area Corregida A´ (cm^2)	Esfuerzo sobre la Muestra (kPa)
0	0	0	0	0	0	10,18	0,00
0,5	5	0,4395	0,1270	0,00176	0,998	10,20	4,22
1	10	0,8290	0,2540	0,00352	0,996	10,21	7,95
1,3	20	1,0626	0,5080	0,00705	0,993	10,25	10,16
1,8	30	1,4520	0,7620	0,01057	0,989	10,29	13,83
2	40	1,6078	1,0160	0,01409	0,986	10,32	15,26
2,3	50	1,8414	1,2700	0,01761	0,982	10,36	17,42
2,8	60	2,2308	1,5240	0,02114	0,979	10,40	21,02
3	70	2,3866	1,7780	0,02466	0,975	10,44	22,41
3,3	80	2,6202	2,0320	0,02818	0,972	10,47	24,52
3,5	90	2,7759	2,2860	0,03171	0,968	10,51	25,88
3,8	100	3,0095	2,5400	0,03523	0,965	10,55	27,95
4	110	3,1652	2,7940	0,03875	0,961	10,59	29,29
4,5	120	3,5545	3,0480	0,04227	0,958	10,63	32,78
5	130	3,9438	3,3020	0,04580	0,954	10,67	36,23
5,5	140	4,3330	3,5560	0,04932	0,951	10,71	39,66
6	150	4,7223	3,8100	0,05284	0,947	10,75	43,06
6,5	160	5,1115	4,0640	0,05637	0,944	10,79	46,44
7	170	5,5006	4,3180	0,05989	0,940	10,83	49,79
7,3	180	5,7341	4,5720	0,06341	0,937	10,87	51,71
7,5	190	5,8898	4,8260	0,06693	0,933	10,91	52,91
7,8	200	6,1233	5,0800	0,07046	0,930	10,95	54,80
8	210	6,2789	5,3340	0,07398	0,926	10,99	55,98
8	220	6,2789	5,5880	0,07750	0,922	11,03	55,77
8	230	6,2789	5,8420	0,08103	0,919	11,08	55,55

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea Atencia	Ing. Henry D. Garcia

GEOCONSULTING S.A.S.

ESTUDIOS DE SUELOS, DISEÑOS VIALES, CONSTRUCCION OBRAS EN GEOTECNIA, INTERVENTERORIAS



RESISTENCIA DE LA COMPRESÍON INCONFINADA qu = 55,98 kPa COHESÍON : 27,99 kPa

CONSISTENCIA DEL SUELO	RESISTENCIA A LA COMPRESÍON INCONFINADA	
	kg/cm2	kPa
Muy Blanda	< 0,25	< 25
Blanda	0,25 - 0,50	25 - 50
Mediana	0,50 - 1,00	50 - 100
Firme	1,00 - 2,00	100 - 200
Muy Firme	2,00 - 4,00	200 - 400
Dura	> 4,00	> 400

9. OBSERVACIONES:

10. PRUEBAS REALIZADAS POR:
LABORATORISTA EMEL SALAS
11. FECHA DE REALIZACIÓN DE PRUEBAS:
ABRIL 2024

Ing. HENRY D. GARCIA

Ingeniero de Proyectos GEOCONSULTING S.A.S.

ESTE CERTIFICADO EXPRESA FIELMENTE EL RESULTADO DE LAS PRUEBAS REALIZADAS. PUEDE SER REPRODUCIDO TOTALMENTE, PERO NO PARCIALMENTE, EXCEPTO CUANDO SE HAYA OBTENIDO PERMISO POR ESCRITO DEL LABORATORIO QUE LOS RESULTADOS CONTENIDOS EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN AL MOMENTO Y CONDICIONES EN QUE SE REALIZARON LAS PRUEBAS, Y SON VÁLIDOS UNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS IDENTIFICADAS Y DESCRITAS PREVIAMENTE EN EL NUMERAL

GEOCONSULTING S.A.S.

ESTUDIOS DE SUELOS, DISEÑOS VIALES, CONSTRUCCION OBRAS EN GEOTECNIA, INTERVENTERORIAS

	ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA	CODIGO :	FM-116
		VIGENCIA :	NOV. 10/13
		VERSION :	2

1. ESTUDIO DE SUELO No:
025HDG-2024

2. EMPRESA SOLICITANTE:

3. NOMBRE DEL ENSAYO
Ensayo de Compresión inconfinada

4. OBJETIVO DEL ENSAYO:
Determinar la resistencia a la compresíon inconfinada de suelos cohesivos bajo condiciones inalteradas, aplicando carga axial.

5. NORMAS DE REFERENCIA:
I.N.V.E. - 152

6. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:
Según norma I.N.V.E. - 152

7. DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS

MUESTRA No.	SP-4 1,50-2,00MTS
DESCRIPCIÓN	ARCILLA COLOR GRIS
LOCALIZACION	SOLEDAD - ATLANTICO

8. RESULTADOS:

Diametro	3,60	cm
Area (Ao)	10,18	cm^2
Altura inicial, (Ho)	7,48	cm
Volumen	76,14	cm^3
Peso (Muestra Humeda)	151,3	g
DENSIDAD HUMEDA	19,49	kN/m^3

A = Peso (Recipiente + Suelo Humedo):		g	
B = Peso (Recipiente + Suelo Seco) :		g	
C = Peso (Recipiente):		g	
D = Peso (Suelo Seco) = B - C		g	
E = Peso (Agua) = A - B		g	
F = Humedad = E / D		g	

%Pasa 200	94,96
LL (%)	53,48
LP (%)	23,45
IP (%)	30,03
Wn (%)	26,64
S.U.C.S.	CH

GEOCONSULTING S.A.S.

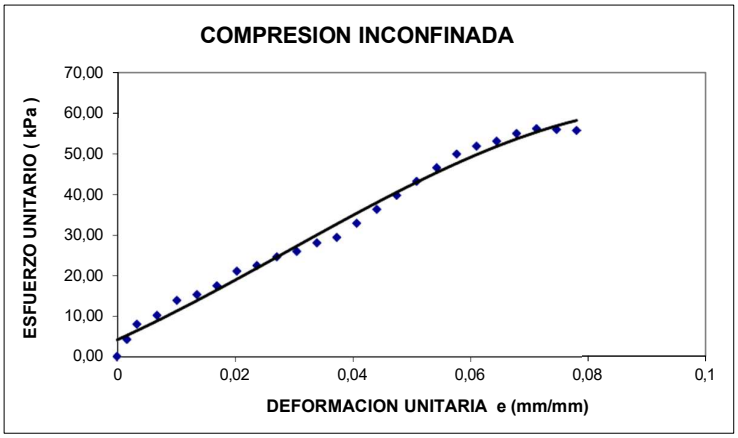
ESTUDIOS DE SUELOS, DISEÑOS VIALES, CONSTRUCCION OBRAS EN GEOTECNIA, INTERVENTERORIAS

Lectura del anillo L.D.A	Lectura del Deformimetro x 10^{-3}	Carga (kgr)	Deformacion de la Muestra DL (mm)	Deformacion Unitaria DL/Lo	Area (1- e)	Area Corregida A´ (cm^2)	Esfuerzo sobre la Muestra (kPa)
0	0	0	0	0	0	10,18	0,00
0,5	5	0,4395	0,1270	0,00170	0,998	10,20	4,22
1	10	0,8290	0,2540	0,00340	0,997	10,21	7,95
1,3	20	1,0626	0,5080	0,00679	0,993	10,25	10,16
1,8	30	1,4520	0,7620	0,01019	0,990	10,28	13,84
2	40	1,6078	1,0160	0,01358	0,986	10,32	15,27
2,3	50	1,8414	1,2700	0,01698	0,983	10,35	17,43
2,8	60	2,2308	1,5240	0,02037	0,980	10,39	21,04
3	70	2,3866	1,7780	0,02377	0,976	10,43	22,43
3,3	80	2,6202	2,0320	0,02717	0,973	10,46	24,54
3,5	90	2,7759	2,2860	0,03056	0,969	10,50	25,91
3,8	100	3,0095	2,5400	0,03396	0,966	10,54	27,99
4	110	3,1652	2,7940	0,03735	0,963	10,57	29,34
4,5	120	3,5545	3,0480	0,04075	0,959	10,61	32,83
5	130	3,9438	3,3020	0,04414	0,956	10,65	36,29
5,5	140	4,3330	3,5560	0,04754	0,952	10,69	39,73
6	150	4,7223	3,8100	0,05094	0,949	10,73	43,15
6,5	160	5,1115	4,0640	0,05433	0,946	10,76	46,54
7	170	5,5006	4,3180	0,05773	0,942	10,80	49,90
7,3	180	5,7341	4,5720	0,06112	0,939	10,84	51,83
7,5	190	5,8898	4,8260	0,06452	0,935	10,88	53,05
7,8	200	6,1233	5,0800	0,06791	0,932	10,92	54,95
8	210	6,2789	5,3340	0,07131	0,929	10,96	56,14
8	220	6,2789	5,5880	0,07471	0,925	11,00	55,94
8	230	6,2789	5,8420	0,07810	0,922	11,04	55,73

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian Da vid Perea Atencia	Ing. Henry D. Garcia

GEOCONSULTING S.A.S.

ESTUDIOS DE SUELOS, DISEÑOS VIALES, CONSTRUCCION OBRAS EN GEOTECNIA, INTERVENTERORIAS



RESISTENCIA DE LA COMPRESÍON INCONFINADA qu = 56,14 kPa COHESÍON : 28,07 kPa

CONSISTENCIA DEL SUELO	RESISTENCIA A LA COMPRESÍON INCONFINADA	
	kg/cm2	kPa
Muy Blanda	< 0,25	< 25
Blanda	0,25 - 0,50	25 - 50
Mediana	0,50 - 1,00	50 - 100
Firme	1,00 - 2,00	100 - 200
Muy Firme	2,00 - 4,00	200 - 400
Dura	> 4,00	> 400

9. OBSERVACIONES:

10. PRUEBAS REALIZADAS POR:
LABORATORISTA EMEL SALAS
11. FECHA DE REALIZACIÓN DE PRUEBAS:
ABRIL 2024

Ing. HENRY D. GARCIA

Ingeniero de Proyectos GEOCONSULTING S.A.S.

ESTE CERTIFICADO EXPRESA FIELMENTE EL RESULTADO DE LAS PRUEBAS REALIZADAS. PUEDE SER REPRODUCIDO TOTALMENTE, PERO NO PARCIALMENTE, EXCEPTO CUANDO SE HAYA OBTENIDO PERMISO POR ESCRITO DEL LABORATORIO QUE LOS RESULTADOS CONTENIDOS EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN AL MOMENTO Y CONDICIONES EN QUE SE REALIZARON LAS PRUEBAS, Y SON VÁLIDOS UNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS IDENTIFICADAS Y DESCRITAS PREVIAMENTE EN EL NUMERAL

GEOTECHNICAL	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	CODIGO : FM-116
		VIGENCIA : NOV. 10/13
		VERSION : 2

OBRA:	ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO "ARROYO PLATANAL"		
CLIENTE:	0		
FECHA:	ABRIL 2024	**No ESTUDIO:**	EST-025HDG-2024

SONDEO	PROFUNDIDAD (MTS)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
SP-1	1,50-2,00	11,98
SP-1	4,00-4,50	12,26
SP-1	7,00-7,50	26,32
SP-1	13,00-13,50	16,16
SP-2	1,00-1,50	25,31
SP-2	2,50-3,00	27,00
SP-2	4,00-,50	42,95
SP-2	6,50-7,00	15,42
SP-3	1,50-2,00	26,94
SP-3	2,50-3,00	26,48
SP-3	4,00-4,50	14,83
SP-3	6,00-6,50	40,83
SP-3	8,50-9,00	31,23
SP-3	10,50-11,00	30,46
SP-4	1,50-2,00	26,64
SP-4	2,00-2,50	26,82
SP-4	7,00-7,50	12,23
SP-4	10,50-11,00	23,31
SP-5	1,00-1,50	16,98
SP-5	4,00-4,50	40,83
SP-5	6,00-6,50	24,38
SP-5	9,00-9,50	32,36
SP-5	10,50-11,00	34,48
SP-5	12,00-12,50	17,93

ELABORADO:	REVISADO:
Ing. Cristhian David Perea	**Ing. Henry Daniel Garcia**