GR. INGARQ S.A.S

ESTUDIO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TORRE DE CONTROL DEL CACOM - 1, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.

INFORME FINAL
BASE AEREA CACOM-1
SEPTIEMBRE DE 2021

GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S
MONTERIA, CÓRDOBA.

icontec ISO 9001
CO-SC-CER805992

NOMBRE DEL PROYECTO:			ESTUDIO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TORRE DE CONTROL DEL CACOM - 1, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.			
LOCALIZACION:			PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA			
APROBACIONES	**Número de revisión**			1	2	3
	RESPONSABLE DE ELABORACIÓN:	Nombre: T.P. Cargo: Firma:	**GUSTAVO RAMIRO ROYETT GALVAN** 22202-130214COR I.C. ESPECIALISTA EN GEOTECNIA.	X		
	RESPONSABLE DE REVISION Y APROBACIÓN:	Nombre: T.P. Cargo: Firma:	**CARLOS ALFONSO CUADRO CAUSIL.** 13202152611 BLV I.C. Msc. EN GEOTECNIA. CARLOS A			
	GEÓLOGO	Nombre: T.P. Cargo: Firma:	**CAMILO ERNESTO PEREZ GUTIERREZ** CGC MP 1773 GEOLOGO			
	RESPONSABLE RECIBO	Nombre: C.C Cargo: Firma	**FUERZA AÉREA COLOMBIANA**			
	RECIBIDO					
	OBSERVACIONES					

Montería, septiembre de 2021.

Sres.
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

Cordial saludo,

Adjunto al presente envío el informe del estudio de suelos titulado **ESTUDIO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TORRE DE CONTROL DEL CACOM - 1, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**

Dispuestos a resolver cualquier inquietud y a colaborar en cualquier parte de su proyecto.

Att:

CARLOS A

CARLOS ALFONSO CUADRO CAUSIL.
Ingeniero Civil – Msc. EN GEOTECNIA
13202152611 BLV

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Tipo de Documento: ESTUDIO DE SUELOS.		ESTUDIO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TORRE DE CONTROL DEL CACOM - 1, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
APROBACION	Número de Revisión		0	
	Presentó	**Nombre**	Ing. Carlos Cuadro	
		Firma	CARLOS A	
		Fecha	Septiembre de 2021	
	Revisó	**Nombre**		
		Firma		
		Fecha		
	Aprobó	**Nombre**		
		Firma		
		Fecha		

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN. 10

2 OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO. 11

3 LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS RELEVANTE. 12

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE PUERTO SALGAR. 12
3.2 LÍMITES GEOGRÁFICOS DEL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR. 13
3.3 GEOGRAFÍA. 14
3.4 CLIMA DEL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR. 14
3.5 TEMPERATURA. 15
3.6 PRECIPITACIÓN. 16
3.7 GEOLOGÍA 17
3.7.1 Marco Geológico Regional 17
3.8 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO. 20

4 INFORMACIÓN RECOGIDA Y ANALIZADA. 21

4.1 SONDEOS Y ENSAYOS DE CAMPO. 21
4.2 ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN. 25
4.3 ESTRATIGRAFÍA. 29
4.4 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL PREDIO. 34
4.5 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO. 45
4.5.1 Geometría, extensión y Accidentes Geomorfológicos. 45
4.5.2 Parámetros sísmicos influyentes en el proyecto. 45
4.6 COEFICIENTE DE IMPORTANCIA 50
4.7 PERFIL DEL SUELO 54
4.8 CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES 57
4.8.1 Suelos Expansivos. 57
4.8.2 Suelos Dispersivos o Erodables 57
4.8.3 Suelos Colapsables 58
4.8.4 Susceptibilidad a La Licuación 58

5 ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA 61

5.1 TORRE DE CONTROL 62

6 ESTIMACIÓN DE ASENTAMIENTOS. 68

7 INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA 70

7.1 EVALUACIÓN DE CARGAS. 71
7.2 VERIFICACIÓN DE CENTROIDES 76
7.3 CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE BALASTO 86
7.4 CÁLCULO DE RESORTES HORIZONTALES 86

8 RECOMENDACIONES PARA LA CIMENTACIÓN DE LA TORRE GRÚA 88

8.1 VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA. 90

9 CONCLUSIONES. 91

10 RECOMENDACIONES. 96

10.1 RECOMENDACIONES GENERALES: 97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de los sondeos. 22
Tabla 2. Normatividad de ensayos y equipos utilizados. 26
Tabla 3 Resumen Ensayos de Laboratorio 26
Tabla 4. Perfil estratigráfico sondeo No.1 30
Tabla 5. Perfil estratigráfico sondeo No 2. 31
Tabla 6. Perfil estratigráfico sondeo No 3 32
Tabla 7. Perfil estratigráfico sondeo No 4. 33
Tabla 8 Índices de consistencia 35
Tabla 9 Niveles freáticos encontrados 37
Tabla 10 Características físicas de las limos de baja plasticidad 41
Tabla 11. Características físicas de arcilla de baja plasticidad 41
Tabla 12. Características físicas de arenas. 42
Tabla 13. Características físicas de gravas. 42
Tabla 14. Hojas de cálculos de los perfiles estratigráficos 43
Tabla 15. Efectos locales de respuesta sísmica del proyecto. 45
Tabla 16. Valores de Aa, Av y nivel de amenaza sísmica 47
Tabla 17. Perfiles de Suelos. NSR-10 48
Tabla 18. Perfiles de Suelos. NSR-10 48
Tabla 19. Valores del coefiecunte de importancia 51
Tabla 20. Hoja de cálculo de N corregido y velocidad de onda 52
Tabla 21. Compacidad del suelo correlacionada con los resultados de SPT. 54
Tabla 22. Consistencia depósitos cohesivos 54
Tabla 23. Resumen de capacidad de carga con camisa no recuperable 62
Tabla 24. Resumen de capacidad de carga con camisa recuperable 63
Tabla 25. Longitudes con camisa recuperable 63
Tabla 26. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 0.7m con camisa no recuperable .. 64
Tabla 27. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 0.8m con camisa no recuperable .. 64
Tabla 28. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 1.0m con camisa no recuperable .. 64
Tabla 29. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 1.2m con camisa no recuperable .. 64
Tabla 30. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 0.7m con camisa recuperable 64
Tabla 31. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 0.8m con camisa recuperable 65
Tabla 32. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 1.0m con camisa recuperable 65
Tabla 33. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 1.2m con camisa recuperable 65
Tabla 34 Análisis de cargas del dado con camisa recuperable 65
Tabla 35 Análisis de cargas del dado con camisa no recuperable 65
Tabla 36 Análisis de cantidad de pilotes con camisa recuperable 66
Tabla 37 Análisis de cantidad de pilotes con camisa no recuperable 66

Tabla 38 Análisis de longitud de pilotes con camisa recuperable 66
Tabla 39 Análisis de longitud de pilotes con camisa no recuperable 67
Tabla 40. Asentamientos por Consolidación Conexiones para camisa recuperable 68
Tabla 41. Asentamientos por Consolidación para camisa no recuperable 69
Tabla 42 Análisis de cargas combinadas 71
Tabla 43Combinaciones de cargas 72
Tabla 44Combinaciones de cargas en X y Y 73
Tabla 45 Combinación C155 74
Tabla 46 Combinación C156 75
Tabla 47Centroides combinación de carga 152 76
Tabla 48Centroide combinación de carga 153 77
Tabla 49Centroide combinación de carga 154X Max 77
Tabla 50Centroide combinación de carga 154X Min 78
Tabla 51Centroide combinación de carga 154Y Max 79
Tabla 52Centroide combinación de carga 154Y Min 79
Tabla 53Centroide combinación de carga 155X Max 80
Tabla 54Centroide combinación de carga 155X Min 81
Tabla 55Centroide combinación de carga 155Y Max 81
Tabla 56Centroide combinación de carga 155Y Min 82
Tabla 57Centroide combinación de carga 156X Max 83
Tabla 58Centroide combinación de carga 156X Min 83
Tabla 59Centroide combinación de carga 156Y Max 84
Tabla 60Centroide combinación de carga 156Y Min 85
Tabla 61. Coeficientes de Balasto Conexiones con camisa recuperable. 86
Tabla 62. Coeficientes de Balasto Conexiones con camisa no recuperable. 86
Tabla 63. Cálculos resortes horizontales 87
Tabla 64Verificación Capacidad Portante 90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Localización del Municipio de Puerto Salgar, Cundinamarca..... 12
Figura 2 Límites del Municipio de Puerto Salgar..... 13
Figura 3. Ubicación general del proyecto, Puerto Salgar - google Earth..... 13
Figura 4. Ubicación torre de control, Puerto Salgar. -Google Earth..... 14
Figura 5. Resumen del clima del municipio de Puerto Salgar. 15
Figura 6. Temperatura mínima y máxima del municipio de Puerto Salgar. 15
Figura 7. Precipitación de lluvia mensual promedio en Puerto Salgar. 16
Figura 8 Mapa geológico Puerto Salgar - Cundinamarca..... 17
Figura 9 Número mínimo de sondeos y profundidades – NSR-10 21
Figura 10. localización de los sondeos..... 22
Figura 11 Registro fotográfico de los sondeos. 23
Figura 12 Perfil de Resistencias Sondeos..... 24
Figura 13. Zonas de amaneza sismica - NSR-10 46
Figura 14 Dado de cimentación suministrado por la Fuerza Aérea..... 70
Figura 15 Datos suministrados por el cliente 88
Figura 16 Placa maciza torre grúa 89

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. Gráfico estratos de suelos del proyecto..... 34
Grafica 2. Humedades vs Profundidad 38
Grafica 3 Abaco de plasticidad de Casagrande..... 40
Grafica 4. Coeficiente Fa para la zona de periodos cortos del espectro..... 49
Grafica 5. Coeficiente Fv. para la zona de intermedios del espectro 49

1 INTRODUCCIÓN.

En el desarrollo del contrato N° **175-00-A-COFAC-DIFRA-2021** suscrito por la Fuerza Área Colombiana con GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A, se ha iniciado la fase de estudios geotécnicos para la Torre de Control CABOM - 1, en el municipio de Puerto Salgar – Cundinamarca.

Para lo anterior se ha decidido contratar los servicios de GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S. para que dirija los estudios de geotécnicos correspondientes para la construcción de dicha Torre de Control.

El predio pertenece a la base aérea en mención, ubicada en el municipio de Puerto salgar – Cundinamarca, se realiza el estudio geotécnico con el fin de caracterizar la estratigrafía del subsuelo encontrado en el sitio donde se proyecta la construcción de una torre de control, con la finalidad de brindar recomendaciones geotécnicas que garanticen una buena interacción entre las estructuras proyectadas y el suelo subyacente, teniendo en cuenta la capacidad de carga del suelo de fundación y los asentamientos elásticos.

El presente informe contiene los resultados arrojados por los estudios de suelos realizados para determinar la estratigrafía y caracterización de los materiales encontrados en el terreno estudiado, con el fin de identificar el comportamiento del suelo subyacente en el lugar ante las cargas transmitidas por las estructuras proyectadas. La exploración se realizó en el mes de julio de 2021.

El informe contempla varias etapas, iniciando presentará la localización y alcance del proyecto, luego la información recogida, los laboratorios realizados, seguido de los análisis de datos y las correspondientes conclusiones, después abordará las recomendaciones geotécnicas en cuanto a la estimación de asentamientos y capacidades de carga; y finalmente propondrá la alternativa se solución. Se discriminan las conclusiones y recomendaciones.

2 OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.

El objetivo principal del presente informe es definir las características físicas y mecánicas de los estratos del suelo y su distribución, en el sitio donde se construirá la torre de control ubicada en la base aérea CACOM-1, ubicado en Puerto salgar, Cundinamarca. Con el fin de identificar posibles incidencias en las futuras estructuras para así establecer un tipo de cimentación apta para las estructuras proyectadas, que garantice una buena interacción entre las cargas a transmitir por las estructuras proyectadas en el sitio y el subsuelo encontrado.

Para lograr el desarrollo del objetivo principal es necesario realizar los siguientes objetivos específicos:

- Realizar unas exploraciones de campo mediante la ejecución de sondeos con equipos de percusión (SPT).
- Tomar muestra a cada uno de los estratos explorados, realizándole los ensayos de clasificación pertinentes.
- Establecer la estratigrafía del terreno.
- Determinar las propiedades geotécnicas de los suelos, principalmente sus características mecánicas, como resistencia y compresibilidad.
- Detectar las condiciones de las aguas freáticas, incluyendo posibles fluctuaciones y su incidencia en la construcción y estabilidad del proyecto.
- Evaluar si el suelo de cimentación es capaz de soportar la carga generada por las estructuras que se proyectan.
- Determinar el tipo de cimentación adecuada, su profundidad de desplante, las presiones admisibles y los posibles asentamientos esperados, etc.
- Recomendar el método constructivo para la cimentación, considerando las excavaciones a realizar y las actividades inherentes a su construcción.

3 LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS RELEVANTE.

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE PUERTO SALGAR.

Puerto Salgar es un municipio colombiano del departamento de Cundinamarca ubicado en la Provincia del Bajo Magdalena, a 195 km de Bogotá y a 253 km de Medellín. En este municipio se encuentra ubicado el Comando Aéreo de Combate Nº.1, con coordenadas 5°27′55″N 74°39′11″O.

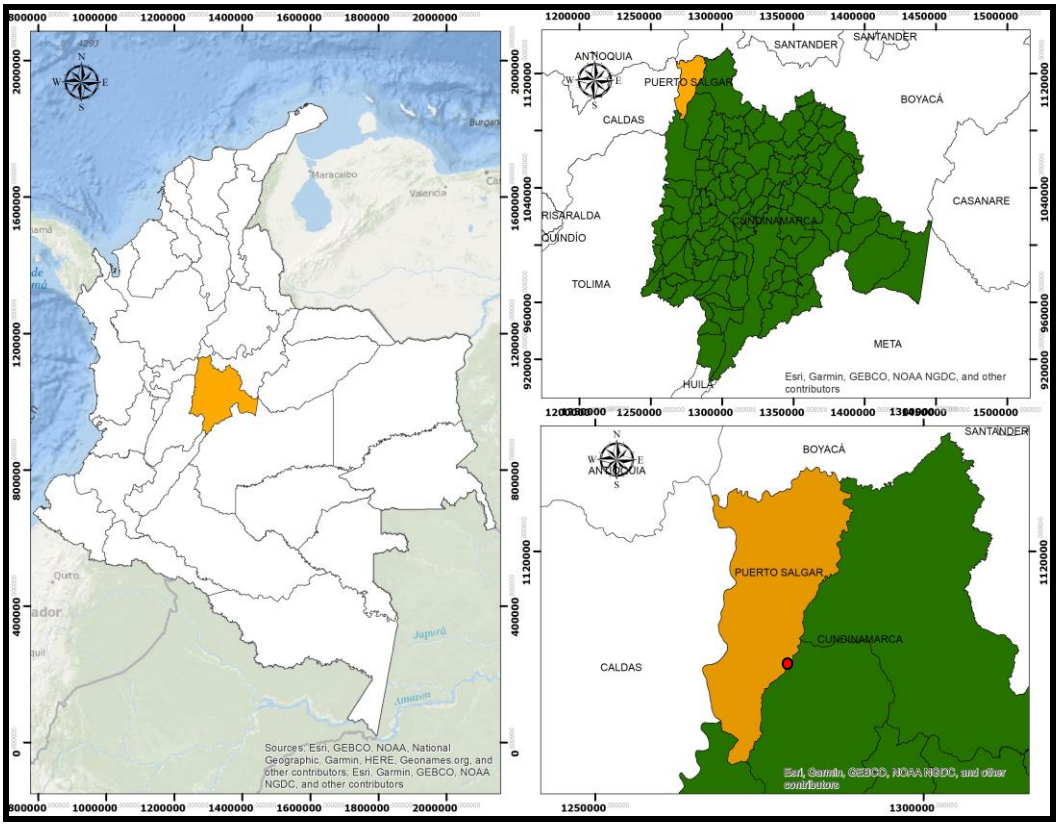


Figura 1.Localización del Municipio de Puerto Salgar, Cundinamarca.

3.2 LÍMITES GEOGRÁFICOS DEL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR.

Puerto Salgar limita por el Norte con Puerto Boyacá (Boyacá); por el Sur con Guaduas (Cundinamarca); por el Oriente con Yacopí y Caparrapí (Cundinamarca), y por el Occidente con La Dorada (Caldas).

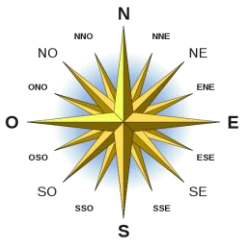
	Puerto Boyacá	
Dorada		Caparrapí
	Guaduas	

Figura 2 Límites del Municipio de Puerto Salgar.



Figura 3. Ubicación general del proyecto, Puerto Salgar - google Earth



Figura 4. Ubicación torre de control, Puerto Salgar. -Google Earth

3.3 GEOGRAFÍA.

Puerto Salgar hace parte de la cuenca hidrográfica del río Magdalena por el Occidente, y de la cuenca del río Negro por el Oriente, que desemboca en el Magdalena por el extremo Norte del municipio. A su vez, el río Magdalena cuenta con la subcuenca del río Rionegrito, formado por quebradas y cañadas de corto recorrido que nacen en la ladera occidental de la Cuchilla de San Antonio, de cuya ladera oriental nacen también varias cañadas que desembocan en el río Negro.

3.4 CLIMA DEL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR.

En Puerto Salgar los veranos son cortos, muy calientes y bochornosos; los inviernos son cortos, calientes y opresivos y está mojado y nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 24 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 23 °C o sube a más de 38 °C.

En base a la puntuación de playa/piscina, las mejores épocas del año para visitar Puerto Salgar para las actividades de calor son desde mediados de junio hasta principios de septiembre y desde mediados de diciembre hasta principios de febrero.

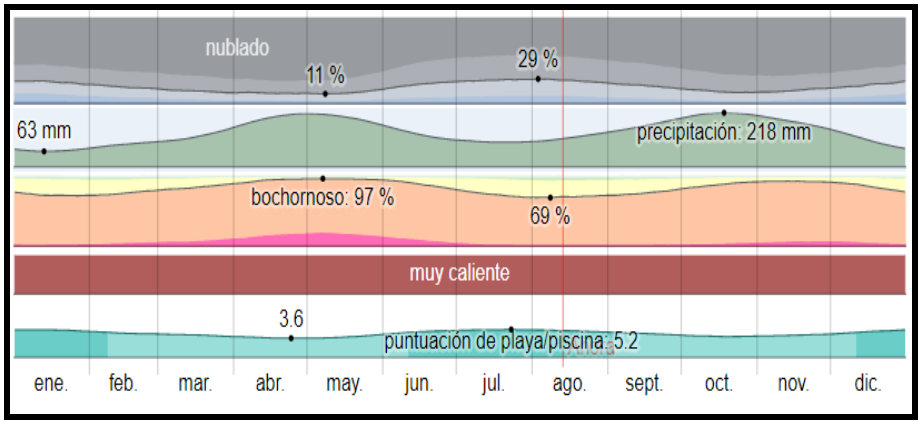


Figura 5. Resumen del clima del municipio de Puerto Salgar.

3.5 TEMPERATURA.

La temporada calurosa dura 1,9 meses, del 17 de julio al 15 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 34 °C. El día más caluroso del año es el 7 de agosto, con una temperatura máxima promedio de 35 °C y una temperatura mínima promedio de 25 °C.

La temporada fresca dura 1,9 meses, del 18 de octubre al 14 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 33 °C. El día más frío del año es el 11 de enero, con una temperatura mínima promedio de 24 °C y máxima promedio de 34 °C.

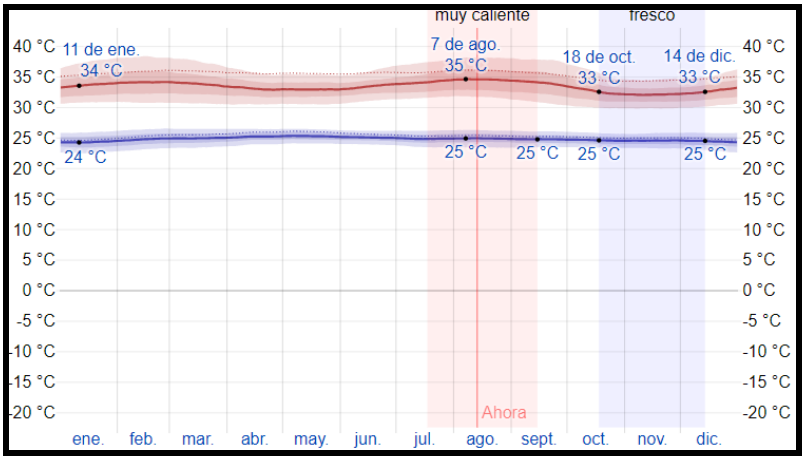


Figura 6. Temperatura mínima y máxima del municipio de Puerto Salgar.

3.6 PRECIPITACIÓN.

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

La temporada más mojada dura 8,7 meses, de 17 de marzo a 8 de diciembre, con una probabilidad de más del 58% de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 80% el 22 de octubre.

La temporada más seca dura 3,3 meses, del 8 de diciembre al 17 de marzo. La probabilidad mínima de un día mojado es del 36% el 16 de enero.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 80% el 22 de octubre.

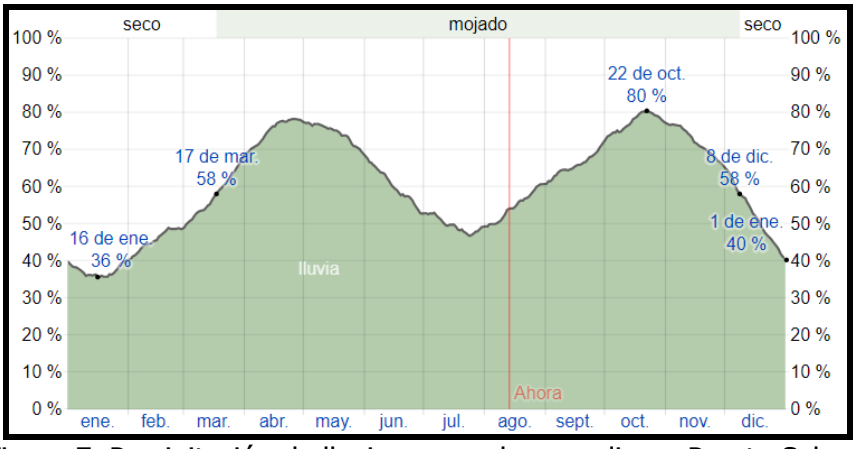


Figura 7. Precipitación de lluvia mensual promedio en Puerto Salgar.

3.7 GEOLOGÍA

3.7.1 Marco Geológico Regional

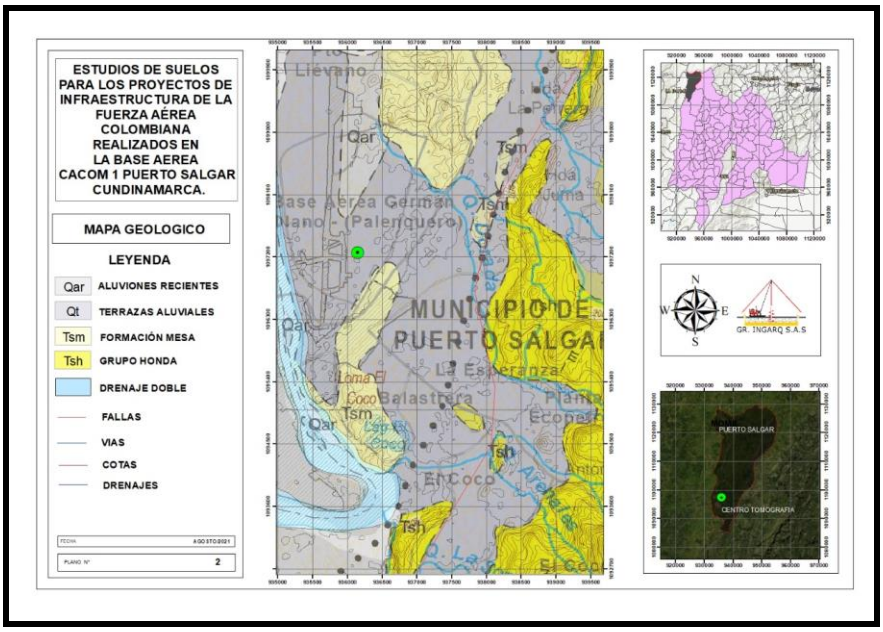


Figura 8 Mapa geológico Puerto Salgar - Cundinamarca.

- Aluviales recientes (Qar).
  Depósitos superficiales no consolidados que forman terrenos relativamente planos en los valles de las tierras altas o extensas planicies en el rio magdalena y sus tributarios. Estos depósitos tienen una mezcla de material aluvial y coluvial y están compuesto por material meteorizado, mal seleccionado y poco estratificado o tiene solamente unos pocos horizontes bien seleccionados. Los depósitos tienen generalmente no más de 100 metros de ancho y la mayoría probablemente, son delgados porque algunas protuberancias de la roca del lecho que sobresalen de ella son comunes. no se encontraron terrazas. Las exposiciones son malas y están limitadas a bancos muy bajos a lo largo de las quebradas. Muchos de estos depósitos han sido trabajados para oro destruyendo la morfología original.

- Terrazas aluviales (Qt).
  Corresponde a las áreas que actualmente ocupan los cursos y lechos activos de los ríos y caños que drenan por el sector y que durante las épocas de lluvias suben de nivel y alcanzan a producir desbordamientos y en algunos casos encharcamientos e inundaciones.

- Formación Mesa (Tsm).
  Definida por Hettner (1892), para referirse a las capas horizontales que se encuentran al Oeste de la población de Honda (Depto. del Tolima); formadas casi exclusivamente por material volcánico, que alcanzan entre 350 y 400 metros de espesor, y que están conformadas por bancos de capas tabulares y cuneiformes gruesas de cuarzoarenitas y arenitas feldespáticas grises de grano fino a medio, pobremente cementadas, localmente conglomeráticas con guijos subredondeados de rocas volcánicas daciticas, chert y cuarzo lechoso, con interposición de capas delgadas de conglomerados de guijos y gránulos, que internamente exhiben estratificación plano paralela y cruzada. La edad de la formación es Plioceno.
  La Formación Mesa reposa concordantemente sobre el Grupo Honda y está conformado por bancos de conglomerados, areniscas conglomeráticas y algunas intercalaciones de limolitas y cenizas volcánicas. Los conglomerados presentan gran proporción de cantos de rocas efusivas (dacitas, andesitas y piedra pómez) y una menor proporción de rocas metamórficas, intrusivas y sedimentarias.

- Grupo Honda (Tsh).
  El Grupo Honda fue subdividido por DE PORTA en las formaciones Cambrás, San Antonio y Limones. Alcanza un espesor alrededor de 4000m en su localidad tipo.

- formación Cambrás:
  Definida por DE PORTA, 1965, y redefinida por ULLOA, RODRÍGUEZ, 1981. La unidad en las veredas de La Viuda y Salamina está compuesta en la base un conjunto de grawacas de pocos metros de espesor (Miembro Salamina, 700 m). Los contactos con las unidades infrayacentes (La Cira) y la suprayacente (San Antonio) se observaron concordantes y netos. La unidad presenta una morfología escarpada en la parte basal y suavemente ondulada en la parte superior, y un espesor aproximado de 1.100 m. No se conocen datos paleontológicos de la formación, solamente con base en su posición estratigráfica se supone que corresponde al Mioceno. La formación se correlaciona con la parte inferior del Grupo Real y corresponde en parte al Miembro Puerto Salgar de WELLMAN (1970 ó 1967).

- Formación San Antonio:
  Original DE PORTA, 1965. La formación fue subdividida en los miembros Flor Colorada, Los Cocos y El Miembro Flor Colorada se caracteriza por presentar una morfología de peldaños y está constituido por una alternancia de areniscas, areniscas conglomeráticas con lutitas rojas. Los conglomerados están compuestos por cantos de rocas metamórficas más cuarzo (56%). sedimentarias (41 %) intrusivas (1 % y volcánicas (0.3%). DE PORTA. Los miembros Los Cocos y La Ceibita están formados por bancos de varios metros de espesor de conglomerados y conglomerados arenosos y esporádicos niveles de lutitas rojas. Los miembros antes mencionados se diferencian principalmente por su composición petrográfica, ya que el Miembro La Ceiba presenta mayor proporción de rocas intrusivas y efusivas que el Miembro Los Cocos. La unidad por posición estratigráfica parece que corresponde al Mioceno y se correlaciona con el Grupo Real y corresponde en parte a la Formación Dorada.

- Formación Limones:
  La unidad presenta una morfología suavemente ondulada y está formada principalmente por limolitas y arcillolitas rojizas con intercalaciones de areniscas de pocos metros de espesor. La unidad se observa reposando concordantemente sobre la Formación San Antonio y en contacto fallado con diferentes unidades del área del Sinclinal de Guaduas. El espesor de la unidad por la carretera a Honda es de 231 m, DE PORTA. No se conocen datos paleontológicos de la formación; su edad puede corresponder al Mioceno. La unidad Los Limones se correlaciona con el Miembro Cerro Colorado de la Formación Villa Vieja.

3.8 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.

El estudio abarca la identificación y caracterización de la estratigráfica del suelo existente en el predio donde se proyecta la construcción de torre de control en la base aérea CACOM-01 en Puerto Salgar, Cundinamarca. La construcción de la torre de control contara con columnas de concreto reforzado y vigas. Se espera que el sistema estructural de la edificación proyectada cuente con sistemas de pórticos conformados por zapatas, vigas, columnas, muros estructurales, entre otros.

La información anterior finalmente deberá ser establecida y definida por el ingeniero responsable del cálculo estructural; por el momento se toma la información preestablecida para la base de cálculos desde el punto de vista geotécnico, los cuales se enfocarán para determinar el tipo de cimentación apta para soportar las solicitaciones establecidas por la estructura. Al considerar cambios en el tipo de estructura que modifique de manera determinante el esquema planteado, deberá informarse de manera inmediata a nuestra oficina para realizar los análisis y cálculos del caso, que establezcan el tipo de cimentación acorde a los nuevos cambios estructurales.

4 INFORMACIÓN RECOGIDA Y ANALIZADA.

Antes de realizar la investigación, se recopilaron y evaluaron todos los datos disponibles sobre las condiciones del sitio y construcciones adyacentes, drenajes, etc. Para el efecto se realizó una inspección de campo, y se solicitaron las características del proyecto, con el fin de evaluar parámetros concernientes a la construcción.

4.1 SONDEOS Y ENSAYOS DE CAMPO.

De acuerdo a la Norma Sismo Resistente NSR-010 en su Título H, Literal H.3.1.1 denominado "CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN POR CATEGORÍAS" la torre de control va a presentar un sólo tipo de clasificación según la evaluación de cargas y las cargas máximas de servicio en las columnas, para este caso es: Categoría Media.

Partiendo de esto se procede a identificar la cantidad y tipo de exploración exigida para este tipo de unidades de construcción, lo cual se realizó a partir de lo presentado en la Tabla H.3.2-1consignada en la misma norma (NSR-10).

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

Figura 9 Número mínimo de sondeos y profundidades – NSR-10

Teniendo en cuenta la norma NSR-10 y criterios ingenieriles, inicialmente se programaron cuatro (04) perforaciones dos (02) de veinticinco (25) metros lineales o hasta donde las condiciones del suelo lo permitan y dos (02) perforaciones de treinta (30) metros de profundidad, las cuáles serán distribuidas en el predio donde se construirá la torre de control en la base aérea CACOM-1, en Puerto Salgar, como se observa en la siguiente imagen. Es decir que se realizaron un total de 4 perforaciones en el presente proyecto, con profundidades superiores a los 15 metros, dando cumplimiento a lo estipulado por la norma NSR-10.



Figura 10. localización de los sondeos

Aplicado lo anterior, se estaría cumpliendo de manera estricta lo solicitado en la norma en cuanto a cantidad y profundidad de exploración. El resumen de los sondeos ejecutados, se presentan a continuación:

Tabla 1. Coordenadas de los sondeos.

No de sondeo	Profundidad (m)	Coord. O	Coord. N
1	25	74º39'13,068"	5º28'33,3425"
2	30	74º39'14,724"	5º28'33,264"
3	25	74º39'14,052"	5º28'34,056"
4	30	74º39'13,056"	5º28'34,128"



Figura 11 Registro fotográfico de los sondeos.

El perfil encontrado en las exploraciones según registros de campo, los respectivos ensayos de laboratorio, corresponde Arenas bien gradadas, Arenas mal gradadas predominantemente.

Para los estudios geotécnicos de esta torre de control se realizaron sondeos teniendo en cuenta la categoría en la que clasifica, lo sondeos son denominados S-1, S-2, S-3, S-4, el perfil de resistencia encontrado en cada uno de ellos se detalla a continuación.

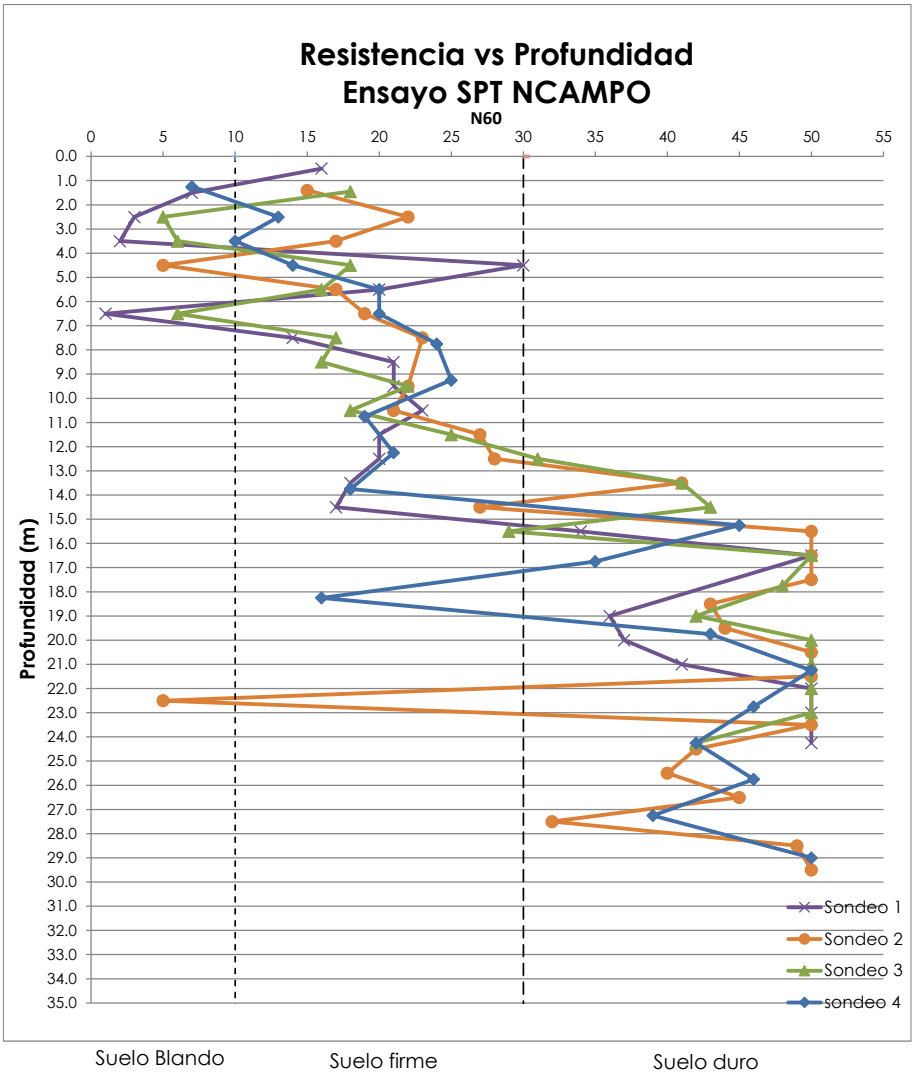


Figura 12 Perfil de Resistencias Sondeos

De acuerdo al perfil se encuentra que los suelos son de manera general firmes con algunos estratos clasificados como duros hasta los 30m, tambien se observa la presencia de arenas mal gradada, que aunque poseen números de golpes significativos son denominadas blandas por sus características; confirmando lo enunciado por la geología para este caso. Esto se evidencia en el hecho de que el número de golpes de campo se mantiene en estos dos rangos dentro del espectro en la mayoría de las profundidades.

Así mismo se observan cambios repentinos en las condiciones generales del suelo generando asi un aumento en su compacidad y densidad.

Los cuatro sondeos poseen números de golpe similares con respecto a la profundidad, por lo tanto se puede clasificar el suelo como firme.

Por medio de distintas correlaciones, se hallaron los parámetros de resistencia al corte C y φ en condición drenada. Para efectos de diseño debido a que los suelos se encuentran dentro del rango de firmes según el perfil de resistencia, se ajustarán a la baja algunos de los valores encontrados.

4.2 ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN.

Durante la ejecución de las perforaciones se realizaron pruebas de penetración estándar (SPT) según la norma INV E 111-13, avances por rotación hidráulica cuando el suelo lo requería y encamisado para poder avanzar en suelos arenosos. tomado muestras alteradas o lo menos alteradas posible, consideradas representativas del perfil natural del terreno.

Las muestras fueron descritas en campo siguiendo el procedimiento visual y manual de la norma INV E 102-13.

Durante las labores de campo, se detectaron aguas libres subterráneas, estas condiciones pueden variar en función de la época del año y del régimen de lluvia.

Las muestras recuperadas en las perforaciones, fueron sometidas en laboratorio a los ensayos principales, teniendo en cuenta las necesidades del proyecto y la naturaleza de los suelos presentes en el sitio, llevándose a cabo los siguientes ensayos:

1. Humedad natural.
2. Límites de atterberg.
3. Pesos unitarios.
4. Granulometrías.

Tabla 2. Normatividad de ensayos y equipos utilizados.

ENSAYO REALIZADO	NORMA DE REFERENCIA	HERRAMIENTAS UTILIZADAS.
Determinación de humedad	INV E-122-13	Horno, balanza y recipientes.
Granulometría	INV E-123-13	Tamices de malla cuadrada, horno, balanza con sensibilidad de 0.01 y 0.1g
Limite liquido	INV E-125-13	Cazuela de Casagrande, ranurador, balanza, horno.
Limite plástico e I.P	INV E-126-13	Vidrio esmerilado, recipientes, espátulas, balanza, horno.

A continuación, se entrega un resumen de los ensayos de laboratorio realizados según la normatividad Invias, para la zona del presente proyecto los resultados arrojan la presencia principalmente de Arenas bien gradadas y seguido por Arenas mal gradadas.

Tabla 3 Resumen Ensayos de Laboratorio

Sondeo	Muestra	PROF. I (m)	PROF. F (m)	U.S.C.	AASHTO	%Gravas	%Arenas	%Finos
1	1	0.00	1.00	SW	A-1-b	23.7	73.8	2.5
1	2	1.00	2.00	SW	A-1-b	32.2	67	0.8
1	3	2.00	3.00	SM	A-4	0	56.9	43.1
1	4	3.00	4.00	SP	A-1-b	34.4	60.8	4.8
1	5	4.00	5.00	SP	A-1-b	34.4	60.8	4.8
1	6	5.00	6.00	SP-SM	A-1-b	23.7	71	5.3
1	7	6.00	7.00	SW	A-1a	37.1	60.5	2.4
1	8	7.00	8.00	SW	A-1a	37.1	60.5	2.4
1	9	8.00	9.00	SW	A-1a	36.2	61.4	2.4
1	10	9.00	10.00	SP-SM	A-1-b	26.4	67.3	6.3
1	11	10.00	11.00	SP-SM	A-1-b	18.9	76.1	5
1	12	11.00	12.00	SP-SM	A-1-b	0	94.8	5.2
1	13	12.00	13.00	SP	A-1-b	0	97.7	2.3
1	14	13.00	14.00	SM	A-1-b	1.8	84.7	13.5
1	15	14.00	15.00	SP	A-1-b	10.7	86.2	3.1
1	16	15.00	16.00	SW	A-1a	35.6	60.4	4
1	17	16.00	17.00	SW	A-1a	45.7	50.1	4.2
1	18	17.00	18.50	SP-SM	A-1-b	20.5	73.8	5.7
1	19	18.50	19.50	SP-SM	A-1-b	20.5	73.8	5.7

1	20	19.50	20.50	SW	A-1-b	13.5	85	1.5
1	21	20.50	21.50	SP	A-1-b	11.3	86.1	2.6
1	22	21.50	22.50	SP	A-1-b	12.3	85.6	2.1
1	23	22.50	23.50	SP	A-1-b	20.2	75.1	4.7
1	24	23.50	25.00	SP	A-3	0	95.5	4.5
2	1	0.00	0.80	ML-CL	A-4	0	36.5	63.5
2	2	0.80	2.00	SP	A-1-b	28.9	67	4.1
2	3	2.00	3.00	SM	A-1-b	21	60.1	18.9
2	4	3.00	4.00	SW	A-1a	42.7	55	2.3
2	5	4.00	5.00	SP	A-1-b	11.5	85.8	2.7
2	6	5.00	6.00	SP	A-1-b	11.5	85.8	2.7
2	7	6.00	7.00	GP	A-1a	53.5	45.5	1
2	8	7.00	8.00	GW	A-1a	77.1	21	1.9
2	9	8.00	9.00	GP	A-1a	100	0	0
2	10	9.00	10.00	SP	A-1-b	26.7	69.6	3.7
2	11	10.00	11.00	SP	A-1-b	20.3	76	3.7
2	12	11.00	12.00	SE	A-1-b	30.5	66.5	3
2	13	12.00	13.00	SP	A-1-b	24	71.1	4.9
2	14	13.00	14.00	SP	A-1-b	11.2	84.5	4.3
2	15	14.00	15.00	SP	A-1-b	40.1	56.4	3.5
2	16	15.00	16.00	GW	A-1a	52.3	44.4	3.3
2	17	16.00	17.00	SW-SM	A-1a	36.5	56.9	6.6
2	18	17.00	18.00	GW-GM	A-1a	51.2	41.5	7.3
2	19	18.00	19.00	SM	A-2-4	20.5	46.1	33.4
2	20	19.00	20.00	SP	A-1-b	13.4	82.9	3.7
2	21	20.00	21.00	SP	A-1-b	14.7	83.2	2.1
2	22	21.00	22.00	SP	A-1-b	12	86	2
2	23	22.00	23.00	SP	A-1-b	20.1	75.6	4.3
2	24	23.00	24.00	SP	A-3	0.7	95.2	4.1
2	25	24.00	25.00	SM	A-2-4	2.2	66.5	31.3
2	26	25.00	26.00	SM	A-1-b	9.7	78.3	12
2	27	26.00	27.00	SP-SM	A-1-b	26.9	66.6	6.5
2	28	27.00	28.00	SP-SM	A-1-b	14.1	79.4	6.5
2	29	28.00	29.00	SP-SM	A-1-b	2.1	92.1	5.8
2	30	29.00	30.00	SP-SM	A-1-b	20.5	70.3	9.2
3	1	0.00	0.90	CL	A-6	0	38.3	61.7
3	2	0.90	2.00	SW-SM	A-1-b	13.1	76.4	10.5
3	3	2.00	3.00	SM	A-2-4	9.3	63.1	27.6

3	4	3.00	4.00	SP	A-3	4.8	92.7	2.5
3	5	4.00	5.00	SP	A-1-b	6.3	92.5	1.2
3	6	5.00	6.00	SP	A-1-b	28.8	70.3	0.9
3	7	6.00	7.00	SP	A-1-b	28.1	70.7	1.2
3	8	7.00	8.00	SP	A-1-b	28.1	70.7	1.2
3	9	8.00	9.00	SP-SM	A-1-b	29.4	62	8.6
3	10	9.00	10.00	SP	A-1-b	38.5	58	3.5
3	11	10.00	11.00	GW	A-1-a	56.9	39.4	3.7
3	12	11.00	12.00	SP	A-1-b	27.9	69.2	2.9
3	13	12.00	13.00	GP	A-1-a	55.9	42.9	1.2
3	14	13.00	14.00	ML	A-4	0	0	100
3	15	14.00	15.00	SW	A-1-a	42.7	53.9	3.4
3	16	15.00	16.00	SP	A-1-b	15.8	82.2	2
3	17	16.00	17.00	SP	A-1-b	1.7	97.1	1.2
3	18	17.00	18.50	SP	A-1-b	2.3	96.8	0.9
3	19	18.50	19.50	SP	A-1-b	2.1	96	1.9
3	20	19.50	20.50	SP	A-1-b	2.4	95.2	2.4
3	21	20.50	21.50	SW	A-1-a	38.5	57.3	4.2
3	22	21.50	22.50	SP	A-1-b	12.2	85.4	2.4
3	23	22.50	23.50	SP	A-1-b	19.9	75.8	4.3
3	24	23.50	25.00	SM	A-2-4	2.2	73.9	23.9
4	1	0.00	0.05	SM	A-4	0	52.5	47.5
4	2	0.50	2.00	SP-SM	A-3	0	91.6	8.4
4	3	2.00	3.00	SM	A-1-b	36.5	40.8	22.7
4	4	3.00	4.00	SP-SM	A-1-a	41.5	58	0.5
4	5	4.00	5.00	SW	A-1-a	36.3	61.1	2.6
4	6	5.00	6.00	SW	A-1-a	28	70.2	1.8
4	7	6.00	7.00	SW	A-1-a	47.2	50.1	2.7
4	8	7.00	8.50	SP-SM	A-1-b	36.7	59.3	4
4	9	8.50	10.00	SP-SM	A-1-b	17.2	80.9	1.9
4	10	10.00	11.50	SW	A-1-b	29.2	69.7	1.1
4	11	11.50	13.00	SW	A-1-a	29.1	70.5	0.4
4	12	13.00	14.50	SP	A-3	0	95.4	4.6
4	13	14.50	16.00	SW	A-1-a	36.9	59.7	3.4
4	14	16.00	17.50	SP	A-3	2.3	93.7	4
4	15	17.50	19.00	SP	A-3	2.3	93.7	4
4	16	19.00	20.50	SP-SM	A-1-b	20.3	74.2	5.5
4	17	20.50	22.00	SP	A-1-b	1.5	97.9	0.6

4	18	22.00	23.50	SP	A-1-b	11	87.2	1.8
4	19	23.50	25.00	SP	A-1-b	7.4	90.9	1.7
4	20	25.00	26.50	SP-SM	A-1-b	11.2	83.5	5.3
4	21	26.50	28.00	SP	A-1-b	27.1	69.1	3.8
4	22	28.00	30.00	SP	A-1-b	21.8	73.3	4.9

Teniendo en cuenta los laboratorios realizados se identifica que de 0 a 10 metros de profundidad hay presencia de un 31% de Arenas mal gradadas, siendo así este el material con mayor presencia en este sector.

Al realizar el debido análisis de los ensayos de laboratorio se identifica que después de los 10 metros de profundidad se componen de un 77% de Arenas mal gradadas, un 23% de Arenas pobremente graduada con Limo y Grava, un 18% de Arenas bien gradadas, un 13% de Arenas Limosas, teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado se logra identificar que se tiene una mayor presencia de Arenas mal gradadas.

4.3 ESTRATIGRAFÍA.

Analizando los resultados de los ensayos obtenidos en laboratorio y teniendo presente las características encontradas en campo, se definen las propiedades mecánicas y físicas del suelo, caracterizando y definiendo los parámetros geotécnicos del mismo.

De ensayos de laboratorio y registros de perforación de campo podemos decir que la estratigrafía imperante en el lote a la profundidad alcanzada por cada sondeo, se discrimina según sigue:

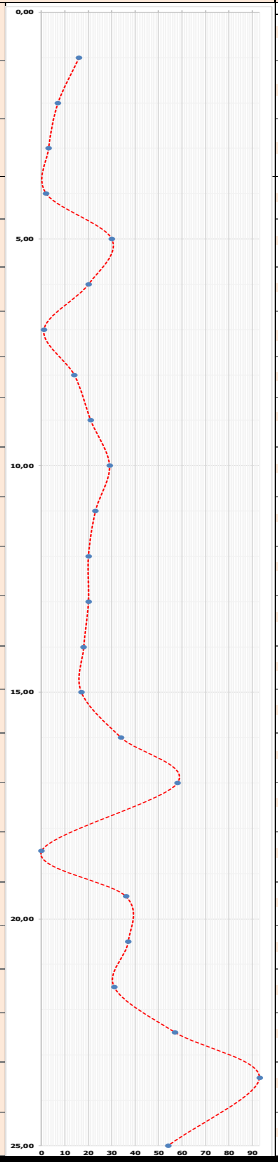
A continuación, se presentan los perfiles estratigráficos Sondeo número 1 construcción de torre de control en base aérea CACOM-01.

Tabla 4. Perfil estratigráfico sondeo No.1

DEPARTAMENTO DE SUELOS

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 — FECHA: AGOSTO DE 2021
SOLICITANTE: FUERZA AEREA DE COLOMBIA
HORIZONTE: SONDEO 1
LOCALIZACION: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA

MUESTRA #	ESC	CLASIFICACION U.S.C.	CLASIFICACION AASHTO	CLASIFICACION INDICE DE GRUPO	CLASIFICACION DESCRIPCION DEL SUELO Y CALSIFICACION	PROFUNDIDAD Mts	PENETRACIÓN (cm) Nº DE GOLPES 15	15	15	Profundidad vs N	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES LIMITES DE ATTER HUMEDAD %	LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLASTICO %	INDICE DE PLASTICIDAD %	% PASA 200	ghum (KN/m3)	gsec (KN/m3)
1	1,00	SW	A-1-b	0,00	ARENA BIEN GRADADA	0,00 - 1,00	4	8	8	16	2,67	NL	NP	NP	2,51	20,87	20,32
2	2,00	SW	A-1-b	0,00	ARENA BIEN GRADADA	1,00 - 2,00	2	3	4	7	14,02	NL	NP	NP	0,84	22,75	19,95
3	3,00	SM	A-4	1,62	ARENA LIMOSA	2,00 - 3,00	2	2	1	3	18,75	NL	NP	NP	43,10	23,86	20,09
4	4,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	3,00 - 4,00	2	1	1	2	10,41	NL	NP	NP	4,84	22,35	20,24
5	5,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	4,00 - 5,00	20	17	13	30	10,41	NL	NP	NP	4,84	22,35	20,24
6	6,00	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	5,00 - 6,00	10	12	8	20	11,55	NL	NP	NP	5,31	23,03	20,65
7	7,00	SW	A-1-a	0,00	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	6,00 - 7,00	1	0	1	1	11,40	NL	NP	NP	2,37	22,90	20,55
8	8,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	7,00 - 8,00	10	8	6	14	11,40	NL	NP	NP	2,37	22,90	20,55
9	9,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	8,00 - 9,00	7	9	12	21	10,93	NL	NP	NP	2,41	22,27	20,07
10	10,00	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	9,00 - 10,00	13	10	19	29	10,74	NL	NP	NP	6,26	22,15	20,00
11	11,00	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	10,00 - 11,00	15	13	10	23	14,26	NL	NP	NP	5,02	23,57	20,63
12	12,00	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	11,00 - 12,00	8	8	12	20	19,16	NL	NP	NP	5,15	24,50	20,56
13	13,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	12,00 - 13,00	9	8	12	20	21,77	NL	NP	NP	2,30	24,09	19,78
14	14,00	SM	A-1-b	0,00	ARENA LIMOSA	13,00 - 14,00	7	10	8	18	21,77	NL	NP	NP	13,51	24,56	20,17
15	15,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	14,00 - 15,00	8	9	8	17	16,34	NL	NP	NP	3,14	23,10	19,86
16	16,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	15,00 - 16,00	14	14	20	34	14,13	NL	NP	NP	4,01	23,81	20,86
17	17,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	16,00 - 17,00	34	25	33	58	9,80	NL	NP	NP	4,24	22,07	20,10
18	18,50	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	17,00 - 18,50				0	14,82	NL	NP	NP	5,67	23,04	20,06
19	19,50	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	18,50 - 19,50	17	16	20	36	14,82	NL	NP	NP	5,67	23,04	20,06
20	20,50	SW	A-1-b	0,00	ARENA BIEN GRADADA	19,50 - 20,50	19	14	23	37	12,92	NL	NP	NP	1,46	22,72	20,12
21	21,50	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	20,50 - 21,50	15	18	13	31	19,93	NL	NP	NP	2,62	23,67	19,74
22	22,50	SP	A-1-b	0	ARENA MAL GRADADA	21,50 - 22,50	17	22	35	57	17,76	NL	NP	NP	2,10	22,43	19,04
23	23,50	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	22,50 - 23,50	23	41	52	93	14,49	NL	NP	NP	4,75	23,36	20,40
24	25,00	SP	A-3	0,00	ARENA MAL GRADADA	23,50 - 25,00	19	26	28	54	18,98	NL	NP	NP	4,46	23,86	20,05



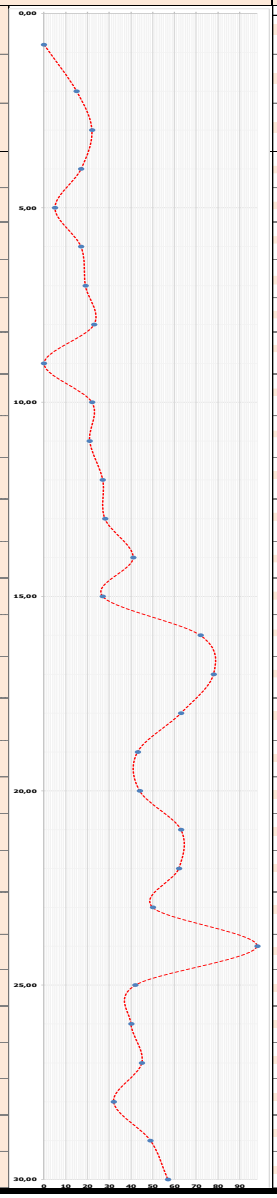
Los siguientes son los perfiles estratigráficos Sondeo número 2 construcción de torre de control en base aérea CACOM-01.

Tabla 5. Perfil estratigráfico sondeo No 2.

DEPARTAMENTO DE SUELOS

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 — FECHA: AGOSTO DE 2021
SOLICITANTE: FUERZA AEREA
HORIZONTE: SONDEO 2
LOCALIZACION: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA

MUESTRA #	ESC	CLASIFICACION U.S.C.	AASHTO	INDICE DE GRUPO	DESCRIPCION DEL SUELO Y CALSIFICACION	PROFUNDIDAD Mts	PENETRACIÓN (cm) Nº DE GOLPES 15	15	15	Profundidad vs N	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES LIMITES DE ATTER HUMEDAD %	LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLASTICO %	INDICE DE PLASTICIDAD %	% PASA 200	ghum (KN/m3)	gsec (KN/m3)
1	0,80	ML-CL	A-4	5,70	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD O ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	0,00 - 0,80				0	4,73	23	18	5	63,48	17,79	16,99
2	2,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	0,80 - 2,00	7	7	8	15	3,53	NL	NP	NP	4,15	20,44	19,74
3	3,00	SM	A-1-b	0,00	ARENA LIMOSA	2,00 - 3,00	10	12	10	22	11,80	NL	NP	NP	18,95	22,43	20,07
4	4,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	3,00 - 4,00	8	8	9	17	10,79	NL	NP	NP	2,26	22,58	20,38
5	5,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	4,00 - 5,00	3	3	2	5	15,22	NL	NP	NP	2,69	24,11	20,93
6	6,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	5,00 - 6,00	8	7	10	17	15,22	NL	NP	NP	2,69	24,11	20,93
7	7,00	GP	A-1-a	0,00	GRAVA MAL GRADADA	6,5 - 7,00	10	8	11	19	10,84	NL	NP	NP	1,02	24,33	21,95
8	8,00	GW	A-1-a	0,00	GRAVA BIEN GRADADA	7,5 - 8,00	12	10	13	23	13,88	NL	NP	NP	1,94	26,17	22,98
9	9,00	GP	A-1-a	0,00	GRAVA MAL GRADADA	8,00 - 9,00				0	4,12	NL	NP	NP	-	22,67	21,78
10	10,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	9,00 - 10,00	8	10	12	22	14,20	NL	NP	NP	3,68	22,64	19,82
11	11,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	10,00 - 11,00	10	8	13	21	14,55	NL	NP	NP	3,67	22,64	19,76
12	12,00	SW	A-1-b	0,00	ARENA BIEN GRADADA	11,00 - 12,00	8	14	13	27	15,46	NL	NP	NP	3,01	22,85	19,79
13	13,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	12,00 - 13,00	12	16	12	28	16,21	NL	NP	NP	4,94	23,10	19,87
14	14,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	13,00 - 14,00	10	18	23	41	15,97	NL	NP	NP	4,29	23,63	20,37
15	15,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	14,00 - 15,00	11	12	15	27	12,94	NL	NP	NP	3,54	23,39	20,71
16	16,00	GW	A-1-a	0,00	GRAVA BIEN GRADADA	15,00 - 16,00	17	30	42	72	11,45	NL	NP	NP	3,33	24,87	22,31
17	17,00	SW-SM	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA	16,00 - 17,00	18	33	45	78	11,13	NL	NP	NP	6,57	23,06	20,75
18	18,00	GW-GM	A-1-a	0,00	GRAVA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA	17,00 - 18,00	25	28	35	63	11,12	NL	NP	NP	7,32	25,20	22,68
19	19,00	SM	A-2-4	0,00	ARENA LIMOSA	18,00 - 19,00	15	18	25	43	16,47	NL	NP	NP	33,35	23,21	19,93
20	20,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	19,00 - 20,00	16	20	24	44	16,75	NL	NP	NP	3,65	24,31	20,82
21	21,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	20,00 - 21,00	18	27	36	63	17,57	NL	NP	NP	2,15	22,69	19,30
22	22,00	SP	A-1-b	0	ARENA MAL GRADADA	21,00 - 22,00	16	24	38	62	18,26	NL	NP	NP	2,02	23,62	19,97
23	23,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	22,00 - 23,00	25	50		50	15,49	NL	NP	NP	4,29	22,49	19,47
24	24,00	SP	A-3	0,00	ARENA MAL GRADADA	23,00 - 24,00	20	39	59	98	20,69	NL	NP	NP	4,06	23,40	19,39
25	25,00	SM	A-2-4	0,00	ARENA LIMOSA	24,00 - 25,00	16	22	20	42	16,36	NL	NP	NP	31,27	22,34	19,20
26	26,00	SM	A-1-b	0,00	ARENA LIMOSA	25,00 - 26,00	15	20	20	40	16,88	NL	NP	NP	12,03	22,37	19,14
27	27,00	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	26,00 - 27,00	18	24	21	45	13,36	NL	NP	NP	6,46	23,08	20,36
28	28,00	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	27,00 - 28,00	22	15	17	32	15,95	NL	NP	NP	6,46	22,66	19,54
29	29,00	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	28,00 - 29,00	19	26	23	49	18,52	NL	NP	NP	5,78	22,94	19,36
30	30,00	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	29,00 - 30,00	20	27	30	57	14,91	NL	NP	NP	9,24	22,63	19,69



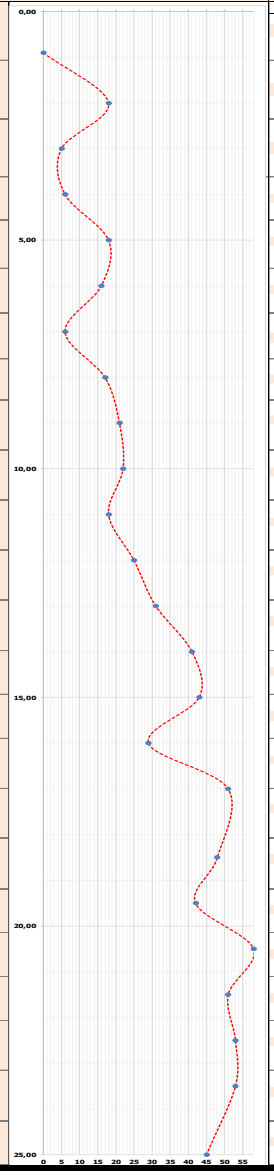
Seguidamente, se presentan los perfiles estratigráficos Sondeo número 3 construcción de torre de control en base aérea CACOM-01.

Tabla 6. Perfil estratigráfico sondeo No 3

DEPARTAMENTO DE SUELOS

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 — FECHA: AGOSTO DE 2021
SOLICITANTE: FUERZA AEREA
HORIZONTE: SONDEO 3
LOCALIZACION: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA

MUESTRA #	ESC	CLASIFICACION U.S.C.	CLASIFICACION AASHTO	CLASIFICACION INDICE DE GRUPO	CLASIFICACION DESCRIPCION DEL SUELO Y CALSIFICACION	PROFUNDIDAD Mts	PENETRACIÓN (cm) Nº DE GOLPES 15	15	15	Profundidad vs N	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES LIMITES DE ATTER HUMEDAD %	LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLASTICO %	INDICE DE PLASTICIDAD %	% PASA 200	ghum (KN/m3)	gsec (KN/m3)
1	0,90	CL	A-6	6,27	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	0,00 - 0,90				0	46,46	29	17	12	61,66	25,92	17,70
2	2,00	SW-SM	A-1-b	0,00	ARENA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA	0,90 - 2,00	7	10	8	18	5,02	NL	NP	NP	10,53	20,00	19,05
3	3,00	SM	A-2-4	0,00	ARENA LIMOSA	2,00 - 3,00	3	2	3	5	21,44	NL	NP	NP	27,64	24,06	19,81
4	4,00	SP	A-3	0,00	ARENA MAL GRADADA	3,00 - 4,00	5	3	3	6	19,45	NL	NP	NP	2,54	24,19	20,25
5	5,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	4,00 - 5,00	8	8	10	18	17,42	NL	NP	NP	1,19	24,50	20,87
6	6,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	5,00 - 6,00	9	10	6	16	15,44	NL	NP	NP	0,93	23,92	20,72
7	7,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	6,00 - 7,00	7	3	3	6	15,44	NL	NP	NP	1,24	23,92	20,72
8	8,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	7,00 - 8,00	5	8	9	17	13,04	NL	NP	NP	1,24	23,01	20,36
9	9,00	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	8,00 - 9,00	13	12	9	21	14,48	NL	NP	NP	8,57	23,10	20,18
10	10,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	9,00 - 10,00	11	10	12	22	11,82	NL	NP	NP	3,49	23,03	20,60
11	11,00	GW	A-1-a	0,00	GRAVA BIEN GRADADA	10,00 - 11,00	10	10	8	18	15,08	NL	NP	NP	3,73	24,83	21,58
12	12,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	11,00 - 12,00	16	13	12	25	14,90	NL	NP	NP	2,93	22,43	19,52
13	13,00	GP	A-1-a	0,00	GRAVA MAL GRADADA	12,00 - 13,00	15	17	14	31	8,84	NL	NP	NP	1,22	24,37	22,39
14	14,00	ML	A-4	13,00	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	13,00 - 14,00	12	19	22	41	12,58	NL	NP	NP	100,00	23,15	20,57
15	15,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	14,00 - 15,00	18	18	25	43	12,51	NL	NP	NP	3,42	23,60	20,98
16	16,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	15,00 - 16,00	10	15	14	29	16,64	NL	NP	NP	2,00	23,01	19,72
17	17,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	16,00 - 17,00	16	24	27	51	18,84	NL	NP	NP	1,21	23,33	19,63
18	18,50	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	17,00 - 18,50	20	25	23	48	17,59	NL	NP	NP	0,95	24,20	20,58
19	19,50	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	18,50 - 19,50	19	22	20	42	19,87	NL	NP	NP	1,91	23,76	19,82
20	20,50	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	19,50 - 20,50	21	28	30	58	20,38	NL	NP	NP	2,36	23,75	19,73
21	21,50	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	20,50 - 21,50	18	22	29	51	11,47	NL	NP	NP	4,21	22,61	20,29
22	22,50	SP	A-1-b	0	ARENA MAL GRADADA	21,50 - 22,50	17	23	30	53	13,35	NL	NP	NP	2,44	21,84	19,27
23	23,50	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	22,50 - 23,50	19	25	28	53	15,03	NL	NP	NP	4,30	24,13	20,98
24	25,00	SM	A-2-4	0,00	ARENA LIMOSA	23,50 - 25,00	15	21	24	45	16,93	NL	NP	NP	23,93	23,47	20,07



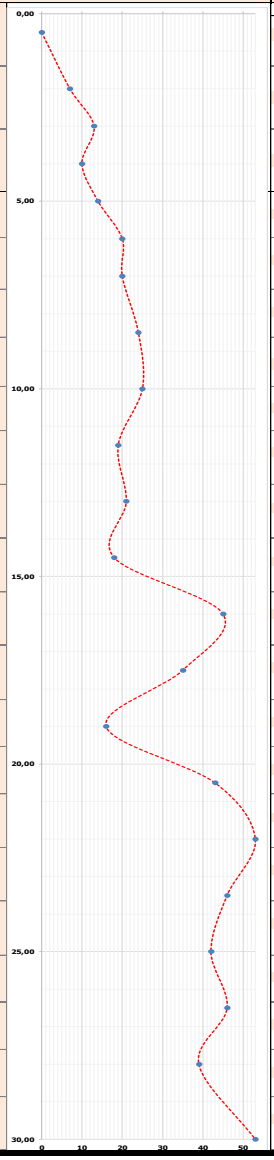
A continuación, se presentan los perfiles estratigráficos Sondeo número 4 construcción de torre de control en base aérea CACOM 01.

Tabla 7. Perfil estratigráfico sondeo No 4.

DEPARTAMENTO DE SUELOS

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 — FECHA: AGOSTO DE 2021
SOLICITANTE: FUERZA AEREA
HORIZONTE: SONDEO 4
LOCALIZACION: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA

MUESTRA #	ESC	CLASIFICACION U.S.C.	CLASIFICACION AASHTO	CLASIFICACION INDICE DE GRUPO	CLASIFICACION DESCRIPCION DEL SUELO Y CALSIFICACION	PROFUNDIDAD Mts	PENETRACIÓN (cm) Nº DE GOLPES 15	15	15	Profundidad vs N	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES LIMITES DE ATTER HUMEDAD %	LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLASTICO %	INDICE DE PLASTICIDAD %	% PASA 200	ghum (KN/m3)	gsec (KN/m3)
1	0,50	SM	A-4	2,50	ARENA LIMOSA	0,00 - 0,50				0	7,90	NL	NP	NP	47,50	21,55	19,98
2	2,00	SP-SM	A-3	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	0,50 - 2,00	3	4	3	7	8,09	NL	NP	NP	8,37	21,67	20,05
3	3,00	SM	A-1-b	0,00	ARENA LIMOSA	2,00 - 3,00	7	8	5	13	9,19	NL	NP	NP	22,68	22,32	20,44
4	4,00	SP	A-1-a	0,00	ARENA MAL GRADADA	3,00 - 4,00	8	5	5	10	8,83	NL	NP	NP	0,52	21,21	19,49
5	5,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	4,00 - 5,00	9	6	8	14	9,47	NL	NP	NP	2,62	22,58	20,63
6	6,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	5,00 - 6,00	8	10	10	20	9,33	NL	NP	NP	1,83	22,11	20,22
7	7,00	SW	A-1-a	0,00	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	6,00 - 7,00	12	12	8	20	10,74	NL	NP	NP	2,70	18,48	16,68
8	8,50	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	7,00 - 8,50	14	12	12	24	13,49	NL	NP	NP	3,95	22,96	20,23
9	10,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	8,50 - 10,00	10	13	12	25	15,60	NL	NP	NP	1,85	23,56	20,39
10	11,50	SW	A-1-b	0,00	ARENA BIEN GRADADA	10,00 - 11,50	12	9	10	19	12,90	NL	NP	NP	1,08	22,59	20,01
11	13,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	11,5 - 13,00	9	8	13	21	13,76	NL	NP	NP	0,37	22,73	19,98
12	14,50	SP	A-3	0,00	ARENA MAL GRADADA	13,00 - 14,50	10	10	8	18	23,10	NL	NP	NP	4,57	24,20	19,66
13	16,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	14,50 - 16,00	15	19	26	45	12,07	NL	NP	NP	3,44	22,52	20,10
14	17,50	SP	A-3	0,00	ARENA MAL GRADADA	16,00 - 17,50	10	14	21	35	23,59	NL	NP	NP	4,02	25,55	20,67
15	19,00	SP	A-3	0,00	ARENA MAL GRADADA	17,50 - 19,00	8	8	8	16	23,59	NL	NP	NP	4,02	25,55	20,67
16	20,50	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	19,00 - 20,50	15	20	23	43	17,96	NL	NP	NP	5,46	23,95	20,30
17	22,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	20,50 - 22,00	17	24	29	53	21,49	NL	NP	NP	0,60	23,18	19,08
18	23,50	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	22,00 - 23,50	25	19	27	46	20,78	NL	NP	NP	1,79	23,01	19,05
19	25,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	23,50 - 25,00	13	19	23	42	15,22	NL	NP	NP	1,67	22,25	19,31
20	26,50	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	25,00 - 26,50	16	22	24	46	15,76	NL	NP	NP	5,32	21,97	18,98
21	28,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	26,50 - 28,00	19	20	19	39	12,42	NL	NP	NP	3,81	22,59	20,09
22	30,00	SP	A-1-b	0	ARENA MAL GRADADA	28,00 - 30,00	19	24	29	53	14,91	NL	NP	NP	4,95	23,50	20,45



4.4 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL PREDIO.

La estratigrafía del subsuelo en estudio, corresponde mayormente a una estratigrafía conformada por suelos granulares como lo son las arenas (más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz N 4), gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es retenida en el tamiz N 4) y suelos finos de baja plasticidad (Limite liquido menor de 50), tal como se describe a continuación: arena bien gradada **SW** con un porcentaje de **18.68%**, arena limosa **SM** con un porcentaje de **9.89%**, arena mal gradada **SP** con un porcentaje de **47.25%**, arena bien gradada o arena limosa **SW-SM** con un porcentaje de **2.20%**, arena mal gradada o arena limosa **SP-SM** con un porcentaje de **14.29%**. en menor proporción se encontró grava bien gradada **GW** con un porcentaje de **3.30%**, grava bien gradada o grava limosa **GW-GM** con un porcentaje de **1.10%.** Por otro lado, se encontraron limo de baja plasticidad **ML** con un porcentaje de **1.10%** y arcilla de baja plasticidad **CL** con un porcentaje de **1.10%.** Tal como se muestra en la gráfica 4.



Grafica 1. Gráfico estratos de suelos del proyecto

A continuación, comparemos las condiciones de humedades e índices de consistencias para la determinación de los tipos de suelos encontrados.

- Límites de consistencias de tipo de suelo

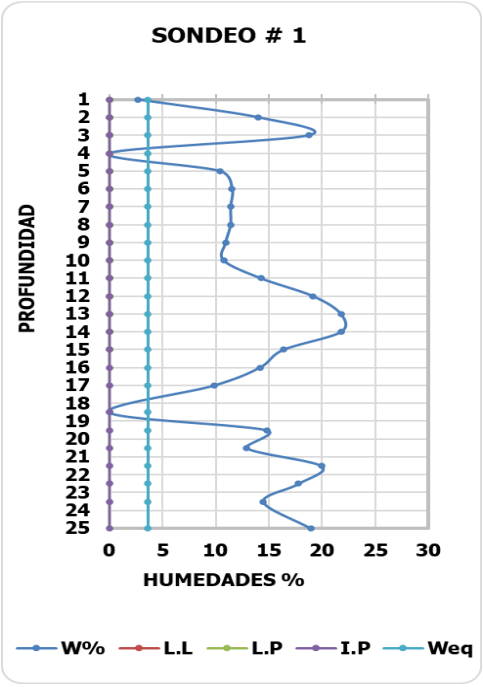
Tabla 8 Índices de consistencia

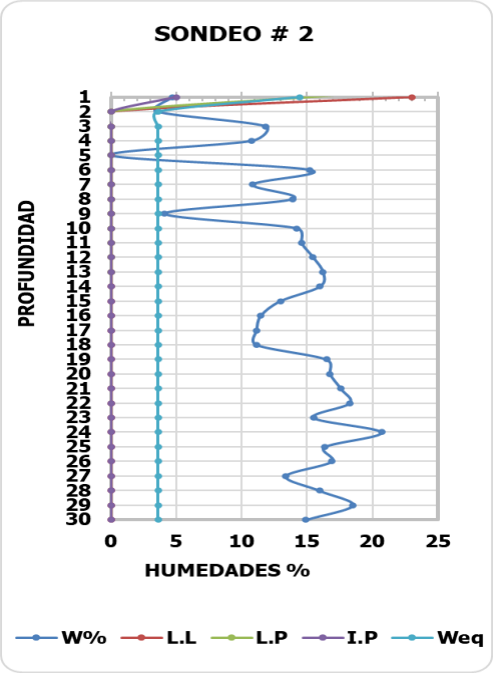
Sondeo Referencia	prof (m)	TIPO	Wn %	LL%	LP%	IP %	Weq %
1	1	SW	2,67	0,00	0	0	3,6
	2	SW	14,02	0,00	0	0	3,6
	3	SM	18,75	0,00	0	0	3,6
	4	SP	0,00	0,00	0	0	3,6
	5	SP	10,41	0,00	0	0	3,6
	6	SP-SM	11,55	0,00	0	0	3,6
	7	SW	11,40	0,00	0	0	3,6
	8	SW	11,40	0,00	0	0	3,6
	9	SW	10,93	0,00	0	0	3,6
	10	SP-SM	10,74	0,00	0	0	3,6
	11	SP-SM	14,26	0,00	0	0	3,6
	12	SP-SM	19,16	0,00	0	0	3,6
	13	SP	21,77	0,00	0	0	3,6
	14	SM	21,77	0,00	0	0	3,6
	15	SP	16,34	0,00	0	0	3,6
	16	SW	14,13	0,00	0	0	3,6
	17	SW	9,80	0,00	0	0	3,6
	18,5	SW	0,00	0,00	0	0	3,6
	19,5	SP-SM	14,82	0,00	0	0	3,6
	20,5	SW	12,92	0,00	0	0	3,6
	21,5	SP	19,93	0,00	0	0	3,6
	22,5	SP	17,76	0,00	0	0	3,6
	23,5	SP	14,49	0,00	0	0	3,6
	25	SP	18,98	0,00	0	0	3,6
2	1	ML-CL	4,73	23,00	18	5	14,41
	2	SP	3,53	0,00	0	0	3,6
	3	SM	11,80	0,00	0	0	3,6
	4	SW	10,79	0,00	0	0	3,6
	5	SP	0,00	0,00	0	0	3,6
	6	SP	15,22	0,00	0	0	3,6
	7	GP	10,84	0,00	0	0	3,6
	8	GW	13,88	0,00	0	0	3,6
	9	GP	4,12	0,00	0	0	3,6
	10	SP	14,20	0,00	0	0	3,6
	11	SP	14,55	0,00	0	0	3,6
	12	SW	15,46	0,00	0	0	3,6
	13	SP	16,21	0,00	0	0	3,6
	14	SP	15,97	0,00	0	0	3,6
	15	SP	12,94	0,00	0	0	3,6
	16	GW	11,45	0,00	0	0	3,6
	17	SW-SM	11,13	0,00	0	0	3,6
	18	GW-GM	11,12	0,00	0	0	3,6
	19	SM	16,47	0,00	0	0	3,6
	20	SP	16,75	0,00	0	0	3,6
	21	SP	17,57	0,00	0	0	3,6
	22	SP	18,26	0,00	0	0	3,6
	23	SP	15,49	0,00	0	0	3,6
	24	SP	20,69	0,00	0	0	3,6
	25	SM	16,36	0,00	0	0	3,6
	26	SM	16,88	0,00	0	0	3,6
	27	SP-SM	13,36	0,00	0	0	3,6
	28	SP-SM	15,95	0,00	0	0	3,6
	29	SP-SM	18,52	0,00	0	0	3,6
	30	SP-SM	14,91	0,00	0	0	3,6

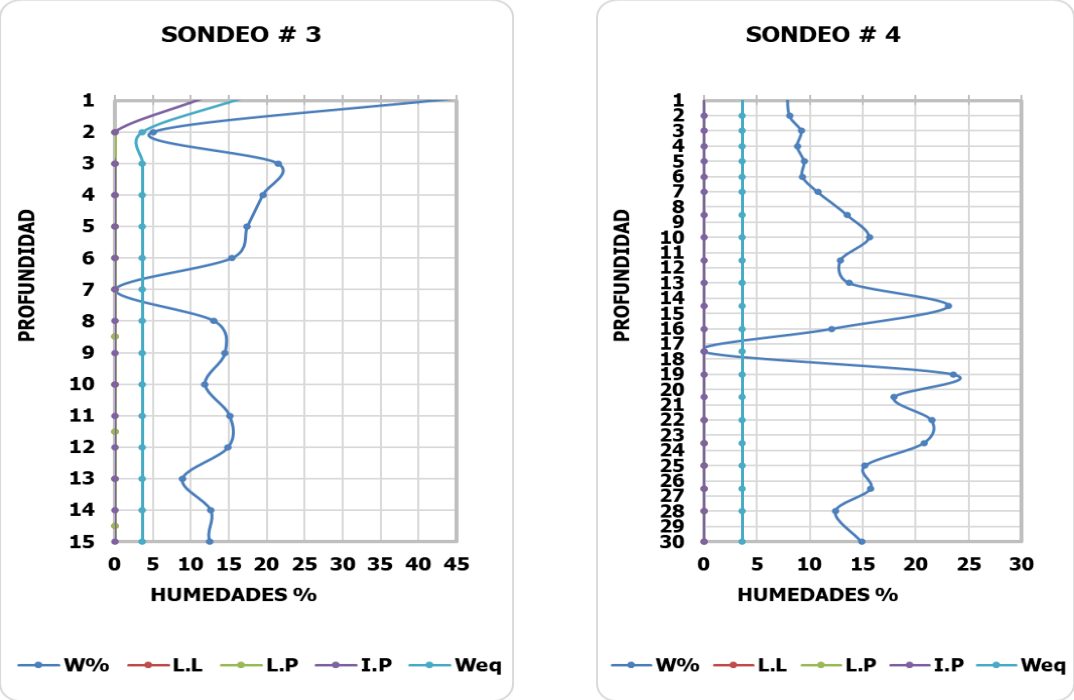
3	0,9	CL	46,46	29,00	17	12	17,23
	2	SW-SM	5,02	0,00	0	0	3,6
	3	SM	21,44	0,00	0	0	3,6
	4	SP	19,45	0,00	0	0	3,6
	5	SP	17,42	0,00	0	0	3,6
	6	SP	15,44	0,00	0	0	3,6
	7	SP	0,00	0,00	0	0	3,6
	8	SP	13,04	0,00	0	0	3,6
	9	SP-SM	14,48	0,00	0	0	3,6
	10	SP	11,82	0,00	0	0	3,6
	11	GW	15,08	0,00	0	0	3,6
	12	SP	14,90	0,00	0	0	3,6
	13	GP	8,84	0,00	0	0	3,6
	14	ML	12,58	0,00	0	0	3,6
	15	SW	12,51	0,00	0	0	3,6
	16	SP	16,64	0,00	0	0	3,6
	17	SP	18,84	0,00	0	0	3,6
	18,5	SP	17,59	0,00	0	0	3,6
	19,5	SP	19,87	0,00	0	0	3,6
	20,5	SP	20,38	0,00	0	0	3,6
	21,5	SW	11,47	0,00	0	0	3,6
	22,5	SP	13,35	0,00	0	0	3,6
	23,5	SP	15,03	0,00	0	0	3,6
	25	SM	16,93	0,00	0	0	3,6
4	0,5	SM	7,90	0,00	0	0	3,6
	2	SP-SM	8,09	0,00	0	0	3,6
	3	SM	9,19	0,00	0	0	3,6
	4	SP	8,83	0,00	0	0	3,6
	5	SW	9,47	0,00	0	0	3,6
	6	SW	9,33	0,00	0	0	3,6
	7	SW	10,74	0,00	0	0	3,6
	8,5	SP	13,49	0,00	0	0	3,6
	10	SP	15,60	0,00	0	0	3,6
	11,5	SW	12,90	0,00	0	0	3,6
	13	SW	13,76	0,00	0	0	3,6
	14,5	SP	23,10	0,00	0	0	3,6
	16	SW	12,07	0,00	0	0	3,6
	17,5	SP	0,00	0,00	0	0	3,6
	19	SP	23,59	0,00	0	0	3,6
	20,5	SP-SM	17,96	0,00	0	0	3,6
	22	SP	21,49	0,00	0	0	3,6
	23,5	SP	20,78	0,00	0	0	3,6
	25	SP	15,22	0,00	0	0	3,6
	26,5	SP-SM	15,76	0,00	0	0	3,6
	28	SP	12,42	0,00	0	0	3,6
	30	SP	14,91	0,00	0	0	3,6

Tabla 9 Niveles freáticos encontrados

Sondeo #	Prof. Sondeo (m)	Prof N.F inicial (m)	Prof N.F final (m)
1	25,00	1,80	3,00
2	30,00	2,50	3,00
3	25,00	2,60	3,40
4	30,00	2,80	3,00
N.F Promedio		2,43	3,10







Grafica 2. Humedades vs Profundidad

- Los estratos de limo de baja plasticidad presentan contenidos de humedad natural con valores desde **12.58%**. No presentan limite liquido ni plasticidad. Los porcentajes de partículas inferiores al tamiz No 200 presentan rangos desde **100.0%**. En el U.S.C clasifica como **ML.** En el sistema AASHTO se ubican en los grupos **A-4.**

  Los limos son suelos compactos y con buena cohesión, sin llegar a serlo tanto como las arcillas, son suelos que presentan una permeabilidad más alta que las arcillas, pero menor que las arenas, su mediana a alta susceptibilidad a presentar cambios de volumen al entrar en contacto con el agua se debe tener en cuenta en el sistema de fundación.

- Los estratos arcilla de baja plasticidad Presentan contenido de humedad natural de **46.46%.** Su límite líquido es de **29.0%**, su límite plástico es de **17.0%**, su índice de plasticidad es de **12.0%**. Los porcentajes de partículas inferiores al

tamiz No 200 presentan rangos desde **61.66%**. En el U.S.C clasifica como **CL.** En el sistema AASHTO se ubican en los grupos **A-6**.

Los suelos arcillosos se caracterizan por presentar baja permeabilidad, su amplio rango de valores de humedad para el límite líquido y el límite plástico se debe tener en cuenta, ya que existen arcillas de mediana y alta susceptibilidad al cambio de volumen al entrar en contacto con el agua, esta característica se debe considerar en el sistema de fundación ya que pueden surgir cambios de volumen al variar su contenido de humedad, estos suelos presentan una plasticidad mayor a la de otros suelos, así como compresibilidad y cohesión.

- Los estratos arenas Presentan contenido de humedad natural de **2.67% a 21.77%.** No presentan limite liquido ni plasticidad. Los porcentajes de partículas inferiores al tamiz No 200 presentan rangos desde **0.37% a 4.24%**. En el U.S.C clasifica como **SW, SM, SP, SP-SM, SW-SM,.** En el sistema AASHTO se ubican en los grupos **A-1-a, A-1-b, A-3, A-4**.

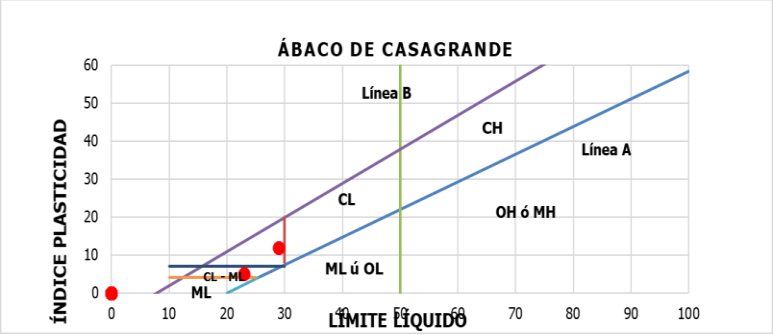
  Los suelos granulares con presencia de suelos finos se caracterizan por presentar alta permeabilidad, su baja susceptibilidad a experimentar cambios de volumen debido a la presencia de materiales granular, hacen que se deba tener en cuenta esta característica en el sistema de fundación ya que pueden reducir los cambios de volumen al variar su contenido de humedad. Son suelos de baja compresibilidad y cohesión, ya que por su naturaleza granular sus partículas tienden a estar sueltas.

- Los estratos gravas Presentan contenido de humedad natural de **4.12% a 15.08%.** No presentan limite liquido ni plasticidad. Los porcentajes de partículas inferiores al tamiz No 200 presentan rangos desde **1.02% a 7.32%**. En el U.S.C clasifica como **GP, GW, GW-GM.** En el sistema AASHTO se ubican en los grupos **A-1-a**.

Los suelos gravosos se caracterizan por presentar alta permeabilidad, su alta presencia de partículas con tamaños mayores a 2.0 mm de diámetro hacen que no presente cohesión por su característica de material suelto, tampoco suelen presentar niveles pronunciados de plasticidad a menos que exista la presencia de material fino, su baja susceptibilidad al cambio de volumen al entrar en contacto con el agua y su capacidad de soporte mayor que la de los otros tipos de suelos, hacen de este un buen suelo para la construcción.

- Potencial de Licuación: De acuerdo con la NSR-10, los suelos granulares tienen una tendencia natural a densificarse bajo carga, cuando el suelo está saturado y el drenaje es lento o totalmente inexistente, lo que aumenta la presión en los poros y decrecimiento del esfuerzo efectivo, conllevando a la sobre flotación de las partículas, lo que se conoce como licuación.

  Los suelos arcillosos son en su totalidad densos y cohesivos, y en las muestras de suelos arenosos se encuentran porcentajes medios de finos, por lo que se debe tener en cuenta esta condición ante el proceso de licuación.



Grafica 3 Abaco de plasticidad de Casagrande

Se observa un comportamiento de las muestras de suelos finos estudiadas en el cual tienden a concentrarse mayormente en la familia de las arcillas inorgánicas de baja plasticidad y limos inorgánicos de baja plasticidad.

En las siguientes tablas se resumen los resultados de los ensayos de laboratorio, indicando además una serie de correlaciones obtenidas mediante el ensayo de penetración normal:

- **LOS ESTRATOS DE LIMO DE BAJA PLASTICIDAD**

Tabla 10 Características físicas de las limos de baja plasticidad

PARÁMETRO	RESULTADOS
Contenido de Humedad	**12.58%**
Límite Líquido	**-**
Límite Plástico	**-**
Índice de Plasticidad	**-**
Pasa tamiz 200	**100.0%**
Clasificación S.U.C.	**ML**
Clasificación AASHTO	**A-4**
Peso Unitario seco*	16.99kN/m3
Gravedad específica de los sólidos*	2.63 – 2.65
N Corregido	24
Coeficiente de Poisson*	0.32
Modulo esfuerzo deformación*	15.60 Mpa

_____*En correlación con el ensayo de penetración normal.

- **LOS ESTRATOS ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD.**

Tabla 11. Características físicas de arcilla de baja plasticidad

PARÁMETRO	RESULTADOS
Contenido de Humedad	**46.46%**
Limite liquido	**29.0%**
Limite plástico	**17.0%**
Índice de plasticidad	**12.0%**
Pasa tamiz 200	**61.66%**
Clasificación S.U.C.	**CL**
Clasificación AASHTO	**A-6**
Peso Unitario seco*	17.69 kN/m3
Gravedad específica de los sólidos*	2.63 – 2.65
N Corregido	-
Coeficiente de Poisson*	0.33
Modulo esfuerzo deformación*	-

_____*En correlación con el ensayo de penetración normal.

- **LOS ESTRATOS ARENAS.**

Tabla 12. Características físicas de arenas.

PARÁMETRO	RESULTADOS
Contenido de Humedad	**2.67% a 21.77%**
Limite liquido	**-**
Limite plástico	**-**
Índice de plasticidad	**-**
Pasa tamiz 200	**0.37% a 4.24%**
Clasificación S.U.C.	**SW, SM, SP, SP-SM, SW-SM**
Clasificación AASHTO	**A-1-a, A-1-b, A-3, A-4**
Peso Unitario seco*	16.7 kN/m3 – 21.0 kN/m3
Gravedad específica de los sólidos*	2.63 – 2.65
N Corregido	2 - 33
Coeficiente de Poisson*	0.27 – 0.35
Modulo esfuerzo deformación*	7.20 Mpa – 19.20 Mpa

*En correlación con el ensayo de penetración normal.

- **LOS ESTRATOS GRAVAS.**

Tabla 13. Características físicas de gravas.

PARÁMETRO	RESULTADOS
Contenido de Humedad	**4.12% a 15.08%.**
Limite liquido	**-**
Limite plástico	**-**
Índice de plasticidad	**-**
Pasa tamiz 200	**1.02% a 7.32%**
Clasificación S.U.C.	**GP, GW, GW-GM**
Clasificación AASHTO	**A-1-a**
Peso Unitario seco*	21.6 kN/m3 – 23.0 kN/m3
Gravedad específica de los sólidos*	2.63 – 2.65
N Corregido	12 - 30
Coeficiente de Poisson*	0.28 – 0.33
Modulo esfuerzo deformación*	11.20 Mpa – 18.0 Mpa

*En correlación con el ensayo de penetración normal.

Las memorias de cálculo de cada valor de N natural y N corregido e igual que su promedio esta dado en las siguientes tablas. Para así poder calificar el perfil de suelo expresado en el estudio de suelo. Obteniendo los valores de la correspondiente ecuación dependiendo el tipo de suelo.

Los valores expresados en la tabla son las correlaciones del ensayo de SPT obtenidos en campo y dependiendo de la clasificación y características del suelo encontrado.

Tabla 14. Hojas de cálculos de los perfiles estratigráficos

sondeo	prof (m)	TIPO	g (KN/m^3)	N	LL%	IP %	LP	ASST	IG	p 200	Wn %	p' (KPa)	Ncorr	E (MPa)	m	k
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1,0	SW	20,32	16	0	0	0	A-1-b	0	2,508108	2,67	20,32	19	13,6	0,27	14,69
	2,0	SW	19,95	7	0	0	0	A-1-b	0,00	0,844142	14,02	40,28	6	8,4	0,30	9,24
	3,0	SM	20,09	3	0	0	0	A-4	1,6201853	43,10093	18,75	60,37	2	8,5	0,35	9,68
	4,0	SP	0,00	2	0	0	0	0	0	0	0,00	60,37	1	6,4	0,32	7,13
	5,0	SP	20,24	30	0	0	0	A-1-b	0,00	4,841407	10,41	80,61	20	14	0,28	15,18
	6,0	SP-SM	20,65	20	0	0	0	A-1-b	0	5,309116	11,55	101,25	12	10,8	0,33	12,10
	7,0	SW	20,55	1	0	0	0	A-1-a	0,00	2,373156	11,40	121,81	0	6	0,33	6,75
	8,0	SW	20,55	14	0	0	0	A-1-a	0	2,373156	11,40	142,36	8	9,2	0,30	10,13
	9,0	SW	20,07	21	0	0	0	A-1-a	0	2,40709	10,93	162,44	11	10,4	0,30	11,42
	10,0	SP-SM	20,00	29	0	0	0	A-1-b	0,00	6,261643	10,74	182,44	14	11,6	0,33	13,01
	11,0	SP-SM	20,63	23	0	0	0	A-1-b	0	5,020436	14,26	203,07	11	10,4	0,33	11,71
	12,0	SP-SM	20,56	20	0	0	0	A-1-b	0,00	5,153459	19,16	223,62	9	9,6	0,34	10,84
	13,0	SP	19,78	20	0	0	0	A-1-b	0,00	2,297026	21,77	243,41	9	9,6	0,31	10,59
	14,0	SM	20,17	18	0	0	0	A-1-b	0	13,50544	21,77	263,58	8	11,5	0,34	13,02
	15,0	SP	19,86	17	0	0	0	A-1-b	0,00	3,140736	16,34	283,43	7	8,8	0,31	9,73
	16,0	SW	20,86	34	0	0	0	A-1-a	0	4,00947	14,13	304,29	14	11,6	0,30	12,75
	17,0	SW	20,10	58	0	0	0	A-1-a	0,00	4,243222	9,80	324,40	23	15,2	0,29	16,62
	18,5	SW	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,00	324,40	0	6	0,33	6,75
	19,5	SP-SM	20,06	36	0	0	0	A-1-b	0	5,672527	14,82	344,46	14	11,6	0,34	13,08
	20,5	SW	20,12	37	0	0	0	A-1-b	0,00	1,458831	12,92	364,58	14	11,6	0,30	12,77
	21,5	SP	19,74	31	0	0	0	A-1-b	0	2,624208	19,93	384,32	11	10,4	0,31	11,48
	22,5	SP	19,04	57	0	0	0	A-1-b	0,00	2,097499	17,76	403,36	20	14	0,30	15,36
	23,5	SP	20,40	93	0	0	0	A-1-b	0	4,747243	14,49	423,77	33	19,2	0,29	20,93
	25,0	SP	20,05	54	0	0	0	A-3	0	4,463112	18,98	453,85	18	13,2	0,30	14,51
2	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1,0	ML-CL	16,99	0	23	5	18	A-4	5,696387	63,48193	4,73	16,99	0	0	0,32	0,00
	2,0	SP	19,74	15	0	0	0	A-1-b	0,00	4,148571	3,53	36,73	13	11,2	0,29	12,19
	3,0	SM	20,07	22	0	0	0	A-1-b	0,00	18,94523	11,80	56,79	16	15,5	0,32	17,23
	4,0	SW	20,38	17	0	0	0	A-1-a	0	2,256118	10,79	77,17	10	10	0,29	10,95
	5,0	SP	0,00	5	0	0	0	0	0	0	0,00	77,17	3	7,2	0,31	7,98
	6,0	SP	20,93	17	0	0	0	A-1-b	0	2,691069	15,22	98,10	10	10	0,30	10,96
	7,0	GP	21,95	19	0	0	0	A-1-a	0,00	1,019772	10,84	120,05	12	10,8	0,29	11,82
	8,0	GW	22,98	23	0	0	0	A-1-a	0,00	1,942839	13,88	143,04	13	11,2	0,29	12,26
	9,0	GP	21,78	0	0	0	0	A-1-a	0	0	4,12	164,81	0	6	0,33	6,75
	10,0	SP	19,82	22	0	0	0	A-1-b	0	3,68278	14,20	184,64	11	10,4	0,30	11,43
	11,0	SP	19,76	21	0	0	0	A-1-b	0	3,668841	14,55	204,40	10	10	0,30	11,00
	12,0	SW	19,79	27	0	0	0	A-1-b	0	3,013215	15,46	224,19	13	11,2	0,30	12,30
	13,0	SP	19,87	28	0	0	0	A-1-b	0	4,936098	16,21	244,06	13	11,2	0,30	12,30
	14,0	SP	20,37	41	0	0	0	A-1-b	0	4,289053	15,97	264,44	18	13,2	0,29	14,45
	15,0	SP	20,71	27	0	0	0	A-1-b	0,00	3,539823	12,94	285,15	11	10,4	0,30	11,46
	16,0	GW	22,31	72	0	0	0	A-1-a	0,00	3,325704	11,45	307,46	30	18	0,28	19,59
	17,0	SW-SM	20,75	78	0	0	0	A-1-a	0	6,56843	11,13	328,21	31	18,4	0,32	20,50
	18,0	GW-GM	22,68	63	0	0	0	A-1-a	0	7,322115	11,12	350,89	24	15,6	0,33	17,46
	19,0	SM	19,93	43	0	0	0	A-2-4	0	33,3528	16,47	370,81	16	15,5	0,33	17,46
	20,0	SP	20,82	44	0	0	0	A-1-b	0,00	3,652469	16,75	391,63	16	12,4	0,30	13,64
	21,0	SP	19,30	63	0	0	0	A-1-b	0,00	2,1476	17,57	410,93	22	14,8	0,30	16,22
	22,0	SP	19,97	62	0	0	0	A-1-b	0	2,019478	18,26	430,91	21	14,4	0,30	15,80
	23,0	SP	19,47	50	0	0	0	A-1-b	0	4,285855	15,49	450,38	17	12,8	0,30	14,08
	24,0	SP	19,39	98	0	0	0	A-3	0	4,061048	20,69	469,77	33	19,2	0,29	20,96
	25,0	SM	19,20	42	0	0	0	A-2-4	0	31,26907	16,36	488,96	13	14	0,34	15,84
	26,0	SM	19,14	40	0	0	0	A-1-b	0	12,03411	16,88	508,10	13	14	0,34	15,84
	27,0	SP-SM	20,36	45	0	0	0	A-1-b	0	6,464483	13,36	528,46	14	11,6	0,34	13,12
	28,0	SP-SM	19,54	32	0	0	0	A-1-b	0	6,458067	15,95	548,00	10	10	0,34	11,35
	29,0	SP-SM	19,36	49	0	0	0	A-1-b	0	5,781237	18,52	567,36	15	12	0,34	13,57
	30,0	SP-SM	19,69	57	0	0	0	A-1-b	0	9,241005	14,91	587,05	17	12,8	0,34	14,46

3	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,9	CL	17,70	0	29	12	17	A-6	6,2659987	61,66363	46,46	15,93	0	0	0,33	0,00
	2,0	SW-SM	19,05	18	0	0	0	A-1-b	0,00	10,53405	5,02	36,88	16	12,4	0,31	13,77
	3,0	SM	19,81	5	0	0	0	A-2-4	0,00	27,64488	21,44	56,69	3	9	0,35	10,22
	4,0	SP	20,25	6	0	0	0	A-3	0	2,544678	19,45	76,94	3	7,2	0,31	7,98
	5,0	SP	20,87	18	0	0	0	A-1-b	0	1,194512	17,42	97,81	11	10,4	0,29	11,39
	6,0	SP	20,72	16	0	0	0	A-1-b	0	0,926792	15,44	118,53	9	9,6	0,30	10,55
	7,0	SP	0,00	6	0	0	0	0	0,00	100	0,00	0,00	0	6	0,37	6,93
	8,0	SP	20,36	17	0	0	0	A-1-b	0,00	1,24382	13,04	20,36	26	16,4	0,26	17,60
	9,0	SP-SM	20,18	21	0	0	0	A-1-b	0	8,574515	14,48	40,53	22	14,8	0,31	16,33
	10,0	SP	20,60	22	0	0	0	A-1-b	0	3,489073	11,82	61,13	19	13,6	0,28	14,74
	11,0	GW	21,58	18	0	0	0	A-1-a	0,00	3,725269	15,08	82,71	14	11,6	0,29	12,65
	12,0	SP	19,52	25	0	0	0	A-1-b	0	2,929104	14,90	102,22	18	13,2	0,28	14,36
	13,0	GP	22,39	31	0	0	0	A-1-a	0	1,219859	8,84	124,61	20	14	0,28	15,22
	14,0	ML	20,57	41	0	0	0	A-4	13	100	12,58	145,18	24	15,6	0,32	17,32
	15,0	SW	20,98	43	0	0	0	A-1-a	0	3,421937	12,51	166,16	24	15,6	0,28	16,94
	16,0	SP	19,72	29	0	0	0	A-1-b	0	1,999375	16,64	185,88	15	12	0,29	13,13
	17,0	SP	19,63	51	0	0	0	A-1-b	0,00	1,212798	18,84	205,51	26	16,4	0,28	17,82
	18,5	SP	20,58	48	0	0	0	A-1-b	0,00	0,94541	17,59	236,39	22	14,8	0,29	16,14
	19,5	SP	19,82	42	0	0	0	A-1-b	0	1,913248	19,87	256,21	19	13,6	0,29	14,87
	20,5	SP	19,73	58	0	0	0	A-1-b	0	2,356036	20,38	275,94	25	16	0,29	17,44
	21,5	SW	20,29	51	0	0	0	A-1-a	0	4,211961	11,47	296,23	21	14,4	0,29	15,75
	22,5	SP	19,27	53	0	0	0	A-1-b	0,00	2,439322	13,35	315,50	21	14,4	0,29	15,76
	23,5	SP	20,98	53	0	0	0	A-1-b	0,00	4,301338	15,03	336,48	21	14,4	0,29	15,76
	25,0	SM	20,07	45	0	0	0	A-2-4	0	23,93206	16,93	366,59	17	16	0,33	18,00

4	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,5	SM	19,98	0	0	0	0	A-4	2,5008853	47,50443	7,90	9,99	0	7,5	0,37	8,66
	2,0	SP-SM	20,05	7	0	0	0	A-3	0,00	8,374423	8,09	40,07	6	8,4	0,34	9,47
	3,0	SM	20,44	13	0	0	0	A-1-b	0,00	22,68239	9,19	60,51	9	12	0,33	13,47
	4,0	SP	19,49	10	0	0	0	A-1-a	0	0,523818	8,83	80,00	6	8,4	0,30	9,25
	5,0	SW	20,63	14	0	0	0	A-1-a	0	2,619605	9,47	100,63	8	9,2	0,30	10,11
	6,0	SW	20,22	20	0	0	0	A-1-a	0	1,834024	9,33	120,85	11	10,4	0,30	11,40
	7,0	SW	16,68	20	0	0	0	A-1-a	0,00	2,696737	10,74	137,53	11	10,4	0,30	11,41
	8,5	SP	20,23	24	0	0	0	A-1-b	0,00	3,952839	13,49	167,88	12	10,8	0,30	11,85
	10,0	SP	20,39	25	0	0	0	A-1-b	0	1,851197	15,60	198,46	12	10,8	0,30	11,86
	11,5	SW	20,01	19	0	0	0	A-1-b	0	1,076875	12,90	228,48	9	9,6	0,30	10,58
	13,0	SW	19,98	21	0	0	0	A-1-a	0,00	0,366075	13,76	258,45	9	9,6	0,31	10,59
	14,5	SP	19,66	18	0	0	0	A-3	0	4,569593	23,10	287,95	7	8,8	0,31	9,73
	16,0	SW	20,10	45	0	0	0	A-1-a	0	3,435188	12,07	318,09	18	13,2	0,30	14,47
	17,5	SP	0,00	35	0	0	0	0	0,00	0	0,00	318,09	14	11,6	0,30	12,76
	19,0	SP	20,67	16	0	0	0	A-3	0,00	4,017731	23,59	349,10	6	8,4	0,31	9,31
	20,5	SP-SM	20,30	43	0	0	0	A-1-b	0	5,461893	17,96	379,55	16	12,4	0,33	13,97
	22,0	SP	19,08	53	0	0	0	A-1-b	0	0,599146	21,49	408,18	19	13,6	0,30	14,93
	23,5	SP	19,05	46	0	0	0	A-1-b	0	1,793526	20,78	436,75	16	12,4	0,30	13,65
	25,0	SP	19,31	42	0	0	0	A-1-b	0,00	1,668816	15,22	465,72	14	11,6	0,30	12,79
	26,5	SP-SM	18,98	46	0	0	0	A-1-b	0,00	5,324955	15,76	494,19	15	12	0,34	13,56
	28,0	SP	20,09	39	0	0	0	A-1-b	0	3,810831	12,42	524,33	12	10,8	0,31	11,93
	30,0	SP	20,45	53	0	0	0	A-1-b	0	4,948447	14,91	565,23	16	12,4	0,31	13,67

4.5 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO.

4.5.1 Geometría, extensión y Accidentes Geomorfológicos.

El predio donde se construirá la torre de control del CACOM-01, se localiza en el La base aérea German Olano, en el municipio de Puerto salgar. El área destinada para la construcción no se observan construcciones y el sitio presenta una geometría irregular, cerramiento en tela de color verde, a su alrededor se observa abundante vegetación. se puede considerar que el terreno es mayormente plano dado que no se evidencian desniveles considerables en su superficie, esto se debe verificar con un estudio topográfico.

4.5.2 Parámetros sísmicos influyentes en el proyecto.

De conformidad a lo establecido en el título A de la norma colombiana de diseño sismo resistente NSR-10, en el aparte A-2-4, los efectos locales de respuesta sísmica del proyecto deben evaluarse utilizando los siguientes parámetros:

Tabla 15. Efectos locales de respuesta sísmica del proyecto.

Características	**Valor**
Localidad	Puerto salgar. (Cundinamarca)
Riesgo Sísmico	Intermedio
Coeficiente de Aceleración Pico Esperado para diseño (A_a)	0.15
Coeficiente de Velocidad Pico Efectiva (A_v)	0.20
Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva para el umbral de daño, A_d (Tabla NSR-10 A.2.4-3)	0.06
Coeficiente de aceleración pico efectiva para diseño con seguridad limitada, A_e (Tabla NSR-10 A.2.4-4)	0.11
Coeficiente de ampliación que modifica la aceleración en periodos cortos, F_a (Tabla NSR-10 A.2.4-3)	1.5
Coeficiente de ampliación que modifica la aceleración en periodos Intermedios, F_v (Tabla NSR-10 A.2.4-4)	2.0
Tipo de Perfil	D
Grupo de uso	IV
Coeficiente de importancia, I	1.50

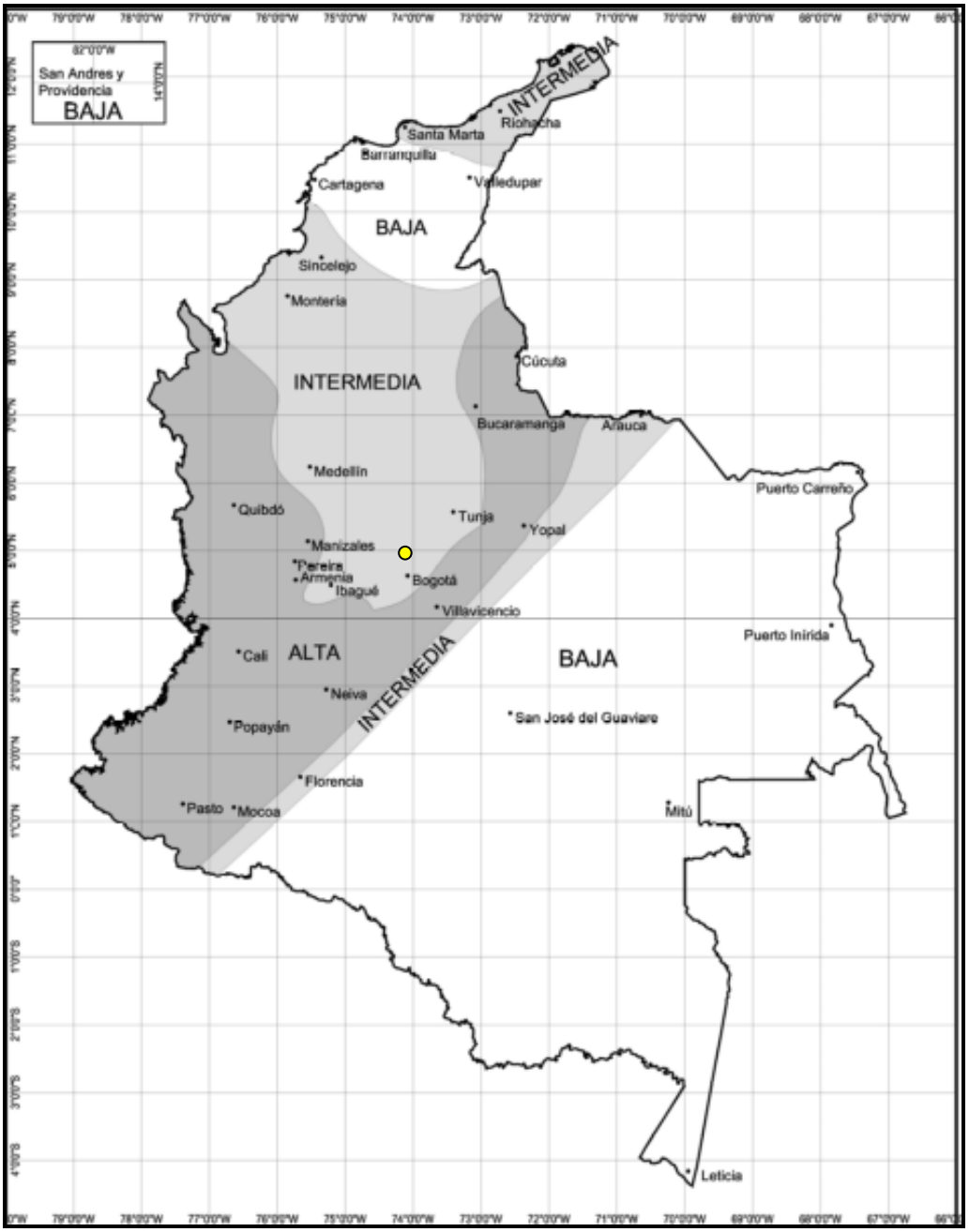


Figura 13. Zonas de amaneza sismica - NSR-10

En la siguiente tabla se muestran los valores de A_a, A_v y el nivel de amenaza sísmica según la NSR-10:

Tabla 16. Valores de Aa, Av y nivel de amenaza sísmica

Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
Nemocón	25486	0.15	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Nilo	25488	0.20	0.20	Intermedia	0.10	0.05
Nimáima	25489	0.15	0.20	Intermedia	0.14	0.06
Nocáima	25491	0.15	0.20	Intermedia	0.14	0.06
Pacho	25513	0.15	0.20	Intermedia	0.10	0.06
Paime	25518	0.15	0.20	Intermedia	0.12	0.06
Pandi	25524	0.20	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Paratebueno	25530	0.30	0.25	Alta	0.09	0.04
Pasca	25535	0.20	0.20	Intermedia	0.10	0.05
Puerto Salgar	25572	0.15	0.20	Intermedia	0.11	0.06
Puli	25580	0.20	0.20	Intermedia	0.14	0.06
Quebradanegra	25592	0.15	0.20	Intermedia	0.16	0.06
Quetame	25594	0.25	0.25	Alta	0.16	0.08
Quipile	25596	0.15	0.20	Intermedia	0.16	0.08
Ricaurte	25612	0.20	0.20	Intermedia	0.11	0.06
San Antonio de Tequendama	25645	0.15	0.20	Intermedia	0.10	0.06
San Bernardo	25649	0.25	0.20	Alta	0.10	0.05
San Cayetano	25653	0.15	0.15	Intermedia	0.10	0.06
San Francisco	25658	0.15	0.20	Intermedia	0.11	0.06
San Juan de Rioseco	25662	0.20	0.20	Intermedia	0.16	0.06
Sasaima	25718	0.15	0.20	Intermedia	0.16	0.06
Sesquilé	25736	0.15	0.20	Intermedia	0.10	0.05
Sibaté	25740	0.15	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Silvania	25743	0.20	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Simijaca	25745	0.15	0.15	Intermedia	0.09	0.05
Soacha	25754	0.15	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Sopó	25758	0.15	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Subachoque	25769	0.15	0.20	Intermedia	0.10	0.06
Suesca	25772	0.15	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Supatá	25777	0.15	0.20	Intermedia	0.11	0.06
Susa	25779	0.15	0.20	Intermedia	0.09	0.05

La tabla siguiente muestra la clasificación de los perfiles del suelo:

Tabla 17. Perfiles de Suelos. NSR-10

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s> $\bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > $\bar{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > $\bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w ≥ 40% 50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F_1 — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F_2 — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F_3 — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F_4 — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

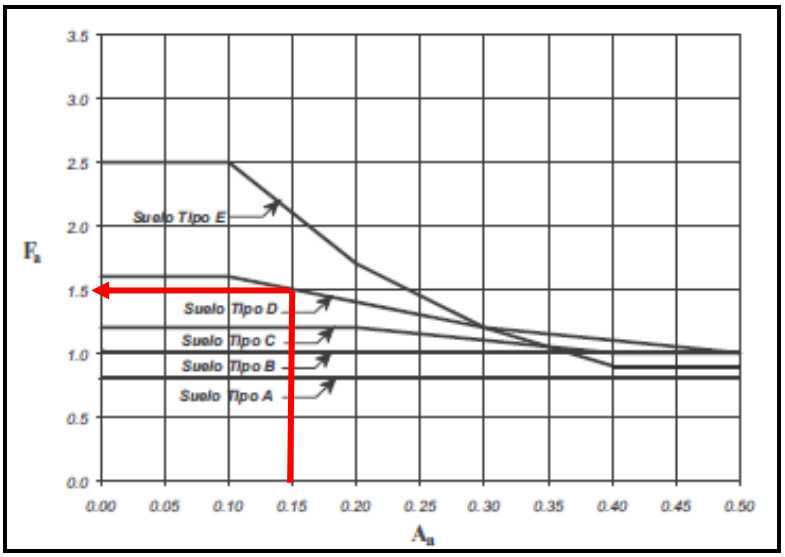
Tabla 18. Perfiles de Suelos. NSR-10

Tabla A.2.4-2

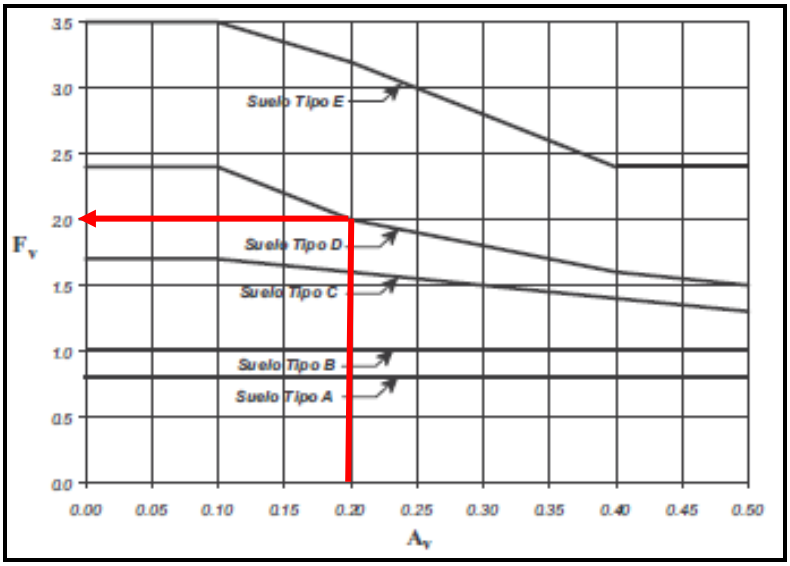
Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E

Tipo de perfil	$\bar{v}_s$	$\bar{N}$ o $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa (≈ 1 kgf/cm²)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa (≈0.5 kgf/cm²)

De las siguientes graficas se obtienen los coeficientes de ampliación de acuerdo con la NSR-10:



Grafica 4. Coeficiente Fa para la zona de periodos cortos del espectro



Grafica 5. Coeficiente Fv. para la zona de intermedios del espectro

4.6 COEFICIENTE DE IMPORTANCIA

A.2.5.1 NSR-10. **GRUPOS DE USO** — Todas las edificaciones deben clasificarse dentro de uno de los siguientes Grupos de Uso A.2.5.1.4 NSR-10.

A.2.5.1.1 — *Grupo* IV — *Edificaciones indispensables* — Son aquellas edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alterno. Este grupo debe incluir:

a) Todas las edificaciones que componen hospitales clínicas y centros de salud que dispongan de servicios de cirugía, salas de cuidados intensivos, salas de neonatos y/o atención de urgencias,
b) Todas las edificaciones que componen aeropuertos, estaciones ferroviarias y de sistemas masivos de transporte, centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión,
c) Edificaciones designadas como refugios para emergencias, centrales de aeronavegación, hangares de aeronaves de servicios de emergencia,
d) Edificaciones de centrales de operación y control de líneas vitales de energía eléctrica, agua, combustibles, información y transporte de personas y productos,
e) Edificaciones que contengan agentes explosivos, tóxicos y dañinos para el público, y
f) En el grupo **IV** deben incluirse las estructuras que alberguen plantas de generación eléctrica de emergencia, los tanques y estructuras que formen parte de sus sistemas contra incendio, y los accesos, peatonales y vehiculares de las edificaciones tipificadas en los literales a, b, c, d y e del presente numeral.

A.2.5.1.2 — Grupo III — Edificaciones de atención a la comunidad — Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el grupo IV. Este grupo debe incluir:

a) Estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de las fuerzas armadas, y sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres,
b) Garajes de vehículos de emergencia,
c) Estructuras y equipos de centros de atención de emergencias,
d) Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza,
e) Aquellas del grupo II para las que el propietario desee contar con seguridad adicional, y

f) Aquellas otras que la administración municipal, distrital, departamental o nacional designe como tales.

A.2.5.1.3 — *Grupo* II — *Estructuras de ocupación especial* — Cubre las siguientes estructuras:

a) Edificaciones en donde se puedan reunir más de 200 personas en un mismo salón,
b) Graderías al aire libre donde pueda haber más de 2000 personas a la vez,
c) Almacenes y centros comerciales con más de 500 m² por piso,
d) Edificaciones de hospitales, clínicas y centros de salud, no cubiertas en A.2.5.1.1.
e) Edificaciones donde trabajen o residan más de 3000 personas, y
f) Edificios gubernamentales.

A.2.5.1.4 — *Grupo* I — *Estructuras de ocupación normal* — Todas las edificaciones cubiertas por el alcance de este Reglamento, pero que no se han incluido en los Grupos **II**, **III** y **IV**.

A.2.5.2 — COEFICIENTE DE IMPORTANCIA — El Coeficiente de Importancia, **I,** modifica el espectro, y con ello las fuerzas de diseño, de acuerdo con el grupo de uso a que esté asignada la edificación para tomar en cuenta que para edificaciones de los grupos **II**, **III** y **IV** deben considerarse valores de aceleración con una probabilidad menor de ser excedidos que aquella del diez por ciento en un lapso de cincuenta años considerada en el numeral A.2.2.1. Los valores de **I** se dan en la tabla A.2.5-1.

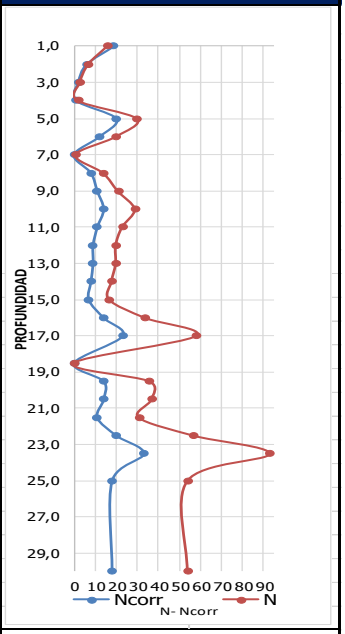
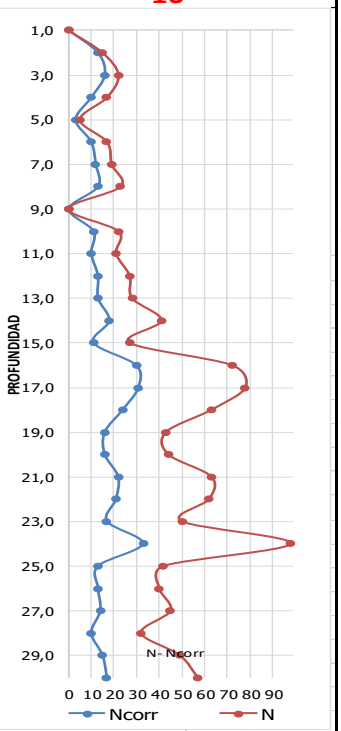
Tabla 19. Valores del coefiecunte de importancia

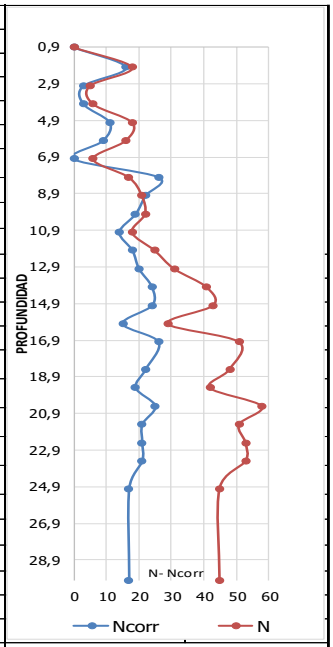
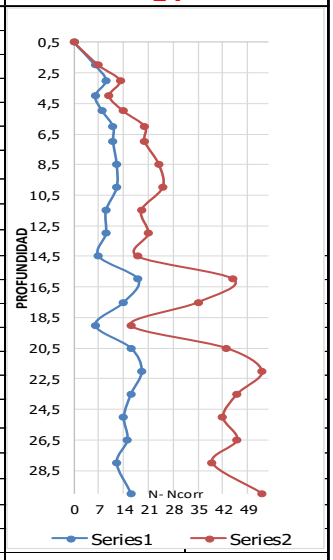
Tabla A.2.5-1
Valores del coeficiente de importancia, I

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

La siguiente tabla muestra la ecuación promedio del N corregido y velocidad de onda:

Tabla 20. Hoja de cálculo de N corregido y velocidad de onda.

sondeo	prof (m)	N	Ncorr	Espesor (m)	Esp/N_{corr}	SPT VS PROF
1	0,0					
	1,0	16,0	19,0	1,0	0,0000	
	2,0	7,0	6,0	1,0	0,1667	
	3,0	3,0	2,0	1,0	0,0000	
	4,0	2,0	1,0	1,0	1,0000	
	5,0	30,0	20,0	1,0	0,0500	
	6,0	20,0	12,0	1,0	0,0833	
	7,0	1,0	0,0	1,0	0,0000	
	8,0	14,0	8,0	1,0	0,1250	
	9,0	21,0	11,0	1,0	0,0909	
	10,0	29,0	14,0	1,0	0,0714	
	11,0	23,0	11,0	1,0	0,0909	
	12,0	20,0	9,0	1,0	0,1111	
	13,0	20,0	9,0	1,0	0,1111	
	14,0	18,0	8,0	1,0	0,1250	
	15,0	17,0	7,0	1,0	0,1429	
	16,0	34,0	14,0	1,0	0,0714	
	17,0	58,0	23,0	1,0	0,0435	
	18,5	0,0	0,0	1,5	0,0000	
	19,5	36,0	14,0	1,0	0,0714	
	20,5	37,0	14,0	1,0	0,0714	
	21,5	31,0	11,0	1,0	0,0909	
	22,5	57,0	20,0	1,0	0,0500	
	23,5	93,0	33,0	1,0	0,0303	
	25,0	54,0	18,0	1,5	0,0833	
	30,0	54,0	18,0	5,0	0,2778	
	0,0			**30,0**	**2,9584**	**10**
2	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0000	
	2,0	15,0	13,0	1,0	0,0769	
	3,0	22,0	16,0	1,0	0,0625	
	4,0	17,0	10,0	1,0	0,1000	
	5,0	5,0	3,0	1,0	0,3333	
	6,0	17,0	10,0	1,0	0,0000	
	7,0	19,0	12,0	1,0	0,0000	
	8,0	23,0	13,0	1,0	0,0769	
	9,0	0,0	0,0	1,0	0,0000	
	10,0	22,0	11,0	1,0	0,0909	
	11,0	21,0	10,0	1,0	0,1000	
	12,0	27,0	13,0	1,0	0,0769	
	13,0	28,0	13,0	1,0	0,0769	
	14,0	41,0	18,0	1,0	0,0556	
	15,0	27,0	11,0	1,0	0,0909	
	16,0	72,0	30,0	1,0	0,0333	
	17,0	78,0	31,0	1,0	0,0000	
	18,0	63,0	24,0	1,0	0,0417	
	19,0	43,0	16,0	1,0	0,0625	
	20,0	44,0	16,0	1,0	0,0625	
	21,0	63,0	22,0	1,0	0,0455	
	22,0	62,0	21,0	1,0	0,0476	
	23,0	50,0	17,0	1,0	0,0588	
	24,0	98,0	33,0	1,0	0,0303	
	25,0	42,0	13,0	1,0	0,0769	
	26,0	40,0	13,0	1,0	0,0769	
	27,0	45,0	14,0	1,0	0,0000	
	28,0	32,0	10,0	1,0	0,1000	
	29,0	49,0	15,0	1,0	0,0667	
	30,0	57,0	17,0	1,0	0,0588	
	0,0			**30,0**	**1,9024**	**16**

3	0,9	0,0	0,0	0,9	0,0000	
	2,0	18,0	16,0	1,1	0,0688	
	3,0	5,0	3,0	1,0	0,3333	
	4,0	6,0	3,0	1,0	0,3333	
	5,0	18,0	11,0	1,0	0,0909	
	6,0	16,0	9,0	1,0	0,1111	
	7,0	6,0	0,0	1,0	0,0000	
	8,0	17,0	26,0	1,0	0,0385	
	9,0	21,0	22,0	1,0	0,0455	
	10,0	22,0	19,0	1,0	0,0526	
	11,0	18,0	14,0	1,0	0,0714	
	12,0	25,0	18,0	1,0	0,0556	
	13,0	31,0	20,0	1,0	0,0500	
	14,0	41,0	24,0	1,0	0,0417	
	15,0	43,0	24,0	1,0	0,0417	
	16,0	29,0	15,0	1,0	0,0667	
	17,0	51,0	26,0	1,0	0,0385	
	18,5	48,0	22,0	1,5	0,0682	
	19,5	42,0	19,0	1,0	0,0526	
	20,5	58,0	25,0	1,0	0,0400	
	21,5	51,0	21,0	1,0	0,0476	
	22,5	53,0	21,0	1,0	0,0476	
	23,5	53,0	21,0	1,0	0,0476	
	25,0	45,0	17,0	1,5	0,0882	
	30,0	45,0	17,0	5,0	0,2941	
	0,0			**30,0**	**2,1255**	**14**
4	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0000	
	2,0	7,0	6,0	1,5	0,2500	
	3,0	13,0	9,0	1,0	0,1111	
	4,0	10,0	6,0	1,0	0,1667	
	5,0	14,0	8,0	1,0	0,1250	
	6,0	20,0	11,0	1,0	0,0909	
	7,0	20,0	11,0	1,0	0,0909	
	8,5	24,0	12,0	1,5	0,0000	
	10,0	25,0	12,0	1,5	0,1250	
	11,5	19,0	9,0	1,5	0,1667	
	13,0	21,0	9,0	1,5	0,1667	
	14,5	18,0	7,0	1,5	0,2143	
	16,0	45,0	18,0	1,5	0,0833	
	17,5	35,0	14,0	1,5	0,1071	
	19,0	16,0	6,0	1,5	0,2500	
	20,5	43,0	16,0	1,5	0,0938	
	22,0	53,0	19,0	1,5	0,0789	
	23,5	46,0	16,0	1,5	0,0000	
	25,0	42,0	14,0	1,5	0,1071	
	26,5	46,0	15,0	1,5	0,1000	
	28,0	39,0	12,0	1,5	0,1250	
	30,0	53,0	16,0	2,0	0,1250	
	0,0	0,0	0,0	**30,0**	**2,5775**	**12**

En la tabla siguiente se ilustran las correlaciones entre los resultados del SPT y la compacidad y la consistencia de los suelos:

Tabla 21. Compacidad del suelo correlacionada con los resultados de SPT.

No. de golpes N	Compacidad
0 – 4	Muy suelta
4 – 10	Suelta
10 – 30	**Mediana**
30 – 50	Densa
Mayor que 50	Muy densa

Tabla 22. Consistencia depósitos cohesivos

No. de golpes N	Consistencia
0 – 2	Muy blanda
2 – 4	Blanda
4 – 8	Media
8 – 15	**Firme**
15 – 30	Muy firme
Mayor que 30	Dura

4.7 PERFIL DEL SUELO

De acuerdo a la geología, en el sector se encuentran materiales constituidos por una matriz areno arenas bien gradadas, seguido de arenas mal gradadas.

A partir de la exploración y ensayos de laboratorio ejecutados, específicamente el sitio de estudio tiene el perfil de suelos presentado a continuación; las cotas se encuentran referenciadas al nivel actual del terreno natural.
Para algunos parámetros se utilizaron correlaciones y para otros ensayos con medición directa de las propiedades. A continuación, se presenta el listado de correlaciones utilizadas:

Cc= 0.009*(LL-10)

Dónde:
Cc: Coeficiente de Consolidación
LL: Límite Líquido

e0= 2.4*w/100

Dónde:
w: Humedad Natural

Peck	$\phi'eq = 28.5 + 0.25 \times N1_{45}$
Peck, Hanson y Thornburn	$\phi'eq = 26.25 \times (2 - \exp(-N1_{45} / 62)$
Kishida	$\phi'eq = 15 + (20 \times N1_{72})^{0.5}$
Schmertmann	$\phi'eq' = \arctan[(N1_{60} / 32.5)^{0.34}]$
JNR	$\phi eq' = 27 + 0.30 \times N1_{72}$
JRB	$\phi eq' = 15 + (15 \times N1_{72})^{0.5}$
Kishida	$\phi'eq = 15 + (12.5 \times N1_{45})^{0.5}$
Schmertmann	$\phi'eq' = \arctan[(N1_{45} / 43.3)^{0.34}]$
Japan National Railway (JNR)	$\phi eq' = 27 + 0.1875 \times N1_{45}$
Japan Road Bureau (JRB)	$\phi eq' = 15 + (9.375 \times N1_{45})^{0.5}$

a. 0.0m– 0.5m	CAPA DE MATERIAL GRANULAR
	Capa superficial de material granular
b. 0.5m– 1.0m	CAPA DE LIMOS DE BAJA PLASTICIDAD
	N(SPT)=4 a 8 golpes por pie. Consistencia blanda. W=4.73 - 46.46 %, wL=26, wP=5%, UCS: SW. Cc=NA, e0=0.6 Peso unitario, γ=1.64 – 1.98t/m³.
c. 1.0 m– 6.50m	INTERCALACIONES DE ARENAS BIEN Y MAL GRADADAS CON VACÍOS O CÁRCAVAS.
	N(SPT)= 2 a 20 golpes por pie. Consistencia blanda, W=2.67 - 21.44%, UCS: SP-SM Cc=NA, e0=0.3 Peso unitario, γ=1.81t/m³
d. 6.50m– 10.0m	CAPAS DE ARENAS MAL GRADADAS CON VACÍOS O CÁRCAVAS, LENTES DE ARENAS LICUABLES
	N(SPT)= 6 a 14 golpes por pie. Consistencia firme. W=16%, wL=NLL, wP=NLP. UCS: SP, e0=0.3. Peso unitario, γ=1.8t/m³
e. 10 m– 12.5m	CAPAS DE ARENAS MAL GRADADAS DE CONSISTENCIA FIRMA
	N(SPT)= 9 a 13 golpes por pie. Consistencia firme, W= 9.33 - 19.16 %, UCS: SP, Cc= NA e0=0.3 Peso unitario, γ=1.8t/m³
f. 12.5m– 17.75m	CAPAS DE ARENAS MAL GRADADAS CON PESO ESPECIFICO LIGERAMENTE MÁS ALTO
	N(SPT)= 9 a 33 golpes por pie. Consistencia firme, W= 8.84 - 23.59 %, UCS: SP Cc= NA e0=0.4 Peso unitario, γ=1.9t/m³
g. 17.75m– 30m	CAPAS DE ARENAS MAL GRADADAS DE CONSISTENCIA DURA
	N(SPT)= 14 a 52 golpes por pie. Consistencia dura, W= 11.13 - 23.59 %,UCS: SP Cc= NA e0=0.40. Peso unitario, γ=1.9t/m³

4.8 CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES

4.8.1 Suelos Expansivos.

Teniendo en cuenta que no se tiene la presencia de materiales plásticos en las muestras recuperadas de los sondeos, no se presentan suelos expansivos en el presente proyecto.

4.8.2 Suelos Dispersivos o Erodables

Los suelos dispersivos dentro de la ingeniería son calificados como suelos problemáticos, algunos suelos son formados en climas extremos como zonas áridas o semiáridas; en esta última es donde se pueden formar los suelos dispersivos. Aunque Puerto Salgar es considerada climatológicamente una zona semiárida, lo materiales presentes corresponde mayor mente a Arenas y estos materiales no son suelos dispersivos, sin embargo, si son suelos erodables debido a que se detectó la presencia de aguas subterráneas, como también se presentó una resistividad en el grupo 4 que corresponde a una zona colapsada, compuesta principalmente por gravas y arenas mal gradadas, por lo tanto, se emite una alerta sobre erosión interna de estos materiales.

Se sostiene que la dispersividad de una arcilla depende de su mineralogía, textura química, contenido de sal disuelta y cantidad de vacíos en el agua de los poros. Teniendo en cuenta que los depósitos superficiales no corresponden mayoritariamente a arcillas sino de manera mínima, no se espera que la arena en superficie corresponda a un suelo dispersivo.

Erosiones severas o aún peores, problemas serios de tubificación que dañan terraplenes y fallas por tubificación de represas han ocurrido en suelos dispersivos que fueron utilizados para su construcción. Las fallas típicas que indican problemas de tubificación son las pequeñas filtraciones de agua lodosa y oscura de una represa luego de iniciado el proceso de llenado del reservorio. Los tubos formados se van volviendo cada vez más grandes y estos pueden producir rápidamente la falla de la represa. La dispersión ocurre en suelos cuando fuerzas repulsivas entre partículas de arcilla exceden la fuerza de atracción, así produciendo una defloculación que en la presencia de agua relativamente pura las partículas se repelen la una con la otra formando suspensiones coloidales; estas suspensiones son altamente susceptibles a la erosión y a la tubificación. La mayoría de las fallas asociadas con suelos dispersivos han ocurrido en arcillas que contienen montmorillonita. Teniendo en cuenta que no se ha observado tubificación en la superficie del lote, ni la presencia de montmorillonita, no se espera la presencia de suelos dispersivos en el proyecto.

Cabe resaltar que la solución planteada solventa el problema de suelos erodables al evitar cimentar sobre ese estrato.

4.8.3 Suelos Colapsables

De acuerdo a la NSR-20, Se distinguen cuatro tipos principales de suelos colapsables, a continuación, se enunciarán cada uno de ellos y seguido el resultado de la evaluación geotécnica realizada.

(a) Suelos aluviales y coluviales — Depositados en ambientes semi-desérticos por flujos más o menos torrenciales, tienen con frecuencia una estructura inestable (suelos metastables). Si bien los suelos presentes en el proyecto son aluviales, según la geología el ambiente de depositación no es semidesértico, ni mucho menos ocurrió por flujos torrenciales; en contraste su estructura es estable de acuerdo a lo observado.

(b) Suelos eólicos — Depositados por el viento, son arenas y limos arenosos con escaso cemento arcilloso en una estructura suelta o inestable. Reciben el nombre genérico de "loess" en las zonas templadas. Descartado en el proyecto por Geología.

(c) Cenizas volcánicas — Provenientes de cenizas arrojadas al aire por eventos recientes de actividad volcánica explosiva, conforman planicies de suelos limosos y limo-arcillosos con manifiesto carácter metastable. Descartado en el proyecto por Geología.

(d) Suelos residuales — Derivados de la descomposición in-situ de minerales de ciertas rocas, son luego lixiviados por el agua y pierden su cemento y su sustento por lo cual también terminan con una estructura inestable. Descartado en el proyecto por Geología.

Por las diferentes expresadas anteriormente, no se espera la aparición de este tipo de suelos (Colapsables) en el proyecto.

4.8.4 Susceptibilidad a La Licuación

A continuación, se relaciona la lista de características de los suelos licuables de acuerdo a la NSR-2010 y la respectiva evaluación geotécnica realizada dentro del proyecto.

(a) La edad geológica es determinante: suelos del Holoceno son más susceptibles que los del Pleistoceno y la licuación de depósitos de edades anteriores no es común. Teniendo en cuenta este elemento el suelo no sería susceptible a la licuación.

(b) El depósito de suelo debe estar saturado, o cerca de la saturación, para que ocurra la licuación. De acuerdo a las exploraciones realizadas en campo, el nivel freático

se encontró a los 2.95 metros de profundidad, las exploraciones llegaron hasta una profundidad de 30.0m, por ende, se emite una alerta sobre licuación en la zona. La solución planteada mitiga el problema de licuación al evitar cimentar sobre ese estrato.

(c) Depósitos fluviales, coluviales, granulares, eólicos, cuando saturados, son susceptibles de licuación. Los materiales son granulares y provenientes de depósitos fluviales, la zona del presente proyecto está en una zona aluvial.

(d) Así mismo pueden clasificarse como licuables los depósitos de abanicos aluviales, planicies aluviales, playas, terrazas y estuarios. Los depósitos mencionados se refieren a arenas uniformes y limpias, dados los resultados de los ensayos de laboratorio, este no es el caso de estudio del presente proyecto.

(e) Son muy susceptibles a la licuación las arenas finas y arenas limosas, relativamente uniformes, con densidad suelta y media. Generalmente se producen grandes deformaciones del terreno y de las estructuras apoyadas, y pueden formar volcanes de arena en superficie con los correspondientes cambios volumétricos severos. Las arenas presentes en el subsuelo no son uniformes, su densidad va de media a alta, las estructuras ya construidas en el lote no han presentado deformaciones y no se observaron volcanes en visita al sitio.

(f) Los depósitos bien gradados con tamaños hasta de gravas, gravas arenosas y gravas areno-limosas, son menos susceptibles a licuación, pero de todas formas deben verificarse. Estos materiales también pueden generar cambios volumétricos del terreno. En los sondeos no fueron detectadas gravas, no se han detectado cambios volumétricos en el terreno para los edificios ya construidos.

(g) Los limos, limos arcillosos y arcillas limosas, de baja plasticidad y con la humedad natural cercana al límite líquido, también son susceptibles de presentar licuación o falla cíclica. Generalmente se produce la degradación progresiva de la resistencia dinámica de los suelos finos con el número de ciclos de carga equivalente, llevándolos a la falla o generando grandes asentamientos del terreno y de las estructuras apoyadas en él. No se detectaron en los ensayados de laboratorios realizados este tipo de materiales.

(h) Suelos con partículas redondeadas, son más susceptibles que suelos con partículas angulares. Suelos con partículas micáceas, propios de suelos volcánicos, son más susceptibles. Las arenas detectadas poseen partículas redondeadas.

(i) Cuando el depósito está en condición seca o con bajo grado de saturación, se genera un proceso de densificación con las consecuentes deformaciones

permanentes del terreno y estructuras apoyadas en él. No se ha detectado este comportamiento en las estructuras existentes en el lote.

Al realizar el análisis de licuación por la metodología de I.M. Idriss y la metodología de Young et al encontramos que entre 0 y 10 m se encuentran estratos con potencial de licuación alto, en los diferentes sondeos realizados se observa que en diferentes puntos hay resultados positivos en puntos como lo son de 4 a 7 m, lo cual presenta congruencia con la variabilidad presente en el terreno en estos primeros 10 metros, así mismo esto nos ratifica la no homogeneidad lateral en el comportamiento del suelo en el estrado de 0 a 10 m.

La solución planteada mitiga el problema de licuación al evitar cimentar sobre ese estrato.

5 ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA

A partir de la información obtenida en ensayos de campo y realizando el respectivo procesamiento de acuerdo a La Norma Sismo Resistente (NSR10) se procedió a realizar los cálculos de estimación de capacidad de carga para cimentaciones profundas en el sitio antes mencionado. Los análisis fueron realizados en condición drenada.

Las recomendaciones entregadas se basan en los parámetros geomecánicos del suelo y fueron evaluadas desde el punto de vista técnico-económico y constructivo; estas recomendaciones sirven como insumo para los posteriores cálculos estructurales que definirán las dimensiones de las soluciones a implementar en cada caso y para el desarrollo de la obra.

La resistencia de los elementos a dimensionar fue afectada por factores de seguridad directos e indirectos de acuerdo a la NSR-2010. A continuación, se presenta un resumen de los parámetros utilizados y obtenidos en la zona; así como también las recomendaciones de cimentación realizadas.

Para el presente proyecto se presenta un total de 24 alternativas de cimentación profunda, donde se presentan 4 diámetros, una con diámetro de 0.7 m, una de 0.8 m, otra con diámetro de 1.0 m y una de 1.2 m, 3 diferentes separaciones y la interacción entre concreto vs suelo para pilotes con comisado recuperable, como también el acero vs suelo para pilotes con comisado no recuperable. La cimentación profunda propuesta corresponde a pilotes a 23.0 y 25.0m de profundidad dependiendo de la alternativa.

El estrato de apoyo se localiza a 10 m, en caso de encontrarse un material diferente al expresado en este informe para esa profundidad debe comunicarse de manera inmediata con el consultor para ajustar los parámetros o recomendaciones de diseño.

El sistema de cimentación elegido corresponde al que mejor beneficio costo representa para el proyecto, para todos los casos inicialmente se considera la cimentación profunda que se supone es el más económico.

Los datos empleados para este sitio y sus respectivos resultados se presentan a continuación en las siguientes tablas, los detalles de los cálculos se consignan en la memoria de cálculo.

5.1 TORRE DE CONTROL

Las alternativas de cimentación propuestas para esta estructura de cimentación profunda con camisa recuperable o cimentación profunda con camisa no recuperable, la cimentación en ambos casos corresponde a un dado de cimentación de 13.4 m por 13.4 m, soportado por pilotes de diferentes diámetros.

A continuación, se presenta el resumen de capacidad de carga los pilotes para las alternativas de camisa recuperable y no recuperable del presente subcapítulo, el detalle puede ser consultado en el Anexo No 3.

Tabla 23. Resumen de capacidad de carga con camisa no recuperable

Diámetro	Longitud Efectiva	Profundidad de cimentación	Capacidad Admisible.
0.70m	15m	25m	139ton
0.80m	15m	25m	157ton
1.00m	15m	25m	192ton
1.20m	15m	25m	226ton

Para la alternativa con camisas no recuperables se proponen pilotes entre 0.7 y 1.2 m de diámetro con profundidades de cimentación de 25 m, a pesar de que se entregan capacidades de carga teóricas geotécnicas, estas mismas deben ser limitadas por el especialista estructural de acuerdo a la resistencia del concreto u otros materiales a utilizar en el proceso constructivo.

Para el caso de camisas no recuperables el especialista estructural deberá revisar la capacidad de carga que soporta el concreto.

Tabla 24. Resumen de capacidad de carga con camisa recuperable

Diámetro	Longitud Efectiva	Profundidad de cimentación	Capacidad Admisible.
0.70m	13m	23m	240ton
0.80m	13m	23m	272ton
1.00m	13m	23m	337ton
1.20m	13m	23m	399ton

Se proponen pilotes entre 0.7 y 1.2 m de diámetro de longitud de 23 m, a pesar de que se entregan capacidades de carga teóricas geotécnicas, estas mismas deben ser limitadas por el especialista estructural de acuerdo a la resistencia del concreto u otros materiales a utilizar en el proceso constructivo.

Para el caso de los pilotes de 0.7 m de diámetro las verificaciones geotécnicas para la resistencia del concreto arrojaron que la longitud máxima debe ser 19m, para el de 0.8 m debe ser 20 m, para el de 1.0 debe ser de 23 m. Para el caso de 1.2 m de diámetro el especialista estructural deberá revisar la capacidad de carga que soporta el concreto, estos cálculos se pueden observar en los anexos.

Tabla 25. Longitudes máximas por resistencia del concreto

Diámetro	Longitud Máxima
0.70m	23m
0.80m	25m
1.00m	26m

Así las cosas, el especialista estructural debe garantizar que la rigidez del dado tal que permita transmitir los esfuerzos uniformemente.

Dadas las limitaciones de las modelaciones simplificadas, la magnitud y alcance del proyecto, no se recomienda la utilización de pilotes de diferentes longitudes dentro de la placa. Máxime cuando no ha mediado una modelación de elementos finitos que garantice el correcto funcionamiento integral de la estructura a la luz de diferentes longitudes de pilotes.

A continuación, se presentan las tablas de eficiencia para cada una de las alternativas presentadas.

Tabla 26. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 0.7m con camisa no recuperable

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 0.7m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.65	0.75	0.81
n (Group Action))	0.71	0.80	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.77	0.85	0.90
Promedio	**0.71**	**0.80**	**0.85**

Tabla 27. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 0.8m con camisa no recuperable

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 0.8m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.66	0.75	0.81
n (Group Action))	0.72	0.80	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.81	0.88	0.92
Promedio	**0.73**	**0.81**	**0.86**

Tabla 28. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 1.0m con camisa no recuperable

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 1.0m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.67	0.77	0.81
n (Group Action))	0.73	0.82	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.85	0.91	0.93
Promedio	**0.75**	**0.83**	**0.87**

Tabla 29. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 1.2m con camisa no recuperable

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 1.2m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.69	0.79	0.81
n (Group Action))	0.76	0.84	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.88	0.94	0.95
Promedio	**0.78**	**0.86**	**0.87**

Tabla 30. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 0.7m con camisa recuperable

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 0.7m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.65	0.75	0.81
n (Group Action))	0.71	0.80	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.77	0.85	0.90
Promedio	**0.71**	**0.80**	**0.85**

Tabla 31. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 0.8m con camisa recuperable

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 0.8m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.66	0.75	0.81
n (Group Action))	0.72	0.80	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.81	0.88	0.92
Promedio	**0.73**	**0.81**	**0.86**

Tabla 32. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 1.0m con camisa recuperable

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 1.0m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.67	0.77	0.81
n (Group Action))	0.73	0.82	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.85	0.91	0.93
Promedio	**0.75**	**0.83**	**0.87**

Tabla 33. Eficiencia grupo de pilotes diámetro 1.2m con camisa recuperable

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 1.2m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.69	0.79	0.81
n (Group Action))	0.76	0.84	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.88	0.94	0.95
Promedio	**0.78**	**0.86**	**0.87**

Seguidamente se presentan las capacidades de cargas portantes de todos los pilotes del dado de 13.4 x 13.4 m del presente proyecto.

Tabla 34 Análisis de cargas del dado con camisa recuperable

Capacidad de Carga (t)	S=3D	S=4D	S=4.0m
D=0.7m	8314	4792	3481
D=0.8m	7156	5506	3753
D=1.0m	6327	4471	4666
D=1.2m	4967	3089	5561

Tabla 35 Análisis de cargas del dado con camisa no recuperable

Capacidad de Carga (t)	S=3D	S=4D	S=4.0m
D=0.7m	4817	2776	2017
D=0.8m	4127	3175	2164
D=1.0m	3612	2553	2664
D=1.2m	2807	1746	3143

Teniendo en cuenta que las cargas de servicios suman 2341 toneladas, se descartan para la alternativa de camisa no recuperable las siguientes combinaciones:

- Pilotes de 0.7 metros de diámetro y separados cada 4.0m.
- Pilotes de 0.8 metro de diámetro y separados cada 4.0m
- Pilotes de 1.2 metro de diámetro y separados cuatro veces el diámetro.

A continuación, se presentan las cantidades de pilotes a utilizar en cada una de las alternativas.

Tabla 36 Análisis de cantidad de pilotes con camisa recuperable

Cantidad Pilotes (Und)	S=3D	S=4D	S=4.0m
D=0.7m	49	25	17
D=0.8m	36	25	16
D=1.0m	25	16	16
D=1.2m	16	9	16

Tabla 37 Análisis de cantidad de pilotes con camisa no recuperable

Cantidad Pilotes (Und)	S=3D	S=4D	S=4.0m
D=0.7m	49	25	17
D=0.8m	36	25	16
D=1.0m	25	16	16
D=1.2m	16	9	16

Se puede evidenciar como el número de pilotes disminuye al aumentar la distancia de separación entre los pilotes y al aumentar el diámetro de estos.

Teniendo en cuenta la solicitud presentada por el cliente correspondiente a pilotes de diámetro de 0.7m y con una separación de 4.0m, se realizó el respectivo análisis de este caso presentando los resultados en la Tabla 36 para la alternativa de camisa recuperable y en la Tabla 37 los resultados de la alternativa de camisa no recuperable. En ambos casos se presenta un cantidad de pilotes igual a 17 para una separación de 4.0m.

Tabla 38 Análisis de longitud de pilotes con camisa recuperable

Longitud Pilotes (Und)	S=3D	S=4D	S=4.0m
D=0.7m	1127	575	391
D=0.8m	828	575	368
D=1.0m	575	368	368
D=1.2m	368	207	368

Tabla 39 Análisis de longitud de pilotes con camisa no recuperable

Longitud Pilotes (Und)	S=3D	S=4D	S=4.0m
D=0.7m	1225	625	425
D=0.8m	900	625	400
D=1.0m	625	400	400
D=1.2m	400	225	400

Al realizar el correspondiente análisis se identifica que a mayor distancia entre pilotes y a mayor diámetro disminuye la longitud total, este comportamiento se observa en ambas alternativas.

6 ESTIMACIÓN DE ASENTAMIENTOS.

De acuerdo a los materiales encontrados durante la exploración y las características resultado de laboratorio, se procedió a estimar los asentamientos de las estructuras propuestas. Estos teniendo en cuenta las cargas suministradas por el especialista estructural.

A continuación, se presenta el resumen de los asentamientos estimados para las estructuras proyectadas. Estos deben ser confirmadas con los laboratorios y durante construcción. Los datos empleados para cada uno de los bloques y sus respectivos resultados para los asentamientos elásticos se presentan en las siguientes tablas.

Para el caso de los asentamientos por consolidación, también se presentan los resultados de estas modelaciones. Los detalles de los cálculos se consignan en las memorias de cálculos.

Es de aclarar que las dimensiones de los cimientos empleados para estas modelaciones corresponden a las suministradas por el especialista estructural e indicadas en la planta de cimentación.

Para la torre de control se realizó la estimación de asentamientos esperados para unos pilotes de 0.7m, 0.8m, 1.0m y 1.2m de diámetro y longitud de 13m para la alternativa de camisa recuperable, donde se obtuvo en promedio de asentamientos totales de **0.054 m.**

En el caso de la alternativa de camisa no recuperable se obtuvo un asentamiento total de **0.049 m.**

A continuación, se presenta un resumen de la estimación de los asentamientos para el resto de estructuras.

Tabla 40. Asentamientos por Consolidación Conexiones para camisa recuperable

PILOTE			ASENT.	
DIAMETRO	LONGITUD	CARGA	r	r
0.70m	13.00m	1902T	0.060m	6.0cm
0.80m	13.00m	1902T	0.056m	5.6cm
1.00m	13.00m	1902T	0.052m	5.2cm
1.20m	13.00m	1902T	0.048m	4.8cm

Tabla 41. Asentamientos por Consolidación para camisa no recuperable

PILOTE			ASENT.	
DIAMETRO	LONGITUD	CARGA	r	r
0.70m	15.00m	1902T	0.055m	5.5cm
0.80m	15.00m	1902T	0.052m	5.2cm
1.00m	15.00m	1902T	0.046m	4.6cm
1.20m	15.00m	1902T	0.044m	4.4cm

7 INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA

Los cálculos se hicieron con base al plano estructural cimentación torre de control identificado por la plancha No. 44 de 123 PL de fecha 29 de mayo de 2020, suministrado por la dirección de infraestructura de la fuerza aérea de Colombia, diseñado por CT. Mesa Ángel Fabian.
Por lo cual se tomaron dimensiones del dado de 13.4x 13.4 m.

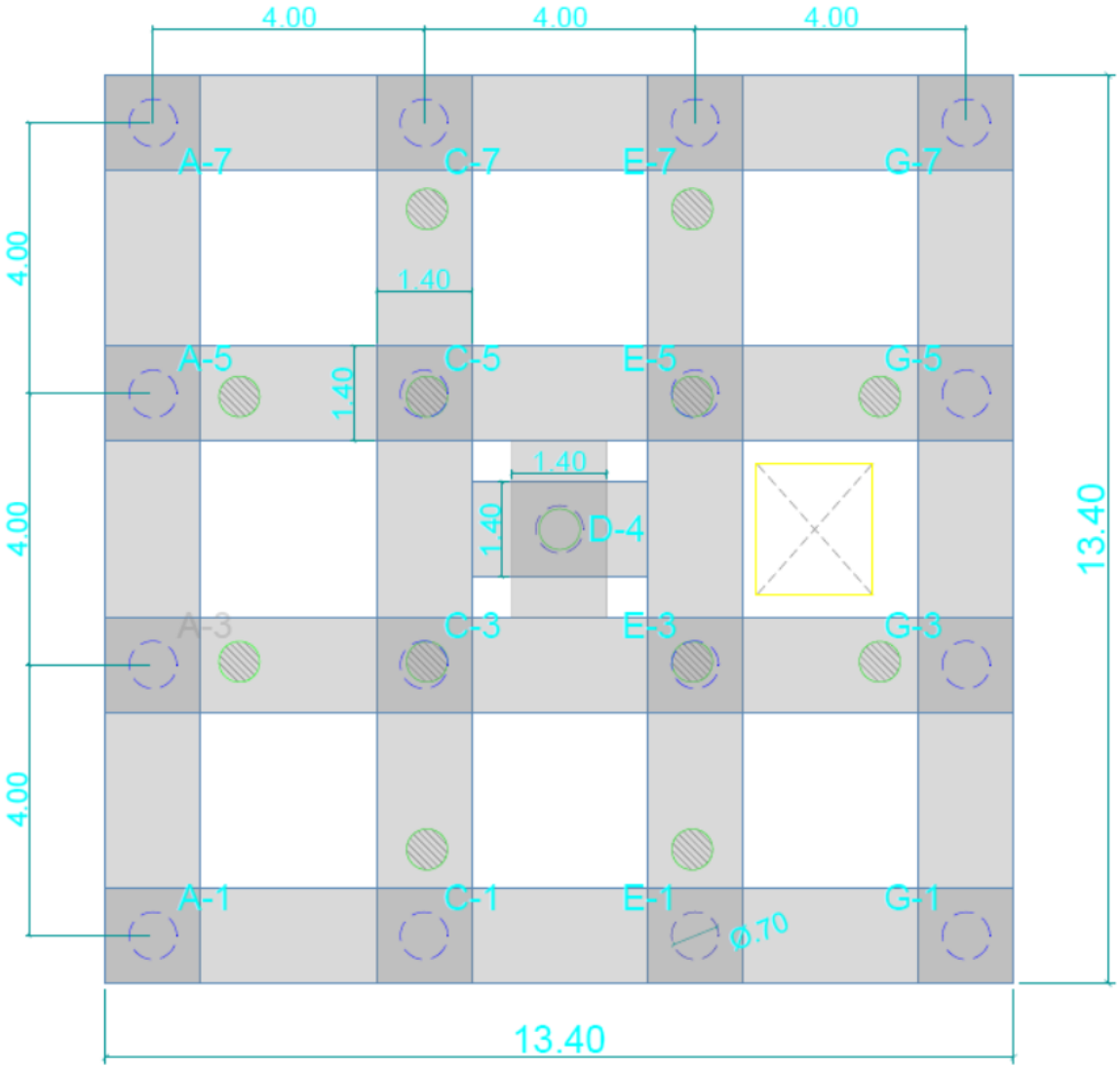


Figura 14 Dado de cimentación suministrado por la Fuerza Aérea

7.1 EVALUACIÓN DE CARGAS.

De acuerdo a las combinaciones de carga realizadas a continuación se presenta el análisis de las mismas a la luz de la cimentación propuesta.

Tabla 42 Análisis de cargas combinadas

Story	COL	COMB C152 (KN)
FUNDACION	A-3	1075
FUNDACION	C-3	1209
FUNDACION	A-5	1073
FUNDACION	C-5	1207
FUNDACION	G-5	1161
FUNDACION	G-3	1162
FUNDACION	E-5	1241
FUNDACION	E-3	1242
FUNDACION	A-7	949
FUNDACION	C-7	1097
FUNDACION	E-7	1125
FUNDACION	A-1	954
FUNDACION	C-1	1102
FUNDACION	E-1	1128
FUNDACION	G-1	1028
FUNDACION	G-7	1026
FUNDACION	D-4	1242
	Suma	19021
	Max/Min	1242

Teniendo en cuenta las combinaciones de diámetro y separación propuestas en el capítulo de capacidad de carga para camisa recuperable, se verifica que la sumatoria de cargas (1902ton) para esta combinación, es inferior a la sumatoria de cargas obtenida por capacidad portante donde el rango varía entre 3089 y 8314 ton; por lo tanto, las combinaciones de cimentación propuesta cumplirían a cabalidad con las solicitudes de carga de esa combinación.

Para el caso de camisa no recuperable se realizó la misma verificación teniendo en cuenta que en este caso el rango de capacidad portante varía entre 1746 y 4817 ton, dando como resultado que no cumple los pilotes de 0.7 metros de diámetro y separados cada 4.0m, los pilotes de 0.8 metro de diámetro y separados cada 4.0m y los pilotes de 1.2 metro de diámetro y separados cuatro veces el diámetro.

Tabla 43Combinaciones de cargas

Story	COL	COMB C153 (KN)
FUNDACION	A-3	1320
FUNDACION	C-3	1488
FUNDACION	A-5	1319
FUNDACION	C-5	1486
FUNDACION	G-5	1431
FUNDACION	G-3	1431
FUNDACION	E-5	1529
FUNDACION	E-3	1529
FUNDACION	A-7	1168
FUNDACION	C-7	1351
FUNDACION	E-7	1386
FUNDACION	A-1	1171
FUNDACION	C-1	1354
FUNDACION	E-1	1388
FUNDACION	G-1	1266
FUNDACION	G-7	1265
FUNDACION	D-4	1530
	Suma	23412
	Max/Min	1530

Teniendo en cuenta las combinaciones de diámetro y separación propuestas en el capítulo de capacidad de carga para camisa recuperable, se verifica que la sumatoria de cargas (2341 ton) para esta combinación, es inferior a la sumatoria de cargas obtenida por capacidad portante donde el rango varía entre 3089 y 8314 ton; por lo tanto, las combinaciones de cimentación propuesta cumplirían a cabalidad con las solicitudes de carga de esa combinación.

Para el caso de camisa no recuperable se realizó la misma verificación teniendo en cuenta que en este caso el rango de capacidad portante varía entre 1746 y 4817 ton, dando como resultado que no cumple los pilotes de 0.7 metros de diámetro y separados cada 4.0m, los pilotes de 0.8 metro de diámetro y separados cada 4.0m y los pilotes de 1.2 metro de diámetro y separados cuatro veces el diámetro.

Tabla 44Combinaciones de cargas en X y Y

Story	COL	COMB C154X Max (KN)	COMB C154X Min (KN)	COMB C154Y Max (KN)	COMB C154Y Min (KN)
FUNDACION	A-3	748	1402	980	1169
FUNDACION	C-3	1093	1325	1099	1319
FUNDACION	A-5	746	1399	978	1167
FUNDACION	C-5	1091	1323	1097	1317
FUNDACION	G-5	833	1489	1062	1260
FUNDACION	G-3	834	1490	1063	1261
FUNDACION	E-5	1127	1355	1127	1355
FUNDACION	E-3	1129	1356	1129	1356
FUNDACION	A-7	665	1233	673	1226
FUNDACION	C-7	999	1196	777	1418
FUNDACION	E-7	1025	1224	800	1449
FUNDACION	A-1	669	1239	677	1230
FUNDACION	C-1	1003	1201	781	1422
FUNDACION	E-1	1029	1227	803	1453
FUNDACION	G-1	741	1315	743	1313
FUNDACION	G-7	739	1313	741	1311
FUNDACION	D-4	1239	1246	1242	1242
	Suma	15710		15772	
	Max/Min	1239		1242	

Teniendo en cuenta las combinaciones de diámetro y separación propuestas en el capítulo de capacidad de carga para camisa recuperable, se verifica que la sumatoria de cargas (1577ton) para esta combinación, es inferior a la sumatoria de cargas obtenida por capacidad portante donde el rango varía entre 3089 y 8314 ton; por lo tanto, las combinaciones de cimentación propuesta cumplirían a cabalidad con las solicitudes de carga de esa combinación.

Para el caso de camisa no recuperable se realizó la misma verificación teniendo en cuenta que en este caso el rango de capacidad portante varía entre 1746 y 4817 ton, por lo tanto, las combinaciones de cimentación propuesta cumplirían a cabalidad con las solicitudes de carga de esa combinación.

Tabla 45 Combinación C155

Story	COL	COMB C155X Max (KN)	COMB C155X Min (KN)	COMB C155Y Max (KN)	COMB C155Y Min (KN)
FUNDACION	A-3	824	1724	944	1205
FUNDACION	C-3	1273	1592	1058	1360
FUNDACION	A-5	822	1721	942	1203
FUNDACION	C-5	1271	1590	1056	1359
FUNDACION	G-5	923	1826	1025	1297
FUNDACION	G-3	924	1827	1026	1298
FUNDACION	E-5	1313	1626	1085	1397
FUNDACION	E-3	1315	1627	1086	1398
FUNDACION	A-7	734	1516	569	1329
FUNDACION	C-7	1164	1435	656	1538
FUNDACION	E-7	1195	1468	678	1571
FUNDACION	A-1	739	1523	574	1334
FUNDACION	C-1	1170	1442	660	1543
FUNDACION	E-1	1200	1473	681	1574
FUNDACION	G-1	823	1612	636	1420
FUNDACION	G-7	820	1609	634	1418
FUNDACION	D-4	1467	1476	1242	1242
	Suma	17977		14552	
	Max/Min	1467		1242	

Teniendo en cuenta las combinaciones de diámetro y separación propuestas en el capítulo de capacidad de carga para camisa recuperable, se verifica que la sumatoria de cargas (1797 ton) para esta combinación, es inferior a la sumatoria de cargas obtenida por capacidad portante donde el rango varía entre 3089 y 8314 ton; por lo tanto, las combinaciones de cimentación propuesta cumplirían a cabalidad con las solicitudes de carga de esa combinación.

Para el caso de camisa no recuperable se realizó la misma verificación teniendo en cuenta que en este caso el rango de capacidad portante varía entre 1746 y 4817 ton, dando como resultado que no cumple los pilotes de 0.7 metros de diámetro y separados cada 4.0m, los pilotes de 0.8 metro de diámetro y separados cada 4.0m y los pilotes de 1.2 metro de diámetro y separados cuatro veces el diámetro.

Tabla 46 Combinación C156

Story	COL	COMB C156X Max (KN)	COMB C156X Min (KN)	COMB C156Y Max (KN)	COMB C156Y Min (KN)
FUNDACION	A-3	-1447	-548	-1127	-867
FUNDACION	C-3	-1277	-958	-1269	-967
FUNDACION	A-5	-1443	-544	-1124	-863
FUNDACION	C-5	-1273	-955	-1265	-963
FUNDACION	G-5	-1519	-616	-1203	-932
FUNDACION	G-3	-1521	-618	-1205	-934
FUNDACION	E-5	-1298	-986	-1298	-986
FUNDACION	E-3	-1301	-989	-1301	-989
FUNDACION	A-7	-1268	-486	-1257	-497
FUNDACION	C-7	-1147	-876	-1452	-570
FUNDACION	E-7	-1171	-898	-1481	-588
FUNDACION	A-1	-1279	-495	-1267	-507
FUNDACION	C-1	-1157	-885	-1462	-580
FUNDACION	E-1	-1179	-906	-1489	-596
FUNDACION	G-1	-1342	-554	-1340	-556
FUNDACION	G-7	-1337	-548	-1334	-551
FUNDACION	D-4	-1150	-1141	-1145	-1145
	Suma	-22109	-13003	-22019	-13091
	Max/Min	-1521	-1141	-1489	-1145

De acuerdo al análisis de cargas, todas las unidades clasifican como Categoría Media. El detalle de las cargas entregadas por el especialista estructural se presenta en el Memorias de cálculo.

7.2 VERIFICACIÓN DE CENTROIDES

A continuación, se procedió a verificar la correspondencia de los centroides de carga, geométrico y de la cimentación propuesta encontrando lo siguiente:

Tabla 47Centroides combinación de carga 152

Cálculo del centro de cargas de la placa COMB C152 (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	1075	-6450	-2150
-2.0	-2.0	1209	-2418	-2418
-6.0	2.0	1073	-6438	2146
-2.0	2.0	1207	-2414	2414
6.0	2.0	1161	6966	2322
6.0	-2.0	1162	6972	-2324
2.0	2.0	1241	2482	2482
2.0	-2.0	1242	2484	-2484
-6.0	6.0	949	-5694	5694
-2.0	6.0	1097	-2194	6582
2.0	6.0	1125	2250	6750
-6.0	-6.0	954	-5724	-5724
-2.0	-6.0	1102	-2204	-6612
2.0	-6.0	1128	2256	-6768
6.0	-6.0	1028	6168	-6168
6.0	6.0	1026	6156	6156
0.0	0.0	1242	0	0
	Sumatoria:	19021		
	Centroide en X (m):	0.1156		
	Centroide en Y (m):	-0.0054		

Tabla 48Centroide combinación de carga 153

Cálculo del centro de cargas de la placa COMB C153 (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	1320	-7920	-2640
-2.0	-2.0	1488	-2976	-2976
-6.0	2.0	1319	-7914	2638
-2.0	2.0	1486	-2972	2972
6.0	2.0	1431	8586	2862
6.0	-2.0	1431	8586	-2862
2.0	2.0	1529	3058	3058
2.0	-2.0	1529	3058	-3058
-6.0	6.0	1168	-7008	7008
-2.0	6.0	1351	-2702	8106
2.0	6.0	1386	2772	8316
-6.0	-6.0	1171	-7026	-7026
-2.0	-6.0	1354	-2708	-8124
2.0	-6.0	1388	2776	-8328
6.0	-6.0	1266	7596	-7596
6.0	6.0	1265	7590	7590
0.0	0.0	1530	0	0
Sumatoria:		23412		
Centroide en X (m):		0.1194		
Centroide en Y (m):		-0.0026		

Tabla 49Centroide combinación de carga 154X Max

Cálculo del centro de cargas de la placa COMB C154X Max (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	748	-4488	-1496
-2.0	-2.0	1093	-2186	-2186
-6.0	2.0	746	-4476	1492
-2.0	2.0	1091	-2182	2182
6.0	2.0	833	4998	1666
6.0	-2.0	834	5004	-1668
2.0	2.0	1127	2254	2254
2.0	-2.0	1129	2258	-2258

-6.0	6.0	665	-3990	3990
-2.0	6.0	999	-1998	5994
2.0	6.0	1025	2050	6150
-6.0	-6.0	669	-4014	-4014
-2.0	-6.0	1003	-2006	-6018
2.0	-6.0	1029	2058	-6174
6.0	-6.0	741	4446	-4446
6.0	6.0	739	4434	4434
0.0	0.0	1239	0	0
	Sumatoria:	15710		
	Centroide en X (m):	0.1376		
	Centroide en Y (m):	-0.0062		

Tabla 50Centroide combinación de carga 154X Min

Cálculo del centro de cargas de la placa COMB C154X Min (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	1402	-8412	-2804
-2.0	-2.0	1325	-2650	-2650
-6.0	2.0	1399	-8394	2798
-2.0	2.0	1323	-2646	2646
6.0	2.0	1489	8934	2978
6.0	-2.0	1490	8940	-2980
2.0	2.0	1355	2710	2710
2.0	-2.0	1356	2712	-2712
-6.0	6.0	1233	-7398	7398
-2.0	6.0	1196	-2392	7176
2.0	6.0	1224	2448	7344
-6.0	-6.0	1239	-7434	-7434
-2.0	-6.0	1201	-2402	-7206
2.0	-6.0	1227	2454	-7362
6.0	-6.0	1315	7890	-7890
6.0	6.0	1313	7878	7878
0.0	0.0	1246	0	0
	Sumatoria:	22333		
	Centroide en X (m):	0.1002		
	Centroide en Y (m):	-0.0049		

Tabla 51Centroide combinación de carga 154Y Max

Cálculo del centro de cargas de la placa COMB C154Y Max (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	980	-5880	-1960
-2.0	-2.0	1099	-2198	-2198
-6.0	2.0	978	-5868	1956
-2.0	2.0	1097	-2194	2194
6.0	2.0	1062	6372	2124
6.0	-2.0	1063	6378	-2126
2.0	2.0	1127	2254	2254
2.0	-2.0	1129	2258	-2258
-6.0	6.0	673	-4038	4038
-2.0	6.0	777	-1554	4662
2.0	6.0	800	1600	4800
-6.0	-6.0	677	-4062	-4062
-2.0	-6.0	781	-1562	-4686
2.0	-6.0	803	1606	-4818
6.0	-6.0	743	4458	-4458
6.0	6.0	741	4446	4446
0.0	0.0	1242	0	0
	Sumatoria:	15772		
	Centroide en X (m):	0.1278		
	Centroide en Y (m):	-0.0058		

Tabla 52Centroide combinación de carga 154Y Min

Cálculo del centro de cargas de la placa COMB C154Y Min (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	1169	-7014	-2338
-2.0	-2.0	1319	-2638	-2638
-6.0	2.0	1167	-7002	2334
-2.0	2.0	1317	-2634	2634
6.0	2.0	1260	7560	2520
6.0	-2.0	1261	7566	-2522
2.0	2.0	1355	2710	2710
2.0	-2.0	1356	2712	-2712
-6.0	6.0	1226	-7356	7356
-2.0	6.0	1418	-2836	8508

2.0	6.0	1449	2898	8694
-6.0	-6.0	1230	-7380	-7380
-2.0	-6.0	1422	-2844	-8532
2.0	-6.0	1453	2906	-8718
6.0	-6.0	1313	7878	-7878
6.0	6.0	1311	7866	7866
0.0	0.0	1242	0	0
	Sumatoria:	22268		
	Centroide en X (m):	0.1074		
	Centroide en Y (m):	-0.0043		

Tabla 53Centroide combinación de carga 155X Max

Cálculo del centro de cargas de la placa COMB C155X Max (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	824	-4944	-1648
-2.0	-2.0	1273	-2546	-2546
-6.0	2.0	822	-4932	1644
-2.0	2.0	1271	-2542	2542
6.0	2.0	923	5538	1846
6.0	-2.0	924	5544	-1848
2.0	2.0	1313	2626	2626
2.0	-2.0	1315	2630	-2630
-6.0	6.0	734	-4404	4404
-2.0	6.0	1164	-2328	6984
2.0	6.0	1195	2390	7170
-6.0	-6.0	739	-4434	-4434
-2.0	-6.0	1170	-2340	-7020
2.0	-6.0	1200	2400	-7200
6.0	-6.0	823	4938	-4938
6.0	6.0	820	4920	4920
0.0	0.0	1467	0	0
	Sumatoria:	17977		
	Centroide en X (m):	0.1400		
	Centroide en Y (m):	-0.0071		

Tabla 54Centroide combinación de carga 155X Min

Cálculo del centro de cargas de la placa COMB C155X Min (KN				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	1724	-10344	-3448
-2.0	-2.0	1592	-3184	-3184
-6.0	2.0	1721	-10326	3442
-2.0	2.0	1590	-3180	3180
6.0	2.0	1826	10956	3652
6.0	-2.0	1827	10962	-3654
2.0	2.0	1626	3252	3252
2.0	-2.0	1627	3254	-3254
-6.0	6.0	1516	-9096	9096
-2.0	6.0	1435	-2870	8610
2.0	6.0	1468	2936	8808
-6.0	-6.0	1523	-9138	-9138
-2.0	-6.0	1442	-2884	-8652
2.0	-6.0	1473	2946	-8838
6.0	-6.0	1612	9672	-9672
6.0	6.0	1609	9654	9654
0.0	0.0	1476	0	0
Sumatoria:		27087		
Centroide en X (m):		0.0964		
Centroide en Y (m):		-0.0054		

Tabla 55Centroide combinación de carga 155Y Max

Cálculo del centro de cargas de la placa COMB C155Y Max (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	944	-5664	-1888
-2.0	-2.0	1058	-2116	-2116
-6.0	2.0	942	-5652	1884
-2.0	2.0	1056	-2112	2112
6.0	2.0	1025	6150	2050
6.0	-2.0	1026	6156	-2052
2.0	2.0	1085	2170	2170
2.0	-2.0	1086	2172	-2172
-6.0	6.0	569	-3414	3414
-2.0	6.0	656	-1312	3936

2.0	6.0	678	1356	4068
-6.0	-6.0	574	-3444	-3444
-2.0	-6.0	660	-1320	-3960
2.0	-6.0	681	1362	-4086
6.0	-6.0	636	3816	-3816
6.0	6.0	634	3804	3804
0.0	0.0	1242	0	0
	Sumatoria:	14552		
	Centroide en X (m):	0.1341		
	Centroide en Y (m):	-0.0066		

Tabla 56Centroide combinación de carga 155Y Min

Cálculo del centro de cargas de la placa COMB C155Y Min (KN				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	1205	-7230	-2410
-2.0	-2.0	1360	-2720	-2720
-6.0	2.0	1203	-7218	2406
-2.0	2.0	1359	-2718	2718
6.0	2.0	1297	7782	2594
6.0	-2.0	1298	7788	-2596
2.0	2.0	1397	2794	2794
2.0	-2.0	1398	2796	-2796
-6.0	6.0	1329	-7974	7974
-2.0	6.0	1538	-3076	9228
2.0	6.0	1571	3142	9426
-6.0	-6.0	1334	-8004	-8004
-2.0	-6.0	1543	-3086	-9258
2.0	-6.0	1574	3148	-9444
6.0	-6.0	1420	8520	-8520
6.0	6.0	1418	8508	8508
0.0	0.0	1242	0	0
	Sumatoria:	23486		
	Centroide en X (m):	0.1044		
	Centroide en Y (m):	-0.0043		

Tabla 57Centroide combinación de carga 156X Max

Cálculo del centro de cargas de la placa COMB C156X Max (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	-1447	8682	2894
-2.0	-2.0	-1277	2554	2554
-6.0	2.0	-1443	8658	-2886
-2.0	2.0	-1273	2546	-2546
6.0	2.0	-1519	-9114	-3038
6.0	-2.0	-1521	-9126	3042
2.0	2.0	-1298	-2596	-2596
2.0	-2.0	-1301	-2602	2602
-6.0	6.0	-1268	7608	-7608
-2.0	6.0	-1147	2294	-6882
2.0	6.0	-1171	-2342	-7026
-6.0	-6.0	-1279	7674	7674
-2.0	-6.0	-1157	2314	6942
2.0	-6.0	-1179	-2358	7074
6.0	-6.0	-1342	-8052	8052
6.0	6.0	-1337	-8022	-8022
0.0	0.0	-1150	0	0
	Sumatoria:	-22109		
	Centroide en X (m):	0.0851		
	Centroide en Y (m):	-0.0104		

Tabla 58Centroide combinación de carga 156X Min

Cálculo del centro de cargas de la placa COMB C156X Min (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	-548	3288	1096
-2.0	-2.0	-958	1916	1916
-6.0	2.0	-544	3264	-1088
-2.0	2.0	-955	1910	-1910
6.0	2.0	-616	-3696	-1232
6.0	-2.0	-618	-3708	1236
2.0	2.0	-986	-1972	-1972
2.0	-2.0	-989	-1978	1978
-6.0	6.0	-486	2916	-2916
-2.0	6.0	-876	1752	-5256

2.0	6.0	-898	-1796	-5388
-6.0	-6.0	-495	2970	2970
-2.0	-6.0	-885	1770	5310
2.0	-6.0	-906	-1812	5436
6.0	-6.0	-554	-3324	3324
6.0	6.0	-548	-3288	-3288
0.0	0.0	-1141	0	0
	Sumatoria:	-13003		
	Centroide en X (m):	0.1375		
	Centroide en Y (m):	-0.0166		

Tabla 59Centroide combinación de carga 156Y Max

Cálculo del centro de cargas de la placa COMB C156Y Max (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	-1127	6762	2254
-2.0	-2.0	-1269	2538	2538
-6.0	2.0	-1124	6744	-2248
-2.0	2.0	-1265	2530	-2530
6.0	2.0	-1203	-7218	-2406
6.0	-2.0	-1205	-7230	2410
2.0	2.0	-1298	-2596	-2596
2.0	-2.0	-1301	-2602	2602
-6.0	6.0	-1257	7542	-7542
-2.0	6.0	-1452	2904	-8712
2.0	6.0	-1481	-2962	-8886
-6.0	-6.0	-1267	7602	7602
-2.0	-6.0	-1462	2924	8772
2.0	-6.0	-1489	-2978	8934
6.0	-6.0	-1340	-8040	8040
6.0	6.0	-1334	-8004	-8004
0.0	0.0	-1145	0	0
	Sumatoria:	-22019		
	Centroide en X (m):	0.0946		
	Centroide en Y (m):	-0.0104		

Tabla 60Centroide combinación de carga 156Y Min

Cálculo del centro de cargas de la placa COMB C156Y Min (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	-867	5202	1734
-2.0	-2.0	-967	1934	1934
-6.0	2.0	-863	5178	-1726
-2.0	2.0	-963	1926	-1926
6.0	2.0	-932	-5592	-1864
6.0	-2.0	-934	-5604	1868
2.0	2.0	-986	-1972	-1972
2.0	-2.0	-989	-1978	1978
-6.0	6.0	-497	2982	-2982
-2.0	6.0	-570	1140	-3420
2.0	6.0	-588	-1176	-3528
-6.0	-6.0	-507	3042	3042
-2.0	-6.0	-580	1160	3480
2.0	-6.0	-596	-1192	3576
6.0	-6.0	-556	-3336	3336
6.0	6.0	-551	-3306	-3306
0.0	0.0	-1145	0	0
	Sumatoria:	-13091		
	Centroide en X (m):	0.1216		
	Centroide en Y (m):	-0.0171		

Teniendo en cuenta los resultados se logra identificar que para una combinación de carga 155X Max se encuentra el valor más alto de centroide en X dando un valor de 0.14m y en Y un valor de -0.0071 m.

7.3 CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE BALASTO

A continuación, se presenta el resumen de los coeficientes de balasto obtenidos para cada una de las alternativas a partir de las modelaciones, se aclara que con estos coeficientes se debe realizar la corrida del modelo estructural para obtener la mayor precisión posible en los asentamientos.

Tabla 61. Coeficientes de Balasto Conexiones con camisa recuperable.

Diámetro	Longitud Efectiva	Profundidad de cimentación	Kv pilote	Kv Pilote 0-10m	Kv Pilote >10m
0.70m	13m	23m	4008t/m	2.0t/m/m	306.8t/m/m
0.80m	13m	23m	4861t/m	1.3t/m/m	372.9t/m/m
1.00m	13m	23m	6479t/m	0.0t/m/m	498.4t/m/m
1.20m	13m	23m	8304t/m	0.0t/m/m	638.7t/m/m

Tabla 62. Coeficientes de Balasto Conexiones con camisa no recuperable.

Diámetro	Longitud Efectiva	Profundidad de cimentación	Kv pilote	Kv Pilote 0-11m	Kv Pilote >11m
0.70m	15m	25m	2520t/m	6.0t/m/m	175.3t/m/m
0.80m	15m	25m	3019t/m	6.0t/m/m	210.9t/m/m
1.00m	15m	25m	4148t/m	5.1t/m/m	292.3t/m/m
1.20m	15m	25m	5080t/m	2.1t/m/m	361.2t/m/m

Los valores registrados corresponden a las iteraciones realizadas en el proceso de interacción suelo estructura, junto con el especialista estructural.
En el proceso mencionado anteriormente se le remitieron unas modelaciones geotécnicas al especialista estructural, este realizo sus modelaciones estructurales, devolviendo así unas nuevas condiciones de carga, repitiéndose así este proceso 3 veces, es decir se realizaron 3 iteraciones.

7.4 CÁLCULO DE RESORTES HORIZONTALES

A continuación, se presenta el resumen de los cálculos de los resortes horizontales obtenidos a partir de las modelaciones.

Tabla 63. Cálculos resortes horizontales

Profundidad	Material	Espesor	nh	kh D=0.6m	kh D=0.7m	kh D=0.8m	kh D=1m
(m)		(m)	T/m³	KN/m³	KN/m³	KN/m³	KN/m³
1.00	Arena	1.0	500	8175	7007	6131	4905
2.00	Arena	1.0	500	16350	14014	12263	9810
3.00	Arena	1.0	500	24525	21021	18394	14715
4.00	Arena	1.0	500	32700	28029	24525	19620
5.00	Arena	1.0	500	40875	35036	30656	24525
6.00	Arena	1.0	500	49050	42043	36788	29430
7.00	Arena	1.0	500	57225	49050	42919	34335
8.00	Arena	1.0	500	65400	56057	49050	39240
9.00	Arena	1.0	500	73575	63064	55181	44145
10.00	Arena	1.0	500	81750	70071	61313	49050
11.00	Arena	1.0	800	143880	123326	107910	86328
12.00	Arena	1.0	800	156960	134537	117720	94176
13.00	Arena	1.0	800	170040	145749	127530	102024
14.00	Arena	1.0	800	183120	156960	137340	109872
15.00	Arena	1.0	800	196200	168171	147150	117720
16.00	Arena	1.0	800	209280	179383	156960	125568
17.00	Arena	1.0	800	222360	190594	166770	133416
18.00	Arena	1.0	800	235440	201806	176580	141264
19.00	Arena	1.0	800	248520	213017	186390	149112
20.00	Arena	1.0	800	261600	224229	196200	156960
21.00	Arena	1.0	800	274680	235440	206010	164808
22.00	Arena	1.0	800	287760	246651	215820	172656
23.00	Arena	1.0	800	300840	257863	225630	180504
24.00	Arena	1.0	800	313920	269074	235440	188352
25.00	Arena	1.0	800	327000	280286	245250	196200
26.00	Arena	1.0	800	340080	291497	255060	204048

8 RECOMENDACIONES PARA LA CIMENTACIÓN DE LA TORRE GRÚA

La alternativa de cimentación propuestas para esta estructura de cimentación profunda corresponde a un dado de cimentación de 4.85 m por 4.85 m, soportado por pilotes de diferentes diámetros., teniendo en cuenta la información suministrada por el cliente, se anexa dicha información en el anexo denominado información de referencia.

ESTABILIDAD TORRE GRUA			
MOMENTO DE VUELCO GRUA	115 Ton*m		
ZAPATA			
L (m)	B (m)	H (m)	PESO (Ton)
4.85	4.85	1.15	64.92
Torre Grua			
peso (Ton)			
40			

Figura 15 Datos suministrados por el cliente

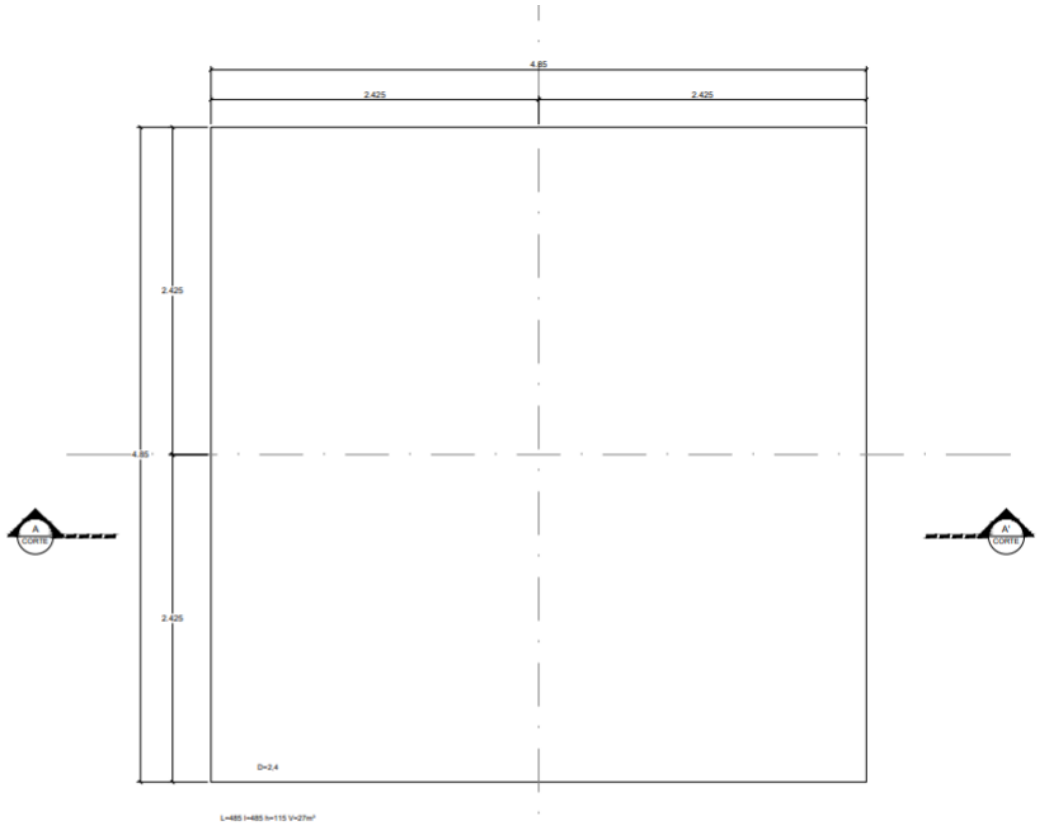


Figura 16 Placa maciza torre grúa

Esta alternativa consta de el mejoramiento de los primeros 4.0 m de profundidad, para este proceso se pueden utilizar los métodos mencionados en el informe denominado *proceso constructivo para la construcción de Torre de control del cacom - 1, en el municipio de puerto salgar, departamento de Cundinamarca.*

En el caso de querer utilizar un método de pilotajes para densificación del suelo, se recomienda utilizar una grilla de Pilotes, es decir 16 pilotes con una altura de 4 metros, que tengan un diámetro de 0.7m.

8.1 VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA.

A partir de la información obtenida en ensayos de campo, la realización del respectivo procesamiento de acuerdo a La Norma Sismo Resistente (NSR10) y la información entregada por el cliente, se procedió a realizar los cálculos de verificación de capacidad de carga.

Las verificaciones entregadas se basan en los parámetros geomecánicos del suelo y fueron evaluadas desde el punto de vista técnico-económico y constructivo; estas verificaciones sirven como insumo para los posteriores cálculos estructurales.

los datos empleados para este sitio y sus respectivos resultados se presentan a continuación en las siguientes tablas, los detalles de los cálculos se consignan en el anexo denominado memorias de cálculo.

A continuación, se presenta el resumen de la verificación de carga del suelo para losa de cimentación.

Tabla 64Verificación Capacidad Portante

Condición	FS Indirecto	Rango qa (t/m2)	FS Básico	Rango qa (t/m2)
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0	3.24	1.50	6.48
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5	3.89	1.25	7.77
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo	1.5	6.48	1.10	8.83

De acuerdo al análisis de las cargas realizado para las diferentes condiciones y factores de seguridad se obtuvo que el esfuerzo admisible se encuentra entre 3.24 y 6.48 t/m2.

Se aclara que para la torre grúa se debe realizar el mismo proceso constructivo presentado en el informe denominado *proceso constructivo para la construcción de Torre de control del cacom - 1, en el municipio de puerto salgar, departamento de Cundinamarca.*

9 CONCLUSIONES.

Como resultado del análisis geotécnico se puede inferir lo siguiente:

1. De la interpretación de los ensayos de campo, se obtiene que a partir de los 14.0m el suelo experimenta un cambio en las condiciones generales, aumentando su compacidad y densidad.

2. La clasificación primaria del suelo, realizada en campo, indicó que el material presente en la exploración era una arena con alta presencia de gravas. Por lo tanto, se concluyó que el sub suelo estudiado es un suelo que se compone mayormente por suelos granulares sueltos.

3. Teniendo en cuenta que las metodologías de I.M. Idriss y Young et al demostraron que existe un potencial de licuación alto entre 0 y 10 metros, es necesario tomar medidas en el cálculo de capacidad portante y las demás estimaciones, teniendo en cuenta que son suelos licuables.

4. A mediados del mes de julio cuando se inició la exploración del subsuelo, el personal de campo manifestó que se percibía una alta variabilidad en el suelo con comportamientos atípicos.

5. Para realizar un proceso exitoso de exploración hasta la profundidad indicada, fue necesario instalar camisas al hueco de la perforación, pues los constantes derrumbes impedían el correcto avance de la tubería de perforación.

6. Durante la ejecución in situ del ensayo SPT se detectaron cambios en el número de golpes, experimentando descensos abruptos en la cantidad de golpes, lo que puede deberse a vacíos o lentes de materiales no compactos (arenas) presentes en el subsuelo.

7. El análisis granulométrico indicó que el material presente en la exploración contenía un 70% arena, 22% de gravas y un 8% de materiales finos. De resto se concluye que el tipo de suelo predominante en el sitio y a las profundidades de exploración son arenas y suelos granulares con baja presencia de suelos finos. Estos suelos se caracterizan por presentar alta permeabilidad y baja susceptibilidad a experimentar cambios de volumen debido a la presencia de materiales granular.

8. Los antecedentes del proyecto muestran la existencia de cárcavas en el suelo y derrumbes en la excavación de pilotes.

9. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las correlaciones mediante el ensayo de penetración normal (SPT) y su resistencia a la penetración los suelos encontrados en el sitio presentan una consistencia firme y compacidad mediana.

10. Del análisis conjunto de los comentarios del personal de perforación, la ejecución del ensayo SPT en campo, los resultados del ensayo MASW, los ensayos de resistividad eléctrica, la interpretación geológica de la información y la interpretación geotécnica de todos los resultados, se concluye que existe una alta variabilidad espacial lateral en la disposición de los materiales encontrados en los 10 primeros metros de exploración.

11. Ante la situación de tener que encamisar la perforación durante los trabajos de exploración, se puede deducir que no existe densidad ni homogeneidad en el perfil del suelo en los primeros 10 metros de exploración.

12. La alta variabilidad de los materiales encontrados se debe a la presencia de vacíos o cárcavas detectadas en las tomografías realizadas en campo (tomografía eléctrica, MASW). Esto es congruente con los antecedentes del proyecto donde se presentaron derrumbes al momento de ejecutar la excavación de los pilotes.

13. La alta variabilidad fue observada en los primeros 10m de exploración, lo que no permite tener certeza absoluta del comportamiento de los materiales presentes en esa parte del perfil geotécnico.

14. La presencia de cárcavas o vacíos en subsuelo dificultan la correcta aplicación de cualquier método constructivo a emplear, por lo que se recomiendan técnicas de densificación de suelos tipo vibroflotación, compactación dinámica o similares. Así mismo se recomienda extremar los controles de calidad durante construcción de cualquier método constructivo que se desee emplear.

15. De acuerdo a las solicitudes de la Norma Sismo Resistente Colombiana del 2010 (NSR-10) se realizaron 2 sondeos a una profundidad mínima de 25.0m cada uno y 2 sondeos a una profundidad de 30.0m. Es decir, en total se ejecutaron 4 sondeos.

16. La localización de los sondeos fue realizada a partir de información entregada por el cliente el 12 de julio de 2021 y debidamente aprobada por la interventoría.

17. Con la información disponible se hizo una aproximación de verificación de la capacidad portante del terreno en el sitio donde se proyecta la construcción de la torre de control, así como también se estimaron los asentamientos. Todos los resultados arrojaron resultados positivos y que dan factibilidad al proyecto volviéndolo constructivo desde el punto de vista geotécnico.

18. Los resultados de las estimaciones de todos los asentamientos dan viabilidad técnica de construcción a todas las estructuras diseñadas

19. El especialista estructural debe garantizar que la rigidez de los elementos de cimentación sea tal que permita transmitir los esfuerzos uniformemente al suelo.

20. Se recomienda utilizar los coeficientes de balasto tal y como están discriminados en el presente informe a fin de que el comportamiento de la infraestructura y la estructura sea posible predecirlo desde el punto de vista geotécnico. Si el especialista estructural considera que se debe realizar otro procedimiento o utilizar otros valores será bajo su propio criterio, pero en ese caso los cálculos entregados en este informe no serían congruentes con esas consideraciones.

21. En caso de encontrar material no deseado, blando o de bajas capacidades portantes al momento de ejecutar cualquier obra, se deberá profundizar la excavación y reemplazar el material excavado por Rajón y su respectivo sello superior. Adicionalmente se debe informar a este consultor de manera inmediata de lo sucedido para realizar los ajustes de diseño correspondientes.

22. Este informe constituye un documento que permitirá avanzar con el predimensionamiento y cálculos estructurales, así como también alimentará el resto de especialidades.

- COMENTARIOS GENERALES:

Las recomendaciones presentadas en este estudio tienen por objeto evaluar las condiciones geotécnicas del subsuelo sobre el cual se construirán las estructuras proyectadas. Dichas recomendaciones, solo serán válidas para la estructura localizada en el predio correspondiente a la dirección establecida en los párrafos iniciales del presente informe.

El estudio en cuestión ha sido preparado para uso exclusivo de nuestro cliente, para la aplicación específica del proyecto discutido, de acuerdo con las prácticas generales aceptadas en la ingeniería geotécnica. Cualquier cambio de las condiciones y estratigrafía consignadas en este informe deberá ser informada al ingeniero geotécnico para su evaluación.

CARLOS A

CARLOS ALFONSO CUADRO CAUSIL.
Ingeniero Civil – Msc. EN GEOTECNIA
13202152611 BLV
C.C.N°. 73.198.332 de Cartagena.

MEMORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo. **CARLOS ALFONSO CUADRO CAUSIL**, identificado con la Cedula de ciudadanía Nº 73.198.332 de Cartagena, y matricula profesional N°: 13202152611 BLV como INGENIERO CIVIL - ESPECIALISTA EN GEOTECNIA. Con más de Trece (13) años ejerciendo la profesión y cumpliendo con las especificaciones descrito en los **Titulo A y H** del reglamento colombiano de construcción sismo resistente **NSR-10,** por medio del presente documento declaro que asumo toda responsabilidad de los estudios geotécnicos del proyecto **ESTUDIO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TORRE DE CONTROL DEL CACOM - 1, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.** Eximiendo al contratante de cualquier responsabilidad o perjuicio relacionado.

Se garantiza que los estudios realizados son suficientes para garantizar que la cimentación propuesta es la más adecuada para el proyecto de referencia.

A la firma contratante. El cual realice los estudios correspondientes al proyecto.

Firma CARLOS A

CARLOS ALFONSO CUADRO CAUSIL.
Ingeniero Civil – Msc. EN GEOTECNIA
13202152611 BLV
C.C.N°. 73.198.332 de Cartagena.

10 RECOMENDACIONES.

1. Teniendo en cuenta las características de variabilidad lateral detectadas durante el estudio geotécnico, se recomienda extremar los controles de calidad durante construcción de la solución propuesta.

2. Se recomienda encamisar los pilotes de manera temporal durante construcción entre los 0.0 y 10.0m a fin de garantizar la verticalidad y geometría de los mismos teniendo en cuenta las características de inestabilidad (derrumbes) presentes en el estrato en cuestión.

3. Para la construcción de pilotes entre los 10.0 y 25.0m se recomienda prestar especial atención a la aparición de cárcavas, si bien estas son dominantes en los primeros 10.0m, fueron detectados en los ensayos de campo para el estrato en mención (10.0-25.0m) cambios abruptos en el número de golpes del ensayo SPT, lo que es coincidente con la aparición de cárcavas.

4. Ante la aparición de cárcavas entre los 10.0 y 25.0m de profundidad se realiza la misma recomendación de los primeros 10.0m iniciales: encamisar los pilotes ya con camisa recuperable o no recuperable.

5. Luego de ejecutar la excavación y fundida de los pilotes en los primeros 10.0m, se recomienda realizar labores de compactación en este estrato de suelo a fin de homogenizar su comportamiento. Si bien dentro de los análisis geotécnicos se ha disminuido considerablemente el aporte de este estrato, para fines constructivos y de comportamiento de la superestructura, es recomendable homogenizar el comportamiento de los elementos de cimentación.

6. Se recomienda atacar el problema de potencial de licuación teniendo en cuenta que dos metodologías arrojaron problemas de licuación altos entre los 0 y 10 metros de profundidad, cabe aclarar que el sistema de solución propuestos en el presente informe mitiga este problema.

7. Se recomienda realizar un análisis costo beneficio de las actividades, dimensiones y tipos de estructuras propuestas en el presente estudio geotécnico teniendo en cuenta la complejidad de las actividades a ejecutar y

el control de calidad a realizar versus un análisis en típico otro sitio para la torre de control a fin de obtener la mejor relación costo beneficio.

10.1 RECOMENDACIONES GENERALES:

Las aéreas superficiales adyacentes serán adecuadas con pendientes transversales y longitudinales que permitan la evacuación de las aguas de escorrentías superficiales.

Las áreas perimetrales adyacentes a la construcción deberán recubrirse con andenes en concreto, con espesor mínimo de 0.1 metros, resistencia a la compresión a los 28 días no inferior de 17,5 Mpa. Estarán dotados de pendientes transversales hacia el exterior del 2% y el ancho recomendado es de 1,5 metros; su terminación será con una muela de 0.15 metros de espesor y 0,20 metros de profundidad.

Los materiales procedentes de la excavación serán retirados, definiendo sus depósitos en áreas aprobadas por la autoridad ambiental, donde su impacto negativo sobre el entorno sea el menor posible, pero en todo caso cumpliendo con la normatividad vigente, desde el punto de vista ambiental.

Especial cuidado deberá tenerse con las tuberías de agua que se instalaran, sin dejar a un lado las existentes que no sufran modificaciones. Estas serán colocadas y revisadas de acuerdo con la normatividad vigente, controlando lo referente a juntas para prevenir la ocurrencia de fugas, debido a que las fuentes de aguas al llegar al contacto con el suelo soporte podrán afectar sus características y parámetros geotécnicos iniciales.

Se recomienda la implementación de conductos flexibles, y antes de su puesta en operación deberán ser sometidas a ensayos hidráulicos y de estanqueidad.

ANEXOS

MEMORIAS DE CÁLCULO

GM Geomastic

CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES EN ACERO

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana

Proyecto Construccion Torre de Control Puerto Salgar

Fecha: Septiembre de 2021

Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

UNIDADES EN TONELADAS Y METRO

FACT SEGURIDAD = 3

NIVEL FREAT NF= 2.00

RESISTENCIA CONCRETO 2800 Tn/m2

TIPO DE ELEMENTO: PILOTES

FRIC		1	FRIC		1	FRIC		1	FRIC		1
PUNTA		0	PUNTA		0	PUNTA		0	PUNTA		0
PESO		1	PESO		1	PESO		1	PESO		1
DIAM		0.7	DIAM		0.8	DIAM		1	DIAM		1.2
QMAX fc		215.513	QMAX fc		281.49	QMAX fc		439.823	QMAX fc		633.345

PROFUNDIDAD		C	FI	g	N	FACT	svp	sw	Svf	Sh	Kp	Nq	Nc	FRICC	PUNTA	TOTAL	FRIC	PUNTA	TOTAL	FRIC	PUNTA	TOTAL	FRIC	PUNTA	TOTAL
DE	A					0					1														
0.00	-2.00	0.00	4.2	1.70	0	1.10	3.4	0.0	3.4	3.9	1.2	1.5	6.2	0.2	0.0	**0.0**	0.2	0.0	**0.0**	0.3	0.0	**0.0**	0.36	0.0	**0.0**
-2.00	-3.00	0.00	4.2	1.70	0	1.10	5.1	1.0	4.1	4.7	1.2	1.5	6.2	0.4	0.0	**0.0**	0.5	0.0	**0.0**	0.6	0.0	**0.0**	0.76	0.0	**0.0**
-3.00	-4.00	0.00	4.2	1.70	0	1.10	6.8	2.0	4.8	5.6	1.2	1.5	6.2	0.7	0.0	**0.0**	0.8	0.0	**0.0**	1.0	0.0	**0.0**	1.24	0.0	**0.0**
-4.00	-6.00	0.00	4.2	1.70	0	1.10	10.2	4.0	6.2	7.2	1.2	1.5	6.2	1.4	0.0	**0.0**	1.6	0.0	**0.0**	2.0	0.0	**0.0**	2.42	0.0	**0.0**
-6.00	-8.00	0.00	4.2	1.70	0	1.10	13.6	6.0	7.6	8.8	1.2	1.5	6.2	2.3	0.0	**0.0**	2.6	0.0	**0.0**	3.2	0.0	**0.0**	3.89	0.0	**0.0**
-8.00	-10.00	0.00	4.2	1.70	0	1.10	17.0	8.0	9.0	10.4	1.2	1.5	6.2	3.3	0.0	**0.0**	3.8	0.0	**0.0**	4.7	0.0	**0.0**	5.66	0.0	**0.0**
-10.00	-11.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	18.7	9.0	9.7	21.0	2.2	7.5	16.4	7.9	0.0	**3.6**	9.0	0.0	**3.5**	11.2	0.0	**2.6**	13.48	0.0	**1.0**
-11.00	-12.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	20.4	10.0	10.4	22.5	2.2	7.5	16.4	14.2	0.0	**9.6**	16.2	0.0	**10.2**	20.3	0.0	**10.8**	24.31	0.0	**10.7**
-12.00	-13.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	22.1	11.0	11.1	24.0	2.2	7.5	16.4	20.9	0.0	**15.9**	23.9	0.0	**17.4**	29.9	0.0	**19.7**	35.89	0.0	**21.2**
-13.00	-14.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	23.8	12.0	11.8	25.5	2.2	7.5	16.4	28.1	0.0	**22.7**	32.1	0.0	**25.1**	40.2	0.0	**29.2**	48.22	0.0	**32.4**
-14.00	-15.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	25.5	13.0	12.5	27.1	2.2	7.5	16.4	35.8	0.0	**30.0**	40.9	0.0	**33.3**	51.1	0.0	**39.3**	61.31	0.0	**44.3**
-15.00	-16.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	27.2	14.0	13.2	28.6	2.2	7.5	16.4	43.8	0.0	**37.7**	50.1	0.0	**42.1**	62.6	0.0	**50.1**	75.15	0.0	**57.1**
-16.00	-17.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	28.9	15.0	13.9	30.1	2.2	7.5	16.4	52.4	0.0	**45.8**	59.8	0.0	**51.3**	74.8	0.0	**61.4**	89.75	0.0	**70.5**
-17.00	-18.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	30.6	16.0	14.6	31.6	2.2	7.5	16.4	61.3	0.0	**54.4**	70.1	0.0	**61.0**	87.6	0.0	**73.4**	105.10	0.0	**84.7**
-18.00	-19.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	32.3	17.0	15.3	33.1	2.2	7.5	16.4	70.7	0.0	**63.4**	80.8	0.0	**71.3**	101.0	0.0	**86.1**	121.21	0.0	**99.7**
-19.00	-20.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	34.0	18.0	16.0	34.6	2.2	7.5	16.4	80.5	0.0	**72.8**	92.0	0.0	**82.0**	115.1	0.0	**99.3**	138.07	0.0	**115.4**
-20.00	-21.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	35.7	19.0	16.7	36.2	2.2	7.5	16.4	90.8	0.0	**82.7**	103.8	0.0	**93.2**	129.7	0.0	**113.2**	155.68	0.0	**131.9**
-21.00	-22.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	37.4	20.0	17.4	37.7	2.2	7.5	16.4	101.5	0.0	**93.1**	116.0	0.0	**105.0**	145.0	0.0	**127.8**	174.05	0.0	**149.2**
-22.00	-23.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	39.1	21.0	18.1	39.2	2.2	7.5	16.4	112.7	0.0	**103.8**	128.8	0.0	**117.2**	161.0	0.0	**142.9**	193.17	0.0	**167.2**
-23.00	-24.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	40.8	22.0	18.8	40.7	2.2	7.5	16.4	124.3	0.0	**115.0**	142.0	0.0	**130.0**	177.5	0.0	**158.7**	213.04	0.0	**185.9**
-24.00	-25.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	42.5	23.0	19.5	42.2	2.2	7.5	16.4	136.3	0.0	**126.7**	155.8	0.0	**143.2**	194.7	0.0	**175.1**	233.67	0.0	**205.4**
-25.00	-26.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	44.2	24.0	20.2	43.7	2.2	7.5	16.4	148.8	0.0	**138.8**	170.0	0.0	**157.0**	212.5	0.0	**192.1**	255.06	0.0	**225.7**
-26.00	-27.00	0.00	21.6	1.70	0	1.10	45.9	25.0	20.9	45.3	2.2	7.5	16.4	161.7	0.0	**151.3**	184.8	0.0	**171.2**	231.0	0.0	**209.8**	277.19	0.0	**246.7**

GM Geomastic

Diámetro	Longitud Efectiva	Profundidad de cimentación	Capacidad Admisible.	Carga Aplicada	Asentamiento Inmediato	Kv pilote	Kv Pilote 0-11m	Kv Pilote >11m
0.70m	15m	25m	139ton	1902ton	0.055m	2520t/m	6.0t/m/m	175.3t/m/m
0.80m	15m	25m	157ton	1902ton	0.052m	3019t/m	6.0t/m/m	210.9t/m/m
1.00m	15m	25m	192ton	1902ton	0.046m	4148t/m	5.1t/m/m	292.3t/m/m
1.20m	15m	25m	226ton	1902ton	0.044m	5080t/m	2.1t/m/m	361.2t/m/m

CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES EN CONCRETO

GM Geomastic

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana

Proyecto Construccion Torre de Control Puerto Salgar

Fecha: Septiembre de 2021

Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

UNIDADES EN TONELADAS Y METRO

FACT SEGURIDAD = 3

NIVEL FREAT NF= 2.00

RESISTENCIA CONCRETO 2800 Tn/m2

TIPO DE ELEMENTO: PILOTES

FRIC		1	FRIC		1	FRIC		1	FRIC		1
PUNTA		0	PUNTA		0	PUNTA		0	PUNTA		0
PESO		1	PESO		1	PESO		1	PESO		1
DIAM		0.7	DIAM		0.8	DIAM		1	DIAM		1.2
QMAX fc		215.513	QMAX fc		281.49	QMAX fc		439.823	QMAX fc		633.345

PROFUNDIDAD		C	FI	g	N	FACT	svp	sw	Svf	Sh	Kp	Nq	Nc	FRICC	PUNTA	TOTAL	FRIC	PUNTA	TOTAL	FRIC	PUNTA	TOTAL	FRIC	PUNTA	TOTAL
DE	A					0					1														
0.00	-2.00	0.00	6	1.70	0	1.10	3.4	0.0	3.4	4.2	1.2	1.7	6.8	0.3	0.0	**0.0**	0.4	0.0	**0.0**	0.5	0.0	**0.0**	0.55	0.0	**0.0**
-2.00	-3.00	0.00	6	1.70	0	1.10	5.1	1.0	4.1	5.1	1.2	1.7	6.8	0.7	0.0	**0.0**	0.8	0.0	**0.0**	1.0	0.0	**0.0**	1.16	0.0	**0.0**
-3.00	-4.00	0.00	6	1.70	0	1.10	6.8	2.0	4.8	5.9	1.2	1.7	6.8	1.1	0.0	**0.0**	1.3	0.0	**0.0**	1.6	0.0	**0.0**	1.89	0.0	**0.0**
-4.00	-6.00	0.00	6	1.70	0	1.10	10.2	4.0	6.2	7.6	1.2	1.7	6.8	2.1	0.0	**0.0**	2.5	0.0	**0.0**	3.1	0.0	**0.0**	3.68	0.0	**0.0**
-6.00	-8.00	0.00	6	1.70	0	1.10	13.6	6.0	7.6	9.4	1.2	1.7	6.8	3.5	0.0	**0.4**	4.0	0.0	**0.0**	4.9	0.0	**0.0**	5.93	0.0	**0.0**
-8.00	-10.00	0.00	6	1.70	0	1.10	17.0	8.0	9.0	11.1	1.2	1.7	6.8	5.0	0.0	**1.2**	5.8	0.0	**0.7**	7.2	0.0	**0.0**	8.63	0.0	**0.0**
-10.00	-11.00	0.00	30	1.70	0	1.10	18.7	9.0	9.7	29.1	3.0	18.4	30.1	13.5	0.0	**9.3**	15.5	0.0	**9.9**	19.3	0.0	**10.7**	23.22	0.0	**10.8**
-11.00	-12.00	0.00	30	1.70	0	1.10	20.4	10.0	10.4	31.2	3.0	18.4	30.1	26.3	0.0	**21.7**	30.1	0.0	**24.0**	37.6	0.0	**28.2**	45.09	0.0	**31.5**
-12.00	-13.00	0.00	30	1.70	0	1.10	22.1	11.0	11.1	33.3	3.0	18.4	30.1	40.0	0.0	**34.9**	45.7	0.0	**39.1**	57.1	0.0	**46.9**	68.49	0.0	**53.8**
-13.00	-14.00	0.00	30	1.70	0	1.10	23.8	12.0	11.8	35.4	3.0	18.4	30.1	54.5	0.0	**49.1**	62.3	0.0	**55.2**	77.8	0.0	**66.8**	93.41	0.0	**77.6**
-14.00	-15.00	0.00	30	1.70	0	1.10	25.5	13.0	12.5	37.5	3.0	18.4	30.1	69.9	0.0	**64.1**	79.9	0.0	**72.4**	99.9	0.0	**88.1**	119.86	0.0	**102.9**
-15.00	-16.00	0.00	30	1.70	0	1.10	27.2	14.0	13.2	39.6	3.0	18.4	30.1	86.2	0.0	**80.1**	98.6	0.0	**90.5**	123.2	0.0	**110.6**	147.83	0.0	**129.7**
-16.00	-17.00	0.00	30	1.70	0	1.10	28.9	15.0	13.9	41.7	3.0	18.4	30.1	103.4	0.0	**96.9**	118.2	0.0	**109.7**	147.8	0.0	**134.4**	177.32	0.0	**158.1**
-17.00	-18.00	0.00	30	1.70	0	1.10	30.6	16.0	14.6	43.8	3.0	18.4	30.1	121.5	0.0	**114.6**	138.9	0.0	**129.8**	173.6	0.0	**159.5**	208.33	0.0	**188.0**
-18.00	-19.00	0.00	30	1.70	0	1.10	32.3	17.0	15.3	45.9	3.0	18.4	30.1	140.5	0.0	**133.2**	160.6	0.0	**151.0**	200.7	0.0	**185.8**	240.87	0.0	**219.4**
-19.00	-20.00	0.00	30	1.70	0	1.10	34.0	18.0	16.0	48.0	3.0	18.4	30.1	160.4	0.0	**152.7**	183.3	0.0	**173.2**	229.1	0.0	**213.4**	274.94	0.0	**252.3**
-20.00	**-21.00**	0.00	30	1.70	0	1.10	35.7	19.0	16.7	50.1	3.0	18.4	30.1	181.1	0.0	**173.1**	207.0	0.0	**196.5**	258.8	0.0	**242.3**	310.52	0.0	**286.8**
-21.00	**-22.00**	0.00	30	1.70	0	1.10	37.4	20.0	17.4	52.2	3.0	18.4	30.1	202.8	0.0	**194.3**	231.8	0.0	**220.7**	289.7	0.0	**272.4**	347.63	0.0	**322.8**
-22.00	**-23.00**	0.00	30	1.70	0	1.10	39.1	21.0	18.1	54.3	3.0	18.4	30.1	225.3	0.0	**216.5**	257.5	0.0	**246.0**	321.9	0.0	**303.8**	386.27	0.0	**360.3**
-23.00	**-24.00**	0.00	30	1.70	0	1.10	40.8	22.0	18.8	56.4	3.0	18.4	30.1	248.7	0.0	**239.5**	284.3	0.0	**272.2**	355.4	0.0	**336.5**	426.43	0.0	**399.3**
-24.00	**-25.00**	0.00	30	1.70	0	1.10	42.5	23.0	19.5	58.5	3.0	18.4	30.1	273.1	0.0	**263.4**	312.1	0.0	**299.5**	390.1	0.0	**370.5**	468.11	0.0	**439.8**
-25.00	**-26.00**	0.00	30	1.70	0	1.10	44.2	24.0	20.2	60.6	3.0	18.4	30.1	298.3	0.0	**288.3**	340.9	0.0	**327.8**	426.1	0.0	**405.7**	511.31	0.0	**481.9**
-26.00	**-27.00**	0.00	30	1.70	0	1.10	45.9	25.0	20.9	62.7	3.0	18.4	30.1	324.4	0.0	**314.0**	370.7	0.0	**357.1**	463.4	0.0	**442.2**	556.04	0.0	**525.5**

GM Geomastic

CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES EN CONCRETO

Diámetro	Longitud Efectiva	Profundidad de cimentación	Capacidad Admisible.	Carga Aplicada	Asentamiento Inmediato	Kv pilote	Kv Pilote 0-10m	Kv Pilote >10m
0.70m	13m	23m	240ton	1902ton	0.060m	4008t/m	2.0t/m/m	306.8t/m/m
0.80m	13m	23m	272ton	1902ton	0.056m	4861t/m	1.3t/m/m	372.9t/m/m
1.00m	13m	23m	337ton	1902ton	0.052m	6479t/m	0.0t/m/m	498.4t/m/m
1.20m	13m	23m	399ton	1902ton	0.048m	8304t/m	0.0t/m/m	638.7t/m/m

Sismo de Diseño para Estabilidad de Taludes en Laderas Naturales o Intervenidas NSR-2010

Cliente: Fuerza Áerea Colombiana
Proyecto: Torre de Control
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar

Material	Espesor	Vs (m/s)
CL	2.0	180
SM	2.0	210
SW	9.0	220
SP	17.0	190
	Promedio	199.7

Tipo de perfil	I	KST/amax	Aa	Fa	$a_{max\ (g)}$	KST (g)
Tipo D	1	0.8	0.15	1.5	0.225	0.18

ASENTAMIENTOS PILOTES EN ACERO

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

GM Geomastic

PILOTE				MATERIAL				DATOS DE ANALISIS									ASENT.	
DIAMETRO	LONGITUD	CARGA	Ep	Es	u	Eb	H	L/D	H/L	K	Io	Rk	Rh	Rv	Rb	I	r	r
0.70m	15.00m	1902T	1883879t/m²	5000t/m²	0.40	1939t/m²	60.00m	21.4	4	377	0.086	1.219	1	0.97	1	0.101	0.055m	5.5cm
0.80m	15.00m	1902T	1883879t/m²	5000t/m²	0.40	1939t/m²	60.00m	18.8	4	377	0.095	1.186	1	0.97	1	0.109	0.052m	5.2cm
1.00m	15.00m	1902T	1883879t/m²	5000t/m²	0.40	1939t/m²	60.00m	15	4	377	0.11	1.141	1	0.97	1	0.122	0.046m	4.6cm
1.20m	15.00m	1902T	1883879t/m²	5000t/m²	0.40	1939t/m²	60.00m	12.5	4	377	0.13	1.111	1	0.97	1	0.14	0.044m	4.4cm

ASENTAMIENTOS PILOTES EN CONCRETO

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

GM Geomastic

PILOTE				MATERIAL				DATOS DE ANALISIS									ASENT.	
DIAMETRO	LONGITUD	CARGA	Ep	Es	u	Eb	H	L/D	H/L	K	Io	Rk	Rh	Rv	Rb	I	r	r
0.70m	13.00m	1902T	1883879t/m²	5000t/m²	0.40	1939t/m²	52.00m	18.6	4	377	0.096	1.184	1	0.97	1	0.11	0.060m	6.0cm
0.80m	13.00m	1902T	1883879t/m²	5000t/m²	0.40	1939t/m²	52.00m	16.3	4	377	0.105	1.156	1	0.97	1	0.118	0.056m	5.6cm
1.00m	13.00m	1902T	1883879t/m²	5000t/m²	0.40	1939t/m²	52.00m	13	4	377	0.126	1.117	1	0.97	1	0.137	0.052m	5.2cm
1.20m	13.00m	1902T	1883879t/m²	5000t/m²	0.40	1939t/m²	52.00m	10.8	4	377	0.143	1.091	1	0.97	1	0.152	0.048m	4.8cm

Eficiencia del Grupo de Pilotes Acero

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

Variables

n1	No. Pilotes horizontal.
n2	No. Pilotes vertical
D	Diámetro de Pilotes
p	Perímetro Pilotes
d	Separación entre pilotes

Diámetro 0.7m	Separación 3D	Separación 4D	Separación 4.0m
n1	7.00	5.00	4.00
n2	7.00	5.00	4.00
d (m)	1.80	2.40	3.00
D (m)	0.60	0.60	0.60
p (m)	1.88	1.88	1.88
Q (°)	18.43	14.04	11.31

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 0.7m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.65	0.75	0.81
n (Group Action))	0.71	0.80	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.77	0.85	0.90
Promedio	**0.71**	**0.80**	**0.85**

Diámetro 0.8m	Separación 3D	Separación 4D	Separación 4.0m
n1	6.00	5.00	4.00
n2	6.00	5.00	4.00
d (m)	2.10	2.80	3.50
D (m)	0.70	0.70	0.70
p (m)	2.20	2.20	2.20
Q (°)	18.43	14.04	11.31

Capacidad de Carga (t)	S=3D	S=4D	S=4.0m
D=0.7m	4817	2776	2017
D=0.8m	4127	3175	2164
D=1.0m	3612	2553	2664
D=1.2m	2807	1746	3143

Cantidad Pilotes (Und)	S=3D	S=4D	S=4.0m
D=0.7m	49	25	17
D=0.8m	36	25	16
D=1.0m	25	16	16
D=1.2m	16	9	16

585

	Longitud Pilotes (Und)	S=3D	S=4D	S=4.0m
25	D=0.7m	1225	625	425
25	D=0.8m	900	625	400
25	D=1.0m	625	400	400
25	D=1.2m	400	225	400

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 0.8m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.66	0.75	0.81
n (Group Action))	0.72	0.80	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.81	0.88	0.92
Promedio	**0.73**	**0.81**	**0.86**

Diámetro 1.0m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n1	5.00	4.00	4.00
n2	5.00	4.00	4.00
d (m)	2.40	3.20	4.00
D (m)	0.80	0.80	0.80
p (m)	2.51	2.51	2.51
Q (°)	18.43	14.04	11.31

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 1.0m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.67	0.77	0.81
n (Group Action))	0.73	0.82	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.85	0.91	0.93
Promedio	**0.75**	**0.83**	**0.87**

Diámetro 1.2m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n1	4.00	3.00	4.00
n2	4.00	3.00	4.00
d (m)	2.70	3.60	4.50
D (m)	0.90	0.90	0.90
p (m)	2.83	2.83	2.83
Q (°)	18.43	14.04	11.31

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 1.2m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.69	0.79	0.81
n (Group Action))	0.76	0.84	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.88	0.94	0.95
Promedio	**0.78**	**0.86**	**0.87**

www.geomastic.com
carlos@geomastic.com

Eficiencia del Grupo de Pilotes Concreto

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

Variables		
	n1	No. Pilotes horizontal.
	n2	No. Pilotes vertical
	D	Diámetro de Pilotes
	p	Perímetro Pilotes
	d	Separación entre pilotes

Diámetro 0.7m	Separación 3D	Separación 4D	Separación 4.0m
n1	7.00	5.00	4.00
n2	7.00	5.00	4.00
d (m)	1.80	2.40	3.00
D (m)	0.60	0.60	0.60
p (m)	1.88	1.88	1.88
Q (°)	18.43	14.04	11.31

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 0.7m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.65	0.75	0.81
n (Group Action))	0.71	0.80	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.77	0.85	0.90
Promedio	**0.71**	**0.80**	**0.85**

Diámetro 0.8m	Separación 3D	Separación 4D	Separación 4.0m
n1	6.00	5.00	4.00
n2	6.00	5.00	4.00
d (m)	2.10	2.80	3.50
D (m)	0.70	0.70	0.70
p (m)	2.20	2.20	2.20
Q (°)	18.43	14.04	11.31

Capacidad de Carga (t)	S=3D	S=4D	S=4.0m
D=0.7m	8314	4792	3481
D=0.8m	7156	5506	3753
D=1.0m	6327	4471	4666
D=1.2m	4967	3089	5561

Cantidad Pilotes (Und)	S=3D	S=4D	S=4.0m
D=0.7m	49	25	17
D=0.8m	36	25	16
D=1.0m	25	16	16
D=1.2m	16	9	16

585

	Longitud Pilotes (Und)	S=3D	S=4D	S=4.0m
Profundidad	D=0.7m	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
23	D=0.8m	828	575	368
23	D=1.0m	575	368	368
23	D=1.2m	368	207	368

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 0.8m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.66	0.75	0.81
n (Group Action))	0.72	0.80	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.81	0.88	0.92
Promedio	**0.73**	**0.81**	**0.86**

Diámetro 1.0m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n1	5.00	4.00	4.00
n2	5.00	4.00	4.00
d (m)	2.40	3.20	4.00
D (m)	0.80	0.80	0.80
p (m)	2.51	2.51	2.51
Q (°)	18.43	14.04	11.31

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 1.0m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.67	0.77	0.81
n (Group Action))	0.73	0.82	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.85	0.91	0.93
Promedio	**0.75**	**0.83**	**0.87**

Diámetro 1.2m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n1	4.00	3.00	4.00
n2	4.00	3.00	4.00
d (m)	2.70	3.60	4.50
D (m)	0.90	0.90	0.90
p (m)	2.83	2.83	2.83
Q (°)	18.43	14.04	11.31

EFICIENCIA DE GRUPOS DE PILOTES			
Diámetro 1.2m	**Separación 3D**	**Separación 4D**	**Separación 4.0m**
n (Converse-Labarre)	0.69	0.79	0.81
n (Group Action))	0.76	0.84	0.85
n (Seiler Keeney 1944)	0.88	0.94	0.95
Promedio	**0.78**	**0.86**	**0.87**

www.geomastic.com
carlos@geomastic.com

ANALISIS DE LICUACIÓN
TORRE DE CONTROL

PESO VOLUMET 1.8 t/m³
PROF AGUA 2.95 m

Amax/g= 0.15
FS= 1
ARCILLA
LICUABLE

SONDEO 1

PROF (m)			N(SPT) (golpe por pie)			ESF V	PRESION	ESF V	ESF CORTANTE		
DE		A	MIN	REAL	CORREC	(total)	AGUA	(efectivo)	ADMS To	ACT Tav	
0.0	-	1.0	5	16	28.912	0.9	0	0.9	0.289124	0.087102	
1.0	-	2.0	6	7	10.078	2.7	0	2.7	0.302325	0.25742	
2.0	-	3.0	7	3	3.8065	4.5	0	4.5	0.190323	0.422556	******
3.0	-	4.0	8	2	2.3737	6.3	0.55	5.75	0.151653	0.58251	******
4.0	-	5.0	9	30	34.299	8.1	1.55	6.55	2.496177	0.737281	
5.0	-	6.0	10	20	22.095	9.9	2.55	7.35	1.804428	0.886871	
6.0	-	7.0	11	1	1.0702	11.7	3.55	8.15	0.096913	1.031278	******
7.0	-	8.0	11	14	14.544	13.5	4.55	8.95	1.446365	1.170504	
8.0	-	9.0	12	21	21.215	15.3	5.55	9.75	2.29834	1.304547	
9.0	-	10.0	12	29	28.533	17.1	6.55	10.55	3.344675	1.433408	
10.0	-	11.0	13	23	22.067	18.9	7.55	11.35	2.782927	1.557087	
11.0	-	12.0	13	20	18.733	20.7	8.55	12.15	2.529007	1.675585	
12.0	-	13.0	14	20	18.307	22.5	9.55	12.95	2.634161	1.788899	
13.0	-	14.0	14	18	16.115	24.3	10.55	13.75	2.462075	1.897032	
14.0	-	15.0	14	17	14.899	26.1	11.55	14.55	2.408608	1.999983	
15.0	-	16.0	14	34	29.189	27.9	12.55	15.35	4.978286	2.097752	
16.0	-	17.0	15	58	48.807	29.7	13.55	16.15	8.758148	2.190338	
17.0	-	18.5	#DIV/0!	0	0	31.95	14.8	17.15	0	2.298784	******
18.5	-	19.5	15	36	28.888	34.2	16.05	18.15	5.825846	2.399133	
19.5	-	20.5	15	37	29.157	36	17.05	18.95	6.139223	2.473583	
20.5	-	21.5	15	31	24	37.8	18.05	19.75	5.266754	2.54285	
21.5	-	22.5	15	57	43.373	39.6	19.05	20.55	9.903478	2.606935	
22.5	-	23.5	15	93	69.579	41.4	20.05	21.35	16.50558	2.665838	
23.5	-	25.0	15	54	39.574	43.65	21.3	22.35	9.82751	2.73218	

*** ZONAS POTENCIALES DE LICUACION
ESFUERZOS Y CORTANTES EN Tn/m2

ANALISIS DE LICUACIÓN
TORRE DE CONTROL

PESO VOLUMET 1.8 t/m³
PROF AGUA 2.95 m

Amax/g= 0.15
FS= 1
ARCILLA
LICUABLE

SONDEO 2

PROF (m)			N(SPT) (golpe por pie)			ESF V	PRESION	ESF V	ESF CORTANTE	
DE		A	MIN	REAL	CORREG	(total)	AGUA	(efectivo)	ADMS To	ACT Tav
0.0	-	0.8	#DIV/0!	0	0	0.72	0	0.72	0	0.069785
0.8	-	2.0	6	15	21.9407202	2.52	0	2.52	0.61434	0.240622
2.0	-	3.0	7	22	27.91402814	4.5	0	4.5	1.395701	0.422556
3.0	-	4.0	8	17	20.17643056	6.3	0.55	5.75	1.28905	0.58251
4.0	-	5.0	9	5	5.716436478	8.1	1.55	6.55	0.41603	0.737281
5.0	-	6.0	10	17	18.78078137	9.9	2.55	7.35	1.533764	0.886871
6.0	-	7.0	11	19	20.33383302	11.7	3.55	8.15	1.841342	1.031278
7.0	-	8.0	11	23	23.89445527	13.5	4.55	8.95	2.376171	1.170504
8.0	-	9.0	#DIV/0!	0	0	15.3	5.55	9.75	0	1.304547
9.0	-	10.0	12	22	21.64555146	17.1	6.55	10.55	2.53734	1.433408
10.0	-	11.0	13	21	20.14837195	18.9	7.55	11.35	2.540934	1.557087
11.0	-	12.0	13	27	25.29007279	20.7	8.55	12.15	3.41416	1.675585
12.0	-	13.0	14	28	25.6296705	22.5	9.55	12.95	3.687825	1.788899
13.0	-	14.0	14	41	36.70730078	24.3	10.55	13.75	5.60806	1.897032
14.0	-	15.0	14	27	23.66249198	26.1	11.55	14.55	3.825436	1.999983
15.0	-	16.0	14	72	61.81125438	27.9	12.55	15.35	10.54225	2.097752
16.0	-	17.0	15	78	65.63701959	29.7	13.55	16.15	11.7782	2.190338
17.0	-	18.0	15	63	51.99594282	31.5	14.55	16.95	9.792569	2.277743
18.0	-	19.0	15	43	34.82614554	33.3	15.55	17.75	6.86849	2.359965
19.0	-	20.0	15	44	34.98740445	35.1	16.55	18.55	7.211293	2.437006
20.0	-	21.0	15	63	49.20607127	36.9	17.55	19.35	10.57931	2.508864
21.0	-	22.0	15	62	47.58508108	38.7	18.55	20.15	10.65377	2.57554
22.0	-	23.0	15	50	37.72406978	40.5	19.55	20.95	8.781325	2.637034
23.0	-	24.0	15	98	72.71104762	42.3	20.55	21.75	17.57184	2.693346
24.0	-	25.0	15	42	30.65455076	44.1	21.55	22.55	7.680668	2.744476
25.0	-	26.0	15	40	28.72848781	45.9	22.55	23.35	7.453447	2.790424
26.0	-	27.0	15	45	31.81261062	47.7	23.55	24.15	8.536384	2.83119
27.0	-	28.0	15	32	22.27356074	49.5	24.55	24.95	6.174726	2.866773
28.0	-	29.0	15	49	33.58923672	51.3	25.55	25.75	9.610254	2.897175
29.0	-	30.0	15	57	38.49001449	53.1	26.55	26.55	11.35455	2.922395

*** ZONAS POTENCIALES DE LICUACION
ESFUERZOS Y CORTANTES EN Tn/m2

ANALISIS DE LICUACIÓN
TORRE DE CONTROL

PESO VOLUMET 1.8 t/m³
PROF AGUA 2.95 m

Amax/g= 0.15
FS= 1
ARCILLA
LICUABLE

SONDEO 3

PROF (m)			N(SPT) (golpe por pie)			ESF V	PRESION	ESF V	ESF CORTANTE	
DE		A	MIN	REAL	CORREC	(total)	AGUA	(efectivo)	ADMS To	ACT Tav
0.0	-	0.9	#DIV/0!	0	0	0.81	0	0.81	0	0.07845
0.9	-	2.0	6	18	26.118	2.61	0	2.61	0.757412	0.249027
2.0	-	3.0	7	5	6.3441	4.5	0	4.5	0.317205	0.422556
3.0	-	4.0	8	6	7.1211	6.3	0.55	5.75	0.454959	0.58251
4.0	-	5.0	9	18	20.579	8.1	1.55	6.55	1.497706	0.737281
5.0	-	6.0	10	16	17.676	9.9	2.55	7.35	1.443542	0.886871
6.0	-	7.0	11	6	6.4212	11.7	3.55	8.15	0.581476	1.031278
7.0	-	8.0	11	17	17.661	13.5	4.55	8.95	1.7563	1.170504
8.0	-	9.0	12	21	21.215	15.3	5.55	9.75	2.29834	1.304547
9.0	-	10.0	12	22	21.646	17.1	6.55	10.55	2.53734	1.433408
10.0	-	11.0	13	18	17.27	18.9	7.55	11.35	2.177943	1.557087
11.0	-	12.0	13	25	23.417	20.7	8.55	12.15	3.161259	1.675585
12.0	-	13.0	14	31	28.376	22.5	9.55	12.95	4.082949	1.788899
13.0	-	14.0	14	41	36.707	24.3	10.55	13.75	5.60806	1.897032
14.0	-	15.0	14	43	37.685	26.1	11.55	14.55	6.092361	1.999983
15.0	-	16.0	14	29	24.896	27.9	12.55	15.35	4.246185	2.097752
16.0	-	17.0	15	51	42.917	29.7	13.55	16.15	7.70113	2.190338
17.0	-	18.5	15	48	39.428	31.95	14.8	17.15	7.513161	2.298784
18.5	-	19.5	15	42	33.703	34.2	16.05	18.15	6.79682	2.399133
19.5	-	20.5	15	58	45.706	36	17.05	18.95	9.623646	2.473583
20.5	-	21.5	15	51	39.485	37.8	18.05	19.75	8.66466	2.54285
21.5	-	22.5	15	53	40.329	39.6	19.05	20.55	9.208497	2.606935
22.5	-	23.5	15	53	39.652	41.4	20.05	21.35	9.406408	2.665838
23.5	-	25.0	15	45	32.978	43.65	21.3	22.35	8.189592	2.73218

*** ZONAS POTENCIALES DE LICUACION
ESFUERZOS Y CORTANTES EN Tn/m2

ANALISIS DE LICUACIÓN
TORRE DE CONTROL

PESO VOLUMET 1.8 t/m³
PROF AGUA 2.95 m

Amax/g= 0.15
FS= 1
ARCILLA
LICUABLE

SONDEO 4

PROF (m) DE	A	N(SPT) (golpe por pie) MIN	REAL	CORREC	ESF V (total)	PRESION AGUA	ESF V (efectivo)	ESF CORTANTE ADMS To	ACT Tav
0.0 -	0.1	#DIV/0!	0	0	0.045	0	0.045	0	0.004386
0.5 -	2.0	6	7	10.504	2.25	0	2.25	0.262607	0.215326
2.0 -	3.0	7	13	16.495	4.5	0	4.5	0.824733	0.422556
3.0 -	4.0	8	10	11.868	6.3	0.55	5.75	0.758265	0.58251
4.0 -	5.0	9	14	16.006	8.1	1.55	6.55	1.164883	0.737281
5.0 -	6.0	10	20	22.095	9.9	2.55	7.35	1.804428	0.886871
6.0 -	7.0	11	20	21.404	11.7	3.55	8.15	1.938254	1.031278
7.0 -	8.5	11	24	24.756	13.95	4.8	9.15	2.516857	1.2045
8.5 -	10.0	12	25	24.757	16.65	6.3	10.35	2.847081	1.401679
10.0 -	11.5	13	19	18.118	19.35	7.8	11.55	2.325207	1.587198
11.5 -	13.0	14	21	19.332	22.05	9.3	12.75	2.738637	1.761057
13.0 -	14.5	14	18	16.028	24.75	10.8	13.95	2.484414	1.923256
14.5 -	16.0	14	45	38.829	27.45	12.3	15.15	6.536281	2.073795
16.0 -	17.5	15	35	29.308	30.15	13.8	16.35	5.324369	2.212675
17.5 -	19.0	15	16	13.019	32.85	15.3	17.55	2.538743	2.339896
19.0 -	20.5	15	43	34.038	35.55	16.8	18.75	7.091256	2.455456
20.5 -	22.0	15	53	40.854	38.25	18.3	19.95	9.056051	2.559357
22.0 -	23.5	15	46	34.56	40.95	19.8	21.15	8.121597	2.651598
23.5 -	25.0	15	42	30.78	43.65	21.3	22.35	7.643619	2.73218
25.0 -	26.5	15	46	32.907	46.35	22.8	23.55	8.610551	2.801101
26.5 -	28.0	15	39	27.251	49.05	24.3	24.75	7.493989	2.858363
28.0 -	30.0	15	53	36.058	52.2	26.05	26.15	10.47686	2.910433

*** ZONAS POTENCIALES DE LICUACION
ESFUERZOS Y CORTANTES EN Tn/m2

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN (I.M. Idriss *et all*, 2001)
TORRE DE CONTROL

Sondeo
Magnitud del sismo, M_w = **6.00**
Aceleración máxima esperada (a_{max}) = **0.15** *g*
Peso unitario (γ) = **18.00** kN/m³
1.82 T/m³

GM Geomastic

N.F. (m) 2.95

Sond	Prof. (m)	FC%	σ_v (T/m2)	σ'_v (T/m2)	r_d	τ_{max} (T/m2)	τ_{ave} (T/m2)	CSR	N	N60(1)	$(N_1)_{60cs}$	CRR 7.5	CRR 6	Licuación
1	1.00	2.5	1.80	1.80	0.994	0.27	0.17	0.097	16	22.60	13.33	0.144	0.254	NO
1	2.00	0.8	3.60	3.60	0.987	0.53	0.35	0.096	7	8.58	5.83	0.078	0.139	NO
1	3.00	43.1	5.40	5.35	0.979	0.79	0.00	0.000	3	3.26	8.00	0.096	0.170	NO
1	4.00	4.8	7.20	6.15	0.973	1.05	0.68	0.111	2	2.06	1.67	0.051	0.091	SI
1	5.00	4.8	9.00	6.95	0.965	1.30	0.85	0.122	30	29.50	25.00	0.292	0.517	NO
1	6.00	5.3	10.80	7.75	0.958	1.55	1.01	0.130	20	18.78	16.71	0.178	0.315	NO
1	7.00	2.4	12.60	8.55	0.949	1.79	1.17	0.136	1	0.90	0.83	0.049	0.087	SI
1	8.00	2.4	14.40	9.35	0.937	2.02	1.32	0.141	14	12.06	11.67	0.128	0.227	NO
1	9.00	2.4	16.20	10.15	0.923	2.24	1.46	0.144	21	17.37	17.50	0.186	0.330	NO
1	10.00	6.3	18.00	10.95	0.905	2.44	1.59	0.145	29	23.07	24.36	0.280	0.495	NO
1	11.00	5	19.80	11.75	0.883	2.62	1.70	0.145	23	17.62	19.17	0.205	0.363	NO
1	12.00	5.2	21.60	12.55	0.857	2.78	1.80	0.144	20	14.78	16.70	0.178	0.314	NO
1	13.00	2.3	23.40	13.35	0.827	2.90	1.89	0.141	20	14.28	16.67	0.177	0.314	NO
1	14.00	13.5	25.20	14.15	0.794	3.00	1.95	0.138	18	12.42	17.64	0.188	0.332	NO
1	15.00	3.1	27.00	14.95	0.761	3.08	2.00	0.134	17	11.36	14.17	0.152	0.269	NO
1	16.00	4	28.80	15.75	0.728	3.14	2.04	0.130	34	22.01	28.33	0.382	0.676	NO
1	17.00	4.2	30.60	16.55	0.696	3.20	2.08	0.125	58	36.41	48.33			NO
1	18.50	5.7	33.30	17.75	0.654	3.26	2.12	0.120	0	0.00	0.02	0.049	0.087	SI
1	19.50	5.7	35.10	18.55	0.629	3.31	2.15	0.116	36	21.02	30.13	0.477	0.844	NO
2	0.80	63.5	1.44	1.44	0.996	0.22	0.14	0.097	0	0.00	5.00	0.072	0.128	NO
2	2.00	4.1	3.60	3.60	0.987	0.53	0.35	0.096	15	18.38	12.50	0.136	0.240	NO
2	3.00	18.9	5.40	5.35	0.979	0.79	0.52	0.096	22	23.89	23.07	0.258	0.457	NO
2	4.00	2.3	7.20	6.15	0.973	1.05	0.68	0.111	17	17.54	14.17	0.152	0.269	NO
2	5.00	2.7	9.00	6.95	0.965	1.30	0.85	0.122	5	4.92	4.17	0.066	0.117	SI
2	6.00	2.7	10.80	7.75	0.958	1.55	1.01	0.130	17	15.96	14.17	0.152	0.269	NO
2	7.00	1	12.60	8.55	0.949	1.79	1.17	0.136	19	17.07	15.83	0.169	0.298	NO
2	8.00	1.9	14.40	9.35	0.937	2.02	1.32	0.141	23	19.81	19.17	0.205	0.363	NO
2	9.00	0	16.20	10.15	0.923	2.24	1.46	0.144	0	0.00	0.00	0.049	0.087	SI
2	10.00	3.7	18.00	10.95	0.905	2.44	1.59	0.145	22	17.50	18.33	0.196	0.346	NO
2	11.00	3.7	19.80	11.75	0.883	2.62	1.70	0.145	21	16.09	17.50	0.186	0.330	NO
2	12.00	3	21.60	12.55	0.857	2.78	1.80	0.144	27	19.96	22.50	0.249	0.441	NO
2	13.00	4.9	23.40	13.35	0.827	2.90	1.89	0.141	28	19.99	23.33	0.262	0.464	NO
2	14.00	4.3	25.20	14.15	0.794	3.00	1.95	0.138	41	28.30	34.17	-5.752	-10.179	SI
2	15.00	3.5	27.00	14.95	0.761	3.08	2.00	0.134	27	18.04	22.50	0.249	0.441	NO
2	16.00	3.3	28.80	15.75	0.728	3.14	2.04	0.130	72	46.60	60.00			NO
2	17.00	6.6	30.60	16.55	0.696	3.20	2.08	0.125	78	48.96	65.53			NO
2	18.00	7.3	32.40	17.35	0.667	3.24	2.11	0.121	63	38.39	53.17			NO
2	19.00	33.4	34.20	18.15	0.641	3.29	2.14	0.118	43	25.46	47.29			NO
2	20.00	3.7	36.00	18.95	0.618	3.34	2.17	0.114	44	25.33	36.67			NO
2	21.00	2.1	37.80	19.75	0.598	3.39	2.20	0.112	63	35.29	52.50			NO
2	22.00	2	39.60	20.55	0.581	3.45	2.24	0.109	62	33.82	51.67			NO
2	23.00	4.3	41.40	21.35	0.566	3.51	2.28	0.107	50	26.58	41.67			NO
2	24.00	4.1	0.00	22.15	0.553	0.00	0.00	0.000	98	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
2	25.00	31.3	0.00	22.95	0.541	0.00	0.00	0.000	42	0.00	4.79	0.070	0.125	NO
2	26.00	12	0.00	23.75	0.532	0.00	0.00	0.000	40	0.00	1.55	0.051	0.090	NO
2	27.00	6.5	0.00	24.55	0.523	0.00	0.00	0.000	45	0.00	0.06	0.049	0.087	NO
2	28.00	6.5	0.00	25.35	0.515	0.00	0.00	0.000	32	0.00	0.06	0.049	0.087	NO
2	29.00	5.8	0.00	26.15	0.508	0.00	0.00	0.000	49	0.00	0.02	0.049	0.087	NO
2	30.00	9.2	0.00	26.95	0.501	0.00	0.00	0.000	57	0.00	0.62	0.049	0.086	NO
3	0.90	61.70	0.00	1.62	0.995	0.00	0.00	0.000	0	0.00	5.00	0.072	0.128	NO
3	2.00	10.50	0.00	3.60	0.987	0.00	0.00	0.000	18	0.00	1.04	0.049	0.087	NO
3	3.00	27.60	0.00	5.35	0.979	0.00	0.00	0.000	5	0.00	4.53	0.069	0.121	NO
3	4.00	2.50	0.00	6.15	0.973	0.00	0.00	0.000	6	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	5.00	1.20	0.00	6.95	0.965	0.00	0.00	0.000	18	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	6.00	0.90	0.00	7.75	0.958	0.00	0.00	0.000	16	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	7.00	1.20	0.00	8.55	0.949	0.00	0.00	0.000	6	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	8.00	1.20	0.00	9.35	0.937	0.00	0.00	0.000	17	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	9.00	8.60	0.00	10.15	0.923	0.00	0.00	0.000	21	0.00	0.45	0.049	0.086	NO
3	10.00	3.50	0.00	10.95	0.905	0.00	0.00	0.000	22	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	11.00	3.70	0.00	11.75	0.883	0.00	0.00	0.000	18	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	12.00	2.90	0.00	12.55	0.857	0.00	0.00	0.000	25	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	13.00	1.20	0.00	13.35	0.827	0.00	0.00	0.000	31	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	14.00	100.00	0.00	14.15	0.794	0.00	0.00	0.000	41	0.00	5.00	0.072	0.128	NO
3	15.00	3.40	0.00	14.95	0.761	0.00	0.00	0.000	43	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	16.00	2.00	0.00	15.75	0.728	0.00	0.00	0.000	29	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	17.00	1.20	0.00	16.55	0.696	0.00	0.00	0.000	51	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	18.50	0.90	0.00	17.75	0.654	0.00	0.00	0.000	48	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	19.50	1.90	0.00	18.55	0.629	0.00	0.00	0.000	42	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	20.50	2.40	0.00	19.35	0.608	0.00	0.00	0.000	58	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	21.50	4.20	0.00	20.15	0.589	0.00	0.00	0.000	51	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	22.50	2.40	0.00	20.95	0.573	0.00	0.00	0.000	53	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	23.50	4.30	0.00	21.75	0.559	0.00	0.00	0.000	53	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
3	25.00	23.90	0.00	22.95	0.541	0.00	0.00	0.000	45	0.00	4.17	0.066	0.117	NO
4	0.05	47.50	0.00	0.09	1.001	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	5.00	0.072	0.128	NO
4	2.00	8.40	0.00	3.60	0.987	0.00	0.00	0.000	7	0.00	0.39	0.049	0.086	NO
4	3.00	22.70	0.00	5.35	0.979	0.00	0.00	0.000	13	0.00	4.02	0.065	0.115	NO
4	4.00	0.50	0.00	6.15	0.973	0.00	0.00	0.000	10	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	5.00	2.60	0.00	6.95	0.965	0.00	0.00	0.000	14	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	6.00	1.80	0.00	7.75	0.958	0.00	0.00	0.000	20	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	7.00	2.70	0.00	8.55	0.949	0.00	0.00	0.000	20	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	8.50	4.00	0.00	9.75	0.930	0.00	0.00	0.000	24	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	10.00	1.90	0.00	10.95	0.905	0.00	0.00	0.000	25	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	11.50	1.10	0.00	12.15	0.870	0.00	0.00	0.000	19	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	13.00	0.40	0.00	13.35	0.827	0.00	0.00	0.000	21	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	14.50	4.60	0.00	14.55	0.778	0.00	0.00	0.000	18	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	16.00	3.40	0.00	15.75	0.728	0.00	0.00	0.000	45	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	17.50	4.00	0.00	16.95	0.681	0.00	0.00	0.000	35	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	19.00	4.00	0.00	18.15	0.641	0.00	0.00	0.000	16	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	20.50	5.50	0.00	19.35	0.608	0.00	0.00	0.000	43	0.00	0.01	0.049	0.087	NO
4	22.00	0.60	0.00	20.55	0.581	0.00	0.00	0.000	53	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	23.50	1.80	0.00	21.75	0.559	0.00	0.00	0.000	46	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	25.00	1.70	0.00	22.95	0.541	0.00	0.00	0.000	47	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	26.50	5.30	0.00	24.15	0.527	0.00	0.00	0.000	48	0.00	0.01	0.049	0.087	NO
4	28.00	3.80	0.00	25.35	0.515	0.00	0.00	0.000	49	0.00	0.00	0.049	0.087	NO
4	30.00	4.90	0.00	26.95	0.501	0.00	0.00	0.000	50	0.00	0.00	0.049	0.087	NO

Cálculo Resortes Horizontales

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

Profundidad (m)	Material	Espesor (m)	nh T/m^3	kh D=0.6m KN/m^3	kh D=0.7m KN/m^3	kh D=0.8m KN/m^3	kh D=1m KN/m^3
1.00	Arena	1.0	500	8175	7007	6131	4905
2.00	Arena	1.0	500	16350	14014	12263	9810
3.00	Arena	1.0	500	24525	21021	18394	14715
4.00	Arena	1.0	500	32700	28029	24525	19620
5.00	Arena	1.0	500	40875	35036	30656	24525
6.00	Arena	1.0	500	49050	42043	36788	29430
7.00	Arena	1.0	500	57225	49050	42919	34335
8.00	Arena	1.0	500	65400	56057	49050	39240
9.00	Arena	1.0	500	73575	63064	55181	44145
10.00	Arena	1.0	500	81750	70071	61313	49050
11.00	Arena	1.0	800	143880	123326	107910	86328
12.00	Arena	1.0	800	156960	134537	117720	94176
13.00	Arena	1.0	800	170040	145749	127530	102024
14.00	Arena	1.0	800	183120	156960	137340	109872
15.00	Arena	1.0	800	196200	168171	147150	117720
16.00	Arena	1.0	800	209280	179383	156960	125568
17.00	Arena	1.0	800	222360	190594	166770	133416
18.00	Arena	1.0	800	235440	201806	176580	141264
19.00	Arena	1.0	800	248520	213017	186390	149112
20.00	Arena	1.0	800	261600	224229	196200	156960
21.00	Arena	1.0	800	274680	235440	206010	164808
22.00	Arena	1.0	800	287760	246651	215820	172656
23.00	Arena	1.0	800	300840	257863	225630	180504
24.00	Arena	1.0	800	313920	269074	235440	188352
25.00	Arena	1.0	800	327000	280286	245250	196200
26.00	Arena	1.0	800	340080	291497	255060	204048

www.geomastic.com
carlos@geomastic.com

SPT - Resultados de Campo

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)			golpes/pie			N_{CAMPO}
		Inicial	Final	Media	1	2	3	
1	1	0.00	1.00	0.50	4	8	8	16
1	2	1.00	2.00	1.50	2	3	4	7
1	3	2.00	3.00	2.50	2	2	1	3
1	4	3.00	4.00	3.50	2	1	1	2
1	5	4.00	5.00	4.50	20	17	13	30
1	6	5.00	6.00	5.50	10	12	8	20
1	7	6.00	7.00	6.50	1	0	1	1
1	8	7.00	8.00	7.50	10	8	6	14
1	9	8.00	9.00	8.50	7	9	12	21
1	10	9.00	10.00	9.50	13	10	11	21
1	11	10.00	11.00	10.50	15	13	10	23
1	12	11.00	12.00	11.50	8	8	12	20
1	13	12.00	13.00	12.50	9	8	12	20
1	14	13.00	14.00	13.50	7	10	8	18
1	15	14.00	15.00	14.50	8	9	8	17
1	16	15.00	16.00	15.50	14	14	20	34
1	17	16.00	17.00	16.50	34	25	33	>=50
1	19	18.50	19.50	19.00	17	16	20	36
1	20	19.50	20.50	20.00	19	14	23	37
1	21	20.50	21.50	21.00	15	18	23	41
1	22	21.50	22.50	22.00	17	22	35	>=50
1	23	22.50	23.50	23.00	23	41	52	>=50
1	24	23.50	25.00	24.25	19	26	28	>=50
2	2	0.80	2.00	1.40	7	7	8	15
2	3	2.00	3.00	2.50	10	12	10	22
2	4	3.00	4.00	3.50	8	8	9	17
2	5	4.00	5.00	4.50	3	3	2	5
2	6	5.00	6.00	5.50	8	7	10	17
2	7	6.00	7.00	6.50	10	8	11	19
2	8	7.00	8.00	7.50	12	10	13	23
2	10	9.00	10.00	9.50	8	10	12	22
2	11	10.00	11.00	10.50	10	8	13	21
2	12	11.00	12.00	11.50	8	14	13	27
2	13	12.00	13.00	12.50	12	16	12	28
2	14	13.00	14.00	13.50	10	18	23	41
2	15	14.00	15.00	14.50	11	12	15	27
2	16	15.00	16.00	15.50	17	30	42	>=50
2	17	16.00	17.00	16.50	18	33	45	>=50
2	18	17.00	18.00	17.50	25	28	35	>=50
2	19	18.00	19.00	18.50	15	18	25	43
2	20	19.00	20.00	19.50	16	20	24	44
2	21	20.00	21.00	20.50	17	27	36	>=50
2	22	21.00	22.00	21.50	16	24	38	>=50
2	23	22.00	23.00	22.50	25	5		5
2	24	23.00	24.00	23.50	20	39	59	>=50
2	25	24.00	25.00	24.50	16	22	20	42
2	26	25.00	26.00	25.50	15	20	20	40
2	27	26.00	27.00	26.50	18	24	21	45
2	28	27.00	28.00	27.50	22	15	17	32
2	29	28.00	29.00	28.50	19	26	23	49
2	30	29.00	30.00	29.50	20	27	30	>=50

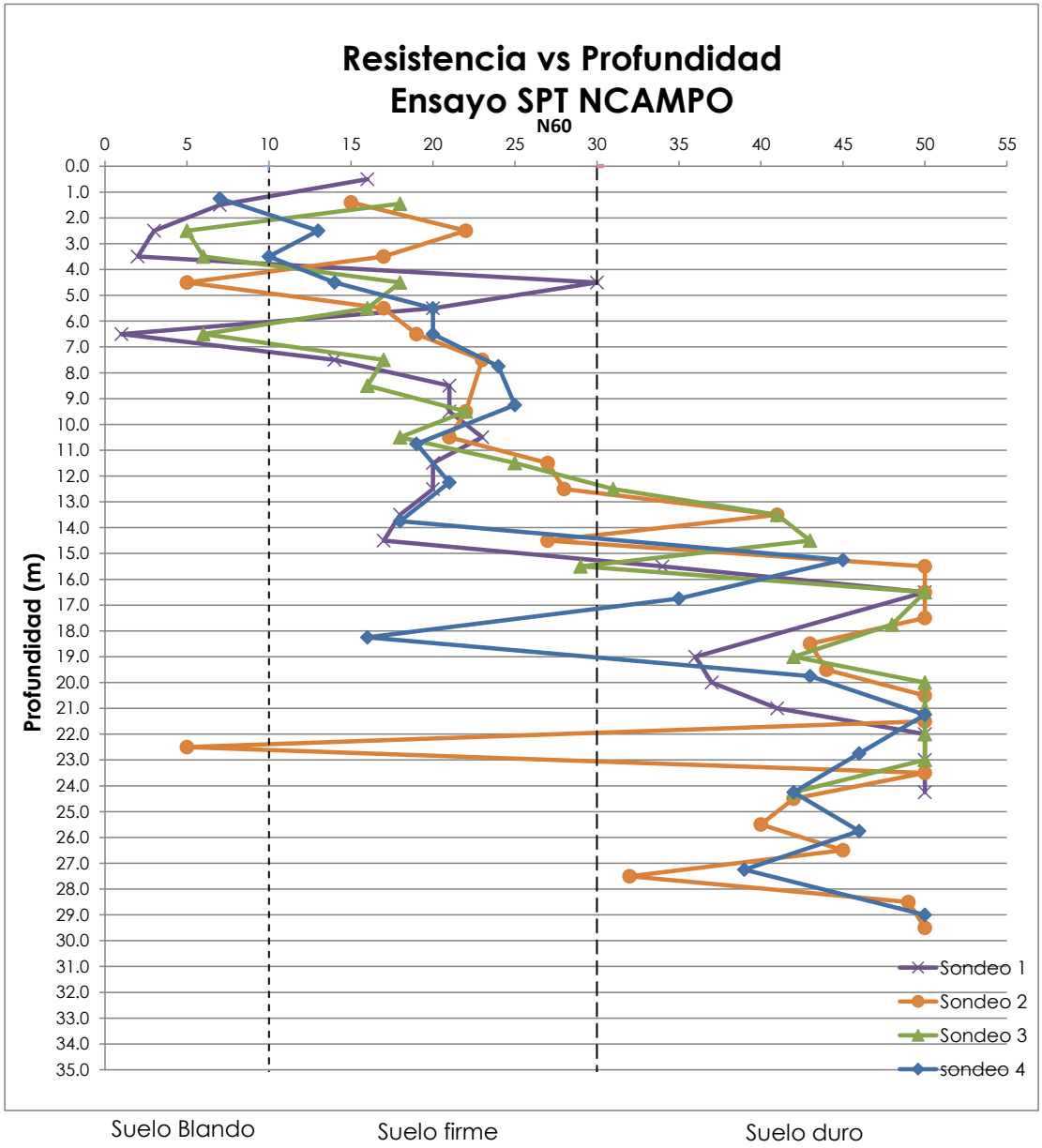
SPT - Resultados de Campo

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

3	2	0.90	2.00	1.45	7	10	8	18
3	3	2.00	3.00	2.50	3	2	3	5
3	4	3.00	4.00	3.50	5	3	3	6
3	5	4.00	5.00	4.50	8	8	10	18
3	6	5.00	6.00	5.50	9	10	6	16
3	7	6.00	7.00	6.50	7	3	3	6
3	8	7.00	8.00	7.50	5	8	9	17
3	9	8.00	9.00	8.50	13	12	4	16
3	10	9.00	10.00	9.50	11	10	12	22
3	11	10.00	11.00	10.50	10	10	8	18
3	12	11.00	12.00	11.50	16	13	12	25
3	13	12.00	13.00	12.50	15	17	14	31
3	14	13.00	14.00	13.50	12	19	22	41
3	15	14.00	15.00	14.50	18	18	25	43
3	16	15.00	16.00	15.50	10	15	14	29
3	17	16.00	17.00	16.50	16	24	27	>=50
3	18	17.00	18.50	17.75	20	25	23	48
3	19	18.50	19.50	19.00	19	22	20	42
3	20	19.50	20.50	20.00	21	28	30	>=50
3	21	20.50	21.50	21.00	18	22	29	>=50
3	22	21.50	22.50	22.00	17	23	30	>=50
3	23	22.50	23.50	23.00	19	25	28	>=50
3	24	23.50	25.00	24.25	15	21	21	42
4	2	0.50	2.00	1.25	3	4	3	7
4	3	2.00	3.00	2.50	7	8	5	13
4	4	3.00	4.00	3.50	8	5	5	10
4	5	4.00	5.00	4.50	9	6	8	14
4	6	5.00	6.00	5.50	8	10	10	20
4	7	6.00	7.00	6.50	12	12	8	20
4	8	7.00	8.50	7.75	14	12	12	24
4	9	8.50	10.00	9.25	10	13	12	25
4	10	10.00	11.50	10.75	12	9	10	19
4	11	11.50	13.00	12.25	9	8	13	21
4	12	13.00	14.50	13.75	10	10	8	18
4	13	14.50	16.00	15.25	15	19	26	45
4	14	16.00	17.50	16.75	10	14	21	35
4	15	17.50	19.00	18.25	8	8	8	16
4	16	19.00	20.50	19.75	15	20	23	43
4	17	20.50	22.00	21.25	17	24	29	>=50
4	18	22.00	23.50	22.75	25	19	27	46
4	19	23.50	25.00	24.25	13	19	23	42
4	20	25.00	26.50	25.75	16	22	24	46
4	21	26.50	28.00	27.25	19	20	19	39
4	22	28.00	30.00	29.00	19	24	29	>=50

SPT - Resultados de Campo

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca



STP - Correción y Normalización

GM Geomastic

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

Sondeo	Muestra	Material	γ	Profundidad (m)			NF	golpes/pie			N_{45}	σ_v	σ_v'	Rs	C_N								C_N (prom)	η_1		η_2	η_3	η_4	Ncorr		$\varphi_{equivalente}$ Ecuaciones para Colombia (energía=45%)						σ_v' (Ton/m²)	τ (Ton/m²)
			(Ton/m3)	Inicial	Final	media		1	2	3		(Ton/m²)	(Ton/m²)		Schmertmann	González	Seed-Idriss	Seed	Peck	Meyerhoff-Ishihara	Liao-Whitman	Skemp-ton		USA	Japón				USA	Japón	Kishida	Peck	JRB	Shiou & Fukui	JNR	Prom		
1	1	cl	1.70	0.00	1.00	0.50	0.0	4	8	8	16	0.85	0.35	0.04	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.932	1.992	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	17	14	28.23	32.75	26.46	32.04	29.63	30	0.35	0.20
1	2	SW	1.90	1.00	2.00	1.50	0.0	2	3	4	7	2.75	1.25	0.13	2.000	1.903	2.000	2.000	1.694	2.000	2.000	1.778	1.922	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	7	6	23.66	30.25	22.50	29.16	28.13	27	1.25	0.63
1	3	SM	2.00	2.00	3.00	2.50	0.0	2	2	1	3	4.75	2.25	0.23	2.000	1.648	1.913	1.810	1.498	1.838	2.000	1.633	1.792	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	3	2	20.00	29.25	19.33	27.72	27.38	25	2.25	1.04
1	4	SM	2.00	3.00	4.00	3.50	0.0	2	1	1	2	6.75	3.25	0.33	1.935	1.488	1.688	1.610	1.375	1.659	1.754	1.509	1.627	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	1	1	18.54	28.75	18.06	27.36	27.19	24	3.25	1.45
1	5	sw	1.90	4.00	5.00	4.50	0.0	20	17	13	30	8.65	4.15	0.42	1.745	1.382	1.539	1.477	1.294	1.525	1.552	1.413	1.491	0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	28	23	31.96	35.50	29.68	35.28	31.31	33	4.15	2.67
1	6	sw	1.90	5.00	6.00	5.50	0.0	10	12	8	20	10.55	5.05	0.51	1.589	1.297	1.418	1.371	1.228	1.411	1.407	1.329	1.381	0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	17	14	28.23	32.75	26.46	32.04	29.63	30	5.05	2.89
1	7	sw	1.90	6.00	7.00	6.50	0.0	1	0	1	1	12.45	5.95	0.60	1.459	1.225	1.318	1.282	1.173	1.313	1.296	1.254	1.290	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	0	0	15.00	28.50	15.00	27.00	27.00	23	5.95	2.46
1	8	sw	1.90	7.00	8.00	7.50	0.0	10	8	6	14	14.35	6.85	0.69	1.348	1.164	1.232	1.205	1.126	1.227	1.208	1.187	1.212	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	12	10	26.18	31.50	24.68	30.60	28.88	28	6.85	3.70
1	9	sw	1.90	8.00	9.00	8.50	0.0	7	9	12	21	16.25	7.75	0.78	1.253	1.111	1.156	1.138	1.085	1.153	1.136	1.127	1.145	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	17	14	28.23	32.75	26.46	32.04	29.63	30	7.75	4.44
1	10	sw	1.90	9.00	10.00	9.50	0.0	13	10	11	21	18.15	8.65	0.87	1.171	1.063	1.089	1.079	1.048	1.086	1.075	1.072	1.085	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	16	13	27.75	32.50	26.04	31.68	29.44	29	8.65	4.89
1	11	sw	1.90	10.00	11.00	10.50	0.0	15	13	10	23	20.05	9.55	0.96	1.098	1.020	1.028	1.025	1.015	1.027	1.023	1.023	1.033	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	17	14	28.23	32.75	26.46	32.04	29.63	30	9.55	5.47
1	12	sw	1.90	11.00	12.00	11.50	0.0	8	8	12	20	21.95	10.45	1.05	1.035	0.981	0.982	0.976	0.985	0.974	0.978	0.978	0.986	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	14	12	27.25	32.00	25.61	31.32	29.25	29	10.45	5.81
1	13	sw	1.90	12.00	13.00	12.50	0.0	9	8	12	20	23.85	11.35	1.14	0.978	0.945	0.949	0.931	0.958	0.926	0.939	0.937	0.945	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	14	11	26.73	32.00	25.16	30.96	29.06	29	11.35	6.23
1	14	SP	1.90	13.00	14.00	13.50	0.0	7	10	8	18	25.75	12.25	1.23	0.927	0.912	0.919	0.890	0.932	0.883	0.904	0.899	0.908	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	12	10	26.18	31.50	24.68	30.60	28.88	28	12.25	6.61
1	15	SP	1.90	14.00	15.00	14.50	0.0	8	9	8	17	27.65	13.15	1.32	0.881	0.881	0.891	0.851	0.909	0.844	0.872	0.864	0.874	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	11	9	25.61	31.25	24.19	30.24	28.69	28	13.15	6.99
1	16	SP	1.90	15.00	16.00	15.50	0.0	14	14	20	34	29.55	14.05	1.41	0.839	0.852	0.864	0.815	0.886	0.808	0.844	0.832	0.843	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	21	17	29.58	33.75	27.62	33.12	30.19	31	14.05	8.39
1	17	SP	1.90	16.00	17.00	16.50	0.0	34	25	33	50	31.45	14.95	1.50	0.802	0.825	0.839	0.782	0.866	0.774	0.818	0.802	0.813	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	30	25	32.68	36.00	30.31	36.00	31.69	33	14.95	9.83
1	19	SP	1.90	18.50	19.50	19.00	0.0	17	16	20	36	36.20	17.20	1.72	0.720	0.764	0.783	0.706	0.819	0.702	0.762	0.735	0.749	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	20	16	29.14	33.50	27.25	32.76	30.00	31	17.20	10.14
1	20	SP	1.90	19.50	20.50	20.00	0.0	19	14	23	37	38.10	18.10	1.81	0.692	0.742	0.763	0.678	0.802	0.677	0.743	0.712	0.726	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	20	16	29.14	33.50	27.25	32.76	30.00	31	18.10	10.67
1	21	SP	1.90	20.50	21.50	21.00	0.0	15	18	23	41	40.00	19.00	1.90	0.666	0.721	0.744	0.652	0.786	0.654	0.725	0.690	0.705	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	21	18	30.00	33.75	27.99	33.48	30.38	31	19.00	11.47
1	22	SP	1.90	21.50	22.50	22.00	0.0	17	22	35	50	41.90	19.90	1.99	0.642	0.701	0.725	0.626	0.770	0.632	0.709	0.669	0.684	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	25	21	31.20	34.75	29.03	34.56	30.94	32	19.90	12.48
1	23	SP	1.90	22.50	23.50	23.00	0.0	23	41	52	50	43.80	20.80	2.08	0.620	0.682	0.707	0.602	0.756	0.612	0.693	0.649	0.665	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	24	20	30.81	34.50	28.69	34.20	30.75	32	20.80	12.89
1	24	SP	1.90	23.50	25.00	24.25	0.0	19	26	28	50	46.18	21.93	2.19	0.594	0.659	0.686	0.574	0.738	0.588	0.675	0.626	0.643	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	24	20	30.81	34.50	28.69	34.20	30.75	32	21.93	13.59
2	2	sw	1.90	0.80	2.00	1.40	0.0	7	7	8	15	2.66	1.26	0.13	2.000	1.900	2.000	2.000	1.691	2.000	2.000	1.776	1.921	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	16	13	27.75	32.50	26.04	31.68	29.44	29	1.26	0.71
2	3	SM	2.00	2.00	3.00	2.50	0.0	10	12	10	22	4.86	2.36	0.24	2.000	1.627	1.884	1.784	1.482	1.816	2.000	1.618	1.776	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	21	18	30.00	33.75	27.99	33.48	30.38	31	2.36	1.42
2	4	SM	2.00	3.00	4.00	3.50	0.0	8	8	9	17	6.86	3.36	0.34	1.909	1.474	1.668	1.592	1.364	1.641	1.725	1.497	1.609	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	15	12	27.25	32.25	25.61	31.32	29.25	29	3.36	1.87
2	5	sw	1.90	4.00	5.00	4.50	0.0	3	3	2	5	8.76	4.26	0.43	1.724	1.371	1.523	1.463	1.285	1.510	1.532	1.403	1.476	0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	4	3	21.12	29.50	20.30	28.08	27.56	25	4.26	2.01
2	6	sw	1.90	5.00	6.00	5.50	0.0	8	7	10	17	10.66	5.16	0.52	1.572	1.287	1.405	1.359	1.221	1.398	1.392	1.319	1.369	0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	14	12	27.25	32.00	25.61	31.32	29.25	29	5.16	2.87
2	7	sw	1.90	6.00	7.00	6.50	0.0	10	8	11	19	12.56	6.06	0.61	1.444	1.218	1.307	1.272	1.167	1.302	1.285	1.245	1.280	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	17	14	28.23	32.75	26.46	32.04	29.63	30	6.06	3.47
2	8	sw	1.90	7.00	8.00	7.50	0.0	12	10	13	23	14.46	6.96	0.70	1.336	1.157	1.222	1.197	1.121	1.218	1.199	1.179	1.204	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	19	16	29.14	33.25	27.25	32.76	30.00	30	6.96	4.10
2	10	sw	1.90	9.00	10.00	9.50	0.0	8	10	12	22	18.26	8.76	0.88	1.161	1.057	1.081	1.072	1.044	1.079	1.068	1.066	1.079	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	16	14	28.23	32.50	26.46	32.04	29.63	30	8.76	5.01
2	11	sw	1.90	10.00	11.00	10.50	0.0	10	8	13	21	20.16	9.66	0.97	1.090	1.015	1.021	1.019	1.012	1.020	1.017	1.017	1.026	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	16	13	27.75	32.50	26.04	31.68	29.44	29	9.66	5.46
2	12	sw	1.90	11.00	12.00	11.50	0.0	8	14	13	27	22.06	10.56	1.06	1.027	0.976	0.978	0.970	0.982	0.968	0.973	0.973	0.981	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	19	16	29.14	33.25	27.25	32.76	30.00	30	10.56	6.22
2	13	sw	1.90	12.00	13.00	12.50	0.0	12	16	12	28	23.96	11.46	1.15	0.971	0.941	0.946	0.926	0.955	0.921	0.934	0.932	0.941	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	19	16	29.14	33.25	27.25	32.76	30.00	30	11.46	6.75
2	14	SP	1.90	13.00	14.00	13.50	0.0	10	18	23	41	25.86	12.36	1.24	0.921	0.908	0.915	0.885	0.929	0.878	0.899	0.894	0.904	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	27	23	31.96	35.25	29.68	35.28	31.31	33	12.36	7.93
2	15	SP	1.90	14.00	15.00	14.50	0.0	11	12	15	27	27.76	13.26	1.33	0.876	0.877	0.887	0.847	0.906	0.839	0.868	0.860	0.870	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	17	14	28.23	32.75	26.46	32.04	29.63	30	13.26	7.60
2	16	SP	1.90	15.00	16.00	15.50	0.0	17	30	42	50	29.66	14.16	1.42	0.835	0.849	0.861	0.811	0.884	0.803	0.840	0.828	0.839	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	31	26	33.03	36.25	30.61	36.36	31.88	34	14.16	9.42
2	17	SP	1.90	16.00	17.00	16.50	0.0	18	33	45	50	31.56	15.06	1.51	0.797	0.822	0.836	0.778	0.863	0.771	0.815	0.798	0.810	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	30	25	32.68	36.00	30.31	36.00	31.69	33	15.06	9.91
2	18	SP	1.90	17.00	18.00	17.50	0.0	25	28	35	50	33.46	15.96	1.60	0.763	0.797	0.813	0.746	0.844	0.740	0.792	0.770	0.783	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	29	24	32.32	35.75	30.00	35.64	31.50	33	15.96	10.38
2	19	SP	1.90	18.00	19.00	18.50	0.0	15	18	25	43	35.36	16.86	1.69	0.732	0.773	0.791	0.716	0.826	0.712	0.770	0.745	0.758	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	24	20	30.81	34.50	28.69	34.20	30.75	32	16.86	10.45
2	20	SP	1.90	19.00	20.00	19.50	0.0	16	20	24	44	37.26	17.76	1.78	0.703	0.751	0.771	0.688	0.808	0.687	0.750	0.720	0.735	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	24	20	30.81	34.50	28.69	34.20	30.75	32	17.76	11.01
2	21	SP	1.90	20.00	21.00	20.50	0.0	17	27	36	50	39.16	18.66	1.87	0.676	0.729	0.751	0.661	0.792	0.663	0.732	0.698	0.713	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	26	22	31.58	35.00	29.36	34.92	31.13	32	18.66	11.84
2	22	SP	1.90	21.00	22.00	21.50	0.0	16	24	38	50	41.06	19.56	1.96	0.651	0.709	0.732	0.636	0.776	0.640	0.715	0.677	0.692	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	25	21	31.20	34.75	29.03	34.56	30.94	32	19.56	12.27
2	23	SP	1.90	22.00	23.00	22.50	0.0	25	5		5	42.96	20.46	2.05	0.628	0.689	0.714	0.611	0.761	0.619	0.699	0.657	0.672	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	2	2	20.00	29.00	19.33	27.72	27.38	25	20.46	9.40
2	24	SP	1.90	23.00	24.00	23.50	0.0	20	39	59	50	44.86	21.36	2.14	0.607	0.670	0.697	0.588	0.747	0.599	0.684	0.638	0.654	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	24	20	30.81	34.50	28.69	34.20	30.75	32	21.36	13.24
2	25	SP	1.90	24.00	25.00	24.50	0.0	16	22	20	42	46.76	22.26	2.23	0.587	0.652	0.680	0.566	0.733	0.581	0.670	0.620	0.636	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	20	16	29.14	33.50	27.25	32.76	30.00	31	22.26	13.13
2	26	SP	1.90	25.00	26.00	25.50	0.0	15	20	20	40	48.66	23.16	2.32	0.568	0.635	0.664	0.544	0.720	0.564	0.657	0.603	0.619	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	18	15	28.69	33.00	26.86	32.40	29.81	30	23.16	13.45
2	27	SP	1.90	26.00	27.00	26.50	0.0	18	24	21	45	50.56	24.06	2.41	0.550	0.619	0.649	0.523	0.707	0.547	0.645	0.587	0.603	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	20	16	29.14	33.50	27.25	32.76	30.00	31	24.06	14.19
2	28	SP	1.90	27.00	28.00	27.50	0.0	22	15	17	32	52.46	24.96	2.50	0.534	0.603	0.635	0.503	0.695	0.532	0.633	0.572	0.588	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	14	11	26.73	32.00	25.16	30.96	29.06	29	24.96	13.71
2	29	SP	1.90	28.00	29.00	28.50	0.0	19	26	23	49	54.36	25.86	2.59	0.518	0.587	0.620	0.484	0.683	0.517	0.622	0.558	0.574	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	21	17	29.58	33.75	27.62	33.12	30.19	31	25.86	15.45
2	30	SP	1.90	29.00	30.00	29.50	0.0	20	27	30	50	56.26	26.76	2.68	0.504	0.573	0.607	0.466	0.671	0.504	0.611	0.544	0.560	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	20	17	29.58	33.50	27.62	33.12	30.19	31	26.76	15.95
3	2	sw	1.90	0.90	2.00	1.45	0.0	7	10	8	18	2.96	1.51	0.15	2.000	1.820	2.000	2.000	1.630	1.996	2.000	1.737	1.898	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	19	16	29.14	33.25	27.25	32.76	30.00	30	1.51	0.89
3	3	SM	2.00	2.00	3.00	2.50	0.0	3	2	3	5	5.06	2.56	0.26	2.000	1.591	1.833	1.739	1.454	1.777	1.974	1.592	1.745	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	4	4	22.07	29.50	21.12	28.44	27.75	26	2.56	1.24
3	4	SM	2.00	3.00	4.00	3.50	0.0	5	3	3	6	7.06	3.56	0.36	1.864	1.448	1.632	1.560	1.344	1.609	1.675	1.474	1.576	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	5	4	22.07	29.75	21.12	28.44	27.75	26	3.56	1.73
3	5	sw	1.90	4.00	5.00	4.50	0.0	8	8	10	18	8.96	4.46	0.45	1.687	1.350	1.494	1.438	1.269	1.483	1.497	1.383	1.450	0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	16	13	27.75	32.50	26.04	31.68	29.44	29	4.46	2.52
3	6	sw	1.90	5.00	6.00	5.50	0.0	9	10	6	16	10.87	5.36	0.54	1.541	1.270	1.381	1.338	1.208	1.375	1.365	1.302	1.348	0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	13	11	26.73	31.75	25.16	30.96	29.06	29	5.36	2.94
3	7	sw	1.90	6.00	7.00	6.50	0.0	7	3	3	6	12.77	6.26	0.63	1.418	1.203	1.286	1.254	1.156	1.282	1.263	1.230	1.262	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	5	4	22.07	29.75	21.12	28.44	27.75	26	6.26	3.03
3	8	sw	1.90	7.00	8.00	7.50	0.0	5	8	9	17	14.67	7.16	0.72	1.313	1.145	1.204	1.181	1.111	1.200	1.181	1.165	1.188	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	14	11	26.73	32.00	25.16	30.96	29.06	29	7.16	3.94
3	9	sw	1.90	8.00	9.00	8.50	0.0	13	12	4	16	16.57	8.06	0.81	1.223	1.093	1.132	1.117	1.072	1.128	1.114	1.107	1.123	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	12	10	26.18	31.50	24.68	30.60	28.88	28	8.06	4.35
3	10	sw	1.90	9.00	10.00	9.50	0.0	11	10	12	22	18.47	8.96	0.90	1.144	1.047	1.067	1.059	1.036	1.065	1.056	1.055	1.066	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	16	13	27.75	32.50	26.04	31.68	29.44	29	8.96	5.07
3	11	sw	1.90	10.00	11.00	10.50	0.0	10	10	8	18	20.37	9.86	0.99	1.075	1.006	1.008	1.007	1.005	1.008	1.007	1.007	1.015	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	13	11	26.73	31.75	25.16	30.96	29.06	29	9.86	5.41
3	12	sw	1.90	11.00	12.00	11.50	0.0	16	13	12	25	22.27	10.77	1.08	1.014	0.968	0.971	0.960	0.975	0.957	0.964	0.963	0.971	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	18	15	28.69	33.00	26.86	32.40	29.81	30	10.77	6.25
3	13	sw	1.90	12.00	13.00	12.50	0.0	15	17	14	31	24.17	11.67	1.17	0.959	0.933	0.938	0.916	0.949	0.911	0.926	0.923	0.932	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	21	18	30.00	33.75	27.99	33.48	30.38	31	11.67	7.04
3	14	sw	1.90	13.00	14.00	13.50	0.0	12	19	22	41	26.07	12.57	1.26	0.910	0.901	0.909	0.876	0.924	0.869	0.892	0.886	0.896	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	27	22	31.58	35.25	29.36	34.92	31.13	32	12.57	7.99
3	15	sw	1.90	14.00	15.00	14.50	0.0	18	18	25	43	27.97	13.47	1.35	0.866	0.871	0.881	0.838	0.901	0.831	0.862	0.852	0.863	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	27	23	31.96	35.25	29.68	35.28	31.31	33	13.47	8.64
3	16	SP	1.90	15.00	16.00	15.50	0.0	10	15	14	29	29.87	14.37	1.44	0.826	0.843	0.855	0.803	0.879	0.796	0.834	0.821	0.832	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	18	15	28.69	33.00	26.86	32.40	29.81	30	14.37	8.34
3	17	SP	1.90	16.00	17.00	16.50	0.0	16	24	27	50	31.77	15.27	1.53	0.789	0.816	0.831	0.770	0.859	0.764	0.809	0.792	0.804	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	30	25	32.68	36.00	30.31	36.00	31.69	33	15.27	10.04
3	18	SP	1.90	17.00	18.50	17.75	0.0	20	25	23	48	34.14	16.39	1.64	0.748	0.785	0.803	0.732	0.835	0.727	0.781	0.758	0.771	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	27	23	31.96	35.25	29.68	35.28	31.31	33	16.39	10.52
3	19	SP	1.90	18.50	19.50	19.00	0.0	19	22	20	42	36.52	17.52	1.75	0.710	0.757	0.776	0.696	0.813	0.693	0.756	0.727	0.741	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	23	19	30.41	34.25	28.35	33.84	30.56	31	17.52	10.73
3	20	SP	1.90	19.50	20.50	20.00	0.0	21	28	30	50	38.42	18.42	1.84	0.683	0.735	0.756	0.669	0.796	0.669	0.737	0.704	0.719	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	26	22	31.58	35.00	29.36	34.92	31.13	32	18.42	11.69
3	21	SP	1.90	20.50	21.50	21.00	0.0	18	22	29	50	40.32	19.32	1.93	0.658	0.714	0.737	0.643	0.780	0.646	0.720	0.682	0.697	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	26	21	31.20	35.00	29.03	34.56	30.94	32	19.32	12.14
3	22	SP	1.90	21.50	22.50	22.00	0.0	17	23	30	50	42.22	20.22	2.02	0.634	0.694	0.719	0.618	0.765	0.625	0.703	0.662	0.678	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	25	21	31.20	34.75	29.03	34.56	30.94	32	20.22	12.68
3	23	SP	1.90	22.50	23.50	23.00	0.0	19	25	28	50	44.12	21.12	2.11	0.612	0.675	0.701	0.594	0.751	0.605	0.688	0.643	0.659	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	24	20	30.81	34.50	28.69	34.20	30.75	32	21.12	13.09
3	24	SP	1.90	23.50	25.00	24.25	0.0	15	21	21	42	46.49	22.24	2.22	0.587	0.653	0.681	0.566	0.733	0.581	0.671	0.620	0.637	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	20	16	29.14	33.50	27.25	32.76	30.00	31	22.24	13.12
4	2	sw	1.90	0.50	2.00	1.25	0.0	3	4	3	7	2.38	1.13	0.11	2.000	1.949	2.000	2.000	1.729	2.000	2.000	1.798	1.934	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	7	6	23.66	30.25	22.50	29.16	28.13	27	1.13	0.57
4	3	SM	2.00	2.00	3.00	2.50	0.0	7	8	5	13	4.88	2.38	0.24	2.000	1.624	1.880	1.780	1.480	1.813	2.000	1.616	1.774	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	12	10	26.18	31.50	24.68	30.60	28.88	28	2.38	1.28
4	4	SM	2.00	3.00	4.00	3.50	0.0	8	5	5	10	6.88	3.38	0.34	1.906	1.472	1.665	1.590	1.363	1.639	1.721	1.495	1.606	0.75	0.63	0.75	1.00	1.00	9	7	24.35	30.75	23.10	29.52	28.31	27	3.38	1.74
4	5	SW	1.90	4.00	5.00	4.50	0.0	9	6	8	14	8.78	4.28	0.43	1.722	1.369	1.520	1.461	1.284	1.508	1.529	1.401	1.474	0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	13	10	26.18	31.75	24.68	30.60	28.88	28	4.28	2.31
4	6	SW	1.90	5.00	6.00	5.50	0.0	8	10	10	20	10.68	5.18	0.52	1.570	1.286	1.403	1.358	1.220	1.396	1.390	1.318	1.368	0.75	0.63	0.85	1.00	1.00	17	14	28.23	32.75	26.46	32.04	29.63	30	5.18	2.97
4	7	SW	1.90	6.00	7.00	6.50	0.0	12	12	8	20	12.58	6.08	0.61	1.442	1.216	1.305	1.271	1.166	1.300	1.283	1.244	1.279	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	18	15	28.69	33.00	26.86	32.40	29.81	30	6.08	3.53
4	8	SW	1.90	7.00	8.50	7.75	0.0	14	12	12	24	14.95	7.20	0.72	1.310	1.143	1.201	1.178	1.110	1.197	1.179	1.163	1.185	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	20	16	29.14	33.50	27.25	32.76	30.00	31	7.20	4.25

4	9	SW	1.90	8.50	10.00	9.25	0.0	10	13	12	25	17.80	8.55	0.86	1.179	1.068	1.096	1.085	1.052	1.093	1.081	1.078	1.092	0.75	0.63	0.95	1.00	1.00	19	16	29.14	33.25	27.25	32.76	30.00	30	8.55	5.03
4	10	SW	1.90	10.00	11.50	10.75	0.0	12	9	10	19	20.65	9.90	0.99	1.073	1.004	1.006	1.005	1.003	1.006	1.005	1.005	1.014	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	14	12	27.25	32.00	25.61	31.32	29.25	29	9.90	5.51
4	11	SW	1.90	11.50	13.00	12.25	0.0	9	8	13	21	23.50	11.25	1.13	0.984	0.949	0.953	0.936	0.961	0.932	0.943	0.941	0.950	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	14	12	27.25	32.00	25.61	31.32	29.25	29	11.25	6.26
4	12	sp	1.90	13.00	14.50	13.75	0.0	10	10	8	18	26.35	12.60	1.26	0.908	0.900	0.908	0.875	0.923	0.867	0.891	0.885	0.895	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	12	10	26.18	31.50	24.68	30.60	28.88	28	12.60	6.80
4	13	sp	1.90	14.50	16.00	15.25	0.0	15	19	26	45	29.20	13.95	1.40	0.844	0.855	0.867	0.819	0.889	0.811	0.847	0.835	0.846	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	28	23	31.96	35.50	29.68	35.28	31.31	33	13.95	8.97
4	14	sp	1.90	16.00	17.50	16.75	0.0	10	14	21	35	32.05	15.30	1.53	0.788	0.815	0.830	0.769	0.858	0.762	0.808	0.791	0.803	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	21	17	29.58	33.75	27.62	33.12	30.19	31	15.30	9.14
4	15	sp	1.90	17.50	19.00	18.25	0.0	8	8	8	16	34.90	16.65	1.67	0.739	0.779	0.796	0.723	0.830	0.719	0.775	0.750	0.764	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	9	7	24.35	30.75	23.10	29.52	28.31	27	16.65	8.56
4	16	sp	1.90	19.00	20.50	19.75	0.0	15	20	23	43	37.75	18.00	1.80	0.695	0.745	0.765	0.681	0.804	0.680	0.745	0.714	0.729	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	23	19	30.41	34.25	28.35	33.84	30.56	31	18.00	11.02
4	17	sp	1.90	20.50	22.00	21.25	0.0	17	24	29	50	40.60	19.35	1.94	0.657	0.713	0.736	0.642	0.780	0.645	0.719	0.681	0.697	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	26	21	31.20	35.00	29.03	34.56	30.94	32	19.35	12.16
4	18	sp	1.90	22.00	23.50	22.75	0.0	25	19	27	46	43.45	20.70	2.07	0.622	0.684	0.709	0.605	0.757	0.614	0.695	0.651	0.667	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	23	19	30.41	34.25	28.35	33.84	30.56	31	20.70	12.68
4	19	sp	1.90	23.50	25.00	24.25	0.0	13	19	23	42	46.30	22.05	2.21	0.591	0.657	0.684	0.571	0.736	0.585	0.673	0.624	0.640	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	20	16	29.14	33.50	27.25	32.76	30.00	31	22.05	13.00
4	20	sp	1.90	25.00	26.50	25.75	0.0	16	22	24	46	49.15	23.40	2.34	0.563	0.631	0.660	0.538	0.716	0.559	0.654	0.599	0.615	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	21	17	29.58	33.75	27.62	33.12	30.19	31	23.40	13.98
4	21	sp	1.90	26.50	28.00	27.25	0.0	19	20	19	39	52.00	24.75	2.48	0.538	0.606	0.638	0.508	0.697	0.535	0.636	0.576	0.592	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	17	14	28.23	32.75	26.46	32.04	29.63	30	24.75	14.19
4	22	sp	1.90	28.00	30.00	29.00	0.0	19	24	29	50	55.33	26.33	2.63	0.511	0.580	0.613	0.475	0.677	0.510	0.616	0.551	0.567	0.75	0.63	1.00	1.00	1.00	21	17	29.58	33.75	27.62	33.12	30.19	31	26.33	15.73

NF	Nivel freático
σ_v	Esfuerzo vertical total
σ_v'	Esfuerzo vertical efectivo
Rs	Parámetro utilizado para el C_N, $Rs = s_v'/p_a$
C_N	Factor de corrección por confinamiento efectivo
h_1	Factor de corrección por energía del martillo: La enería de USA es el 60% y la de Japón el 72%
h_2	Factor de corrección por longitud de la varilla
h_3	Factor de corrección por revestimiento interno de tomamuestras
h_4	Factor de corrección por diámetro de la perforación
Ncorr	Número de golpes corregido
Φ	Ángulo de fricción interna
σ_v'	Esfuerzo vertical efectivo
τ	Esfuerzo Cortante

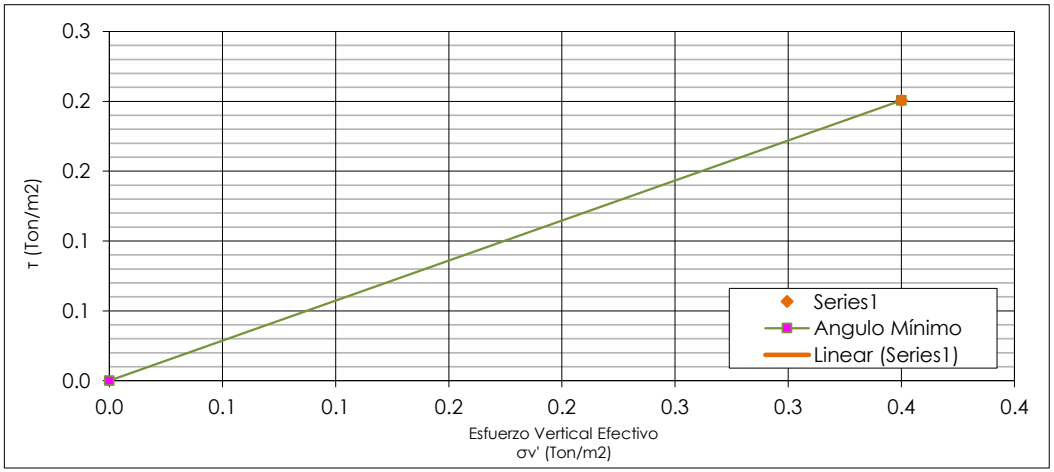
Material	γ (Ton/m3)
SW	1.90
SM	2.00
SP	1.90
CL	1.70

SPT - Correlación Resistencia al Corte

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

Material: **SW**

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	φ (°) Promedio	σ_v' (Ton/m²)	τ (Ton/m²)
1	1	0.5	29.8	0.4	0.2



φ´ (°) - SPT	
Mínimo	29.8
Promedio	29.8
Máximo	29.8

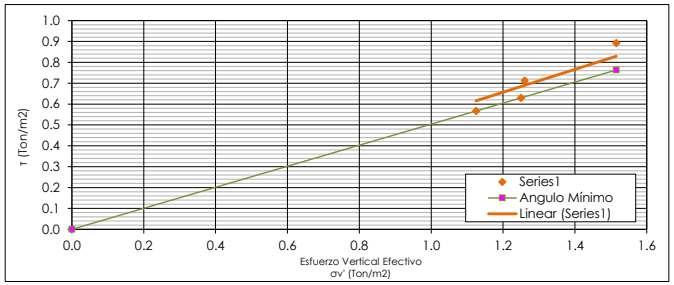
Parámetros Calculados	
c´ promedio (t/m²)	0.20
φ´ promedio (°)	0.0
φ´ mínimo (°)	29.8

SPT - Correlación Resistencia al Corte

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

Material: **SM**

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	φ (°) Promedio	σ_v' (Ton/m²)	τ (Ton/m²)
1	2	1.50	26.7	1.3	0.6
2	2	1.40	29.5	1.3	0.7
3	2	1.45	30.5	1.5	0.9
4	2	1.25	26.7	1.1	0.6



φ´ (°) - SPT	
Mínimo	26.7
Promedio	28.4
Máximo	30.5

Parámetros Calculados	
c´ promedio (t/m²)	NA
φ´ promedio (°)	28.7
φ´ mínimo (°)	26.7

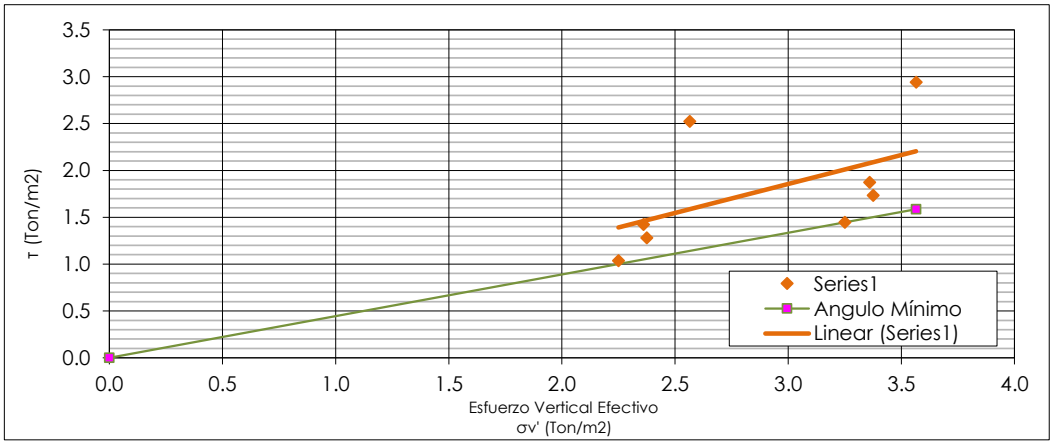
Máximo Esf. Vertical	0	1.51
Esf. Máximo	0	0.76

SPT - Correlación Resistencia al Corte

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

Material: **SM**

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	φ (°) Promedio	σ_v' (Ton/m²)	τ (Ton/m²)
1	3	2.50	24.7	2.3	1.0
1	4	3.50	24.0	3.3	1.4
2	3	2.50	31.1	2.4	1.4
2	4	3.50	29.1	3.4	1.9
3	3	2.50	25.8	2.6	2.5
3	4	3.50	25.8	3.6	2.9
4	3	2.50	28.4	2.4	1.3
4	4	3.50	27.2	3.4	1.7



φ´ (°) - SPT	
Mínimo	24.0
Promedio	27.0
Máximo	31.1

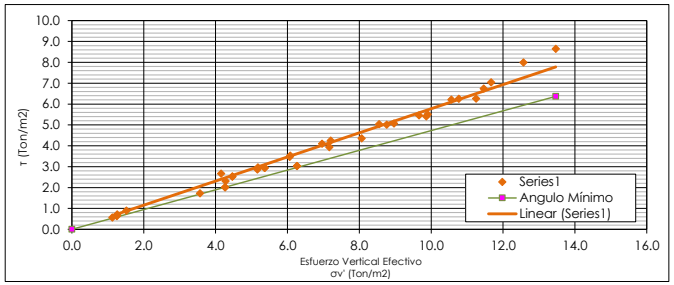
Parámetros Calculados	
c´ promedio (t/m²)	NA
φ´ promedio (°)	31.7
φ´ mínimo (°)	24.0

SPT - Correlación Resistencia al Corte

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

Material: **SM**

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	φ (°) Promedio	σ_v' (Ton/m²)	τ (Ton/m²)
1	2	1.50	26.7	1.3	0.6
1	5	4.50	32.7	4.2	2.7
1	6	5.50	25.3	4.3	2.0
1	7	6.50	25.8	3.6	1.7
1	8	7.50	29.5	4.5	2.5
1	9	8.50	28.7	5.4	2.9
1	10	9.50	25.8	6.3	3.0
2	2	1.40	29.5	1.3	0.7
2	5	4.50	25.3	4.3	2.0
2	6	5.50	29.1	5.2	2.9
2	7	6.50	29.8	6.1	3.5
2	8	7.50	30.5	7.0	4.1
2	10	9.50	29.8	8.8	5.0
2	11	10.50	29.5	9.7	5.5
2	12	11.50	30.5	10.6	6.2
2	13	12.50	30.5	11.5	6.7
3	2	1.45	30.5	1.5	0.9
3	5	4.50	29.5	4.5	2.5
3	6	5.50	28.7	5.4	2.9
3	7	6.50	25.8	6.3	3.0
3	8	7.50	28.8	7.2	3.9
3	9	8.50	28.4	8.1	4.4
3	10	9.50	29.5	9.0	5.1
3	11	10.50	28.7	9.9	5.4
3	12	11.50	30.2	10.8	6.3
3	13	12.50	31.1	11.7	7.0
3	14	13.50	32.4	12.6	8.0
3	15	14.50	32.7	13.5	8.6
4	2	1.25	26.7	1.1	0.6
4	5	4.50	28.4	4.3	2.3
4	6	5.50	29.8	5.2	3.0
4	7	6.50	30.2	6.1	3.5
4	8	7.75	30.5	7.2	4.2
4	9	9.25	30.5	8.6	5.0
4	10	10.75	29.1	9.9	5.5
4	11	12.25	29.1	11.3	6.3



φ´ (°) - SPT	
Mínimo	25.3
Promedio	29.2
Máximo	32.7

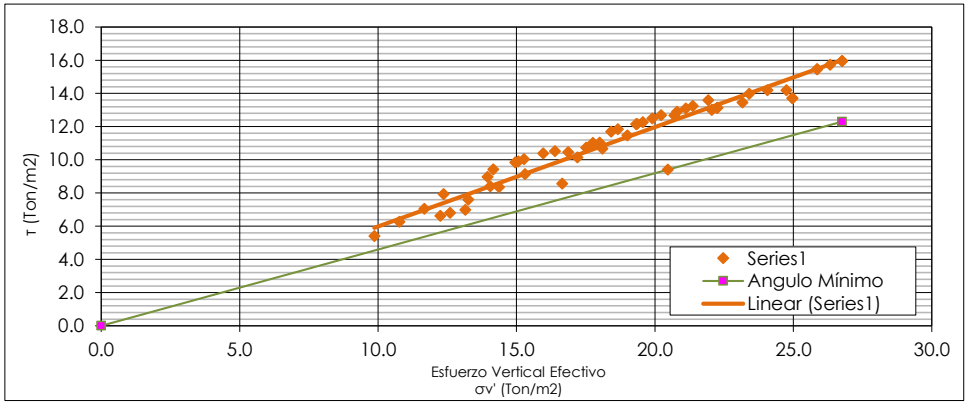
Parámetros Calculados	
c´ promedio (t/m²)	NA
φ´ promedio (°)	30.0
φ´ mínimo (°)	25.3

SPT - Correlación Resistencia al Corte

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

Material: **SM**

Sondeo	Muestra	Profundidad (m)	φ (°) Promedio	σ_v' (Ton/m²)	τ (Ton/m²)
1	14	13.50	28.4	12.3	6.6
1	15	14.50	28.0	13.2	7.0
1	16	15.50	30.9	14.1	8.4
1	17	16.50	33.3	15.0	9.8
1	19	19.00	30.5	17.2	10.1
1	20	20.00	30.5	18.1	10.7
1	21	21.00	31.1	19.0	11.5
1	22	22.00	32.1	19.9	12.5
1	23	23.00	31.8	20.8	12.9
1	24	24.25	31.8	21.9	13.6
1	14	13.50	28.7	9.9	5.4
1	15	14.50	30.2	10.8	6.3
1	16	15.50	31.1	11.7	7.0
2	14	13.50	32.7	12.4	7.9
2	15	14.50	29.8	13.3	7.6
2	16	15.50	33.6	14.2	9.4
2	17	16.50	33.3	15.1	9.9
2	18	17.50	33.0	16.0	10.4
2	19	18.50	31.8	16.9	10.4
2	20	19.50	31.8	17.8	11.0
2	21	20.50	32.4	18.7	11.8
2	22	21.50	32.1	19.6	12.3
2	23	22.50	24.7	20.5	9.4
2	24	23.50	31.8	21.4	13.2
2	25	24.50	30.5	22.3	13.1
2	26	25.50	30.2	23.2	13.5
2	27	26.50	30.5	24.1	14.2
2	28	27.50	28.8	25.0	13.7
2	29	28.50	30.9	25.9	15.4
2	30	29.50	30.8	26.8	16.0
2	28	27.50	28.8	25.0	13.7
2	29	28.50	30.9	25.9	15.4
2	30	29.50	30.8	26.8	16.0
3	16	15.50	30.2	14.4	8.3
3	17	16.50	33.3	15.3	10.0



φ´ (°) - SPT	
Mínimo	24.7
Promedio	31.0
Máximo	33.6

Parámetros Calculados	
c´ promedio (t/m²)	0.42
φ´ promedio (°)	30.0
φ´ mínimo (°)	24.7

3	18	17.75	32.7	16.4	10.5
3	19	19.00	31.5	17.5	10.7
3	20	20.00	32.4	18.4	11.7
3	21	21.00	32.1	19.3	12.1
3	22	22.00	32.1	20.2	12.7
3	23	23.00	31.8	21.1	13.1
3	24	24.25	30.5	22.2	13.1
4	12	13.75	28.4	12.6	6.8
4	13	15.25	32.7	14.0	9.0
4	14	16.75	30.9	15.3	9.1
4	15	18.25	27.2	16.7	8.6
4	16	19.75	31.5	18.0	11.0

Resumen Capacidad de Carga del Suelo Para Losa de Cimentación
NSR-10 Numeral H.2.4.1 y Numeral H.2.4.1 H.4.7.1

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundinamarca

Resumen Factores de Seguridad

Alternativa 3: Losa de Cimentación

Condición	FS Indirecto	Rango qa (t/m2)	FS Básico	Rango qa (t/m2)
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0	3.24	1.50	6.48
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5	3.89	1.25	7.77
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.5	6.48	1.10	8.83

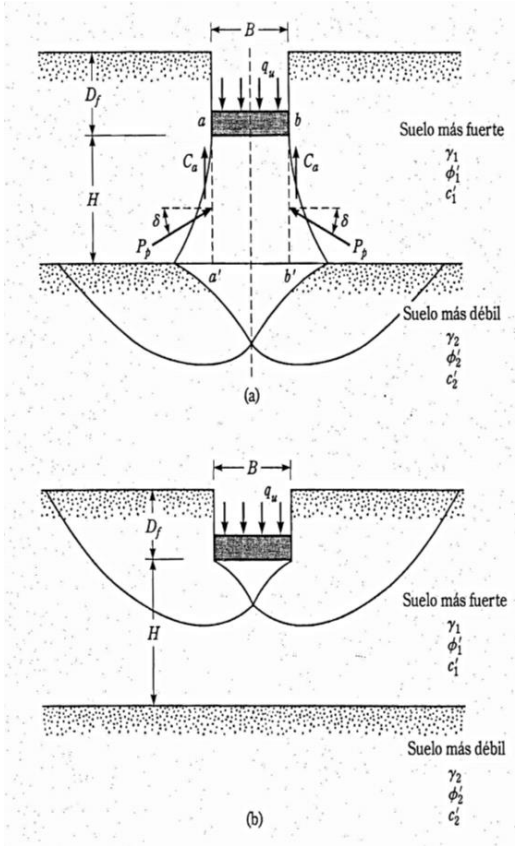
CAPACIDAD DE CARGA DE SUELOS ESTRATIFICADOS
NSR-10 Numeral H.4.7.1 - CM+CVn FSI=3

GM Geomastic

Según Metodolgía de Meyerhoff y Hanna (1978)

Cliente: Fuerza Aérea Colombiana
Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundin CONDICION

Estrato superior Arena Densa sobre el estrato inferior de Arcilla Natural.



DATOS DE LA LOSA

Ancho	B	4.00	m
Largo	L	4.00	m
Profundidad de desplante	Df	1.00	m

CONDICION DEL SUELO

Estrato superior		Arena Media	
Cohesión	c_1	0.00	ton/m^2
Peso Unitario	g_1	1.81	ton/m^3
Angulo de fricción	f_1	20.00	°
Espesor del estrato por debajo de la cimentación	H	4.00	m
	N_q	6.40	
	N_c	14.83	
	N_g	5.39	
Estrato inferior		Arena Suelta	
Cohesión	c_2	0.00	ton/m
Peso Unitario	g_2	1.70	ton/m^3
Angulo de fricción	f_2	4.20	°

CAPACIDAD PORTANTE

Relación q_2/q_1	q_2/q_1	0.00	
Coeficiente de corte por punzonamiento	Ks	1.00	
	q_u	9.72	ton/m^2
	q_t	40.15	ton/m^2
Capacidad portante	q_u	9.72	ton/m^2
Factor de Seguridad		3.00	
Capacidad admisible	q_a	3.24	ton/m^2

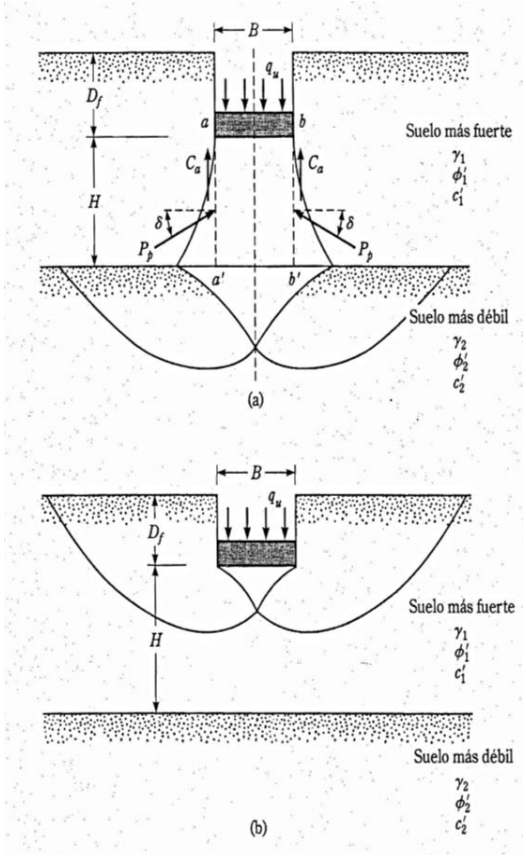
CAPACIDAD DE CARGA DE SUELOS ESTRATIFICADOS
NSR-10 Numeral H.4.7.1 - CM+CVmax FSI=2.5

Según Metodolgía de Meyerhoff y Hanna (1978)

GM Geomastic

Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundir CONDICION

Estrato superior Arena Densa sobre el estrato inferior de Arcilla Natural.



DATOS DE LA LOSA

Ancho	B	4.00	m
Largo	L	4.00	m
Profundidad de desplante	Df	1.00	m

CONDICION DEL SUELO

Estrato superior		Arena	
Cohesión	c_1	0.00	ton/m^2
Peso Unitario	g_1	1.81	ton/m^3
Angulo de fricción	f_1	20.00	°
Espesor del estrato por debajo de la cimentación	H	4.00	m
	N_q	6.40	
	N_c	14.83	
	N_g	5.39	
Estrato inferior		ARCILLA	
Cohesión	c_2	0.00	ton/m^2
Peso Unitario	g_2	1.70	ton/m^3
Angulo de fricción	f_2	4.20	°

CAPACIDAD PORTANTE

Relación q_2/q_1	q_2/q_1	0.00	
Coeficiente de corte por punzonamiento	Ks	1.00	
	q_u	9.72	ton/m^2
	q_t	40.15	ton/m^2
Capacidad portante	q_u	9.72	ton/m^2
Factor de Seguridad		2.50	
Capacidad admisible	q_a	3.89	ton/m^2

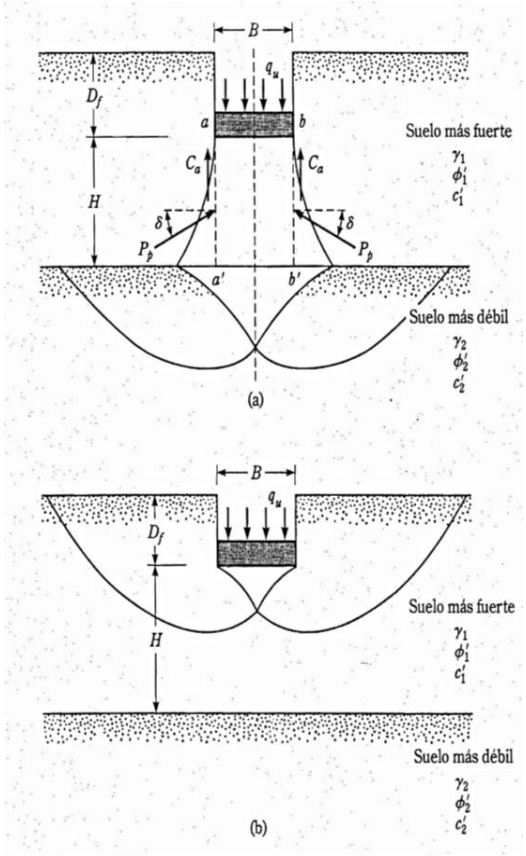
CAPACIDAD DE CARGA DE SUELOS ESTRATIFICADOS
NSR-10 Numeral H.4.7.1 - CM+CVn+Sismo FSI=1.5

Según Metodolgía de Meyerhoff y Hanna (1978)

GM Geomastic

Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundir CONDICION

Estrato superior Arena Densa sobre el estrato inferior de Arcilla Natural.



DATOS DE LA LOSA

Ancho	B	4.00	m
Largo	L	4.00	m
Profundidad de desplante	Df	1.00	m

CONDICION DEL SUELO

Estrato superior		Arena	
Cohesión	c_1	0.00	ton/m^2
Peso Unitario	g_1	1.81	ton/m^3
Angulo de fricción	f_1	20.00	°
Espesor del estrato por debajo de la cimentación	H	4.00	m
	N_q	6.40	
	N_c	14.83	
	N_g	5.39	
Estrato inferior		ARCILLA	
Cohesión	c_2	0.00	ton/m^2
Peso Unitario	g_2	1.70	ton/m^3
Angulo de fricción	f_2	4.20	°

CAPACIDAD PORTANTE

Relación q_2/q_1	q_2/q_1	0.00	
Coeficiente de corte por punzonamiento	Ks	1.00	
	q_u	9.72	ton/m^2
	q_t	40.15	ton/m^2
Capacidad portante	q_u	9.72	ton/m^2
Factor de Seguridad		1.50	
Capacidad admisible	q_a	6.48	ton/m^2

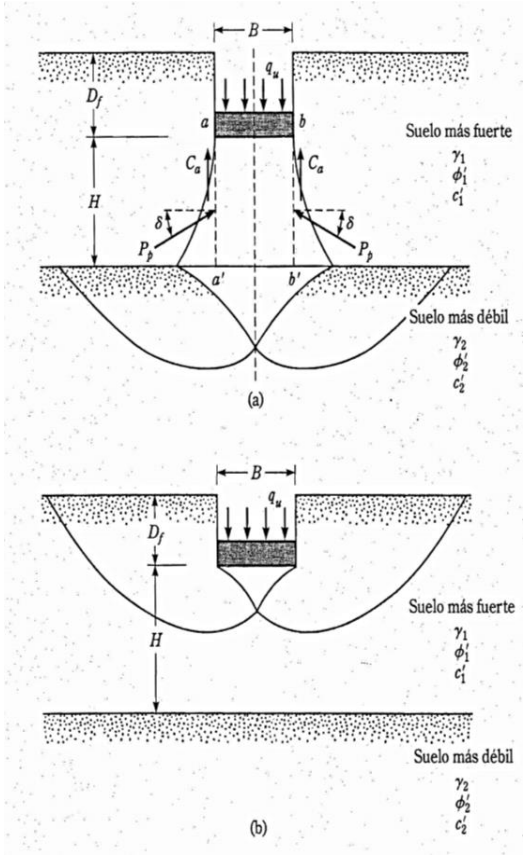
CAPACIDAD DE CARGA DE SUELOS ESTRATIFICADOS
NSR-10 Numeral H.4.7.1 - CM+CVn FSB=1.5

Según Metodolgía de Meyerhoff y Hanna (1978)

GM Geomastic

Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundir CONDICION

Estrato superior Arena Densa sobre el estrato inferior de Arcilla Natural.



DATOS DE LA LOSA

Ancho	B	4.00	m
Largo	L	4.00	m
Profundidad de desplante	Df	1.00	m

CONDICION DEL SUELO

Estrato superior		Arena	
Cohesión	c_1	0.00	ton/m^2
Peso Unitario	g_1	1.81	ton/m^3
Angulo de fricción	f_1	13.64	°
Espesor del estrato por debajo de la cimentación	H	4.00	m
	N_q	3.47	
	N_c	10.16	
	N_g	2.17	
Estrato inferior		ARCILLA	
Cohesión	c_2	0.00	ton/m^2
Peso Unitario	g_2	1.70	ton/m^3
Angulo de fricción	f_2	2.80	°

CAPACIDAD PORTANTE

Relación q_2/q_1	q_2/q_1	0.00	
Coeficiente de corte por punzonamiento	Ks	#N/A	
	q_u	#N/A	ton/m^2
	q_t	17.07	ton/m^2
Capacidad portante	q_u	9.72	ton/m^2
Factor de Seguridad		1.50	
Capacidad admisible	q_a	6.48	ton/m^2

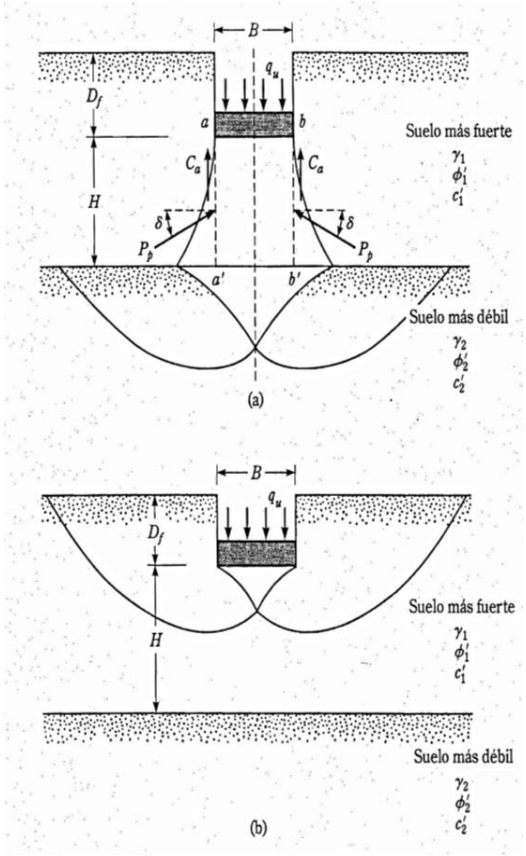
CAPACIDAD DE CARGA DE SUELOS ESTRATIFICADOS
NSR-10 Numeral H.4.7.1 - CM+CVmax FSB=1.25

Según Metodolgía de Meyerhoff y Hanna (1978)

GM Geomastic

Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundir CONDICION

Estrato superior Arena Densa sobre el estrato inferior de Arcilla Natural.



DATOS DE LA LOSA

Ancho	B	4.00	m
Largo	L	4.00	m
Profundidad de desplante	Df	1.00	m

CONDICION DEL SUELO

Estrato superior		Arena	
Cohesión	c_1	0.00	ton/m^2
Peso Unitario	g_1	1.81	ton/m^3
Angulo de fricción	f_1	16.23	°
Espesor del estrato por debajo de la cimentación	H	4.00	m
	N_q	4.43	
	N_c	11.79	
	N_g	3.16	
Estrato inferior		ARCILLA	
Cohesión	c_2	0.00	ton/m^2
Peso Unitario	g_2	1.70	ton/m^3
Angulo de fricción	f_2	3.36	°

CAPACIDAD PORTANTE

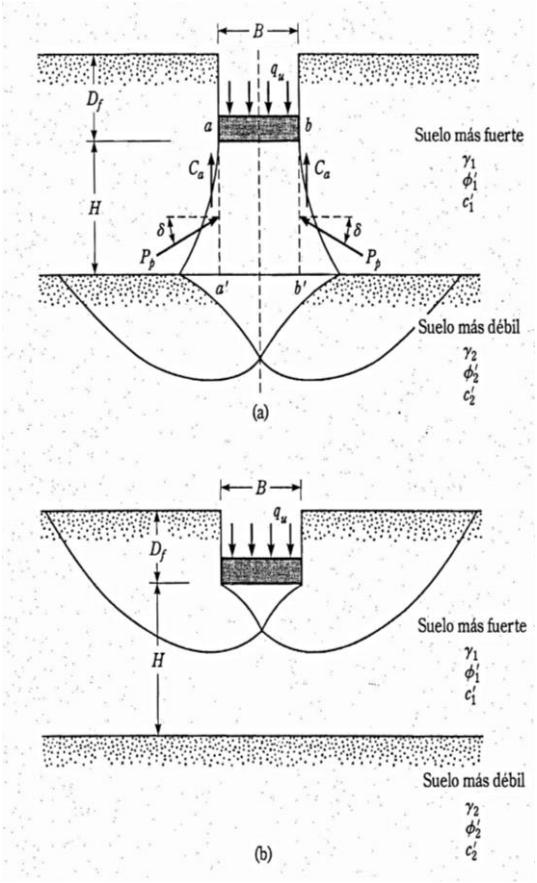
Relación q_2/q_1	q_2/q_1	0.00	
Coeficiente de corte por punzonamiento	Ks	#N/A	
	q_u	#N/A	ton/m^2
	q_t	24.24	ton/m^2
Capacidad portante	q_u	9.72	ton/m^2
Factor de Seguridad		1.25	
Capacidad admisible	q_a	7.77	ton/m^2

CAPACIDAD DE CARGA DE SUELOS ESTRATIFICADOS
NSR-10 Numeral H.4.7.1 - CM+CVn+Sismo FSB=1.1

Según Metodolgía de Meyerhoff y Hanna (1978)

GM Geomastic

Proyecto: Construccion Torre de Control Puerto Salgar
Fecha: Septiembre de 2021
Sitio: Puerto Salgar - Cundin CONDICION



Estrato superior Arena Densa sobre el estrato inferior de Arcilla Natural.

DATOS DE LA LOSA

Ancho	B	4.00	m
Largo	L	4.00	m
Profundidad de desplante	Df	1.00	m

CONDICION DEL SUELO

Estrato superior		Arena	
Cohesión	c_1	0.00	ton/m^2
Peso Unitario	g_1	1.81	ton/m^3
Angulo de fricción	f_1	18.31	°
Espesor del estrato por debajo de la cimentación	H	4.00	m
	N_q	5.42	
	N_c	13.35	
	N_g	4.25	
Estrato inferior		ARCILLA	
Cohesión	c_2	0.00	ton/m^2
Peso Unitario	g_2	1.70	ton/m^3
Angulo de fricción	f_2	3.82	°

CAPACIDAD PORTANTE

Relación q_2/q_1	q_2/q_1	0.00	
Coeficiente de corte por punzonamiento	Ks	#N/A	
	q_u	#N/A	ton/m^2
	q_t	32.01	ton/m^2
Capacidad portante	q_u	9.72	ton/m^2
Factor de Seguridad		1.10	
Capacidad admisible	q_a	8.83	ton/m^2

Calculo del centro de cargas de la placa COMB C152 (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	1075	-6450	-2150
-2.0	-2.0	1209	-2418	-2418
-6.0	2.0	1073	-6438	2146
-2.0	2.0	1207	-2414	2414
6.0	2.0	1161	6966	2322
6.0	-2.0	1162	6972	-2324
2.0	2.0	1241	2482	2482
2.0	-2.0	1242	2484	-2484
-6.0	6.0	949	-5694	5694
-2.0	6.0	1097	-2194	6582
2.0	6.0	1125	2250	6750
-6.0	-6.0	954	-5724	-5724
-2.0	-6.0	1102	-2204	-6612
2.0	-6.0	1128	2256	-6768
6.0	-6.0	1028	6168	-6168
6.0	6.0	1026	6156	6156
0.0	0.0	1242	0	0
	Sumatori	19021		
	Centroide en	0.1156		
	Centroide en	-0.0054		

Calculo del centro de cargas de la placa COMB C153 (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	1320	-7920	-2640
-2.0	-2.0	1488	-2976	-2976
-6.0	2.0	1319	-7914	2638
-2.0	2.0	1486	-2972	2972
6.0	2.0	1431	8586	2862
6.0	-2.0	1431	8586	-2862
2.0	2.0	1529	3058	3058
2.0	-2.0	1529	3058	-3058
-6.0	6.0	1168	-7008	7008
-2.0	6.0	1351	-2702	8106
2.0	6.0	1386	2772	8316
-6.0	-6.0	1171	-7026	-7026
-2.0	-6.0	1354	-2708	-8124
2.0	-6.0	1388	2776	-8328
6.0	-6.0	1266	7596	-7596
6.0	6.0	1265	7590	7590
0.0	0.0	1530	0	0
	Sumatoria:	23412		
	Centroide en X (	0.1194		
	Centroide en Y (	-0.0026		

Calculo del centro de cargas de la placa COMB C154X Max (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	748	-4488	-1496
-2.0	-2.0	1093	-2186	-2186
-6.0	2.0	746	-4476	1492
-2.0	2.0	1091	-2182	2182
6.0	2.0	833	4998	1666
6.0	-2.0	834	5004	-1668
2.0	2.0	1127	2254	2254
2.0	-2.0	1129	2258	-2258
-6.0	6.0	665	-3990	3990
-2.0	6.0	999	-1998	5994
2.0	6.0	1025	2050	6150
-6.0	-6.0	669	-4014	-4014
-2.0	-6.0	1003	-2006	-6018
2.0	-6.0	1029	2058	-6174
6.0	-6.0	741	4446	-4446
6.0	6.0	739	4434	4434
0.0	0.0	1239	0	0
	Sumatoria:	15710		
	Centroide en X	0.1376		
	Centroide en Y	-0.0062		

Calculo del centro de cargas de la placa COMB C154X Min (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	1402	-8412	-2804
-2.0	-2.0	1325	-2650	-2650
-6.0	2.0	1399	-8394	2798
-2.0	2.0	1323	-2646	2646
6.0	2.0	1489	8934	2978
6.0	-2.0	1490	8940	-2980
2.0	2.0	1355	2710	2710
2.0	-2.0	1356	2712	-2712
-6.0	6.0	1233	-7398	7398
-2.0	6.0	1196	-2392	7176
2.0	6.0	1224	2448	7344
-6.0	-6.0	1239	-7434	-7434
-2.0	-6.0	1201	-2402	-7206
2.0	-6.0	1227	2454	-7362
6.0	-6.0	1315	7890	-7890
6.0	6.0	1313	7878	7878
0.0	0.0	1246	0	0
	Sumatoria:	22333		
	Centroide en X	0.1002		
	Centroide en Y	-0.0049		

Calculo del centro de cargas de la placa COMB C154Y Max (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	980	-5880	-1960
-2.0	-2.0	1099	-2198	-2198
-6.0	2.0	978	-5868	1956
-2.0	2.0	1097	-2194	2194
6.0	2.0	1062	6372	2124
6.0	-2.0	1063	6378	-2126
2.0	2.0	1127	2254	2254
2.0	-2.0	1129	2258	-2258
-6.0	6.0	673	-4038	4038
-2.0	6.0	777	-1554	4662
2.0	6.0	800	1600	4800
-6.0	-6.0	677	-4062	-4062
-2.0	-6.0	781	-1562	-4686
2.0	-6.0	803	1606	-4818
6.0	-6.0	743	4458	-4458
6.0	6.0	741	4446	4446
0.0	0.0	1242	0	0
Sumatoria:		15772		
Centroide en X		0.1278		
Centroide en Y		-0.0058		

Calculo del centro de cargas de la placa COMB C154Y Min (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	1169	-7014	-2338
-2.0	-2.0	1319	-2638	-2638
-6.0	2.0	1167	-7002	2334
-2.0	2.0	1317	-2634	2634
6.0	2.0	1260	7560	2520
6.0	-2.0	1261	7566	-2522
2.0	2.0	1355	2710	2710
2.0	-2.0	1356	2712	-2712
-6.0	6.0	1226	-7356	7356
-2.0	6.0	1418	-2836	8508
2.0	6.0	1449	2898	8694
-6.0	-6.0	1230	-7380	-7380
-2.0	-6.0	1422	-2844	-8532
2.0	-6.0	1453	2906	-8718
6.0	-6.0	1313	7878	-7878
6.0	6.0	1311	7866	7866
0.0	0.0	1242	0	0
Sumatoria:		22268		
Centroide en X		0.1074		
Centroide en Y		-0.0043		

Calculo del centro de cargas de la placa COMB C155X Max (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	824	-4944	-1648
-2.0	-2.0	1273	-2546	-2546
-6.0	2.0	822	-4932	1644
-2.0	2.0	1271	-2542	2542
6.0	2.0	923	5538	1846
6.0	-2.0	924	5544	-1848
2.0	2.0	1313	2626	2626
2.0	-2.0	1315	2630	-2630
-6.0	6.0	734	-4404	4404
-2.0	6.0	1164	-2328	6984
2.0	6.0	1195	2390	7170
-6.0	-6.0	739	-4434	-4434
-2.0	-6.0	1170	-2340	-7020
2.0	-6.0	1200	2400	-7200
6.0	-6.0	823	4938	-4938
6.0	6.0	820	4920	4920
0.0	0.0	1467	0	0
	Sumatoria:	17977		
	Centroide en X	0.1400		
	Centroide en Y	-0.0071		

Calculo del centro de cargas de la placa COMB C155X Min (KN				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	1724	-10344	-3448
-2.0	-2.0	1592	-3184	-3184
-6.0	2.0	1721	-10326	3442
-2.0	2.0	1590	-3180	3180
6.0	2.0	1826	10956	3652
6.0	-2.0	1827	10962	-3654
2.0	2.0	1626	3252	3252
2.0	-2.0	1627	3254	-3254
-6.0	6.0	1516	-9096	9096
-2.0	6.0	1435	-2870	8610
2.0	6.0	1468	2936	8808
-6.0	-6.0	1523	-9138	-9138
-2.0	-6.0	1442	-2884	-8652
2.0	-6.0	1473	2946	-8838
6.0	-6.0	1612	9672	-9672
6.0	6.0	1609	9654	9654
0.0	0.0	1476	0	0
	Sumatoria:	27087		
	Centroide en X	0.0964		
	Centroide en Y	-0.0054		

Calculo del centro de cargas de la placa COMB C155Y Max (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	944	-5664	-1888
-2.0	-2.0	1058	-2116	-2116
-6.0	2.0	942	-5652	1884
-2.0	2.0	1056	-2112	2112
6.0	2.0	1025	6150	2050
6.0	-2.0	1026	6156	-2052
2.0	2.0	1085	2170	2170
2.0	-2.0	1086	2172	-2172
-6.0	6.0	569	-3414	3414
-2.0	6.0	656	-1312	3936
2.0	6.0	678	1356	4068
-6.0	-6.0	574	-3444	-3444
-2.0	-6.0	660	-1320	-3960
2.0	-6.0	681	1362	-4086
6.0	-6.0	636	3816	-3816
6.0	6.0	634	3804	3804
0.0	0.0	1242	0	0
	Sumatoria:	14552		
	Centroide en X	0.1341		
	Centroide en Y	-0.0066		

Calculo del centro de cargas de la placa COMB C155Y Min (KN				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	1205	-7230	-2410
-2.0	-2.0	1360	-2720	-2720
-6.0	2.0	1203	-7218	2406
-2.0	2.0	1359	-2718	2718
6.0	2.0	1297	7782	2594
6.0	-2.0	1298	7788	-2596
2.0	2.0	1397	2794	2794
2.0	-2.0	1398	2796	-2796
-6.0	6.0	1329	-7974	7974
-2.0	6.0	1538	-3076	9228
2.0	6.0	1571	3142	9426
-6.0	-6.0	1334	-8004	-8004
-2.0	-6.0	1543	-3086	-9258
2.0	-6.0	1574	3148	-9444
6.0	-6.0	1420	8520	-8520
6.0	6.0	1418	8508	8508
0.0	0.0	1242	0	0
	Sumatoria:	23486		
	Centroide en X	0.1044		
	Centroide en Y	-0.0043		

Calculo del centro de cargas de la placa COMB C156X Max (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	-1447	8682	2894
-2.0	-2.0	-1277	2554	2554
-6.0	2.0	-1443	8658	-2886
-2.0	2.0	-1273	2546	-2546
6.0	2.0	-1519	-9114	-3038
6.0	-2.0	-1521	-9126	3042
2.0	2.0	-1298	-2596	-2596
2.0	-2.0	-1301	-2602	2602
-6.0	6.0	-1268	7608	-7608
-2.0	6.0	-1147	2294	-6882
2.0	6.0	-1171	-2342	-7026
-6.0	-6.0	-1279	7674	7674
-2.0	-6.0	-1157	2314	6942
2.0	-6.0	-1179	-2358	7074
6.0	-6.0	-1342	-8052	8052
6.0	6.0	-1337	-8022	-8022
0.0	0.0	-1150	0	0
	Sumatoria:	-22109		
	Centroide en X	0.0851		
	Centroide en Y	-0.0104		

Calculo del centro de cargas de la placa COMB C156X Min (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	-548	3288	1096
-2.0	-2.0	-958	1916	1916
-6.0	2.0	-544	3264	-1088
-2.0	2.0	-955	1910	-1910
6.0	2.0	-616	-3696	-1232
6.0	-2.0	-618	-3708	1236
2.0	2.0	-986	-1972	-1972
2.0	-2.0	-989	-1978	1978
-6.0	6.0	-486	2916	-2916
-2.0	6.0	-876	1752	-5256
2.0	6.0	-898	-1796	-5388
-6.0	-6.0	-495	2970	2970
-2.0	-6.0	-885	1770	5310
2.0	-6.0	-906	-1812	5436
6.0	-6.0	-554	-3324	3324
6.0	6.0	-548	-3288	-3288
0.0	0.0	-1141	0	0
	Sumatoria:	-13003		
	Centroide en X	0.1375		
	Centroide en Y	-0.0166		

Calculo del centro de cargas de la placa COMB C156Y Max (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	-1127	6762	2254
-2.0	-2.0	-1269	2538	2538
-6.0	2.0	-1124	6744	-2248
-2.0	2.0	-1265	2530	-2530
6.0	2.0	-1203	-7218	-2406
6.0	-2.0	-1205	-7230	2410
2.0	2.0	-1298	-2596	-2596
2.0	-2.0	-1301	-2602	2602
-6.0	6.0	-1257	7542	-7542
-2.0	6.0	-1452	2904	-8712
2.0	6.0	-1481	-2962	-8886
-6.0	-6.0	-1267	7602	7602
-2.0	-6.0	-1462	2924	8772
2.0	-6.0	-1489	-2978	8934
6.0	-6.0	-1340	-8040	8040
6.0	6.0	-1334	-8004	-8004
0.0	0.0	-1145	0	0
	Sumatoria:	-22019		
	Centroide en X	0.0946		
	Centroide en Y	-0.0104		

Calculo del centro de cargas de la placa COMB C156Y Min (KN)				
Coordenadas columnas		Carga axial		
X (m)	Y (m)	P (kN)	P*X	P*Y
-6.0	-2.0	-867	5202	1734
-2.0	-2.0	-967	1934	1934
-6.0	2.0	-863	5178	-1726
-2.0	2.0	-963	1926	-1926
6.0	2.0	-932	-5592	-1864
6.0	-2.0	-934	-5604	1868
2.0	2.0	-986	-1972	-1972
2.0	-2.0	-989	-1978	1978
-6.0	6.0	-497	2982	-2982
-2.0	6.0	-570	1140	-3420
2.0	6.0	-588	-1176	-3528
-6.0	-6.0	-507	3042	3042
-2.0	-6.0	-580	1160	3480
2.0	-6.0	-596	-1192	3576
6.0	-6.0	-556	-3336	3336
6.0	6.0	-551	-3306	-3306
0.0	0.0	-1145	0	0
	Sumatoria:	-13091		
	Centroide en X	0.1216		
	Centroide en Y	-0.0171		

GM Geomastic

Story	COL	COMB C152 (KN)	COMB C153 (KN)	COMB C154X Max (KN)	COMB C154X Min (KN)	COMB C154Y Max (KN)	COMB C154Y Min (KN)	COMB C155X Max (KN)	COMB C155X Min (KN)	COMB C155Y Max (KN)	COMB C155Y Min (KN)	COMB C156X Max (KN)	COMB C156X Min (KN)	COMB C156Y Max (KN)	COMB C156Y Min (KN)
FUNDACIÓN	A-3	1075	1520	748	1402	980	1169	824	1724	944	1205	-1447	-548	-1127	-867
FUNDACIÓN	C-3	1209	1488	1093	1325	1099	1319	1273	1592	1038	1360	-1277	-958	-1269	-947
FUNDACIÓN	A-5	1073	1519	746	1399	978	1167	822	1721	942	1203	-1443	-544	-1124	-863
FUNDACIÓN	C-5	1207	1486	1091	1323	1097	1317	1271	1590	1036	1359	-1273	-955	-1265	-943
FUNDACIÓN	C-5	1161	1431	853	1489	1062	1260	923	1806	1025	1297	-1319	-616	-1203	-930
FUNDACIÓN	G-3	1162	1431	834	1490	1063	1261	924	1827	1026	1298	-1321	-618	-1205	-934
FUNDACIÓN	E-5	1241	1529	1127	1355	1127	1355	1313	1626	1085	1397	-1298	-986	-1298	-986
FUNDACIÓN	E-3	1242	1529	1128	1356	1129	1356	1313	1627	1086	1398	-1301	-989	-1301	-989
FUNDACIÓN	A-7	949	1168	665	1233	673	1226	734	1516	569	1329	-1268	-486	-1257	-497
FUNDACIÓN	C-7	1097	1351	999	1196	777	1418	1164	1430	656	1538	-1147	-876	-1452	-570
FUNDACIÓN	E-7	1125	1386	1023	1224	800	1449	1195	1468	678	1571	-1171	-898	-1481	-588
FUNDACIÓN	A-1	954	1171	669	1239	677	1230	739	1523	574	1334	-1279	-495	-1267	-507
FUNDACIÓN	C-1	1102	1354	1003	1201	781	1422	1170	1442	660	1543	-1157	-885	-1462	-580
FUNDACIÓN	E-1	1128	1388	1029	1227	803	1453	1200	1473	681	1574	-1179	-906	-1489	-596
FUNDACIÓN	G-1	1028	1266	741	1313	743	1313	823	1612	636	1420	-1342	-554	-1340	-556
FUNDACIÓN	G-7	1026	1260	739	1313	741	1311	820	1609	634	1418	-1337	-548	-1334	-551
FUNDACIÓN	D-4	1242	1530	1239	1246	1242	1242	1467	1476	1242	1242	-1150	-1141	-1145	-1145
	Sumas	19021	23412	15710		15772		17977		14552		-22109	-13003	-22019	-13091
	Max/Min	1242	1530	1239		1242		1467		1242		-1521	-1141	-1489	-1145

GM Geomastic
www.geomastic.com
carlos@geomastic.com

Sondeo	Muestra							
Sondeo	Muestra	PROF. I (m)	PROF. F (m)	U.S.C.	AASHTO	%Gravas	%Arenas	%Finos
1	1	0.00	1.00	SW	A-1-b	23.7	73.8	2.5
1	2	1.00	2.00	SW	A-1-b	32.2	67	0.8
1	3	2.00	3.00	SM	A-4	0	56.9	43.1
1	4	3.00	4.00	SP	A-1-b	34.4	60.8	4.8
1	5	4.00	5.00	SP	A-1-b	34.4	60.8	4.8
1	6	5.00	6.00	SP-SM	A-1-b	23.7	71	5.3
1	7	6.00	7.00	SW	A-1a	37.1	60.5	2.4
1	8	7.00	8.00	SW	A-1a	37.1	60.5	2.4
1	9	8.00	9.00	SW	A-1a	36.2	61.4	2.4
1	10	9.00	10.00	SP-SM	A-1-b	26.4	67.3	6.3
1	11	10.00	11.00	SP-SM	A-1-b	18.9	76.1	5
1	12	11.00	12.00	SP-SM	A-1-b	0	94.8	5.2
1	13	12.00	13.00	SP	A-1-b	0	97.7	2.3
1	14	13.00	14.00	SM	A-1-b	1.8	84.7	13.5
1	15	14.00	15.00	SP	A-1-b	10.7	86.2	3.1
1	16	15.00	16.00	SW	A-1a	35.6	60.4	4
1	17	16.00	17.00	SW	A-1a	45.7	50.1	4.2
1	18	17.00	18.50	SP-SM	A-1-b	20.5	73.8	5.7
1	19	18.50	19.50	SP-SM	A-1-b	20.5	73.8	5.7
1	20	19.50	20.50	SW	A-1-b	13.5	85	1.5
1	21	20.50	21.50	SP	A-1-b	11.3	86.1	2.6
1	22	21.50	22.50	SP	A-1-b	12.3	85.6	2.1
1	23	22.50	23.50	SP	A-1-b	20.2	75.1	4.7
1	24	23.50	25.00	SP	A-3	0	95.5	4.5
2	1	0.00	0.80	ML-CL	A-4	0	36.5	63.5
2	2	0.80	2.00	SP	A-1-b	28.9	67	4.1
2	3	2.00	3.00	SM	A-1-b	21	60.1	18.9
2	4	3.00	4.00	SW	A-1a	42.7	55	2.3
2	5	4.00	5.00	SP	A-1-b	11.5	85.8	2.7
2	6	5.00	6.00	SP	A-1-b	11.5	85.8	2.7
2	7	6.00	7.00	GP	A-1a	53.5	45.5	1
2	8	7.00	8.00	GW	A-1a	77.1	21	1.9
2	9	8.00	9.00	GP	A-1a	100	0	0
2	10	9.00	10.00	SP	A-1-b	26.7	69.6	3.7
2	11	10.00	11.00	SP	A-1-b	20.3	76	3.7
2	12	11.00	12.00	SE	A-1-b	30.5	66.5	3
2	13	12.00	13.00	SP	A-1-b	24	71.1	4.9
2	14	13.00	14.00	SP	A-1-b	11.2	84.5	4.3
2	15	14.00	15.00	SP	A-1-b	40.1	56.4	3.5
2	16	15.00	16.00	GW	A-1a	52.3	44.4	3.3
2	17	16.00	17.00	SW-SM	A-1a	36.5	56.9	6.6
2	18	17.00	18.00	GW-GM	A-1a	51.2	41.5	7.3
2	19	18.00	19.00	SM	A-2-4	20.5	46.1	33.4
2	20	19.00	20.00	SP	A-1-b	13.4	82.9	3.7
2	21	20.00	21.00	SP	A-1-b	14.7	83.2	2.1
2	22	21.00	22.00	SP	A-1-b	12	86	2
2	23	22.00	23.00	SP	A-1-b	20.1	75.6	4.3
2	24	23.00	24.00	SP	A-3	0.7	95.2	4.1
2	25	24.00	25.00	SM	A-2-4	2.2	66.5	31.3
2	26	25.00	26.00	SM	A-1-b	9.7	78.3	12
2	27	26.00	27.00	SP-SM	A-1-b	26.9	66.6	6.5
2	28	27.00	28.00	SP-SM	A-1-b	14.1	79.4	6.5
2	29	28.00	29.00	SP-SM	A-1-b	2.1	92.1	5.8
2	30	29.00	30.00	SP-SM	A-1-b	20.5	70.3	9.2

3	1	0.00	0.90	CL	A-6	0	38.3	61.7
3	2	0.90	2.00	SW-SM	A-1-b	13.1	76.4	10.5
3	3	2.00	3.00	SM	A-2-4	9.3	63.1	27.6
3	4	3.00	4.00	SP	A-3	4.8	92.7	2.5
3	5	4.00	5.00	SP	A-1-b	6.3	92.5	1.2
3	6	5.00	6.00	SP	A-1-b	28.8	70.3	0.9
3	7	6.00	7.00	SP	A-1-b	28.1	70.7	1.2
3	8	7.00	8.00	SP	A-1-b	28.1	70.7	1.2
3	9	8.00	9.00	SP-SM	A-1-b	29.4	62	8.6
3	10	9.00	10.00	SP	A-1-b	38.5	58	3.5
3	11	10.00	11.00	GW	A-1-a	56.9	39.4	3.7
3	12	11.00	12.00	SP	A-1-b	27.9	69.2	2.9
3	13	12.00	13.00	GP	A-1-a	55.9	42.9	1.2
3	14	13.00	14.00	ML	A-4	0	0	100
3	15	14.00	15.00	SW	A-1-a	42.7	53.9	3.4
3	16	15.00	16.00	SP	A-1-b	15.8	82.2	2
3	17	16.00	17.00	SP	A-1-b	1.7	97.1	1.2
3	18	17.00	18.50	SP	A-1-b	2.3	96.8	0.9
3	19	18.50	19.50	SP	A-1-b	2.1	96	1.9
3	20	19.50	20.50	SP	A-1-b	2.4	95.2	2.4
3	21	20.50	21.50	SW	A-1-a	38.5	57.3	4.2
3	22	21.50	22.50	SP	A-1-b	12.2	85.4	2.4
3	23	22.50	23.50	SP	A-1-b	19.9	75.8	4.3
3	24	23.50	25.00	SM	A-2-4	2.2	73.9	23.9
4	1	0.00	0.05	SM	A-4	0	52.5	47.5
4	2	0.50	2.00	SP-SM	A-3	0	91.6	8.4
4	3	2.00	3.00	SM	A-1-b	36.5	40.8	22.7
4	4	3.00	4.00	SP-SM	A-1-a	41.5	58	0.5
4	5	4.00	5.00	SW	A-1-a	36.3	61.1	2.6
4	6	5.00	6.00	SW	A-1-a	28	70.2	1.8
4	7	6.00	7.00	SW	A-1-a	47.2	50.1	2.7
4	8	7.00	8.50	SP-SM	A-1-b	36.7	59.3	4
4	9	8.50	10.00	SP-SM	A-1-b	17.2	80.9	1.9
4	10	10.00	11.50	SW	A-1-b	29.2	69.7	1.1
4	11	11.50	13.00	SW	A-1-a	29.1	70.5	0.4
4	12	13.00	14.50	SP	A-3	0	95.4	4.6
4	13	14.50	16.00	SW	A-1-a	36.9	59.7	3.4
4	14	16.00	17.50	SP	A-3	2.3	93.7	4
4	15	17.50	19.00	SP	A-3	2.3	93.7	4
4	16	19.00	20.50	SP-SM	A-1-b	20.3	74.2	5.5
4	17	20.50	22.00	SP	A-1-b	1.5	97.9	0.6
4	18	22.00	23.50	SP	A-1-b	11	87.2	1.8
4	19	23.50	25.00	SP	A-1-b	7.4	90.9	1.7
4	20	25.00	26.50	SP-SM	A-1-b	11.2	83.5	5.3
4	21	26.50	28.00	SP	A-1-b	27.1	69.1	3.8
4	22	28.00	30.00	SP	A-1-b	21.8	73.3	4.9

INFORME ADQUISICIÓN SISMICA EN LA BASE AÉREA CACOM 1 PUERTO SALGAR CUNDINAMARCA PARA EL CONTRATO :175-00-A-COFAC-DIFRA-2021 - CUYO OBJETO ES ESTUDIO DE SUELOS PARA LA TORRE DE CONTROL CACOM-1 DE ACUERDO CON ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

GR. INGARQ S.A.S

ADQUISICIÓN SISMICA EN LA BASE AEREA CACOM 1 PUERTO SALGAR CUNDINAMARCA PARA EL CONTRATO :175-00-A-COFAC-DIFRA-2021 - CUYO OBJETO ES ESTUDIO DE SUELOS PARA LA TORRE DE CONTROL CACOM-1 DE ACUERDO CON ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

FUERZA AÉREA COLOMBIANA

FUERZA AÉREA COLOMBIANA

INFORME FINAL

JULIO DE 2021

MONTERIA, CÓRDOBA.

CO-SC-CER805992

INFORME DE ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS DE ADQUISICIÓN GEOFÍSICA RELIAZADO POR LA FIRMA GEOTRONICA.

PROYECTO: ADQUISICIÓN SISMICA EN LA BASE AEREA CACOM 1 PUERTO SALGAR CUNDINAMARCA PARA EL CONTRATO :175-00-A-COFAC-DIFRA-2021 - CUYO OBJETO ES ESTUDIO DE SUELOS PARA LA TORRE DE CONTROL CACOM-1 DE ACUERDO CON ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

FUERZA AÉREA COLOMBIANA

MONTERIA – COLOMBIA

JULIO DE 2021

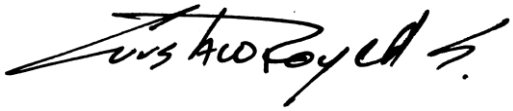
NOMBRE DEL PROYECTO:			ESTUDIO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TORRE DE CONTROL DEL CACOM - 1, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.			
LOCALIZACION:			MONTERIA - CORDOBA			
APROBACIONES		**Número de revisión**		1	2	3
	RESPONSABLE DE ELABORACIÓN Y REVISIÓN:	Nombre: Cargo: Profesión: T.P. Firma:	.			
	RESPONSABLE DE APROBACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD:	Nombre: T.P. Cargo: Firma:	**GUSTAVO RAMIRO ROYETT GALVAN** 22202-130214COR I.C. ESPECIALISTA EN GEOTECNIA UNISINU 			
	CLIENTE:	Nombre: C.C Cargo: Firma:	**FUERZA AÉREA COLOMBIANA** **NIT. 899999102** **COMANDO FAC**			
	OBSERVACIONES					

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO ____ *5*

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA METODOLOGÍA DE ADQUISICIÓN UTILIZADA ____ *6*

1.1 MÉTODO DE REFRACCIÓN SISMICA ____ **6**

Estudio de campo ____ 6
Refracción ____ 7
Procesamiento de datos de Refracción Sísmica. ____ 9

1.2 METODO MASW ____ **11**

Análisis de multicanal de Ondas Superficiales (MASW) ____ 11
Procesamiento de datos MASW ____ 11

1.3 METODO MAM o ReMi ____ **14**

Analisis espectral de ondas superficiales – Microtremores. ____ 14
Procesamiento de datos MAM ____ 15

1.4 Clasificación del suelo mediante la norma colombiana NSR-10 ____ **18**

2. DISPOSICIÓN ESPACIAL DE LA ZONA DE ESTUDIO ____ *19*

3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO Y ARREGLOS DE ADQUISICIÓN ____ *20*

3.1 Especificaciones Técnicas equipo de adquisición Geode ____ **21**

4. ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS ____ *23*

4.1 Línea 1 ____ **24**

Ubicación línea 1 Base aérea Puerto Salgar. ____ 24
Refracción sísmica ____ 26
Análisis de ondas superficiales masw. ____ 28
Microtremores (ReMi) ____ 33

5. CORRELACIÓN DE RESULTADOS ____ *36*

5.1 Relación entre Vs y Vp y Relación entre Vs y N. ____ **36**

5.2 Línea 1 ____ **38**

6. CONCLUSIONES ____ *40*

6.1 Línea 1 Base aérea Puerto Salgar. ____ **40**

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ____ *44*

RESUMEN EJECUTIVO

Este informe contiene los resultados de la adquisición y procesamiento de una (1) línea sísmica adquirida aplicando los métodos de refracción sísmica, análisis de dispersión de ondas superficiales (MASW) 1D y 2D y el análisis de microtremores (ReMi o MAM).

La línea se adquirió el día 17 de julio del 2021 en los predios de la base aérea de Puerto Salgar en el departamento de Cundinamarca.

Los resultados se obtuvieron utilizando para su adquisición un equipo de referencia GEODE de 24 canales del fabricante Geometrics y sensores de 4.5 y 14 Hz.

Los entregables son perfiles de velocidad de onda de compresión (Vp) y ondas de corte (Vs)

El ingeniero Héctor Fabio Giraldo de Geotrónica SAS estuvo a cargo de la adquisición y el procesamiento de los datos geofísicos. El ingeniero Gustavo Royett de la empresa GR INGARQ SAS realizó el seguimiento del proyecto.

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA METODOLOGÍA DE ADQUISICIÓN UTILIZADA

1.1 MÉTODO DE REFRACCIÓN SISMICA

Estudio de campo

El estudio de campo consiste en ubicar una serie de sensores o geófonos en forma lineal y con espaciamiento entre ellos previamente definido, los cuales deben ir conectados a un equipo de registro que grabara las señales sismicas capturadas por los sensores. Se utiliza una fuente sísmica la cual consiste en una masa celerada (o golpe con martillo en el suelo), que es recibida por una placa de choque. Para los ensayos de refracción y de MASW se utilizó la misma fuente. En este proyecto se utilizo una camara de registro marca Geometrics junto con un arreglo de 24 canales espaciados cada cinco metros, con geofonos verticales de 4.5 y 14 Hz, como fuente sísmica una masa acelerada (martillo) de 16 libras y una placa de impacto de teflon. La adquisición se realizo utilizando puntos de disparo entre sensores y apilando o realizando stacking de conjuntos de 7 diparos o golpes por punto.

En ensayo de refracción permite determinar los valores de velocidad de ondas de cuerpo (Vp) a lo largo de la sección de estudio, y el ensayo MASW permite determinar los valores de velocidad de las ondas de superficie. El ensayo de refracción permite obtener un modelo simplificado de capas de velocidad y un modelo de tomografía sísmica. El ensayo MASW permite obtener un modelo 1D, o uno 2D mediante la interpolación de modelos unidimensionales obtenidos a partir del analisis de dispersión de frecuencias.



Figura 1. Arreglo típico de adquisición en campo.

Refracción

El método de refracción sísmica utiliza las propiedades de refracción de las ondas de cuerpo con el fin de interpretar la velocidad de la onda y la estructura geológica en la cual viajo la onda. La refracción es el fenómeno en el que una onda cambia de dirección debido a un cambio en el medio por el que la onda viaja. (Lee et al., 2002). El estudio de las ondas refractadas se fundamenta en la Ley de Snell que establece que la relación entre el seno del ángulo de incidencia y el ángulo de refracción es igual a la relación de las velocidades de fase en los dos medios de comunicación:

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Si la capa subyacente es más densa que la capa anterior, la onda refractada incidira a cierto angulo a lo largo de la frontera entre las dos capas y se propagara a una velocidad V2. Este angulo se conoce como el ángulo crítico. Las ondas que viajan a lo largo de la frontera se refractaran de nuevo en la capa superior y se conocen como frente de onda. El principio en la refracción es que la onda refractada críticamente tiene una velocidad más rápida que la onda directa debido a las propiedades físicas de la segunda capa. En algún momento el frente de onda alcanzará los geófonos antes de la onda directa (Figura 2).

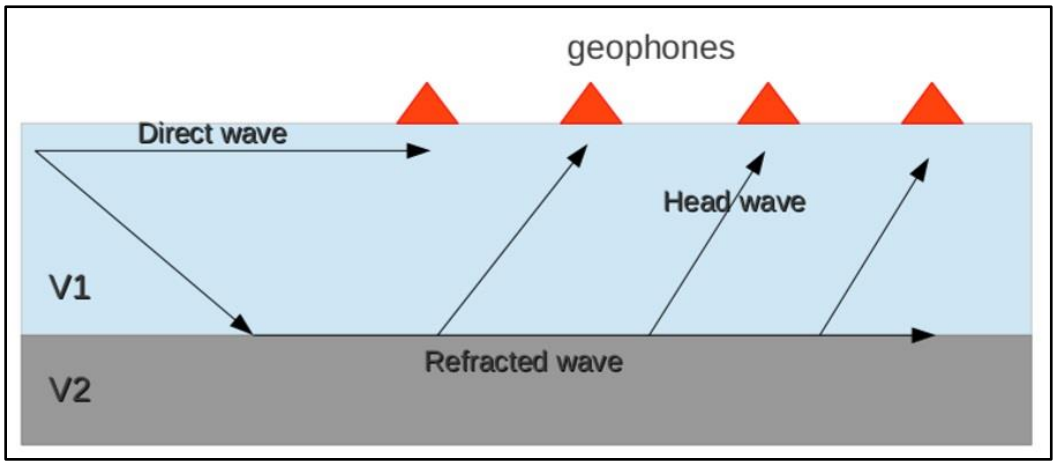


Figura 2. Diagrama que muestra trayectorias de los rayos de onda directa, onda refractada y el frente de onda en un modelo de dos capas.

Debido a la velocidad de la onda refractada, a una cierta distancia conocida de la fuente, el frente de onda llegará a los geófonos antes de que la onda directa. Esto es V2> V1. En refracción, los trenes de ondas se registran y los tiempos de la primera llegada se utilizan para determinar la velocidad de las ondas P o S. Esto se realiza midiendo el tiempo que tarda la onda en propaguarse a través de una distancia conocida y se puede calcular mediante el trazado de una línea a través de los puntos de la primera llegada en un gráfico de tiempo de viaje contra espaciamiento entre sensores. (http://www.iris.edu/hq/resource/ how_shallow_earth_structure_is_determined).

La pendiente de la línea es la lentitud o la inversa de la velocidad (figura 3). Puesto que la velocidad media en un espacio homogéneo es constante, podemos ver fácilmente múltiples capas basadas en la presencia de líneas consecutivas con mayores pendientes. Sin embargo, la refracción sólo puede detectar capas de sucesivo aumento de la velocidad conforme aumenta la profundidad.

Adquirir registros a partir de los extremos de la línea de adquisición y de puntos a lo largo del interior de la línea (puntos medios), nos permite obtener una imagen mas detallada de la estrucutra del suelo incluyendo la inclinación de las capas y las posibles discontinuidades. Los resultados extraños y confusos en el método de refracción sísmica son un indicador de la presencia de una estructura geologica compleja. Las pruebas de refracción ofrecen generalmente una unica solución (pendientes que indican velocidades), mientras que el análisis de dispersión de ondas de superficie pueden producir varios modelos y es el ejercicio del geofisico escoger el modelo que mejor represente sus observaciones de campo.

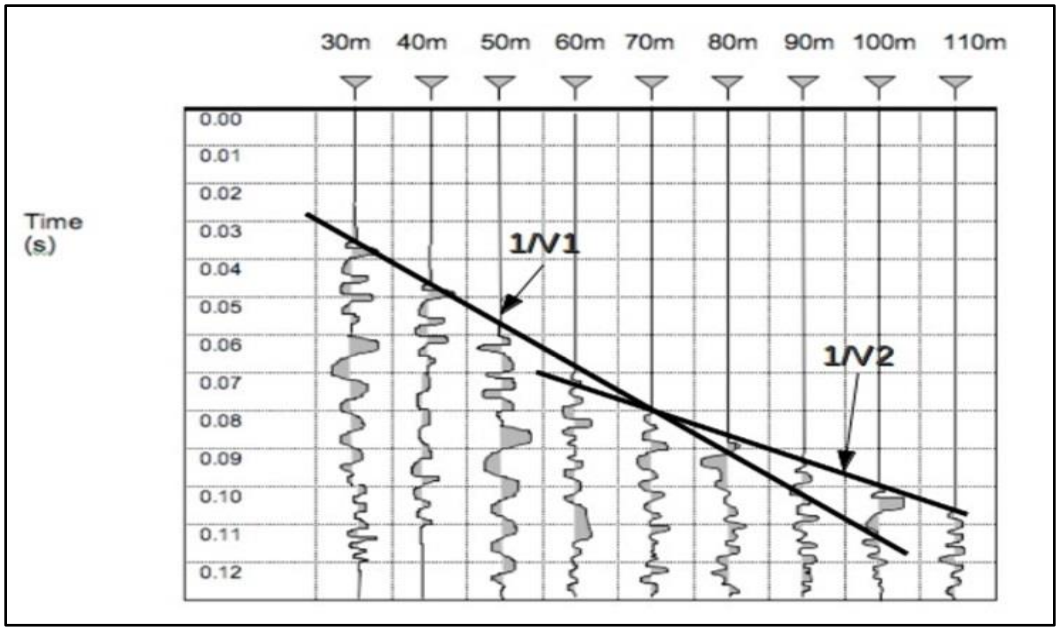


Figura 3. Registro de adquisición multicanal de un disaro en el que se ilustran las primeras llegadas del frente de onda y las lineas que los conectan. Los espesores de la primera capa se pueden calcular utilizando las dos velocidades y la distancia a la que las dos líneas de velocidad interceptan. (Figura modificada de http://www.iris.edu/hq/resource/how_shallow_earth_structure_is_determined)

Procesamiento de datos de Refracción Sísmica.

Para procesar los datos de los registros de refracción, se utiliza un software de inversión que facilite identificar los tiempos de las primeras llegadas de los frentes de onda. A partir de los registros de los diferentes disparos se obtienen los tiempos de viaje desde distintos punto a lo largo de la línea de adquisición. Se grafican las líneas que unen los picos de las primeras llegadas y a partir de las pendientes de estas líneas se calculan las velocidades de onda para las diferentes capas. Las velocidades de las ondas en una capa dada deben permanecer relativamente constante. Las velocidades de onda en capas donde son mas rapidas se manifiestan como primeras llegadas que aparecen antes de lo que predice la línea de la capa anterior. Las capas con velocidades de onda mas lentas con respesto a capas superiores, nunca se veran porque no se pueden ver sus primeros arribos. Los espesores de una capa dada se determina a partir de su propia velocidad, la velocidad de la capa subyacente y la distancia a la que las dos ondas se cruzan entre sí.

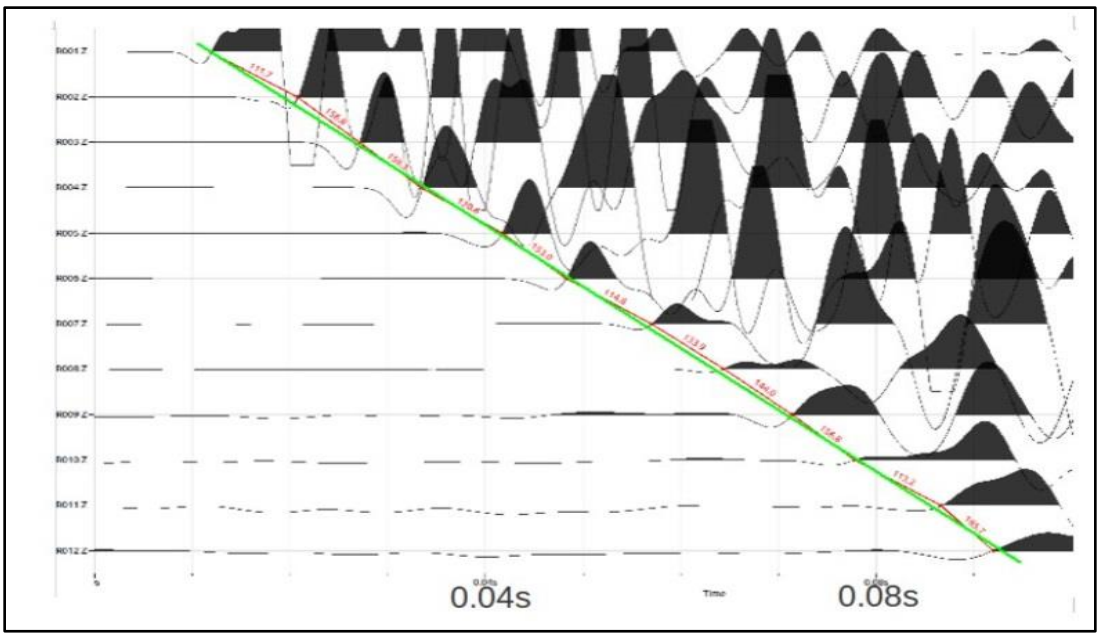


Figura 4. Grabación de un registro multicanal.

En la figura anterior se muestran los picos de las primeras llegadas de una refracción de onda P. Los canales se muestran en el eje Y y el tiempo en el eje x. Los números rojos representan la pendiente de la línea entre geófonos adyacentes basándose en una unidad de separación entre canales. Para obtener la velocidad, se multiplica la pendiente por la distancia entre geófonos por ejemplo de 4 metros en este caso. La línea verde muestra la inclinación.

En la figura 4, la primera llegada del registro de refracción de onda P, muestra una capa con una velocidad de onda P constante de 566 m/s. En este regisro no se identifica una segunda capa debido a la longitud de la línea y una fuente de energia debil, que según el registro no arrojaria una profundidad mayor a 10 metros, sin embargo no hay una forma precisa de saberlo. Con la ausencia de una segunda capa, el espesor de la capa inicial no se puede calcular. A partir de los resultados de la prueba de refracción, para este caso la velocidad de la capa inicial se utilizan como entrada para la prueba MASW a fin de orientar la inversión a resultados más realistas.

1.2 METODO MASW

Análisis de multicanal de Ondas Superficiales (MASW)

El ensayo MASW utiliza las propiedades de dispersión de las ondas de superficie. La dispersión es el fenómeno en el que la fase y velocidades de grupo de una onda de superficie depende de la frecuencia. En un medio de propagación de ondas en capas, la frecuencia de una onda de superficie se relaciona con las propiedades elásticas y físicas del material (Lee et al., 2002). Los geófonos utilizados en los ensayos MASW grabar un tren de ondas formado por ondas de diferentes frecuencias que llegan en diferentes momentos. Las amplitudes grabadas son una función de todas las frecuencias generadas dentro de los medios de propagación en las capas. Dado que las ondas de superficie se generan como resultado de ondas P y Vs de interferencia, una vez que la curva de dispersión adecuada, es capturada a partir de los múltiples registros de los canales de la onda generada en la fuente, se procede a realizar la inversión para obtener los valores de velocidad de onda S Vs, en función de la profundidad (Wathelet, 2005). La curva de dispersión es una interpretación de los diferentes modos o armónicos de la onda de superficie medida que se propaga a través de un medio dado. Un parámetro comunmente determinado es el Vs30, que se calcula tomando un promedio ponderado de las velocidades de la onda Vs calculados para la inversión en los primeros 30 metros. Vs30 está dada por la ecuación:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Donde hi es la profundidad y Vi es la velocidad a la profundidad i.

Procesamiento de datos MASW

Para la prueba MASW se adquieren múltiples registros de diferentes puntos de disparo. Una mayor densidad de geófonos permite aumentar la relación señal a ruido (Taipodia et al., 2012). Una vez que se cargan los registros muticanales en el software de inversión se producen graficos espectrales de frecuencia contra

velocidad de fase a partir de los tiempos de llegada de las diferentes frecuencias, su energía o la amplitud y la fase aparentes. (Wathelet, 2005). El gráfico espectral muestra los modos o los armónicos fundamentales y superiores de las ondas de Rayleigh en el medio de capas. Las curvas de dispersión recogidas en los gráficos espectrales son interpretaciones de los modos. En general, una curva de dispersión que representa el modo fundamental es suficiente para el proceso de inversión.

La cuestión más problemática con el procesamiento MASW está en la selección de la curva de dispersión (Figura 5), si no hay criterios claros hacia adelante o rectas para distinguir entre los modos fundamentales y superiores. En el gráfico espectral, el modo fundamental es a menudo el más dominante (Taipodia et al., 2012), sin embargo este no es siempre el caso. Malos picos y la identificación errónea de los modos dará lugar a resultados poco razonables. Debido a esto, varios intentos de inversión son a menudo necesarias para obtener un modelo decente.

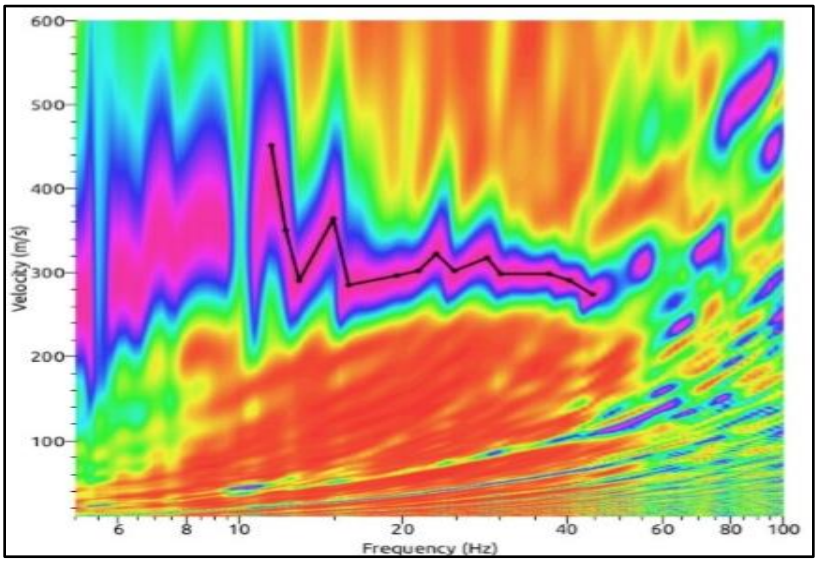


Figura 5. Gráfico de espectro tipico obtenido en un ensayo MASW.

En la figura anterior la línea de color negro es la curva de dispersión basada en el modo fundamental. Dado que las ondas Rayliegh son el producto de la interferencia entre las ondas P y Vs, la inversión de la curva de dispersión devuelve velocidades de ondas P y ondas Vs como función de la profundidad.. A través de la inversión, se producen varios de modelos para posibles soluciones.

Es importante poer ello agregar información adicional a la inversión para afinar el modelo.

El proceso de inversión debe necesariamente limitarse a los modelos de resultados mas realista. Algunos programas de inversión permiten obtener modelos mas apropiados incluyendo en el proceso parametros de entrada adicionales como coeficientes de Poisson, estructura geológica de la zona de estudio, valores de velocidad y de densidad del suelo por ejemplo.

Algunos programas permiten llegar a un modelo preciso reportando el valor de onda P obtenido en un ensayo de refracción. Un modelo realista debe reportar un valor de onda Vs aproximadamente de la mitad del valor de onda Vp. Suponiendo que a partir del ensayo de refracción se identifique la primera capa que se encuentra hasta pocos metros de profundidad, modelos apropiados de Vs y Vp deberian coincidir.

La profundidad de la investigación para los ensayos de onda Rayliegh está relacionada con la longitud de onda más larga generada. La longitud de onda más larga generada depende de la potencia de impacto de la fuente y las propiedades físicas del subsuelo. La profundidad de penetración de las ondas Rayleigh es de aproximadamente 0,4 veces la longitud de onda más larga (Schuler, 2008). Por lo tanto, la profundidad de la investigación se puede estimar mediante el uso de la curva de dispersión. Apartir de que la longitud de onda es igual a velocidad dividida por la frecuencia se puede estimar la profundidad de penetración utilizando las ecuaciones:

$$D = 0{,}4 * \text{lambda} \quad \text{lambda} = 0{,}4 * Vr / f$$

Donde D es la profundidad de la penetración, lambda es la longitud de onda, Vr es la velocidad de onda de Rayleigh y f es la frecuencia. Combinando las ecuaciones obtenemos: $D = 0{,}4 * Vr / f$

Al seleccionar la frecuencia más baja en nuestra curva de dispersión (figura 5) se puede estimar que esta encuesta tiene una precisión de aproximadamente 15 metros de profundidad. $D = 0{,}4 * (460m / s) / (12 Hz) = 15.3m$.

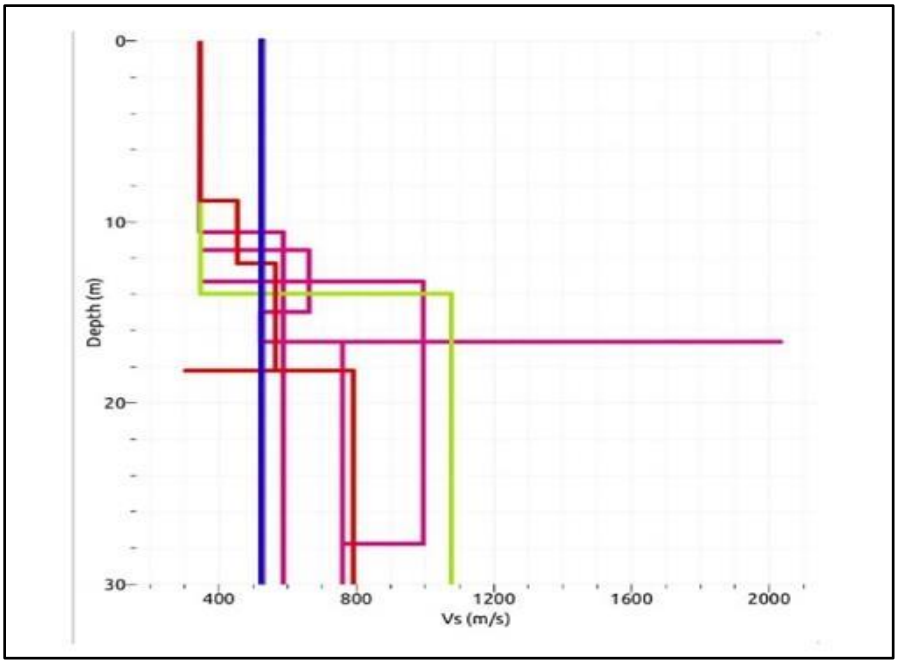


Figura. 6 velocidades de onda Vs obtenidos de la inversión de datos aplicando el método MASW.

1.3 METODO MAM o ReMi

Analisis espectral de ondas superficiales – Microtremores.

El método de refracción microtremor (ReMi) es un método utilizado para mediciones in situ de perfiles de velocidad de ondas de corte Vs usando registros de ruido ambiental. Para la adquisición de datos se usa el mismo sismógrafo convencional y geófonos verticales de onda P usado en estudios de refracción.

Esta técnica está basada en dos ideas fundamentales. La primera es que el equipo de adquisición de refracción sísmica aporta una salida casi idéntica a la sísmica de refracción de la onda P, además que puede efectivamente grabar ondas superficiales a frecuencias tan bajas como de 2 Hz. La segunda idea es que se pueden separar las ondas Rayleigh de otras ondas registradas por el equipo, y también que es posible reconocer la verdadera fase de velocidad de otras velocidades aparentes. Esto hace posible un análisis espectral de ondas de

superficies (SASW) y una efectiva técnica de análisis multicanales de ondas de superficies (MASW).

Dependiendo de las propiedades del material del subsuelo, arreglo geométrico y tipos de sensores (distancia y frecuencia geófonos), el método MAM o ReMi puede determinar velocidades de ondas a profundidades mínimas de 30m y hasta un máximo de 100m.

El procedimiento de adquisición de data consiste en obtener de 5 a 10 registros de ruido sísmico de 20 segundos mínimo usando un sismógrafo convencional y geófonos de onda P. La fuente de la señal es representada por ruido natural o por ruido inducido por el operador geofísico (martillazos, un carro que maneja cerca del perfil de geófonos, etc.).

Procesamiento de datos MAM

La transformación del campo de onda del registro de ruido revela la curva de dispersión de la onda. Esto es posible a través del análisis espectral de la velocidad (transformación p-tau de Thorson y Claerbout, 1985). Esta transformación se logra procesando sismogramas múltiplos adquiridos en formatos de amplitud versus distancia y tiempo x-t; se convierten en amplitudes relativas al parámetro de rayo p (el inverso de la velocidad aparente) y un tiempo de intercepta tau.

El diagrama p-tau llamado transformación campo de onda lentitud – frecuencia (slowness-frequency wavefield) es particularmente efectivo en la digitalización (picking) de curvas de dispersión de la velocidad de fase (fundamental mode) a pesar de la presencia de otras ondas (higher mode Rayleigh waves, body waves, air waves & ruido incoherente).

El diagrama de fase dispersiva muestra la curva distintiva en capas superficiales de baja velocidad: aumentando la pendiente desde altas velocidad de fase (baja lentitud) a bajas frecuencias. A velocidad de fase menor (alta lentitud) más altas frecuencias. Prácticamente la distinta pendiente de las ondas dispersivas es una ventaja para el análisis p-f que permite una clara distinción de las ondas Rayleigh (y sus energías) en modo fundamental de las otras.

La digitalización (picking) de la transición de energía del modo fundamental en el diagrama p-f es similar al criterio de digitalización de la potencia “power” en el

método MASW. La selección de las velocidades de fase a las frecuencias donde una pendiente o un pico en la relación espectral ocurren identifica claramente la curva de dispersión. El picking no es hecho a frecuencias sin un claro pico en la relación espectral, esto en particular a frecuencias menores de 4 Hz y mayores a 14 Hz donde no se identifica una clara onda de dispersión superficial.

El picking es hecho a lo largo del borde de velocidad más baja "lowest-velocity envelope", parte inferior de la energía del modo fundamental que aparece en la imagen p-f. La ventaja de esto es que no se arriesga a incluir en el picking la contribución de ondas Rayleigh tipo higher mode (que además aparecen claramente distintas en las imágenes p-f) que tienen velocidad de fase mayores del tipo fundamental mode.

La curva de dispersión de la onda es luego modelada a través de algoritmos tipo directo e inverso (a partir de un modelo geológico conceptual) para determinar el perfil de velocidad de onda del subsuelo. La resolución del modelo final es cuantificada según la incertidumbre de los picks.

A continuación, se presentan las asignaciones EC8 y NEHRP para tipos de suelos, para distintos valores de Vs.

Ground type	Description of stratigraphic profile	Parameters		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (blows/30cm)	c_u (kPa)
A	Rock or other rock-like geological formation, including at most 5 m of weaker material at the surface.	> 800	–	–
B	Deposits of very dense sand, gravel, or very stiff clay, at least several tens of metres in thickness, characterised by a gradual increase of mechanical properties with depth.	360 – 800	> 50	> 250
C	Deep deposits of dense or medium-dense sand, gravel or stiff clay with thickness from several tens to many hundreds of metres.	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	Deposits of loose-to-medium cohesionless soil (with or without some soft cohesive layers), or of predominantly soft-to-firm cohesive soil.	< 180	< 15	< 70
E	A soil profile consisting of a surface alluvium layer with v_s values of type C or D and thickness varying between about 5 m and 20 m, underlain by stiffer material with v_s > 800 m/s.			
S_1	Deposits consisting, or containing a layer at least 10 m thick, of soft clays/silts with a high plasticity index (PI > 40) and high water content	< 100 (indicative)	–	10 - 20
S_2	Deposits of liquefiable soils, of sensitive clays, or any other soil profile not included in types A – E or S_1			

Pre-1994 site class (approximate)	New NEHRP site class	Description	v_S (m/s)	SPT blow count, N	S_u (kPa)
S1	A	Hard rock	> 1 500	–	–
	B	Rock	760 – 1 500	–	–
S1 and S2	C	Soft rock / very dense soil	360 – 760	> 50	> 100
	D	Stiff soil	180 – 360	15 – 50	50 – 100
S3 and S4	E	Soft soil	< 180	< 15	< 50
	F	Soils requiring site-specific study	–	–	–

Tabla 1. Imagen que muestra diferentes tipos de materiales del subsuelo estudiados y sus respectivos valores de velocidad de onda s VS. Asignación de EC8 (arriba) y NEHRP (abajo). El tipo de suelo se basa en el cálculo de Vs30. (Moura et al. 2012).

Materials	Velocity	
Natural Soil and Rock	ft/s	m/s
Weathered surface material	800 to 2000	240 to 610
Gravel or dry sand	1500 to 3000	460 to 915
Sand (saturated)	4000 to 6000	1220 to 1830
Clay (saturated)	3000 to 9000	915 to 2750
Water[A]	4700 to 5500	1430 to 1665
Sea water[A]	4800 to 5000	1460 to 1525
Sandstone	6000 to 13 000	1830 to 3960
Shale	9000 to 14 000	2750 to 4270
Chalk	6000 to 13 000	1830 to 3960
Limestone	7000 to 20 000	2134 to 6100
Granite	15 000 to 19 000	4575 to 5800
Metamorphic rock	10 000 to 23 000	3050 to 7000

[A] Depending on temperature and salt content.

Tabla 2 Gráfico que muestra los materiales probados y sus velocidades de las ondas P respetados. Gráfico tomado forma ASTM.org.

1.4 Clasificación del suelo mediante la norma colombiana NSR-10

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10 clasifica los tipos de suelo dependiendo del valor de la velocidad de onda de corte, de acuerdo a la tabla 3.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s> $\bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > $\bar{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > $\bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w ≥ 40% 50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F_1 — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F_2 — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F_3 — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F_4 — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

Tabla 3. Clasificación de suelos de acuerdo con la NSR-10. Figura tomada del código NSR-10SR-10

2. DISPOSICIÓN ESPACIAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra localizada en los predios de la Base Aérea de la Fuerza Aérea ubicada en el municipio de Puerto Salgar en el departamento de Cundinamarca.

Las coordenadas de las ubicaciones de la línea adquirida se relacionan en la tabla 4 Estas coordenadas corresponden a las ubicaciones del primer y último sensor o geófono de cada línea.

FORMATO COORDENADAS		WGS 84 / UTM zone 18N (EPSG 32618)		MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogota zone (EPSG 3116)	
ID LINEA		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
LINEA 1	INICIO	538320.16 m E	605325.76 m N	936108.442	1097355.156
	FIN	538401.07 m E	605243.84 m N	936189.261	1097273.076

Tabla 4. Coordenadas de inicio y fin de la línea de estudio.

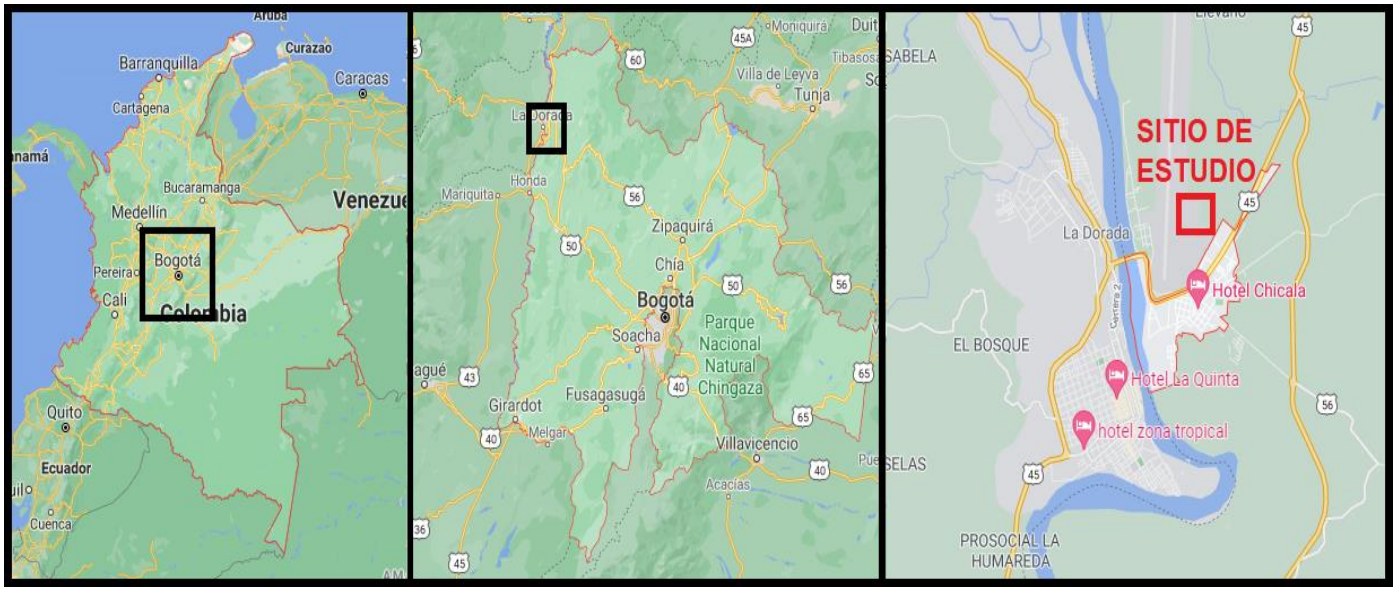


Figura 7. Mapa de la zona de estudio, Base aérea Puerto Salgar, Cundinamarca. Imágen **Google**®maps 2021.



Figura 8. Detalle de la zona de estudio. Fotografía satelital **Google**®earth 2021.

3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO Y ARREGLOS DE ADQUISICIÓN

Para la ejecución de este proyecto se utilizó un equipo marca Geometrics, de referencia Geode, de 24 canales; 24 sensores geófonos o sensores verticales de frecuencia natural de 4.5 y de 14 Hz; fuente activa con martillo de 16 libras de masa, junto con una placa de teflón y de metal de 25x25x4 centímetros.

La geometría utilizada fue lineal con 24 canales activos, espaciados entre ellos una longitud constante máxima de 5 metros para lograr una longitud total por tendido de 115 metros. Esta distancia corresponde a la longitud del cable entre el primer y el último geófono o sensor.

3.1 Especificaciones Técnicas equipo de adquisición Geode

Conversión A / D: 24 bits con Crystal Semiconductor, convertidores sigma-delta y sistema de sobremuestreo propiedad de Geometrics
Rango Dinámico: 144 dB (sistema), 110 dB (instantáneo, medido) a 2 ms, 24 dB.
Ancho de banda: 1,75 Hz a 20 kHz.
El rechazo de modo común: > -100 dB a <= 100 Hz, 36 dB.
Apilamiento de disparo Precisión: 1/32 del intervalo de muestreo.
Voltaje máximo de la señal de entrada: 2,8 VPP.
Impedancia de entrada: 20 kOhm, 0,02 UF.
Ganancias del preamplificador: El software permite SGOS para ganancia seleccionable de 24 o 36 dB. **Filtros Anti-alias:** -3 dB a 83% de la frecuencia de Nyquist, por debajo de 90 dB.
Intervalo de muestreo: 0,02, 0,03125, 0,0625, 0,125, 0,25, 0,5, 1,0, 2,0, 4,0, 8,0, 16,0 ms.
Longitud de registro: 16.000 muestras estándar, 64,000 muestras opcional 2
Retardo: 0 a 9999 ms en pasos de 1 ms.
Adquisición y DisplayFilters:
LowCut: OUT, 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz, 24 o 48 dB / octava, Butterworth. Notch: 50, 60, 150, 180 Hz y por fuera, con el ancho de banda 50 dB de rechazo 2% de la frecuencia central. HighCut: OUT, 250, 500 o 1000 Hz, 24 o 48 dB / octava. LineTesting: monitor de ruido en tiempo real de salida visual en tiempo real a partir de geófonos.
Almacenamiento de datos: Almacena los datos en el disco duro local, RAID local o NAS. Soporte de cintas disponibles en Windows XP.
Disparo: Positivo, negativo o cierre de contacto, umbral ajustable software.
Formatos de datos: estándar SEG-2 con SGOS. SEG-D y SEG-Y disponible. 2
Alimentación: Requiere batería externa de 12V. Utiliza 0,65 W / canal durante la adquisición, el modo de reposo reduce el consumo de energía en un 70%.



Figura 9. Equipo de adquisición de datos sísmicos y accesorios.

ID sensor (# CH - geófono)	Coord. X Sensor (m)	LINEA 1 Coordenadas X de puntos de disparo (m)
		-5
		-2.5
1	0	2.5
2	5	7.5
3	10	12.5
4	15	17.5
5	20	22.5
6	25	27.5
7	30	32.5
8	35	37.5
9	40	42.5
10	45	47.5
11	50	52.5
12	55	57.5
13	60	62.5
14	65	67.5
15	70	72.5
16	75	77.5
17	80	82.5
18	85	87.5
19	90	92.5
20	95	97.5
21	100	102.5
22	105	107.5
23	110	112.5
24	115	117
		120
Long. total, con puntos de disparo		**125**

Tabla 5. Ubicación de sensores y puntos de disparo dentro de la línea de adquisición (espaciamiento entre sensores de 5 metros), esta geometría se ilustra en la figura de geometría de adquisición.

El espaciamiento entre sensores corresponde a la distancia medida en superficie y no a la distancia entre sensores en vista de planta.

4. ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

INFORMACIÓN TÉCNICA LÍNEAS	
ID LINEA	Línea 1
LONGITUD (superficie entre sensores)	115 m
ORIENTACIÓN	NO-SE
NRO CANALES	24
ΔX SENSORES	5 m
LONG REGISTROS	2 y 30 seg
TASA DE MUESTREO	0.25 y 2 ms
NRO DE MUESTRAS	4000 y 500 mps
STACKING	7 shots por punto
MÉTODO ADQUIRIDO	MASW-Refracción-Remi

Tabla 6. Ficha técnica líneas adquiridas.

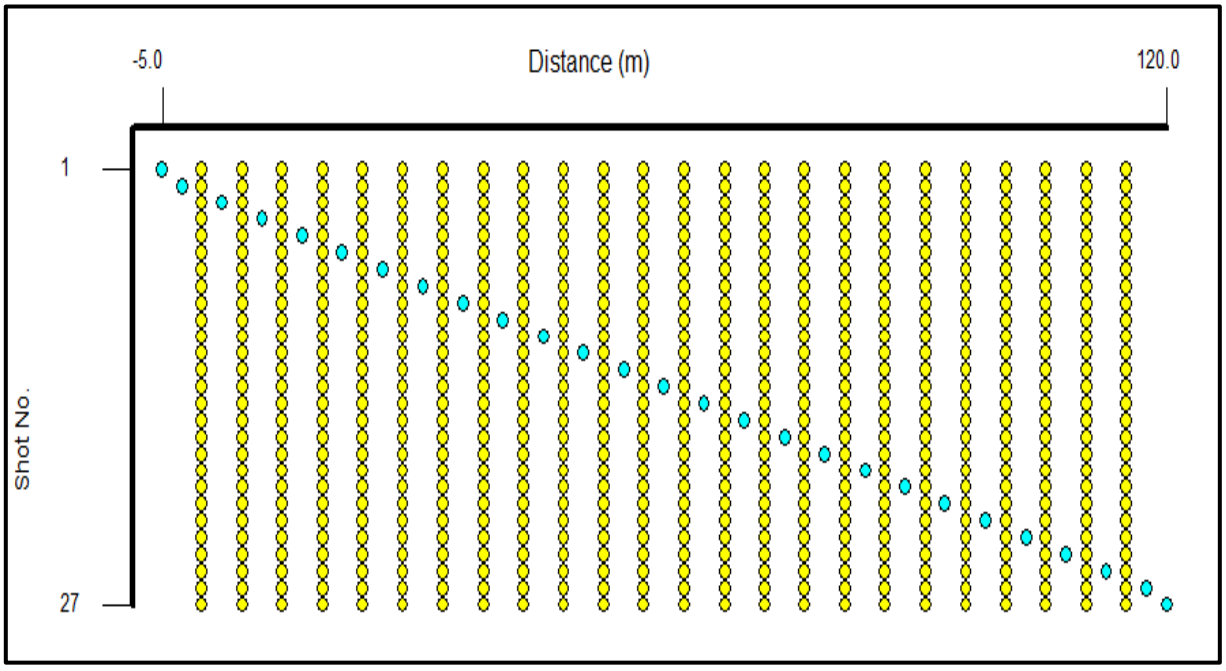


Figura 10. Geometría de adquisición general para las líneas 1.

4.1 Línea 1

Ubicación línea 1 Base aérea Puerto Salgar.

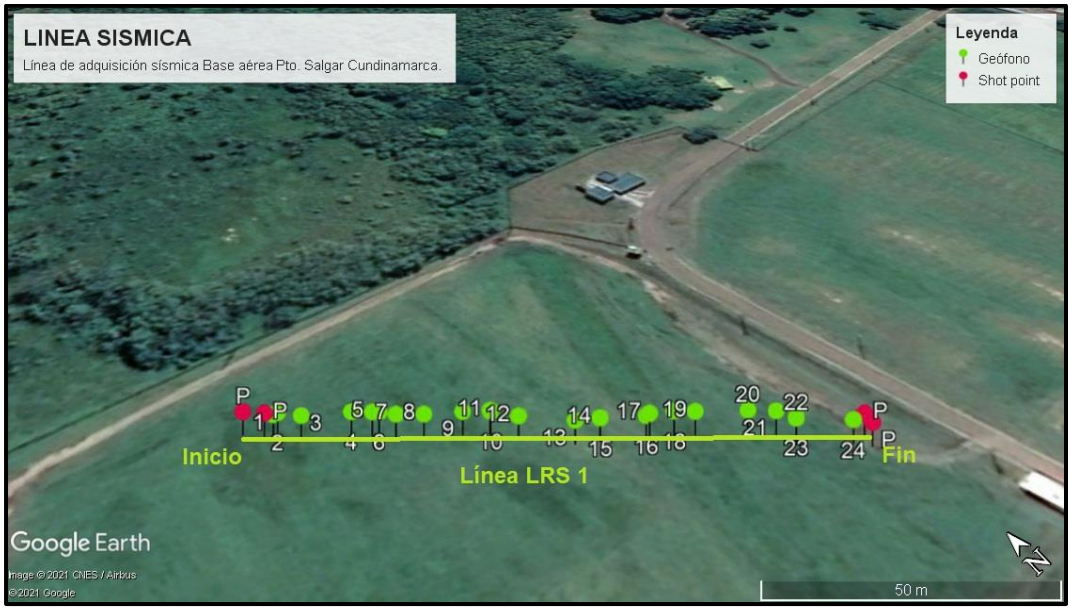


Figura 11. Ubicación en planta de la línea de adquisición Línea 1.

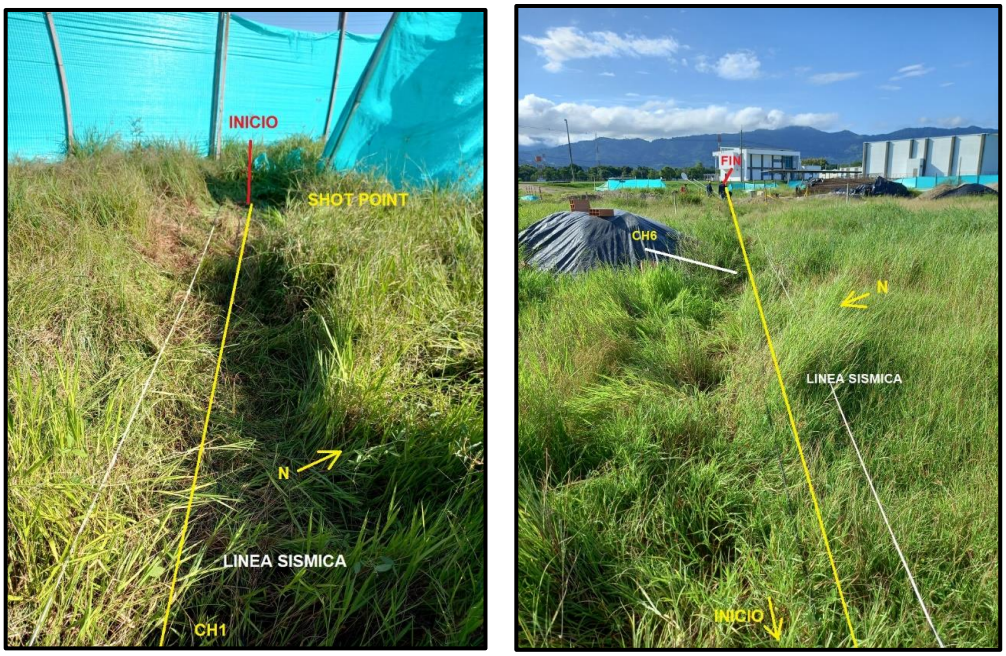




Figura 12. Registro fotográfico Línea 1.

Refracción sísmica

A continuación, se presentan los resultados del procesamiento de los datos adquiridos para la generación del modelo 2D de refracción sísmica. La siguiente figura presenta los resultados del picado y el análisis de los tiempos de viaje.

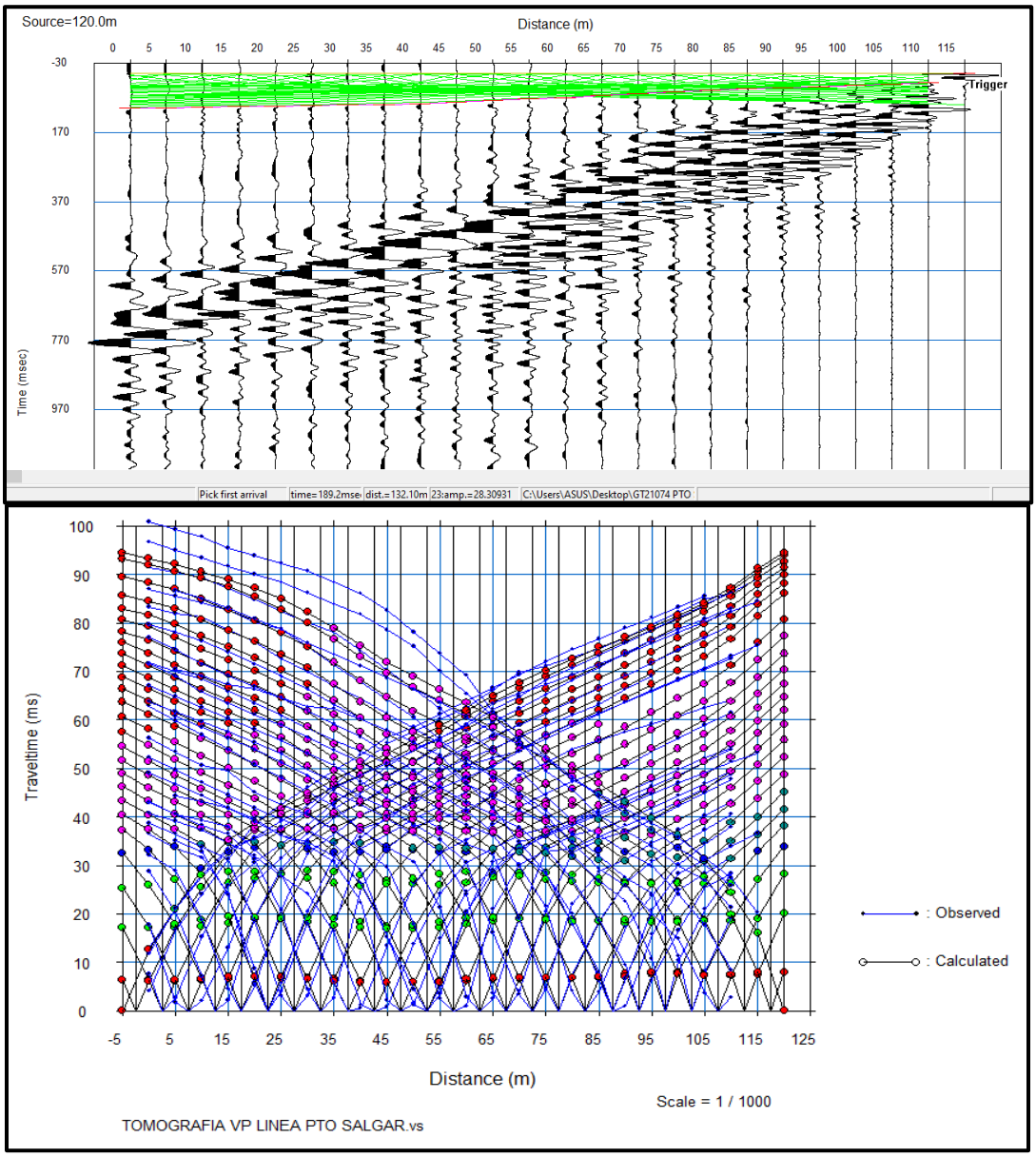


Figura 13. Selección de primeras llegadas y tiempos de viaje de ondas, para análisis de refracción sísmica línea 1.

A partir de las curvas de tiempos de viaje generadas para los puntos de disparo, se generó el modelo de capas y el modelo de tomografía sísmica Vp.

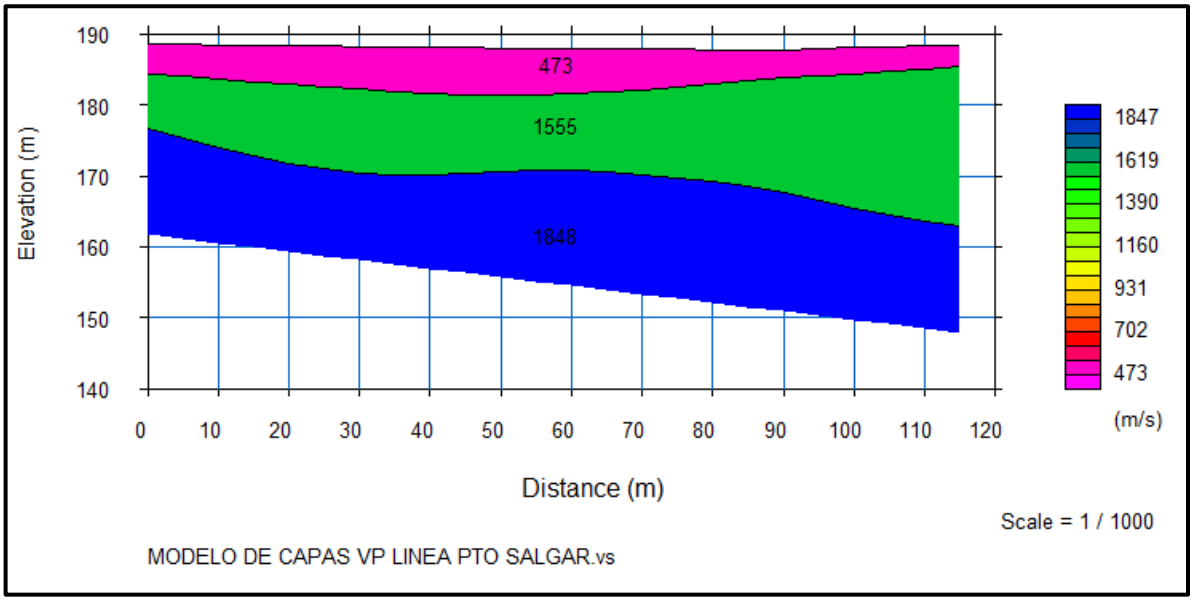


Figura 14. Perfil de modelo de capas. Velocidades de onda P obtenidas para la línea 1. Error RMSE=1.44 ms.

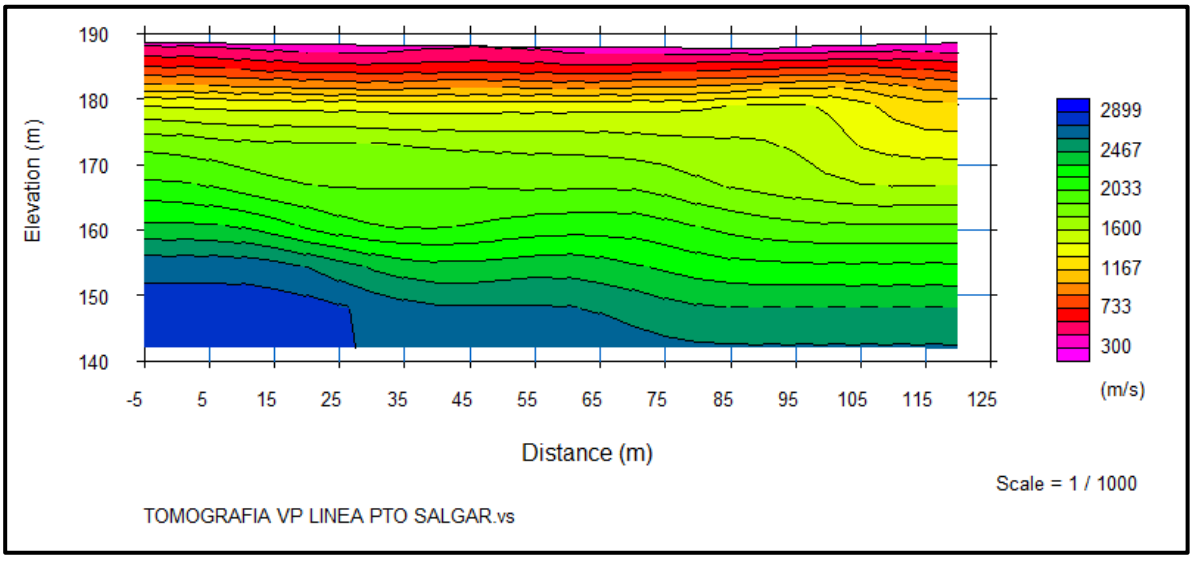


Figura 15. Perfil de modelo de tomografía sísmica. Velocidades de onda P obtenidas para la línea 1.

Los colores con tendencia al rojo representan la escala más baja en los valores de velocidad y los colores con tendencia al azul representan los valores de velocidad más altos obtenidos para este perfil.

Análisis de ondas superficiales masw.

Análisis 1D MASW

Se realizaron dos análisis de los datos para obtener modelos de velocidad de onda s Vs, el primero en una dimensión 1D y el siguiente en dos dimensiones 2D.

Se realizó el análisis de dispersión de frecuencias y el análisis de inversión para generar el modelo 1D de velocidades de onda S que corresponde a la parte central de la línea de adquisición. En la figura siguiente se observa el análisis de dispersión. Punto de disparo 120 metros desde el inicio de la línea.

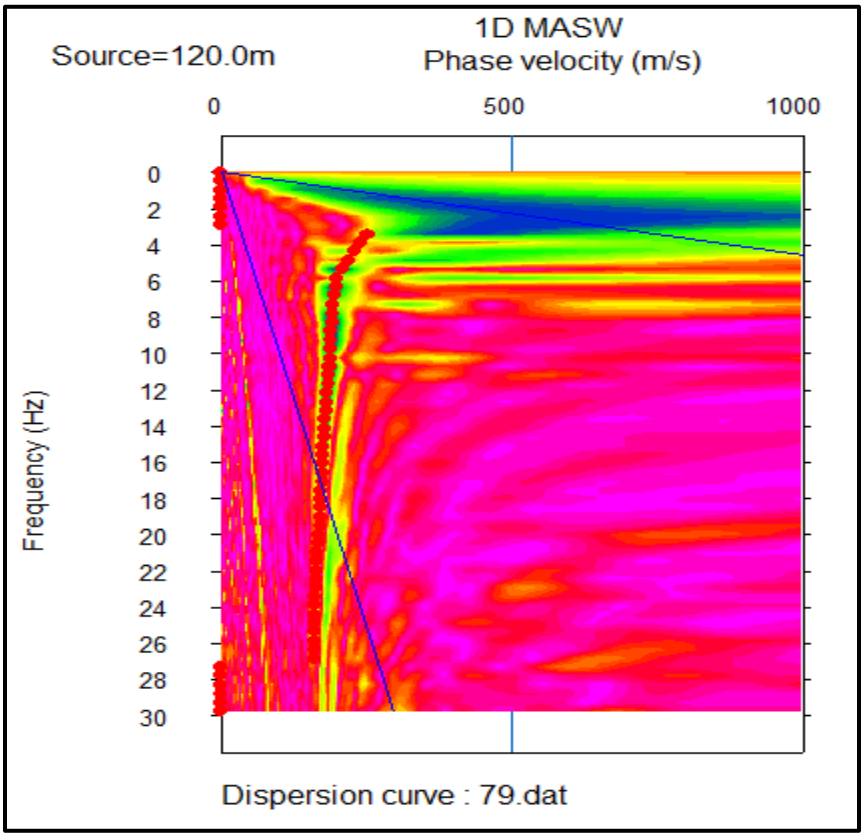


Figura 16. Resultado del análisis dispersión obtenido para la línea 1. Rango de frecuencias útiles del modo fundamental entre 3 y 26 Hz.

La siguiente figura presenta el resultado del análisis de inversión. Esta imagen incluye la clasificación de las capas del modelo, de acuerdo con la NSR-2010, así como también el valor del parámetro Vs30.

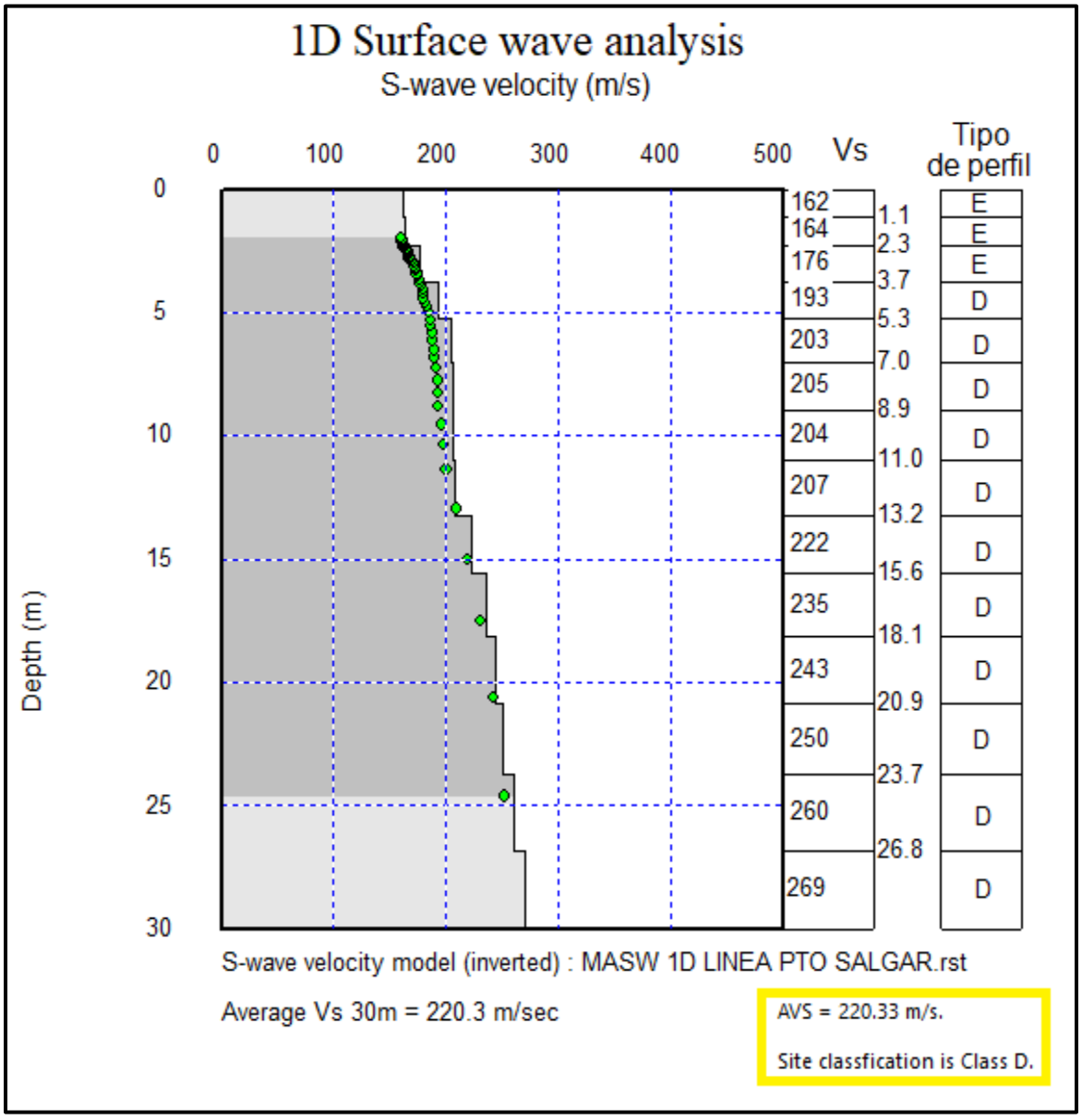


Figura 17. Resultado del análisis de inversión obtenido para la línea 1**. Incluye resultados para tipo de perfil de suelo según NSR2010 y VS30.**

Análisis 2D MASW

La geometría utilizada en el levantamiento 2D de MASW se adopta a partir de la utiliza del concepto de punto medio (CMP), muy utilizado en sísmica de reflexión. El CMP es el punto intermedio entre un par fuente-receptor, y el conjunto de puntos medios comunes; son un conjunto de trazas que tienen el mismo punto medio. Para cualquier configuración de propagación dada, se realiza una correlación cruzada para cada par de trazas en un registro de disparo, se reúne todos los trazados de correlación mediante CMP, y luego los trazados que tienen igual espaciado se apilan en el dominio de tiempo (Hayashi y Suzuki, 2004). Estos pasos adicionales sobrepasan la técnica ORIGINAL MASW aumentando efectivamente la resolución lateral y la precisión de la sección transversal final de Vs.

En la siguiente figura, en la fila superior (1) se ilustra la distribución de CMP para un registro de disparo (1b) y un conjunto de CMP (1c). La recolección por CMP (1c) se enfoca en el muestreo y por lo tanto, aumenta la relación señal-ruido y la resolución lateral. En la fila inferior (2) se ilustra cómo se aplica el concepto de CMP a los métodos de onda de superficie. El análisis por disparo (2b) para MASW 1D no plantea problemas de resolución ya que el MASW 1D proporciona una sola curva Vs promediada sobre la longitud total del tendido o línea. Se podría usar una serie de curvas 1D MASW Vs para construir una sección transversal de Vs, pero el procesamiento mediante CMP (2c) aumenta la resolución lateral y la precisión.

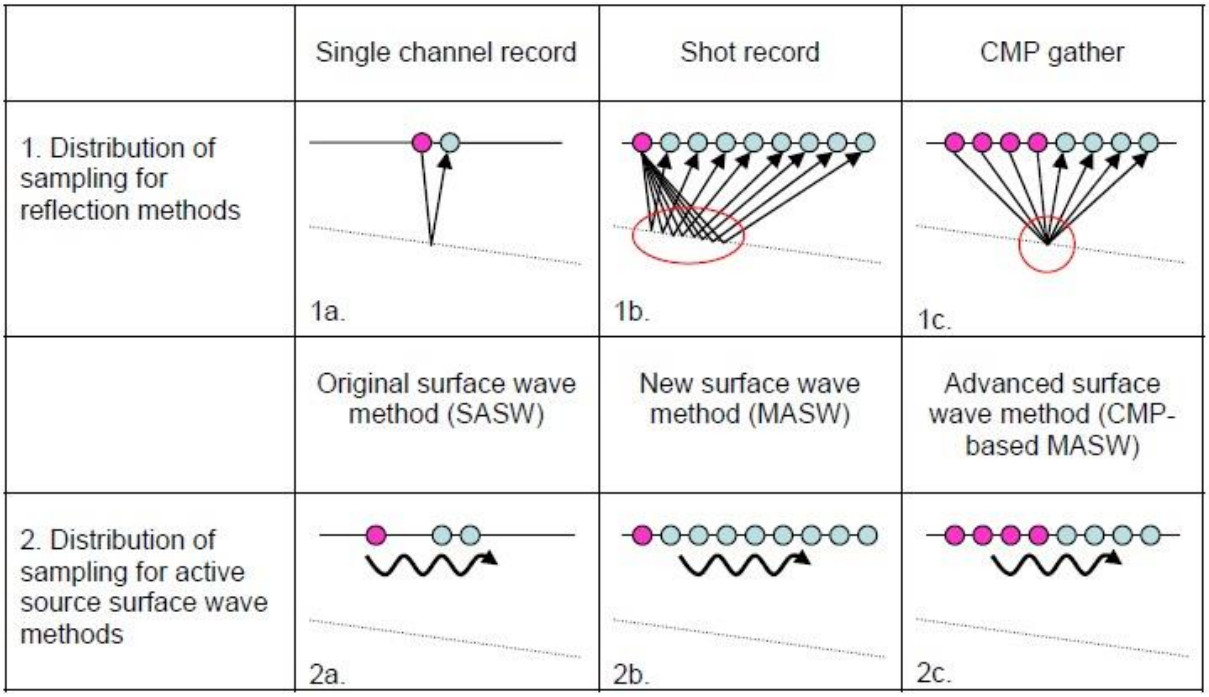


Figura 18. El concepto de CMP aplicado a MASW 2D (SeisImager/SW Manual Version 3.0, October 2009).

Con la geometría de adquisición utilizada (Figura 10), se generan los resultados del análisis en dos dimensiones. La próxima figura presenta las curvas de los resultados de los análisis de dispersión para los CMPs obtenidos, y la que le sigue los modelos de velocidad generados a partir de los análisis de inversión.

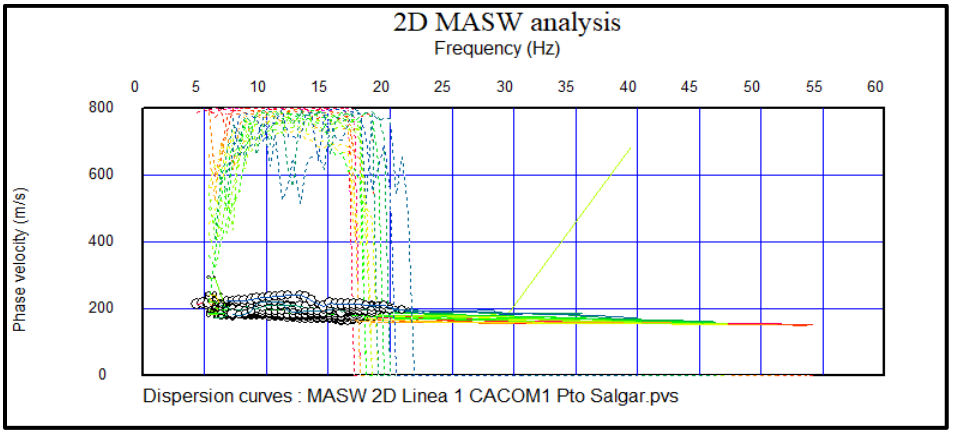


Figura 19. Conjuntos de curvas de dispersión obtenidas para la línea 1. Rango de frecuencias útiles del modo fundamental entre 5 y 35 Hz.

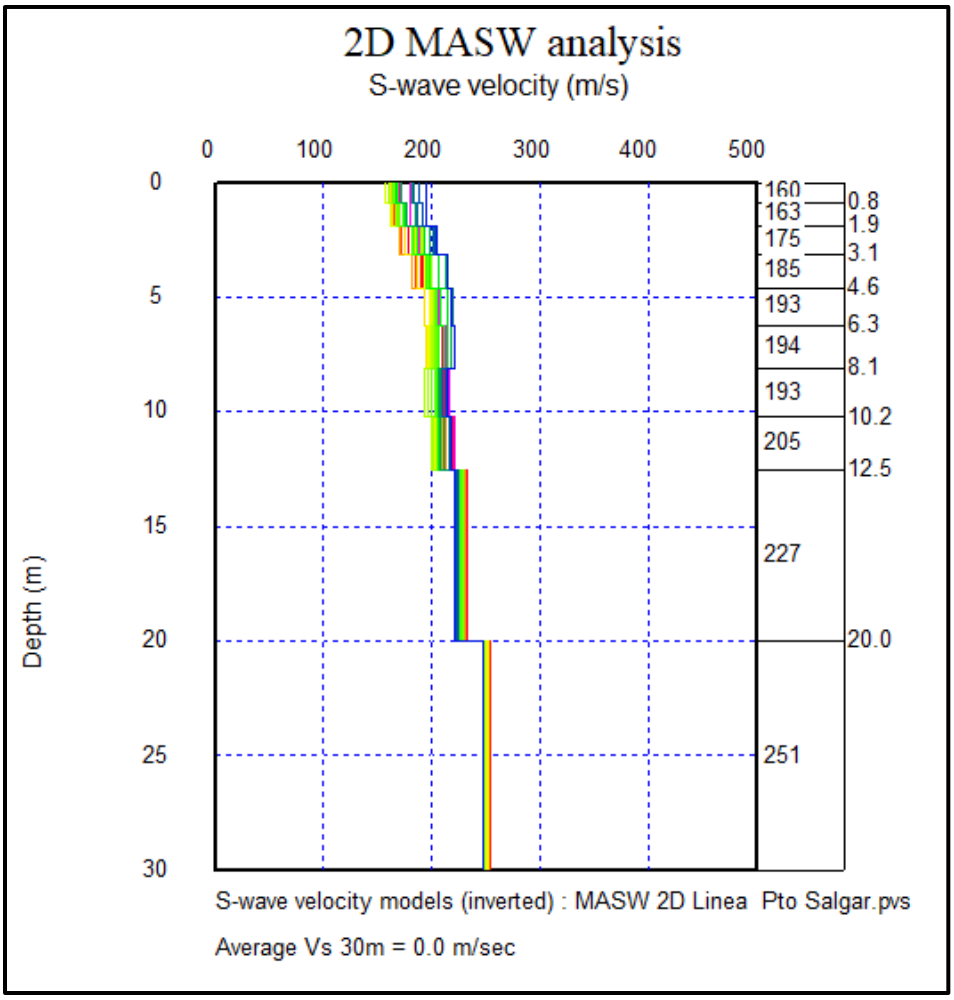


Figura 20. Conjunto de perfiles 1D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea 1.

A partir de este conjunto modelos Vs de perfiles 1D se reconstruye el modelo de velocidades Vs en 2D.

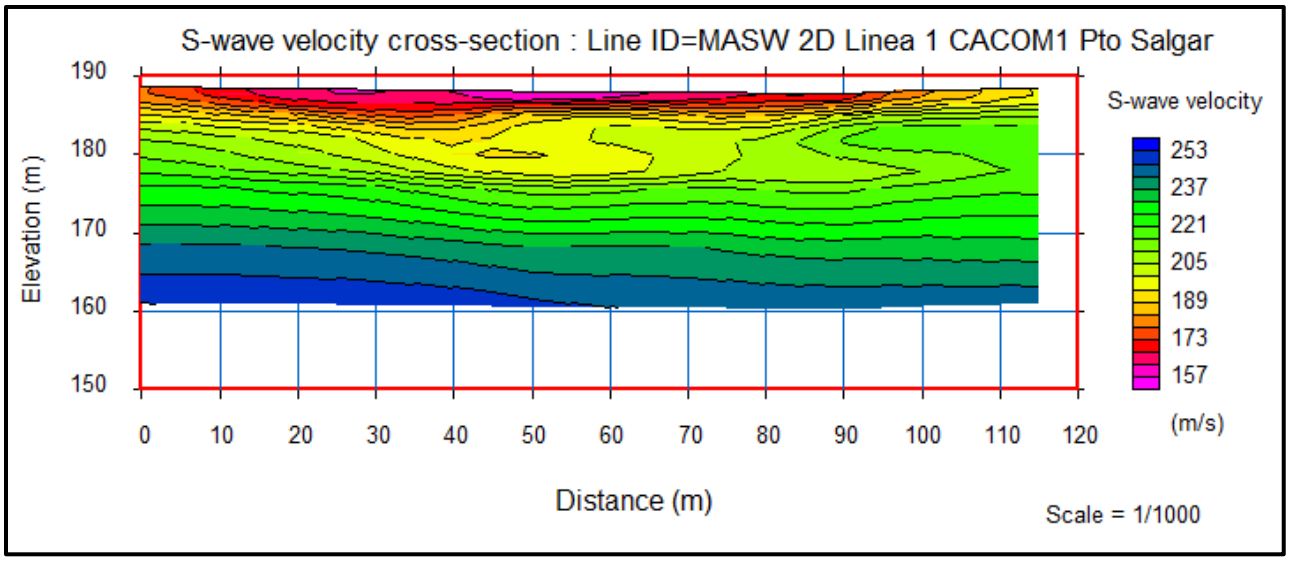


Figura 21. Perfil de modelo 2D de velocidades de onda s Vs obtenidas para la línea 1.

Los colores con tendencia al rojo representan la escala más baja en los valores de velocidad y los colores con tendencia al azul representan los valores de velocidad más altos obtenidos para este perfil.

Microtremores (ReMi)

Se realizó la adquisición de datos de fuente pasiva, para obtener valores de velocidades de onda S Vs a una mayor profundidad con respecto a la reportada por el método MASW, dado que el análisis de microtremores tiene en cuenta longitudes y amplitudes de onda mayores (frecuencias más bajas), además de registros más largos.

Para el análisis de Microtremores se adquirieron registros de 30 segundos.

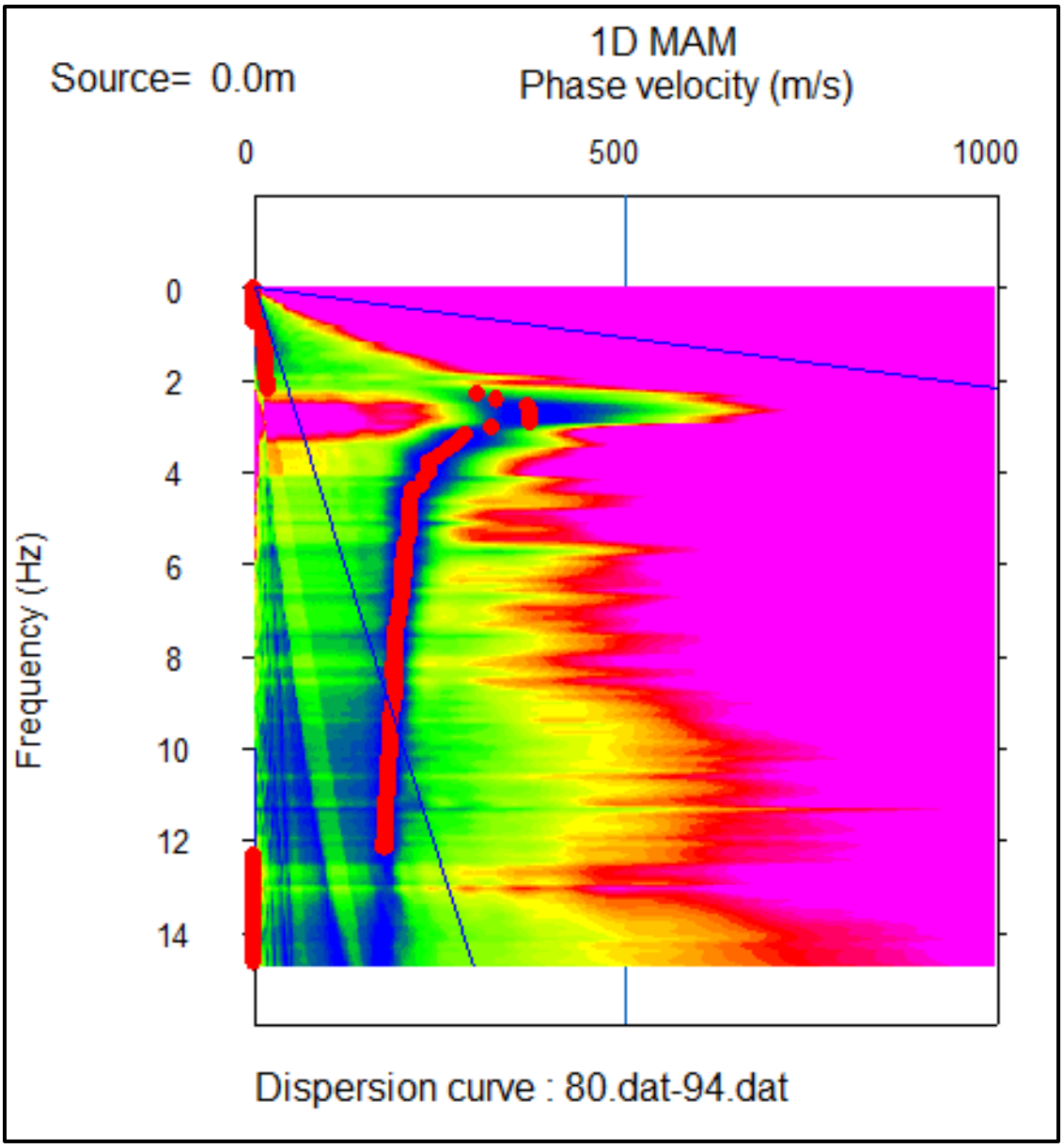


Figura 22. Resultado del análisis dispersión de fuente pasiva obtenido para la línea 1.

Se adquirieron 15 registros de 30 segundos, de sísmica pasiva en la línea 1. La adquisición de este ensayo se realizó aprovechando el ruido sísmico ambiental.

La siguiente imagen presenta el resultado del ensayo MAM para la línea 1:

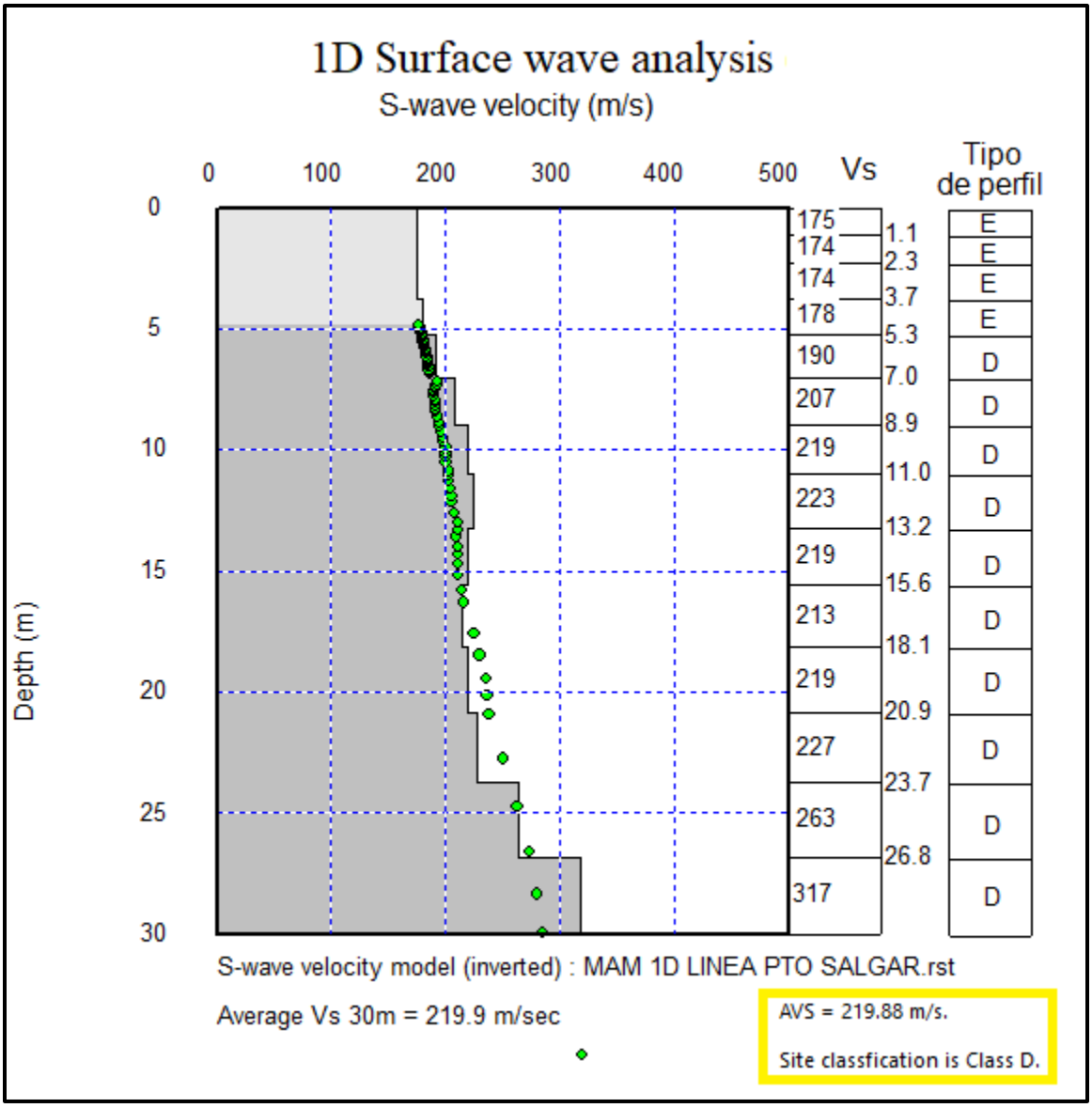


Figura 23. Resultado del análisis de inversión obtenido para la línea 1 para el método MAM**. Incluye resultados para tipo de perfil de suelo según NSR2010 y VS30.**

5. CORRELACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los cálculos realizados a partir de los modelos Vp y Vs obtenidos en la sección 4. Los siguientes perfiles y modelos son obtenidos a partir de los métodos geofísicos que buscan representar lo mejor posible las características de propagación de velocidad de onda del sitio de estudio, sin necesariamente describir exactamente el comportamiento de este.

Es importante recordar que los métodos geofísicos son métodos indirectos que deben ser complementados con ensayos directos y/o de laboratorio, lo que permitirá darles una mejor interpretación a los resultados.

5.1 Relación entre Vs y Vp y Relación entre Vs y N.

La ecuación predeterminada para la relación Vp y Vs por encima del nivel freático es simplemente dos veces vs La ecuación predeterminada para debajo del nivel freático es de Kitsunezaki (1990). El efecto de Vp en la velocidad de fase es típicamente mínima; estas relaciones son adecuadas para la mayoría de los modelos.

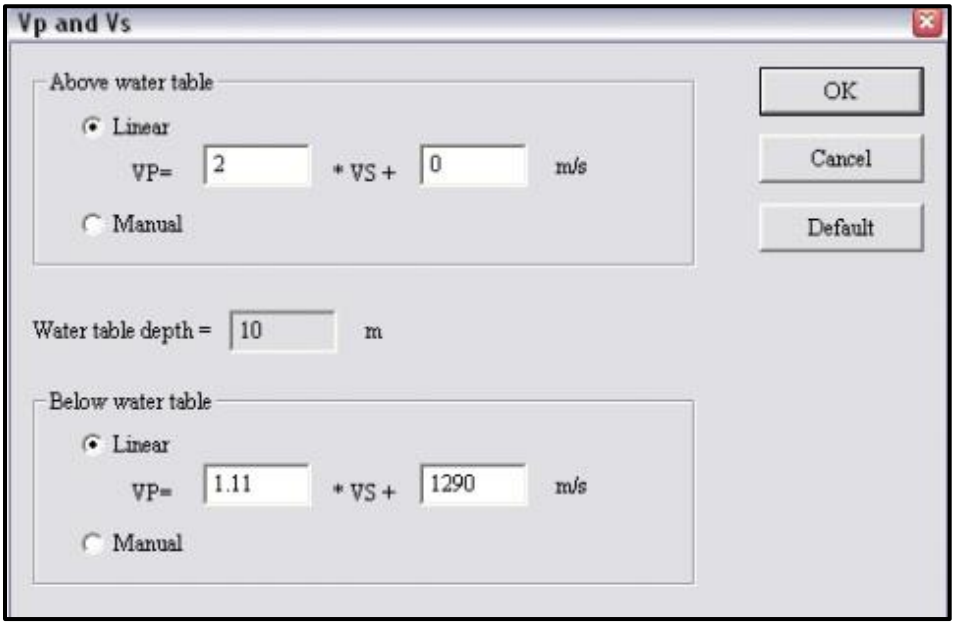


Figura 24. Ecuaciones utilizadas para relacionar Vp y Vs.

La ecuación predeterminada para la relación Vs y N es la de Imai y Tonouchi (1982). Esta relación es adecuada para la mayoría de los modelos.

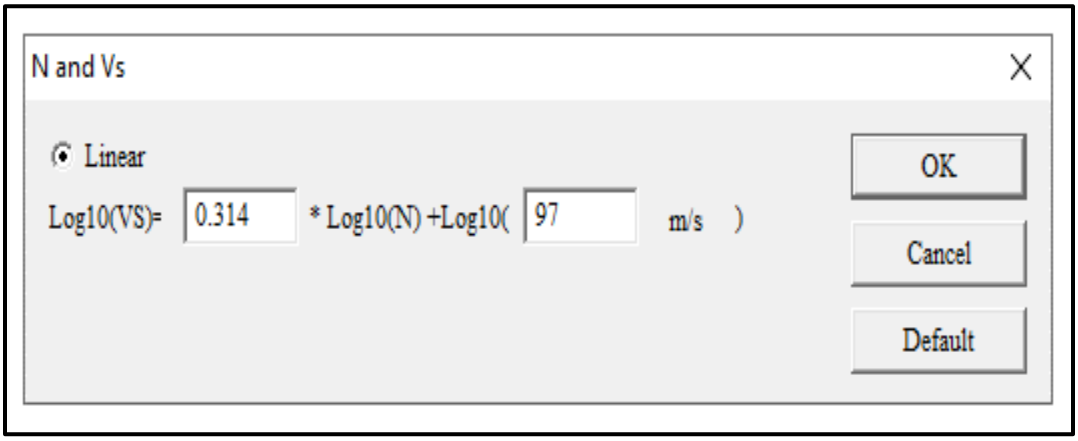


Figura 25. Ecuación para relacionas N y Vs.

Cuando sea aplicable, la ecuación utilizada para calcular la densidad es la siguiente de Ludwig et Alabama. (1970).

$$\rho = 1{,}2475 + 0{,}399\ Vp - 0{,}026\ Vp^2$$

Para la generación de los perfiles 2D N-convertidos a partir de Vs se selecciona el valor de N entre 0 y 50.

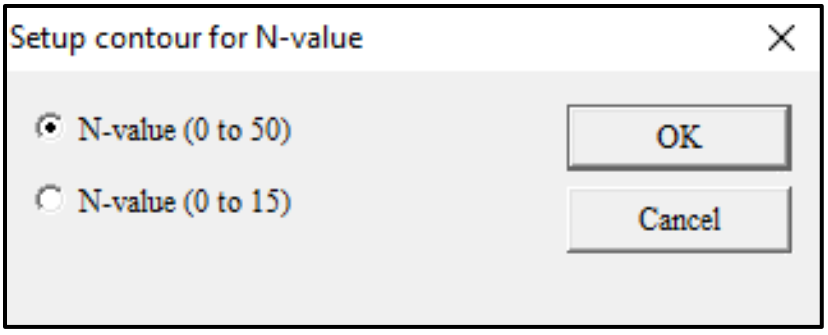


Figura 26. Configuración para generar el modelo 2D N-Convertido a partir de Vs.

5.2 Línea 1

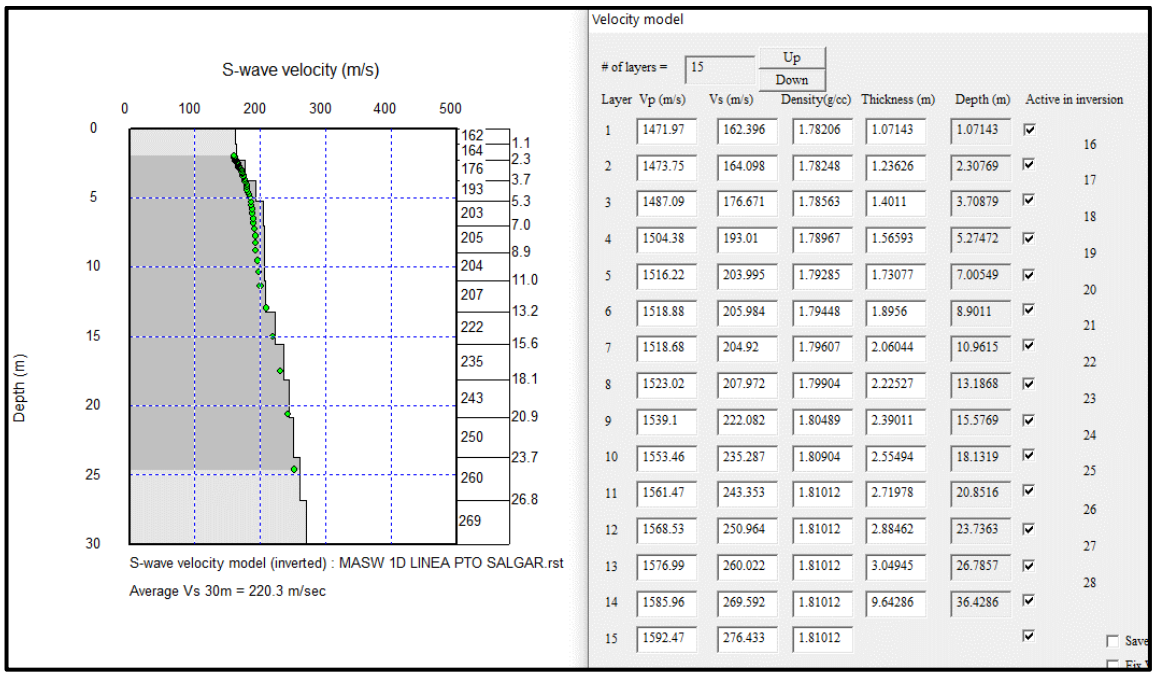


Figura 27. Modelo de velocidad obtenido a partir del método MASW 1D para la línea 1. Los valores de Vp y densidad son obtenidos a partir de Vs

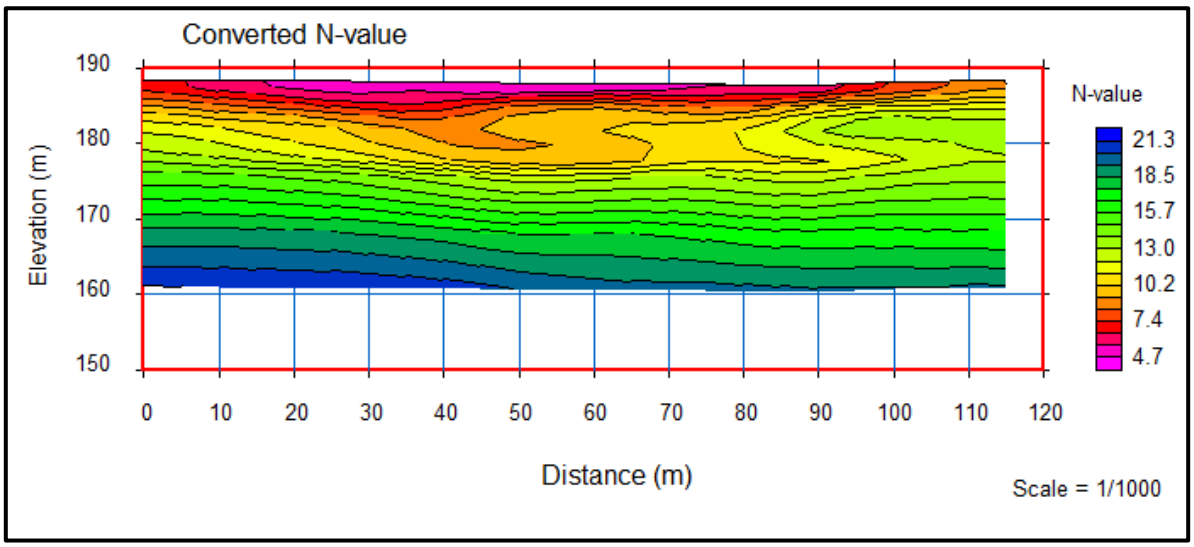


Figura 28. Perfil de modelo 2D de los valores de Vs convertidos a valores N (Corverted N-value) Para la línea 1. Este perfil se obtiene a partir del perfil Vs 2D de MASW. El cálculo realizado para obtener el valor N es realizado utilizando la ecuación predeterminada.

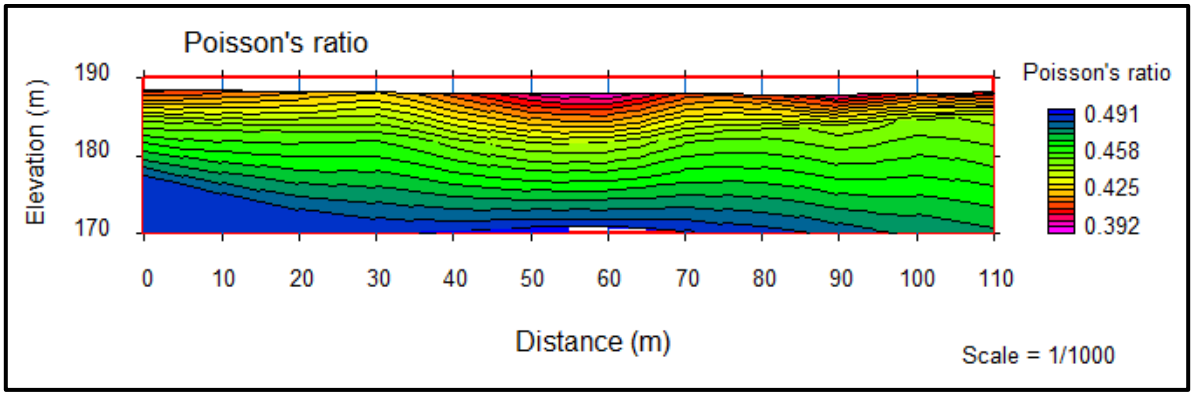


Figura 29. Perfil de modelo 2D de la relación de Poisson para la línea 1. Este perfil se obtiene a partir del perfil Vs 2D de MASW y el perfil 2D de modelo de capas Vp.

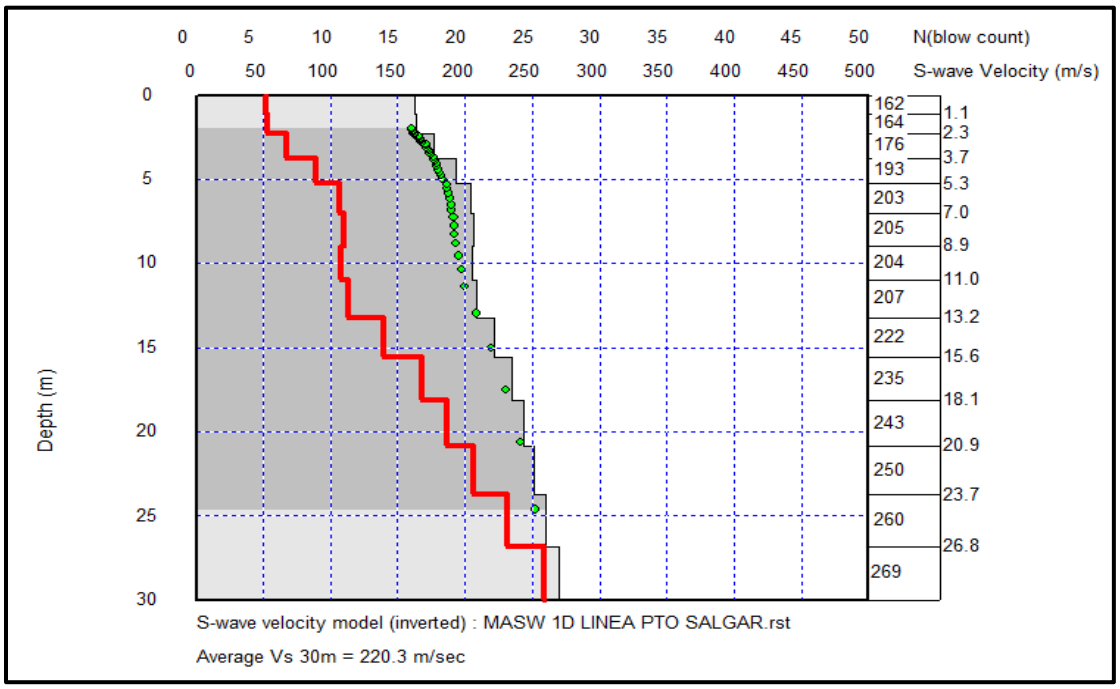


Figura 30. Perfil 1D de relación entre Vs (MASW 1D) y N para la línea 1.

6. CONCLUSIONES

6.1 Línea 1 Base aérea Puerto Salgar.

La figura 31 muestra los modelos Vs 1D generados para la línea 1. Los modelos presentan cambios de velocidad Vs significativos a los 3.7 y 23.7 metros de profundidad aproximadamente. El modelo MASW 1D tiene una velocidad Vs30 de 220.33 m/s; el modelo MAM 1D tiene una velocidad Vs30 de 219.88 m/s; el modelo integrado MASW + MAM 1D tiene una velocidad Vs30 de 219.54 m/s; los modelos tienen una clasificación de sitio clase D.

La figura 32 presenta el modelo MASW 2D y el modelo integrado MASW + MAM 1D de la línea 1, superpuestos en la misma imagen. Esta figura permite observar las variaciones de Vs y la correspondencia entre los modelos; la figura 33 permite ver juntos los modelos 2D de velocidad Vp y Vs, obtenidos para la línea 1. Los valores de velocidad Vp que se observan en el perfil de tomografía se encuentran entre los 300 y los 2899 m/s aproximadamente, mientras que el modelo de capas Vp, presenta una capa de velocidad mínima de 473 m/s y una capa de velocidad máxima de 1848 m/s.

Los valores de velocidad Vs obtenidos en el perfil 2D se encuentran entre los 157 y los 253 m/s aproximadamente, mientras que el modelo Vs 1D, presenta una velocidad mínima de 165 m/s y una máxima de 316 m/s.

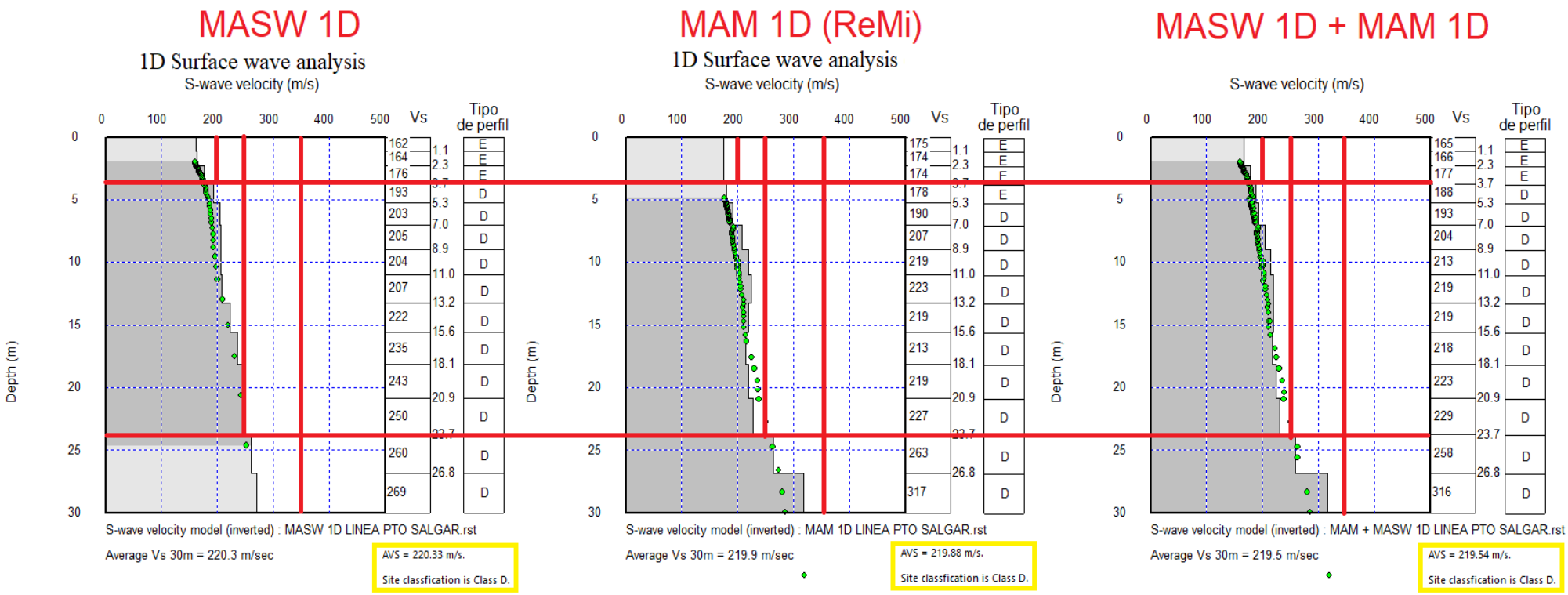


Figura 31. Comparación de perfiles Vs 1D para la línea 1. El primero corresponde al modelo Vs 1D generado mediante el método MASW, el segundo modelo es generado usando el método MAM y el siguiente corresponde al modelo Vs 1D obtenido integrando las curvas de dispersión de los métodos anteriores.

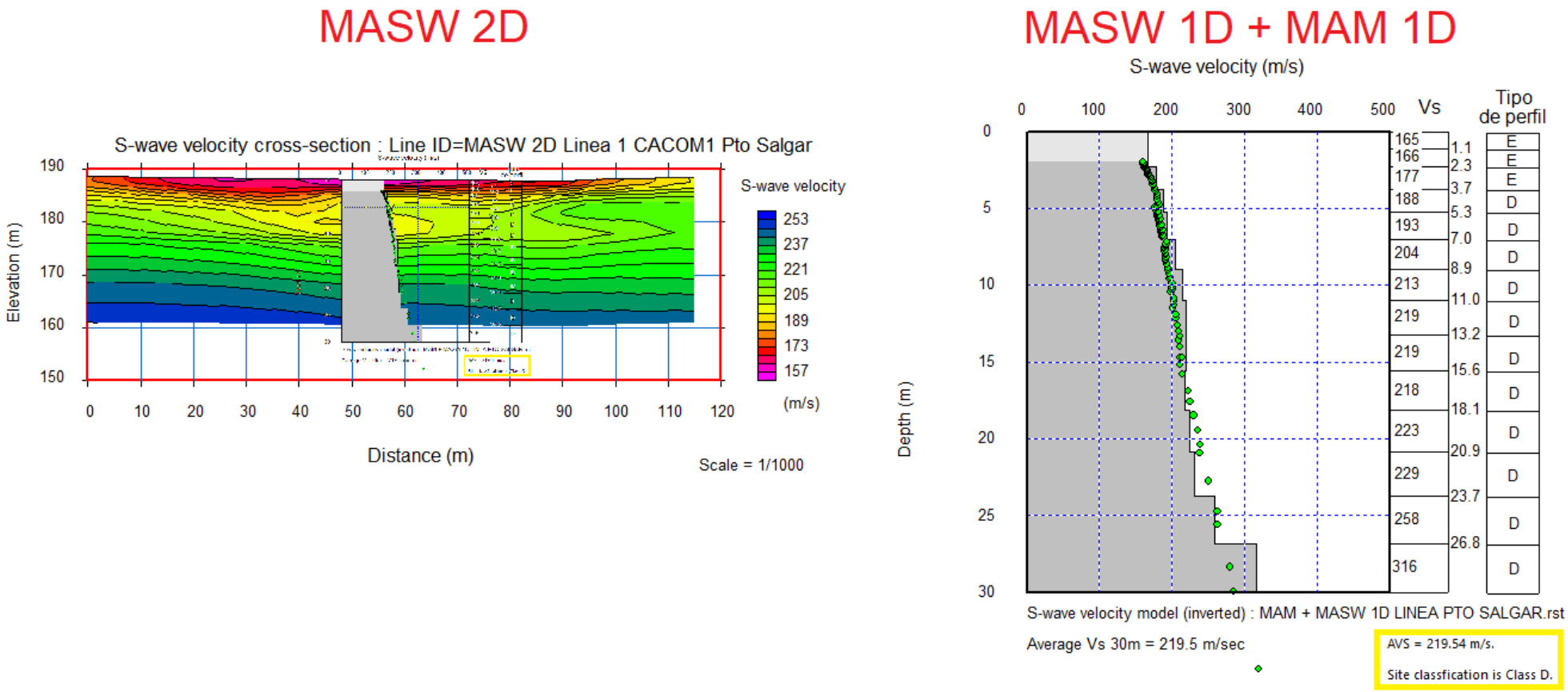


Figura 32. Perfil del modelo integrado MAM 1D + MASW 1D superpuesto sobre el modelo MASW 2D para la línea 1. Se conserva la escala de profundidad.

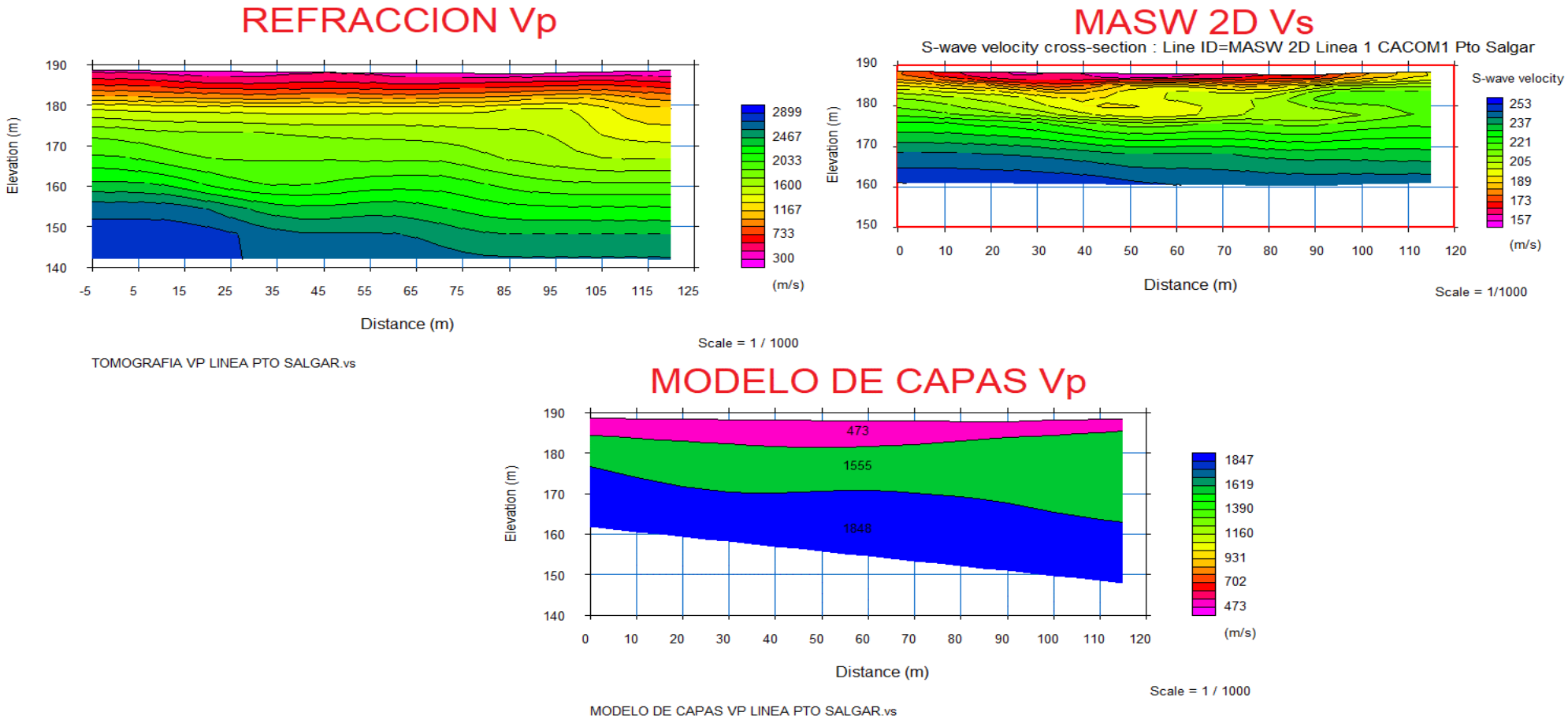


Figura 33. Perfiles 2D Vp y Vs obtenidos para la línea 1.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASTM: "D5777 ASTM 00 (2011) e1 Guía estándar por el método de refracción sísmica para la Investigación del subsuelo". Astm.org. N. P., n.d. Web. 24 de Oct. 2013

IRIS: "¿Cómo se determina la estructura superficial Estructura de la Tierra?." http://www.iris.edu/hq/resource/how_shallow_earth_structure_is_determined. Fundación Nacional de Ciencia, n.d. Web. 23 de Oct. de 2013. '

Lee, William Hung Kan. Manual Internacional de Sismología e Ingeniería del terremoto. Amsterdam: Academic, 2002. Imprimir.

Moura, R. M., Noronha, F., (2012) Medidas de Vs a través de métodos de dispersión en el ambiente urbano de Oporto (Norte Portuga): CGUP, Universiy de Oporto, Facultad de Ciencias, Portugal

Schuler, Juerg. (2008) la inversión conjunta de las ondas de superficie y P refractada y la onda S. Maestros de Ciencias de la tesis, ETH Zurich, Instituto Federal Suizo de Tecnología de Zurich.

Taipodia, Jumrik, Dey, Arinada, (2012) Una Revisión de las técnicas MASW Activa y Pasiva:. EGCEG, CBRI, Roorkee

Imai, T. and Tonouchi, K. (1982), Correlation of N-value with S-wave velocity and shear modulus, Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam, 67-72.

Ludwig, W.J., Nafe, J.E. and Drake, C.L. (1970), Seismic Refraction, The Sea, 4: 53-84.

GR. INGARQ S.A.S

GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S

NIT: 900.442.096-8

Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.

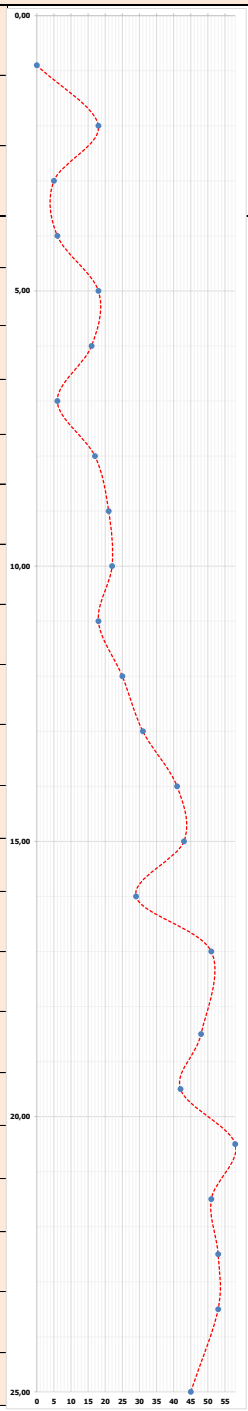
FORMATO DE PERFIL ESTRATIGRAFICO

COD. GEL-PE
VERSION: 02
FECHA: 06 JULIO DE 2021

DEPARTAMENTO DE SUELOS

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1
SOLICITANTE: FUERZA AEREA
HORIZONTE SONDEO 3
LOCALIZACION: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA
FECHA: AGOSTO DE 2021

MUESTRA #	ESC	CLASIFICACION U.S.C	AASHTO	INDICE DE GRUPO	DESCRIPCION DEL SUELO Y CALSIFICACION	PROFUNDIDAD Mts	PENETRACIÓN (cm) Nº DE GOLPES 15	15	15	Profundidad vs N	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES LIMITES DE ATTER HUMEDAD %	LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLASTICO %	INDICE DE PLASTICIDAD %	% PASA 200	ghum (KN/m3)	gsec (KN/m3)
1		CL	A-6	6,27	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	0,00 - 0,90				0	46,46	29	17	12	61,66	25,92	17,70
	0,90																
2		SW-SM	A-1-b	0,00	ARENA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA	0,90 - 2,00	7	10	8	18	5,02	NL	NP	NP	10,53	20,00	19,05
	2,00																
3		SM	A-2-4	0,00	ARENA LIMOSA	2,00 - 3,00	3	2	3	5	21,44	NL	NP	NP	27,64	24,06	19,81
	3,00																
4		SP	A-3	0.00	ARENA MAL GRADADA	3.00 - 4.00	5	3	3	6	19.45	NL	NP	NP	2.54	24.19	20.25
	4,00																
5		SP	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA	4.00 - 5.00	8	8	10	18	17.42	NL	NP	NP	1.19	24.50	20.87
	5,00																
6		SP	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA	5.00 - 6.00	9	10	6	16	15.44	NL	NP	NP	0.93	23.92	20.72
	6,00																
7		SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	6,00 - 7,00	7	3	3	6	15,44	NL	NP	NP	1,24	23,92	20,72
	7,00																
8		SP	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA	7.00 - 8.00	5	8	9	17	13.04	NL	NP	NP	1.24	23.01	20.36
	8,00																
9		SP-SM	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	8.00 - 9.00	13	12	9	21	14.48	NL	NP	NP	8.57	23.10	20.18
	9,00																
10		SP	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA	9.00 - 10.00	11	10	12	22	11.82	NL	NP	NP	3.49	23.03	20.60
	10,00																
11		GW	A-1-a	0.00	GRAVA BIEN GRADADA	10.00 - 11.00	10	10	8	18	15.08	NL	NP	NP	3.73	24.83	21.58
	11,00																
12		SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	11,00 - 12,00	16	13	12	25	14,90	NL	NP	NP	2,93	22,43	19,52
	12,00																
13		GP	A-1-a	0,00	GRAVA MAL GRADADA	12,00 - 13,00	15	17	14	31	8,84	NL	NP	NP	1,22	24,37	22,39
	13,00																
14		ML	A-4	13,00	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	13,00 - 14,00	12	19	22	41	12,58	NL	NP	NP	100,00	23,15	20,57
	14,00																
15		SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	14,00 - 15,00	18	18	25	43	12,51	NL	NP	NP	3,42	23,60	20,98
	15,00																
16		SP	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA	15.00 - 16.00	10	15	14	29	16.64	NL	NP	NP	2.00	23.01	19.72
	16,00																
17		SP	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA	16.00 - 17.00	16	24	27	51	18.84	NL	NP	NP	1.21	23.33	19.63
	17,00																
18		SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	17,00 - 18,50	20	25	23	48	17,59	NL	NP	NP	0,95	24,20	20,58
	18,50																
19		SP	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA	18.50 - 19.50	19	22	20	42	19.87	NL	NP	NP	1.91	23.76	19.82
	19,50																
20		SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	19,50 - 20,50	21	28	30	58	20,38	NL	NP	NP	2,36	23,75	19,73
	20,50																
21		SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	20,50 - 21,50	18	22	29	51	11,47	NL	NP	NP	4,21	22,61	20,29
	21,50																
22		SP	A-1-b	0	ARENA MAL GRADADA	21.50 - 22.50	17	23	30	53	13.35	NL	NP	NP	2.44	21.84	19.27
	22,50																
23		SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	22,50 - 23,50	19	25	28	53	15,03	NL	NP	NP	4,30	24,13	20,98
	23,50																
24		SM	A-2-4	0.00	ARENA LIMOSA	23.50 - 25.00	15	21	24	45	16.93	NL	NP	NP	23.93	23.47	20.07
	25,00																



RELLENO: CAPA DE RELLENO TIPO MATERIAL GRANULAR DE ESPESOR DE 0,15 m

NIVEL FREATICO: INICIAL NA FINAL NA

OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR: LABORATORISTA

REVISADO POR: COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR: IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S NIT: 900.442.096-8 Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.	FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD	COD. GEL-CH VERSION: 02 FECHA: 06 DE JULIO DE 2021

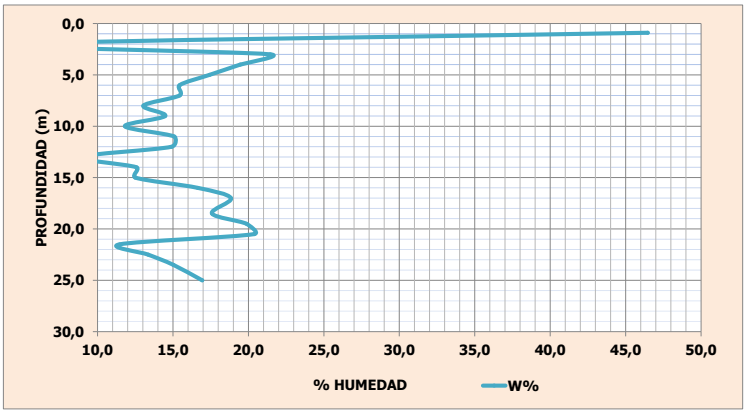
DEPARTAMENTO DE SUELOS

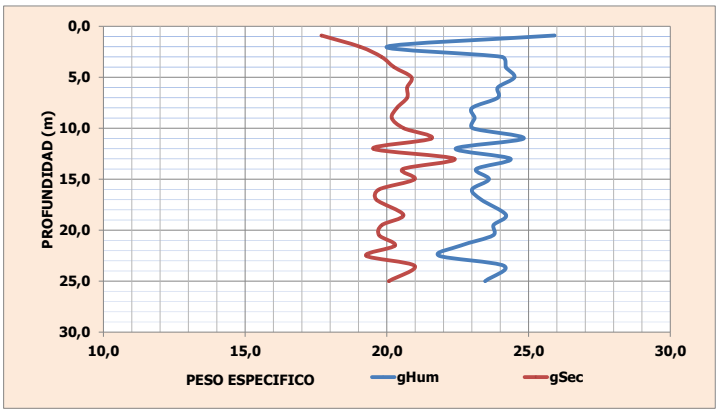
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1
SOLICITANTE: FUERZA AEREA
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA
HORIZONTE: SONDEO 3
FECHA: AGOSTO DE 2021

PROFUNDIDAD (Mts):	0,00 - 0,90	0,90 - 2,00	2,00 - 3,00	3,00 - 4,00	4,00 - 5,00	5,00 - 6,00	6,00 - 7,00	7,00 - 8,00	8,00 - 9,00	9,00 - 10,00
MUESTRA N°:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RECIPIENTE N° :	F88	S17	C6	S9	D05	D39	D40	D41	D42	X44
W SUELO HUM + RES:	303,92	330,05	324,43	347,18	332,33	321,09	321,09	395,58	398,62	445,6
W SUELO SECO + RES	219,58	316,08	273,98	296,97	289,16	283,1	283,1	354,17	353,04	402,45
W RECIPIENTE:	38,06	37,86	38,70	38,87	41,36	37,09	37,09	36,6	38,27	37,31
CONTENIDO DE HUM:	46,46	5,02	21,44	19,45	17,42	15,44	15,44	13,04	14,48	11,82
PESOS ESPECIFICOS										
DIAMETRO dprom (mm):	40,00	45,00	42,00	43,00	42,00	42,00	42,00	46,00	46,00	48,00
ALTURA h_{prom} (mm):	80,00	90,00	84,00	86,00	84,00	84,00	84,00	92,00	92,00	96,00
AREA Ao (mm^2):	1256,64	1590,43	1385,44	1452,20	1385,44	1385,44	1385,44	1661,90	1661,90	1809,56
VOLUMEN Vo (mm^3):	100530,96	143138,82	116377,16	124889,30	116377,16	116377,16	116377,16	152895,03	152895,03	173717,51
g_{hum} (KN/m3):	25,92	20,00	24,06	24,19	24,50	23,92	23,92	23,01	23,10	23,03
g_{sec} (KN/m3):	17,70	19,05	19,81	20,25	20,87	20,72	20,72	20,36	20,18	20,60

PROFUNDIDAD (Mts):	10,00 - 11,00	11,00 - 12,00	12,00 - 13,00	13,5 - 14,00	14,5 - 15,00	15,00 - 16,00	16,00 - 17,00	17,00 - 18,50	18,50 - 19,50	19,50 - 20,50
MUESTRA N°:	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
RECIPIENTE N° :	X66	B54	A5	X67	B55	51	3	4	10	3
W SUELO HUM + RES:	425,53	389,94	497,01	375,93	407,84	373,64	335,47	346,78	386,44	459,88
W SUELO SECO + RES	374,77	344,56	459,7	338,14	366,9	325,7	288,34	300,65	328,9	388,59
W RECIPIENTE:	38,15	40,03	37,52	37,75	39,6	37,61	38,18	38,33	39,34	38,85
CONTENIDO DE HUM:	15,08	14,90	8,84	12,58	12,51	16,64	18,84	17,59	19,87	20,38
PESOS ESPECIFICOS										
DIAMETRO dprom (mm):	46,00	46,00	49,00	45,00	46,00	45,00	43,00	43,00	45,00	48,00
ALTURA h_{prom} (mm):	92,00	92,00	98,00	90,00	92,00	90,00	86,00	86,00	90,00	96,00
AREA Ao (mm^2):	1661,90	1661,90	1885,74	1590,43	1661,90	1590,43	1452,20	1452,20	1590,43	1809,56
VOLUMEN Vo (mm^3):	152895,0	152895,0	184802,6	143138,8	152895,0	143138,8	124889,3	124889,3	143138,8	173717,5
g_{hum} (KN/m3):	24,83	22,43	24,37	23,15	23,60	23,01	23,33	24,20	23,76	23,75
g_{sec} (KN/m3):	21,58	19,52	22,39	20,57	20,98	19,72	19,63	20,58	19,82	19,73

PROFUNDIDAD (Mts):	20,50 - 21,50	21,50 - 22,50	22,50 - 23,50	23,50 - 25,00						
MUESTRA N°:	21	22	23	24						
RECIPIENTE N° :	X66	B54	A5	X67						
W SUELO HUM + RES:	416,13	316,45	415,31	358,98						
W SUELO SECO + RES	377,41	283,66	366,11	312,58						
W RECIPIENTE:	39,8	38,1	38,77	38,55						
CONTENIDO DE HUM:	11,47	13,35	15,03	16,93						
PESOS ESPECIFICOS										
DIAMETRO dprom (mm):	47,00	43,00	46,00	44,00						
ALTURA h_{prom} (mm):	94,00	86,00	92,00	88,00						
AREA Ao (mm^2):	1734,94	1452,20	1661,90	1520,53						
VOLUMEN Vo (mm^3):	163084,8	124889,3	152895,0	133806,7						
g_{hum} (KN/m3):	22,61	21,84	24,13	23,47						
g_{sec} (KN/m3):	20,29	19,27	20,98	20,07						





Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

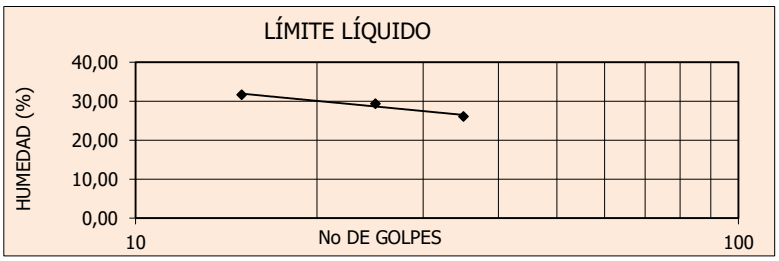
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 0,00 - 0,90 **MUESTRA:** M # 1

LÍMITE LÍQUIDO	35	25	15
Tara No	7F	J2	15
P1	30,65	32,16	34,78
P2	27,48	28,44	30,25
P3	15,31	15,76	15,94
HUMEDAD %	26,05	29,34	31,66



LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No	R100	7
P1	18,23	18,89
P2	16,87	17,36
P3	8,72	8,42
HUMEDAD%	16,69	17,11

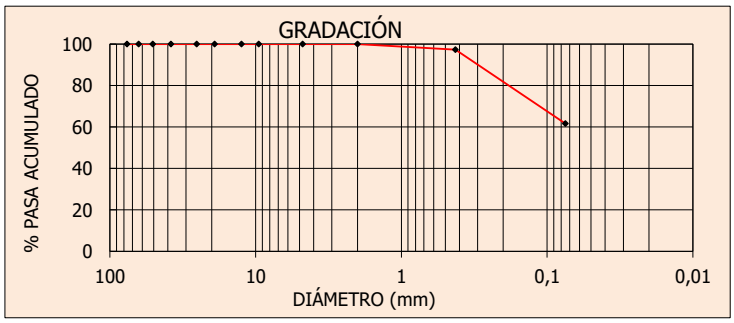
LÍMITE LÍQUIDO: 29 %
LÍMITE PLÁSTICO: 17 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 12

Turba No
M. Org No
Cu= -
Cc= -

ÍNDICE DE GRUPO: 6
AASHTO: A-6
U.S.C.: **CL**

P1= 241,5 gr **P2 =** 92,59 gr

TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	0	0,0	0,0	100,0
No 4	**4,75**	0	0,0	0,0	100,0
No 10	**2**	0	0,0	0,0	100,0
No 40	**0,425**	6,36	2,6	2,6	97,4
No 200	**0,075**	86,23	35,7	38,3	61,7
FONDO		148,9	61,7	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 — **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA — **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 2,00 - 3,00 — **MUESTRA:** M # 3

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



LÍMITE LÍQUIDO: NL %

LÍMITE PLÁSTICO: NP %

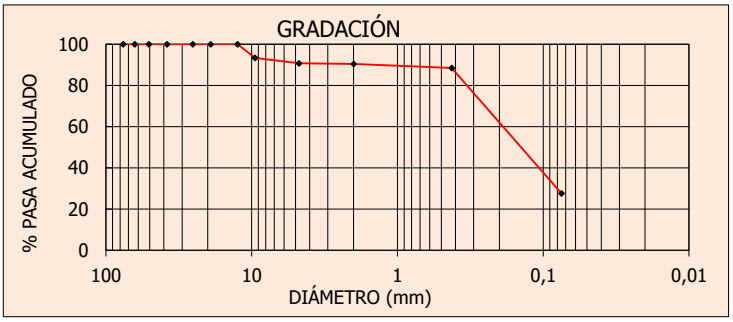
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= -
Cc= -

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-2-4
U.S.C.: **SM**

P1= 312,7 gr — **P2 =** 226,24 gr

TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	20,71	6,6	6,6	93,4
No 4	4,75	8,29	2,7	9,3	90,7
No 10	2	0,84	0,3	9,5	90,5
No 40	0,425	6,32	2,0	11,6	88,4
No 200	0,075	190,08	60,8	72,4	27,6
FONDO		86,44	27,6	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

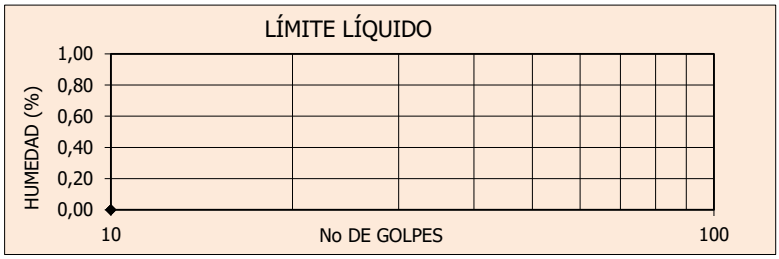
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 4,00 - 5,00 **MUESTRA:** M # 5

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



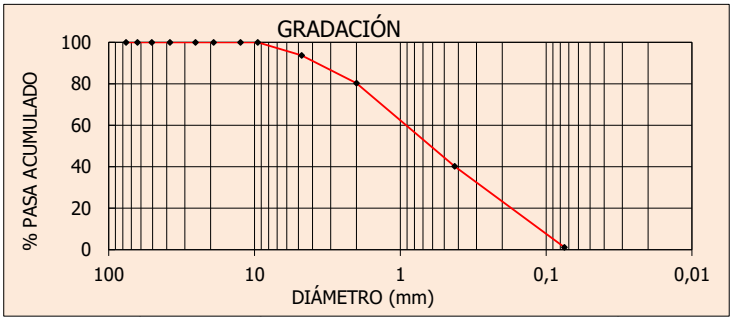
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 4,7
Cc= 0,4

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 247,80 gr **P2 =** 244,84 gr

TAMIZ pulg	TAMIZ mm	RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	0	0,0	0,0	100,0
No 4	4,75	15,55	6,3	6,3	93,7
No 10	2	33,2	13,4	19,7	80,3
No 40	0,425	99,35	40,1	59,8	40,2
No 200	0,075	96,74	39,0	98,8	1,2
FONDO		2,96	1,2	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

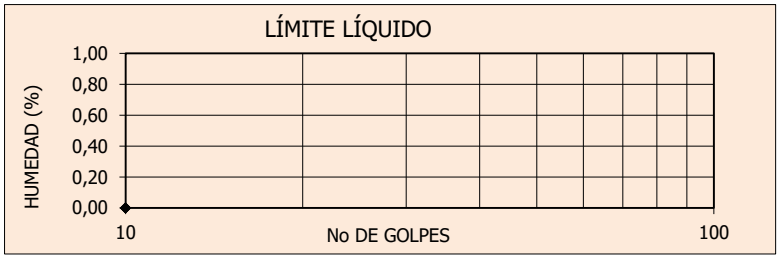
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 6,00 - 7,00 **MUESTRA:** M # 7

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

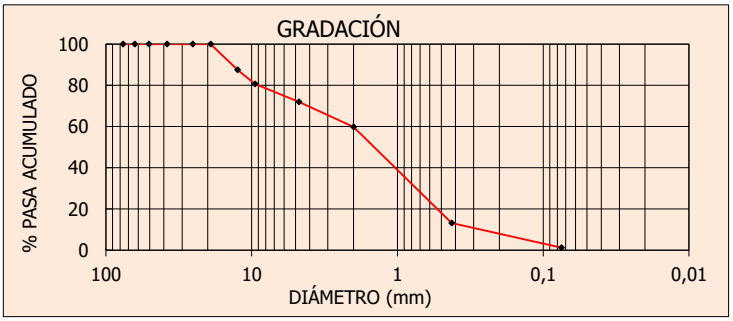


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,3
Cc= 2,1

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 317,57 gr			P2 = 313,62 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	39,41	12,4	12,4	87,6
3/8"	9,5	22,08	7,0	19,4	80,6
No 4	4,75	27,56	8,7	28,0	72,0
No 10	2	38,7	12,2	40,2	59,8
No 40	0,425	148,06	46,6	86,9	13,1
No 200	0,075	37,81	11,9	98,8	1,2
FONDO		3,95	1,2	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 8,00 - 9,00 **MUESTRA:** M # 9

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



LÍMITE LÍQUIDO: NL %

LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No

M. Org No

Cu= 20,6

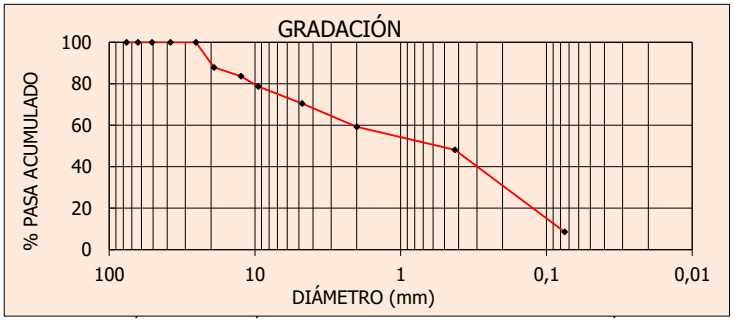
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0

AASHTO: A-1-b

U.S.C.: **SP-SM**

P1= 314,77 gr			**P2 =** 287,78 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	38,22	12,1	12,1	87,9
1/2"	**12,5**	13,31	4,2	16,4	83,6
3/8"	**9,5**	15,57	4,9	21,3	78,7
No 4	**4,75**	25,78	8,2	29,5	70,5
No 10	**2**	35,23	11,2	40,7	59,3
No 40	**0,425**	35,23	11,2	51,9	48,1
No 200	**0,075**	124,44	39,5	91,4	8,6
FONDO		26,99	8,6	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

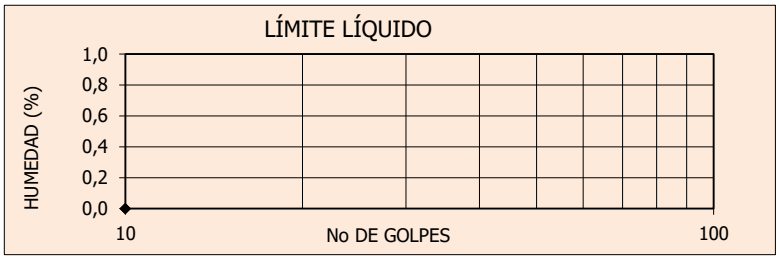
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: GRAVA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 10,00 - 11,00 **MUESTRA:** M # 11

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

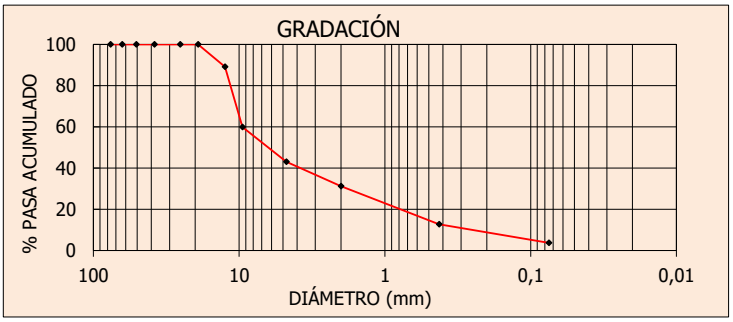


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 26,7
Cc= 1,1

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **GW**

P1= 336,62 gr			**P2 =** 324,08 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	36,47	10,8	10,8	89,2
3/8"	**9,5**	98,32	29,2	40,0	60,0
No 4	**4,75**	56,76	16,9	56,9	43,1
No 10	**2**	39,88	11,8	68,8	31,2
No 40	**0,425**	62,19	18,5	87,2	12,8
No 200	**0,075**	30,46	9,0	96,3	3,7
FONDO		12,54	3,7	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

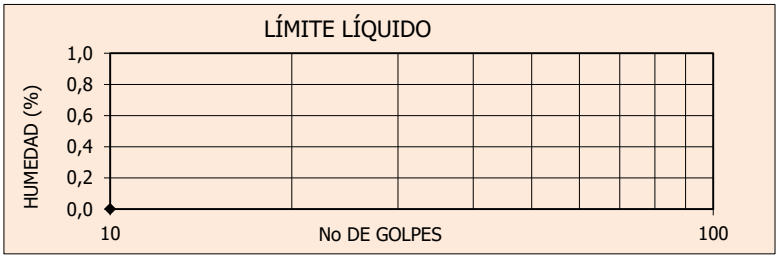
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: GRAVA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 12,00 - 13,00 **MUESTRA:** M # 13

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

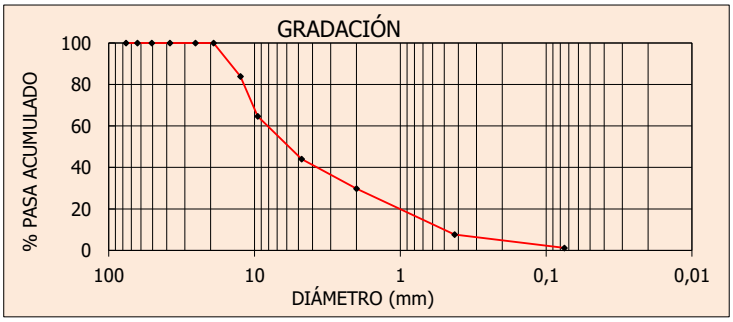


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 11,7
Cc= 0,7

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **GP**

38,74 422,18 gr			**P2 =** 417,03 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	67,76	16,1	16,1	83,9
3/8"	**9,5**	81,21	19,2	35,3	64,7
No 4	**4,75**	87,17	20,6	55,9	44,1
No 10	**2**	60,27	14,3	70,2	29,8
No 40	**0,425**	93,34	22,1	92,3	7,7
No 200	**0,075**	27,28	6,5	98,8	1,2
FONDO		5,15	1,2	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

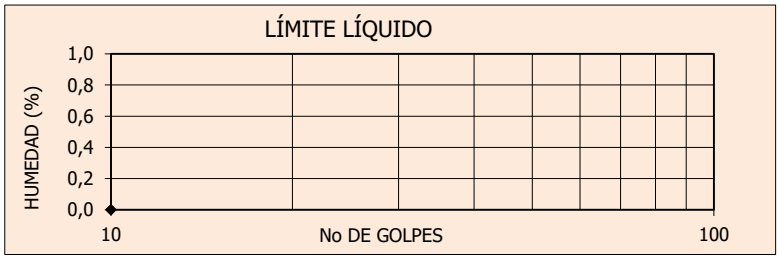
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 14,00 - 15,00 **MUESTRA:** M # 15

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



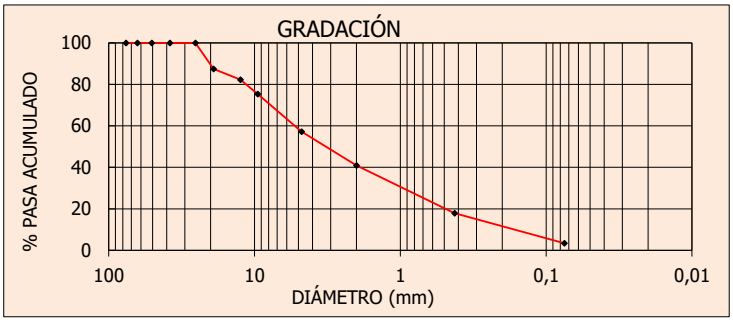
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 18,5
Cc= 1,2

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **SW**

P1= 327,3 gr **P2 =** 316,1 gr

TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1	40,91	12,5	12,5	87,5
1/2"	12,5	17,13	5,2	17,7	82,3
3/8"	9,5	22,72	6,9	24,7	75,3
No 4	4,75	59,37	18,1	42,8	57,2
No 10	2	53,4	16,3	59,1	40,9
No 40	0,425	75	22,9	82,0	18,0
No 200	0,075	47,57	14,5	96,6	3,4
FONDO		11,2	3,4	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

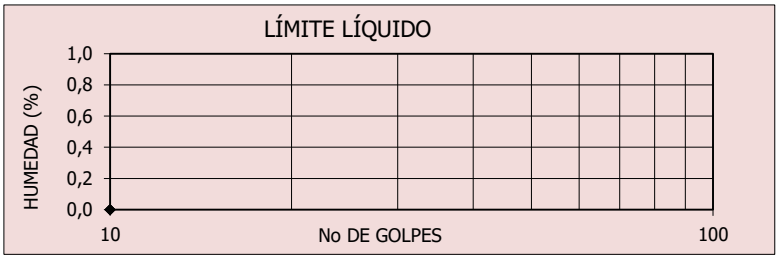
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 16,00 - 17,00 **MUESTRA:** M # 17

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			



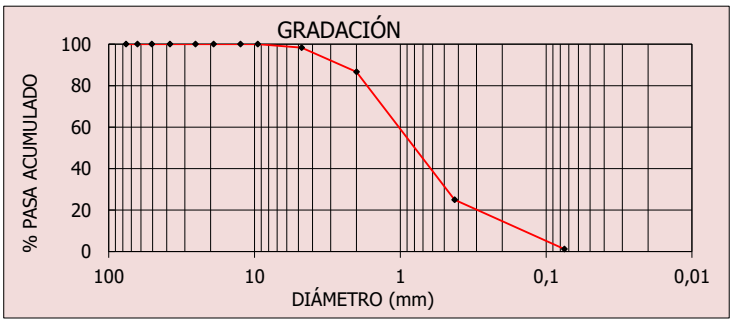
LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 4,8
Cc= 0,9

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 250,66 gr			P2 = 247,62 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	0	0,0	0,0	100,0
No 4	4,75	4,3	1,7	1,7	98,3
No 10	2	29,26	11,7	13,4	86,6
No 40	0,425	154,53	61,6	75,0	25,0
No 200	0,075	59,53	23,7	98,8	1,2
FONDO		3,04	1,2	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

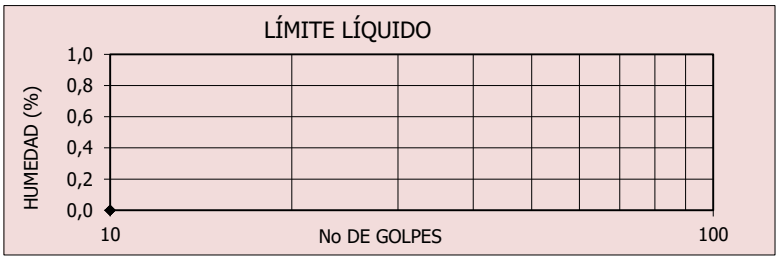
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 18,50 - 19,50 **MUESTRA:** M # 19

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

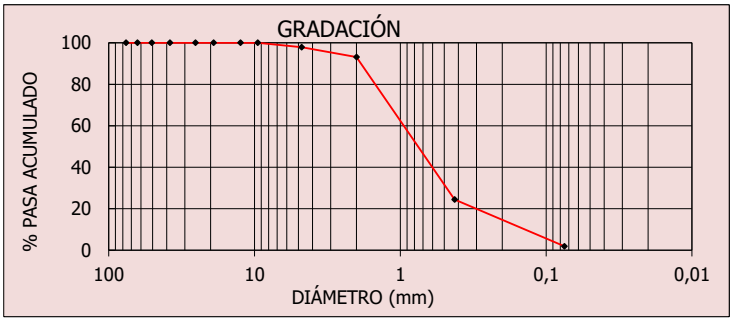


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 4,9
Cc= 1,0

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 289,56 gr			P2 = 284,02 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	0	0,0	0,0	100,0
No 4	4,75	6,13	2,1	2,1	97,9
No 10	2	13,75	4,7	6,9	93,1
No 40	0,425	198,8	68,7	75,5	24,5
No 200	0,075	65,34	22,6	98,1	1,9
FONDO		5,54	1,9	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

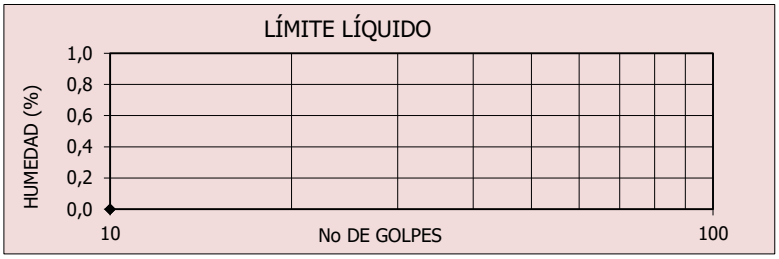
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA
HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 20,50 - 21,50 **MUESTRA:** M # 21

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

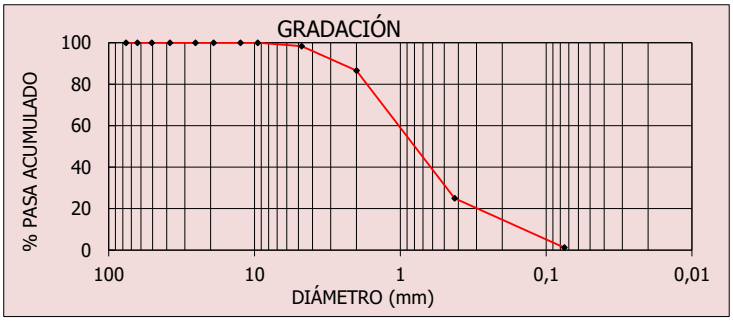


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 15,8
Cc= 1,4

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **SW**

P1= 337,61 gr			**P2 =** 323,39 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	28,94	8,6	8,6	91,4
3/8"	**9,5**	49,06	14,5	23,1	76,9
No 4	**4,75**	52,1	15,4	38,5	61,5
No 10	**2**	63,39	18,8	57,3	42,7
No 40	**0,425**	85,35	25,3	82,6	17,4
No 200	**0,075**	44,55	13,2	95,8	4,2
FONDO		14,22	4,2	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

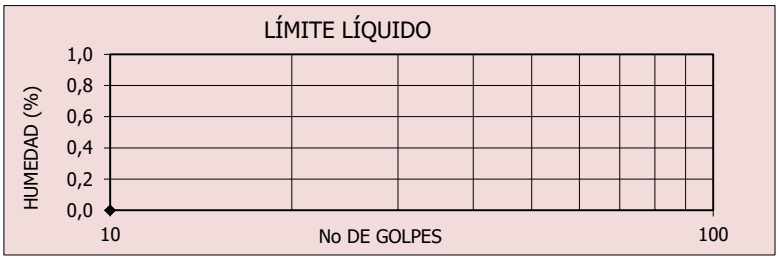
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA
HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 22,50 - 23,50 **MUESTRA:** M # 23

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



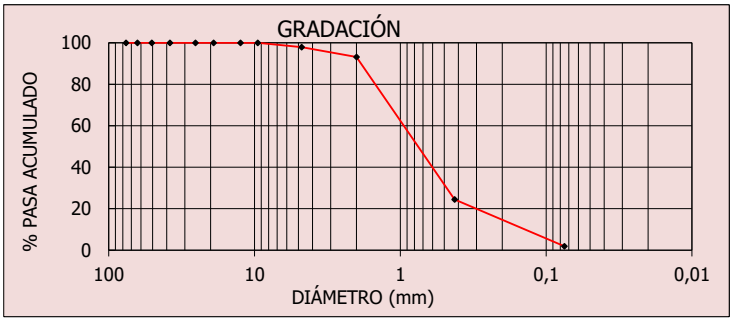
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 7,5
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 327,34 gr **P2 =** 313,26 gr

TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5	15,03	4,6	4,6	95,4
3/8"	9,5	22,77	7,0	11,5	88,5
No 4	4,75	27,1	8,3	19,8	80,2
No 10	2	30,46	9,3	29,1	70,9
No 40	0,425	120,44	36,8	65,9	34,1
No 200	0,075	97,46	29,8	95,7	4,3
FONDO		14,08	4,3	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

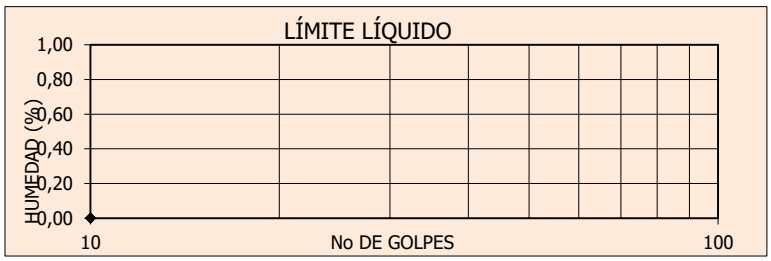
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO:	TORRE DE CONTROL CACOM 1	**FECHA:**	AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN:	PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA	**SOLICITANTE:**	FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA		
HORIZONTE:	SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 0,90 - 2,00	**MUESTRA:**	M # 2

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

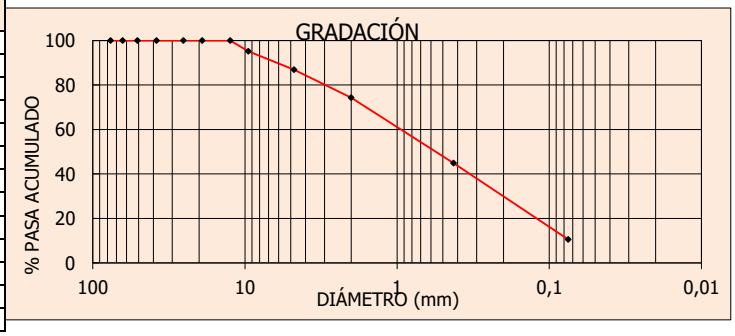


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 21,3
Cc= 1,3

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SW-SM**

P1= 279,0 gr			**P2 =** 249,61 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	13,47	4,8	4,8	95,2
No 4	**4,75**	23,14	8,3	13,1	86,9
No 10	**2**	35,03	12,6	25,7	74,3
No 40	**0,425**	82,22	29,5	55,1	44,9
No 200	**0,075**	95,75	34,3	89,5	10,5
FONDO		29,4	10,5	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

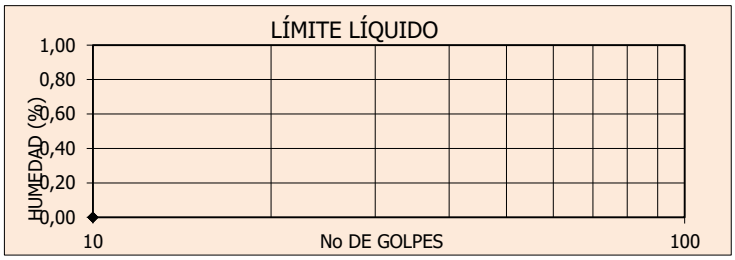
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 3,00 - 4,00 **MUESTRA:** M # 4

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			



LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

LÍMITE LÍQUIDO: NL %

LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No

M. Org No

Cu= 1,9

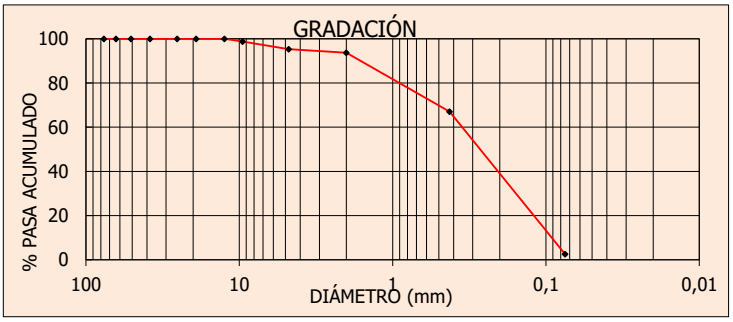
Cc= 1,3

ÍNDICE DE GRUPO: 0

AASHTO: A-3

U.S.C.: **SP**

P1= 257,40 gr			P2 = 250,85 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	3,24	1,3	1,3	98,7
No 4	4,75	8,94	3,5	4,7	95,3
No 10	2	4	1,6	6,3	93,7
No 40	0,425	68,78	26,7	33,0	67,0
No 200	0,075	165,89	64,4	97,5	2,5
FONDO		6,55	2,5	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

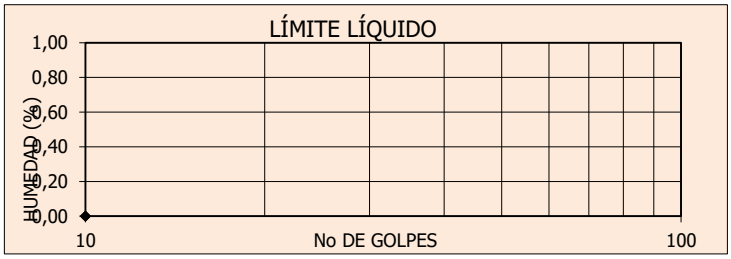
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 5,00 - 6,00 **MUESTRA:** M # 6

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



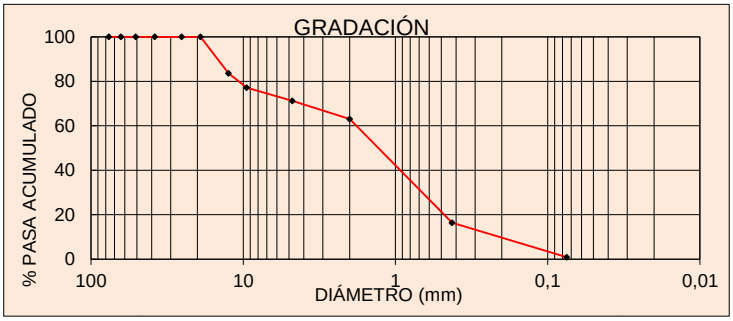
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,3
Cc= 1,8

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: SP

P1= 246,01 gr **P2 =** 243,73 gr

TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	40,23	16,4	16,4	83,6
3/8"	9,5	15,97	6,5	22,8	77,2
No 4	4,75	14,56	5,9	28,8	71,2
No 10	2	20,17	8,2	37,0	63,0
No 40	0,425	114,57	46,6	83,5	16,5
No 200	0,075	38,23	15,5	99,1	0,9
FONDO		2,28	0,9	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

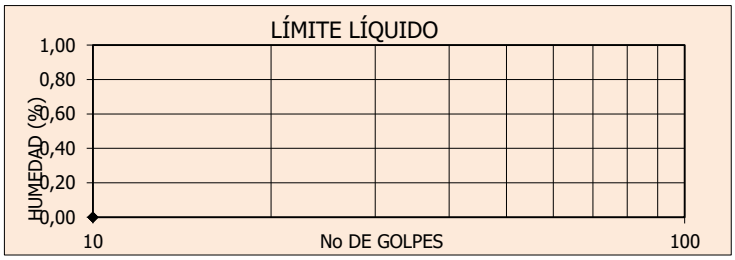
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 7,00 - 8,00 **MUESTRA:** M # 8

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

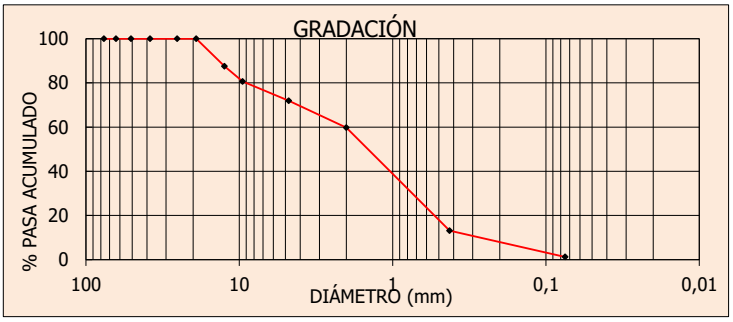


LÍMITE LÍQUIDO: NL
LÍMITE PLÁSTICO: NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,3
Cc= 2,1

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 317,57 gr			P2 = 313,62 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	39,41	12,4	12,4	87,6
3/8"	9,5	22,08	7,0	19,4	80,6
No 4	4,75	27,56	8,7	28,0	72,0
No 10	2	38,7	12,2	40,2	59,8
No 40	0,425	148,06	46,6	86,9	13,1
No 200	0,075	37,81	11,9	98,8	1,2
FONDO		3,95	1,2	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

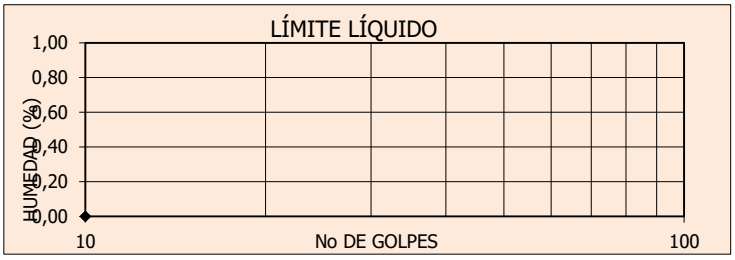
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 9,00 - 10,00 **MUESTRA:** M # 10

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

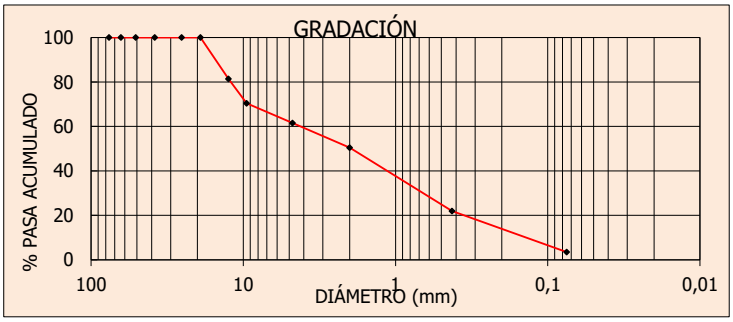


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 16,0
Cc= 0,9

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 365,14 gr			**P2 =** 352,4 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	67,81	18,6	18,6	81,4
3/8"	**9,5**	40,36	11,1	29,6	70,4
No 4	**4,75**	32,16	8,8	38,4	61,6
No 10	**2**	40,59	11,1	49,5	50,5
No 40	**0,425**	103,92	28,5	78,0	22,0
No 200	**0,075**	67,56	18,5	96,5	3,5
FONDO		12,74	3,5	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

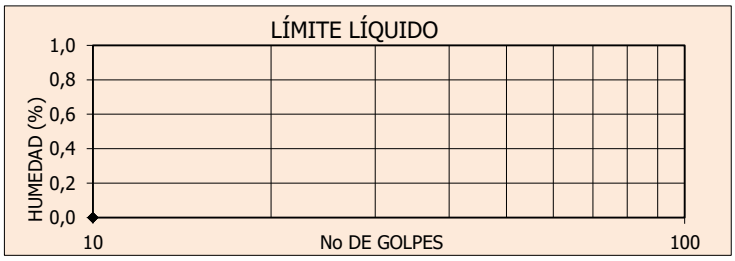
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 11,00 - 12,00 **MUESTRA:** M # 12

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



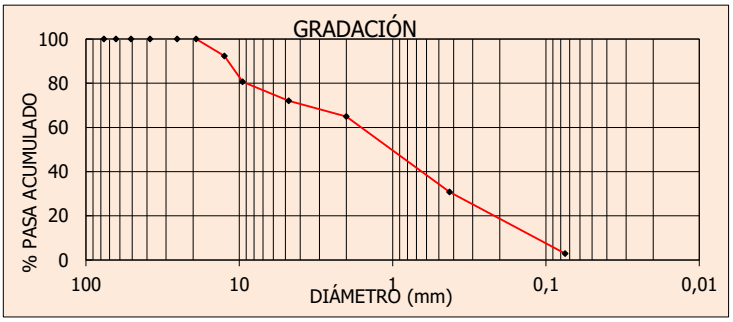
LÍMITE LÍQUIDO: NL
LÍMITE PLÁSTICO: NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 7,1
Cc= 0,4

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 304,53 gr **P2 =** 295,61 gr

TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	23,53	7,7	7,7	92,3
3/8"	9,5	35,42	11,6	19,4	80,6
No 4	4,75	26,12	8,6	27,9	72,1
No 10	2	21,78	7,2	35,1	64,9
No 40	0,425	104,04	34,2	69,3	30,7
No 200	0,075	84,72	27,8	97,1	2,9
FONDO		8,92	2,9	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

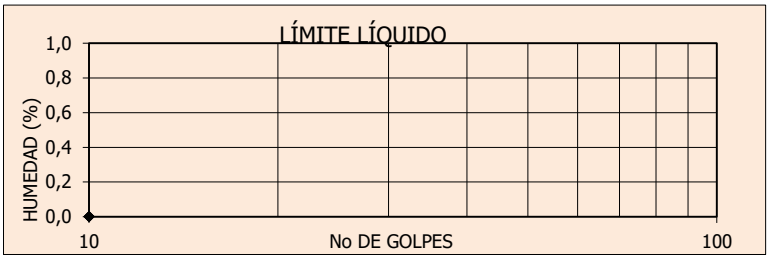
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: LIMO DE BAJA PLASTICIDAD

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 13,00 - 14,00 **MUESTRA:** M # 14

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			



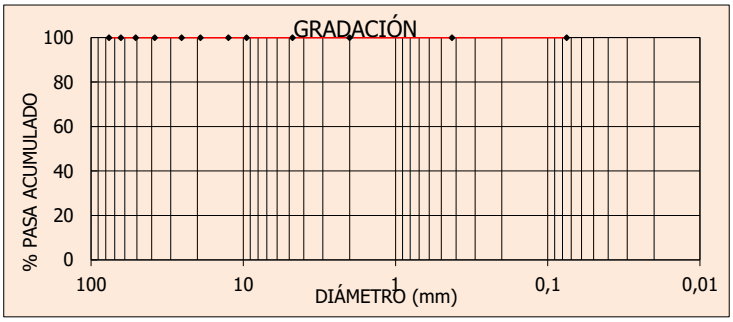
LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= -
Cc= -

ÍNDICE DE GRUPO: 13
AASHTO: A-4
U.S.C.: **ML**

P1= 0 gr			P2 = 0 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5		-	-	100,0
3/8"	9,5		-	-	100,0
No 4	4,75		-	-	100,0
No 10	2		-	-	100,0
No 40	0,425		-	-	100,0
No 200	0,075		-	-	100,0
FONDO		0	#¡DIV/0!	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

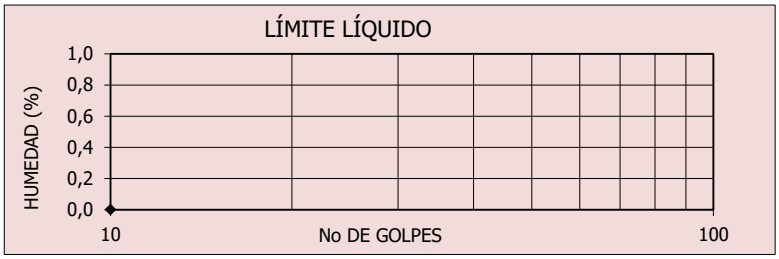
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 15,00 - 16,00 **MUESTRA:** M # 16

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



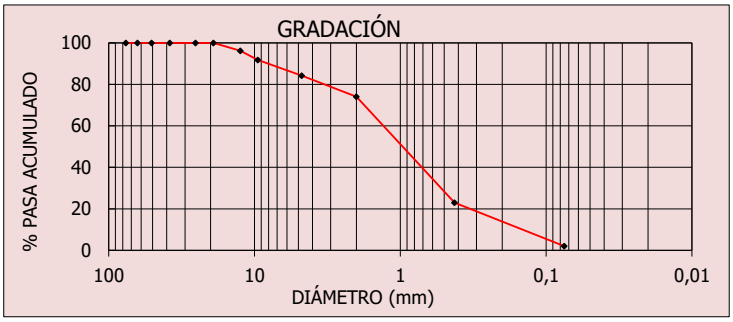
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,6
Cc= 1,2

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 288,09 gr **P2 =** 282,33 gr

TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	10,78	3,7	3,7	96,3
3/8"	**9,5**	12,89	4,5	8,2	91,8
No 4	**4,75**	21,79	7,6	15,8	84,2
No 10	**2**	29,14	10,1	25,9	74,1
No 40	**0,425**	147,14	51,1	77,0	23,0
No 200	**0,075**	60,59	21,0	98,0	2,0
FONDO		5,76	2,0	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

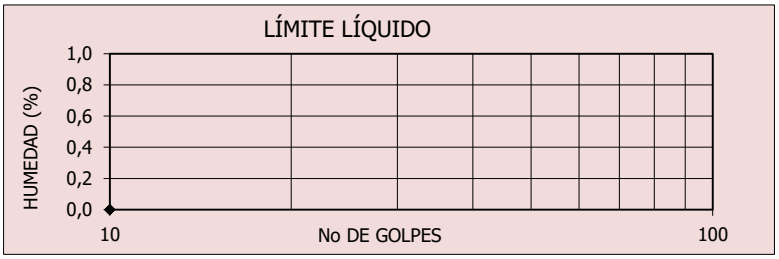
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 17,00 - 18,50 **MUESTRA:** M # 18

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			



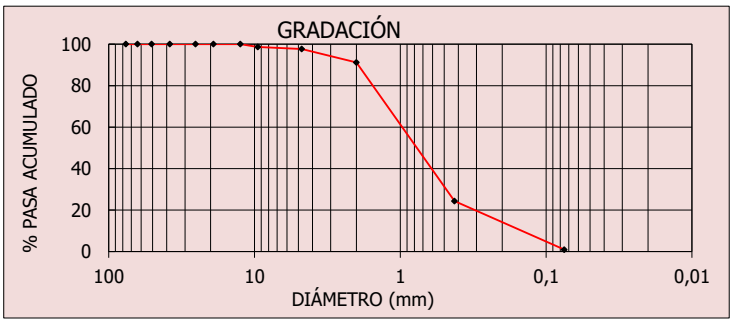
LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 4,6
Cc= 0,9

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 262,32 gr			**P2 =** 259,84 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	3,7	1,4	1,4	98,6
No 4	**4,75**	2,38	0,9	2,3	97,7
No 10	**2**	16,97	6,5	8,8	91,2
No 40	**0,425**	175,5	66,9	75,7	24,3
No 200	**0,075**	61,29	23,4	99,1	0,9
FONDO		2,48	0,9	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

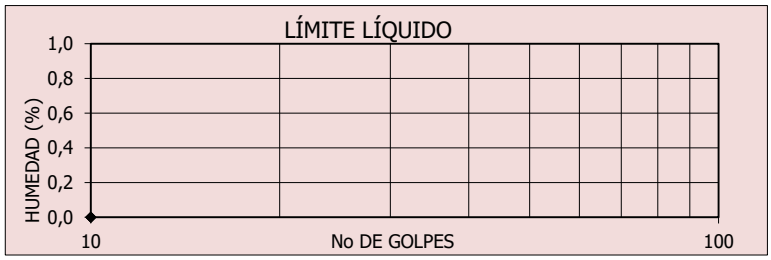
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 19,50 - 20,50 **MUESTRA:** M # 20

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

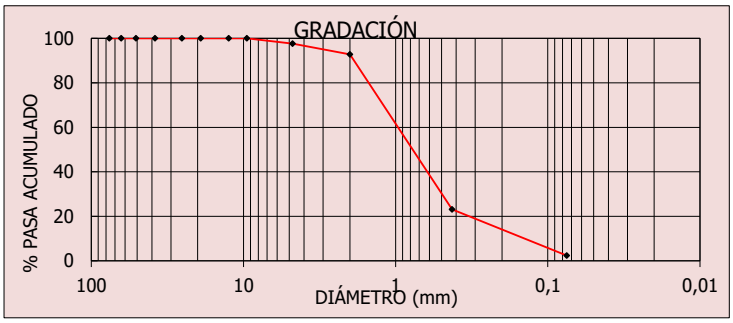


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,1
Cc= 1,2

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 349,74 gr			P2 = 341,5 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	0	0,0	0,0	100,0
No 4	4,75	8,3	2,4	2,4	97,6
No 10	2	16,97	4,9	7,2	92,8
No 40	0,425	243,57	69,6	76,9	23,1
No 200	0,075	72,66	20,8	97,6	2,4
FONDO		8,24	2,4	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

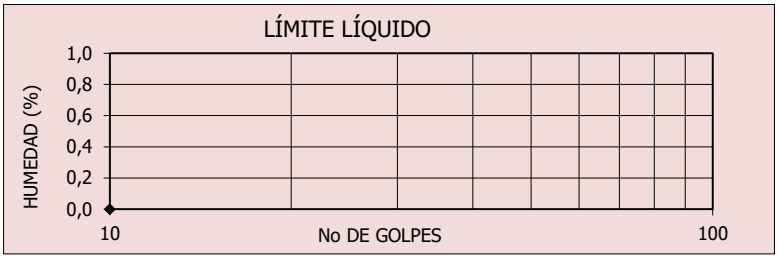
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA
HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 21,50 - 22,50 **MUESTRA:** M # 22

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

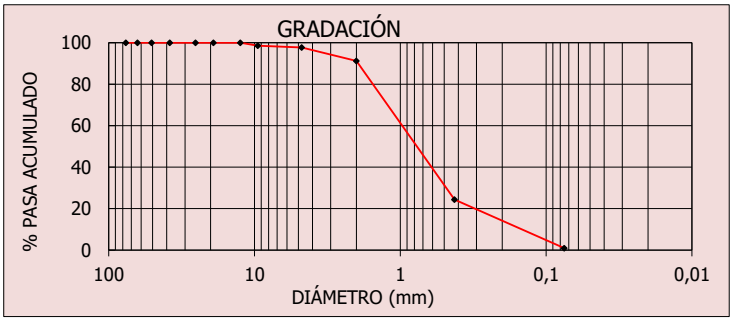


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,9
Cc= 0,8

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 245,56 gr			P2 = 239,57 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5	0,4	0,2	0,2	99,8
3/8"	9,5	12,88	5,2	5,4	94,6
No 4	4,75	16,77	6,8	12,2	87,8
No 10	2	29,86	12,2	24,4	75,6
No 40	0,425	120,22	49,0	73,4	26,6
No 200	0,075	59,44	24,2	97,6	2,4
FONDO		5,99	2,4	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

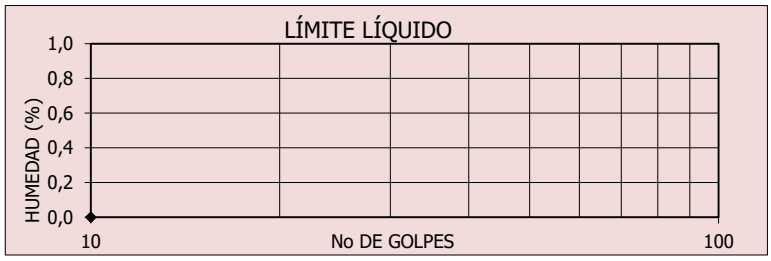
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA LIMOSA
HORIZONTE: SONDEO 3 **PROFUNDIDAD:** 23,50 - 25,00 **MUESTRA:** M # 24

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

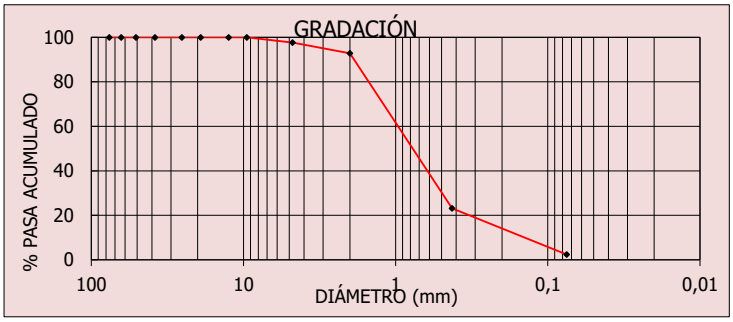


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= -
Cc= -

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-2-4
U.S.C.: SM

P1= 274,43 gr			P2 = 266,04 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	0,12	0,0	0,0	100,0
No 4	4,75	7,77	2,2	2,3	97,7
No 10	2	39,12	11,2	13,4	86,6
No 40	0,425	125,88	36,0	49,4	50,6
No 200	0,075	93,15	26,6	76,1	23,9
FONDO		8,39	3,1	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S

NIT: 900.442.096-8

Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.

GR. INGARQ S.A.S

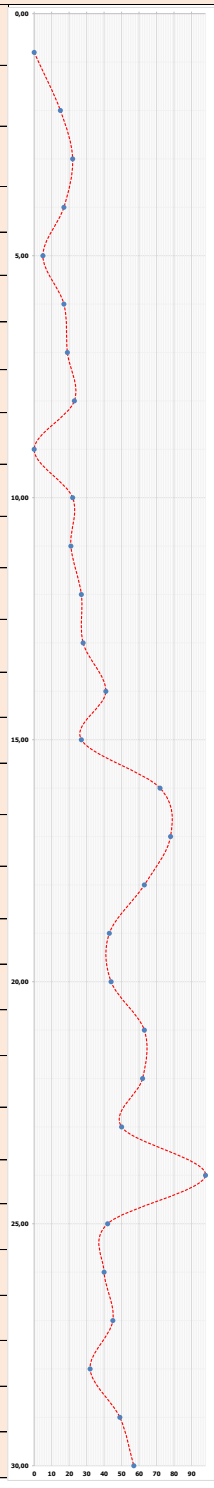
FORMATO DE PERFIL ESTRATIGRAFICO

COD. GEL-PE
VERSION: 02
FECHA: 06 JULIO DE 2021

DEPARTAMENTO DE SUELOS

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1
SOLICITANTE: FUERZA AEREA
HORIZONTE SONDEO 2
LOCALIZACION: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA
FECHA: AGOSTO DE 2021

MUESTRA #	ESC	CLASIFICACION U.S.C	AASHTO	INDICE DE GRUPO	DESCRIPCION DEL SUELO Y CALSIFICACION	PROFUNDIDAD Mts	PENETRACIÓN (cm) Nº DE GOLPES 15	15	15	Profundidad vs N	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES LIMITES DE ATTER HUMEDAD %	LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLASTICO %	INDICE DE PLASTICIDAD %	% PASA 200	ghum (KN/m3):	gsec (KN/m3):
1	0,00	ML-CL	A-4	5,70	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD O ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	0,00 - 0,80				0	4,73	23	18	5	63,48	17,79	16,99
2	2,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	0,80 - 2,00	7	7	8	15	3,53	NL	NP	NP	4,15	20,44	19,74
3	3,00	SM	A-1-b	0,00	ARENA LIMOSA	2,00 - 3,00	10	12	10	22	11,80	NL	NP	NP	18,95	22,43	20,07
4	4,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	3,00 - 4,00	8	8	9	17	10,79	NL	NP	NP	2,26	22,58	20,38
5	5,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	4,00 - 5,00	3	3	2	5	15,22	NL	NP	NP	2,69	24,11	20,93
6	6,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	5,00 - 6,00	8	7	10	17	15,22	NL	NP	NP	2,69	24,11	20,93
7	7,00	GP	A-1-a	0,00	GRAVA MAL GRADADA	6,5 - 7,00	10	8	11	19	10,84	NL	NP	NP	1,02	24,33	21,95
8	8,00	GW	A-1-a	0,00	GRAVA BIEN GRADADA	7,5 - 8,00	12	10	13	23	13,88	NL	NP	NP	1,94	26,17	22,98
9	9,00	GP	A-1-a	0.00	GRAVA MAL GRADADA	8.00 - 9.00				0	4.12	NL	NP	NP	-	22.67	21.78
10	10,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	9,00 - 10,00	8	10	12	22	14,20	NL	NP	NP	3,68	22,64	19,82
11	11,00	SP	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA	10.00 - 11.00	10	8	13	21	14.55	NL	NP	NP	3.67	22.64	19.76
12	12,00	SW	A-1-b	0,00	ARENA BIEN GRADADA	11,00 - 12,00	8	14	13	27	15,46	NL	NP	NP	3,01	22,85	19,79
13	13,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	12,00 - 13,00	12	16	12	28	16,21	NL	NP	NP	4,94	23,10	19,87
14	14,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	13,00 - 14,00	10	18	23	41	15,97	NL	NP	NP	4,29	23,63	20,37
15	15,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	14,00 - 15,00	11	12	15	27	12,94	NL	NP	NP	3,54	23,39	20,71
16	16,00	GW	A-1-a	0.00	GRAVA BIEN GRADADA	15.00 - 16.00	17	30	42	72	11.45	NL	NP	NP	3.33	24.87	22.31
17	17,00	SW-SM	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA	16,00 - 17,00	18	33	45	78	11,13	NL	NP	NP	6,57	23,06	20,75
18	18,00	GW-GM	A-1-a	0,00	GRAVA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA	17,00 - 18,00	25	28	35	63	11,12	NL	NP	NP	7,32	25,20	22,68
19	19,00	SM	A-2-4	0,00	ARENA LIMOSA	18,00 - 19,00	15	18	25	43	16,47	NL	NP	NP	33,35	23,21	19,93
20	20,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	19,00 - 20,00	16	20	24	44	16,75	NL	NP	NP	3,65	24,31	20,82
21	21,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	20,00 - 21,00	18	27	36	63	17,57	NL	NP	NP	2,15	22,69	19,30
22	22,00	SP	A-1-b	0	ARENA MAL GRADADA	21,00 - 22,00	16	24	38	62	18,26	NL	NP	NP	2,02	23,62	19,97
23	23,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	22,00 - 23,00	25	50		50	15,49	NL	NP	NP	4,29	22,49	19,47
24	24,00	SP	A-3	0,00	ARENA MAL GRADADA	23,00 - 24,00	20	39	59	98	20,69	NL	NP	NP	4,06	23,40	19,39
25	25,00	SM	A-2-4	0,00	ARENA LIMOSA	24,00 - 25,00	16	22	20	42	16,36	NL	NP	NP	31,27	22,34	19,20
26	26,00	SM	A-1-b	0,00	ARENA LIMOSA	25,00 - 26,00	15	20	20	40	16,88	NL	NP	NP	12,03	22,37	19,14
27	27,00	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	26,00 - 27,00	18	24	21	45	13,36	NL	NP	NP	6,46	23,08	20,36
28	28,00	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	27,00 - 28,00	22	15	17	32	15,95	NL	NP	NP	6,46	22,66	19,54
29	29,00	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	28,00 - 29,00	19	26	23	49	18,52	NL	NP	NP	5,78	22,94	19,36
30	30,00	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	29,00 - 30,00	20	27	30	57	14,91	NL	NP	NP	9,24	22,63	19,69



RELLENO: CAPA DE RELLENO TIPO MATERIAL GRANULAR DE ESPESOR DE 0,15 m

NIVEL FREATICO: INICIAL NA FINAL NA

OBSERVACIONES:

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Alexander V.		
LABORATORISTA	COORD. DE LABORATORIO	IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S NIT: 900.442.096-8 Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.	FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD	COD. GEL-CH VERSION: 02 FECHA: 06 DE JULIO DE 2021

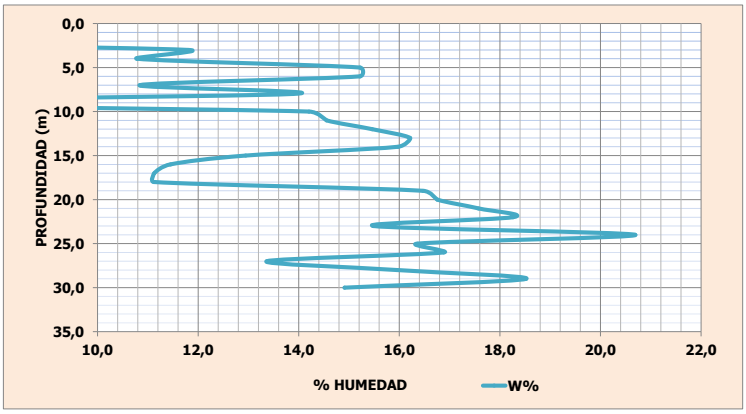
DEPARTAMENTO DE SUELOS

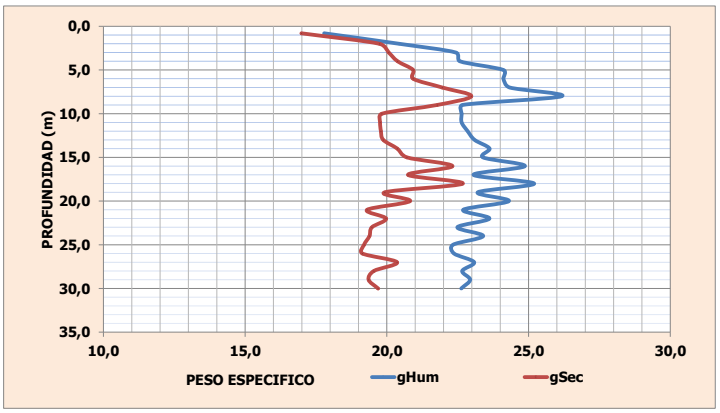
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1
SOLICITANTE: FUERZA AEREA
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA
HORIZONTE: SONDEO 2
FECHA: AGOSTO DE 2021

PROFUNDIDAD (Mts):	0,00 - 0,80	0,80 - 2,00	2,00 - 3,00	3,00 - 4,00	4,00 - 5,00	5,00 - 6,00	6,5 - 7,00	7,5 - 8,00	8,00 - 9,00	9,00 - 10,00
MUESTRA N°:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RECIPIENTE N° :	F88	S17	C6	S9	D05	D39	D40	D41	D42	X44
W SUELO HUM + RES:	282,11	400,60	436,55	438,1	368,22	368,22	394,49	475,2	370,11	307,08
W SUELO SECO + RES	271,15	388,25	394,58	399,13	324,74	324,74	359,73	422,1	357,02	273,64
W RECIPIENTE:	39,21	38,35	38,88	37,89	38,98	38,98	39,07	39,67	38,96	38,22
CONTENIDO DE HUM:	4,73	3,53	11,80	10,79	15,22	15,22	10,84	13,88	4,12	14,20
PESOS ESPECIFICOS										
DIAMETRO dprom (mm):	44,00	48,00	48,00	48,00	44,00	44,00	45,00	47,00	45,00	42,00
ALTURA h_{prom} (mm):	88,00	96,00	96,00	96,00	88,00	88,00	90,00	94,00	90,00	84,00
AREA Ao (mm^2):	1520,53	1809,56	1809,56	1809,56	1520,53	1520,53	1590,43	1734,94	1590,43	1385,44
VOLUMEN Vo (mm^3):	133806,71	173717,51	173717,51	173717,51	133806,71	133806,71	143138,82	163084,79	143138,82	116377,16
g_{hum} (KN/m3):	17,79	20,44	22,43	22,58	24,11	24,11	24,33	26,17	22,67	22,64
g_{sec} (KN/m3):	16,99	19,74	20,07	20,38	20,93	20,93	21,95	22,98	21,78	19,82

PROFUNDIDAD (Mts):	10,00 - 11,00	11,00 - 12,00	12,00 - 13,00	13,5 - 14,00	14,5 - 15,00	15,00 - 16,00	16,00 - 17,00	17,00 - 18,00	18,00 - 19,00	19,00 - 20,00
MUESTRA N°:	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
RECIPIENTE N° :	X66	B54	A5	X67	B55	51	3	4	10	3
W SUELO HUM + RES:	350,35	370,6	474,15	359,65	426,87	450,25	446,96	458,96	375,68	346,6
W SUELO SECO + RES	311,08	325,91	413,38	315,22	382,26	407,73	406,03	417	327,74	302,15
W RECIPIENTE:	41,24	36,85	38,59	37,07	37,61	36,38	38,21	39,65	36,7	36,85
CONTENIDO DE HUM:	14,55	15,46	16,21	15,97	12,94	11,45	11,13	11,12	16,47	16,75
PESOS ESPECIFICOS										
DIAMETRO dprom (mm):	44,00	45,00	49,00	44,00	47,00	47,00	48,00	47,00	45,00	43,00
ALTURA h_{prom} (mm):	88,00	90,00	98,00	88,00	94,00	94,00	96,00	94,00	90,00	86,00
AREA Ao (mm^2):	1520,53	1590,43	1885,74	1520,53	1734,94	1734,94	1809,56	1734,94	1590,43	1452,20
VOLUMEN Vo (mm^3):	133806,7	143138,8	184802,6	133806,7	163084,8	163084,8	173717,5	163084,8	143138,8	124889,3
g_{hum} (KN/m3):	22,64	22,85	23,10	23,63	23,39	24,87	23,06	25,20	23,21	24,31
g_{sec} (KN/m3):	19,76	19,79	19,87	20,37	20,71	22,31	20,75	22,68	19,93	20,82

PROFUNDIDAD (Mts):	20,00 - 21,00	21,00 - 22,00	22,00 - 23,00	23,00 - 24,00	24,00 - 25,00	25,00 - 26,00	26,00 - 27,00	27,00 - 28,00	28,00 - 29,00	29,00 - 30,00
MUESTRA N°:	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
RECIPIENTE N° :	X66	B54	A5	X67	B55	51	3	4	10	3
W SUELO HUM + RES:	347,216	318,41	391,03	358,02	347,3	322,83	474,51	392,39	329,5	415,5
W SUELO SECO + RES	300,9	275,1	343,97	303,25	304,42	281,66	423,2	343,76	283,82	366,64
W RECIPIENTE:	37,35	37,91	40,18	38,54	42,33	37,77	39,27	38,87	37,16	38,97
CONTENIDO DE HUM:	17,57	18,26	15,49	20,69	16,36	16,88	13,36	15,95	18,52	14,91
PESOS ESPECIFICOS										
DIAMETRO dprom (mm):	44,00	42,00	46,00	44,00	44,00	43,00	49,00	46,00	43,00	47,00
ALTURA h_{prom} (mm):	88,00	84,00	92,00	88,00	88,00	86,00	98,00	92,00	86,00	94,00
AREA Ao (mm^2):	1520,53	1385,44	1661,90	1520,53	1520,53	1452,20	1885,74	1661,90	1452,20	1734,94
VOLUMEN Vo (mm^3):	133806,7	116377,2	152895,0	133806,7	133806,7	124889,3	184802,6	152895,0	124889,3	163084,8
g_{hum} (KN/m3):	22,69	23,62	22,49	23,40	22,34	22,37	23,08	22,66	22,94	22,63
g_{sec} (KN/m3):	19,30	19,97	19,47	19,39	19,20	19,14	20,36	19,54	19,36	19,69





Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

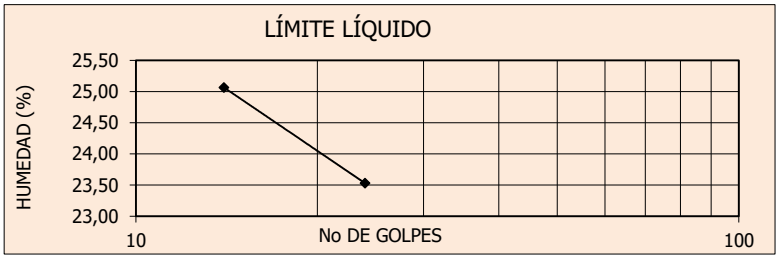
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: LIMO DE BAJA PLASTICIDAD O ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 0,00 - 0,80 **MUESTRA:** M # 1

LÍMITE LÍQUIDO		24	14
Tara No		10T	A21
P1		32,35	34,49
P2		29,23	30,61
P3		15,97	15,13
HUMEDAD %		23,53	25,06



LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No	T1	AL
P1	16,25	16,15
P2	14,74	14,68
P3	6,47	6,68
HUMEDAD%	18,26	18,38

LÍMITE LÍQUIDO: 23 %

LÍMITE PLÁSTICO: 18 %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 5

Turba No

M. Org No

Cu= -

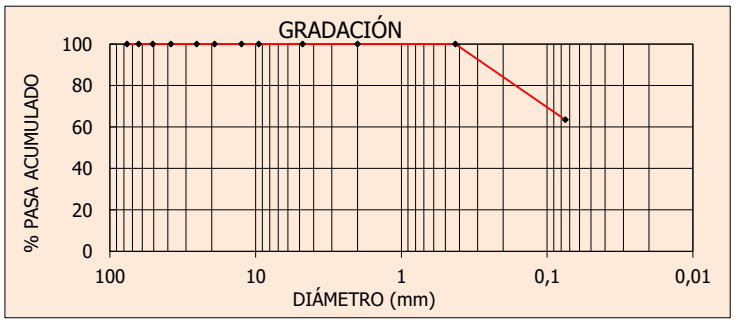
Cc= -

ÍNDICE DE GRUPO: 6

AASHTO: A-4

U.S.C.: **ML-CL**

P1= 231,9 gr			**P2 =** 84,7 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	0	0,0	0,0	100,0
No 4	**4,75**	0	0,0	0,0	100,0
No 10	**2**	0	0,0	0,0	100,0
No 40	**0,425**	0	0,0	0,0	100,0
No 200	**0,075**	84,7	36,5	36,5	63,5
FONDO		147,2	63,5	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 — **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA — **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 2,00 - 3,00 — **MUESTRA:** M # 3

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			



LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

LÍMITE LÍQUIDO: NL %

LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No

M. Org No

Cu= -

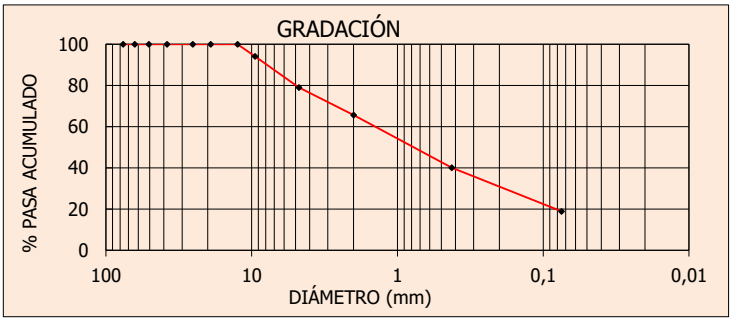
Cc= -

ÍNDICE DE GRUPO: 0

AASHTO: A-1-b

U.S.C.: **SM**

P1= 433,5 gr			P2 = 351,34 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	25,32	5,8	5,8	94,2
No 4	4,75	65,87	15,2	21,0	79,0
No 10	2	57,86	13,3	34,4	65,6
No 40	0,425	110,82	25,6	60,0	40,0
No 200	0,075	91,47	21,1	81,1	18,9
FONDO		82,12	18,9	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

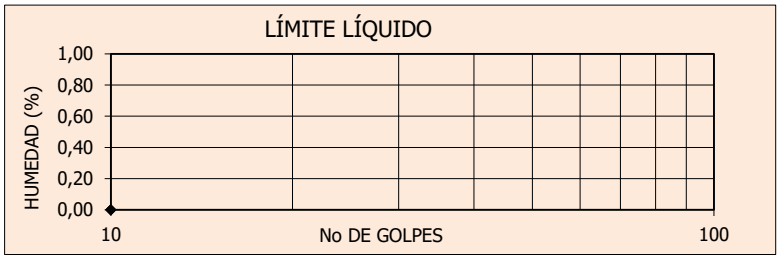
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 4,00 - 5,00 **MUESTRA:** M # 5

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

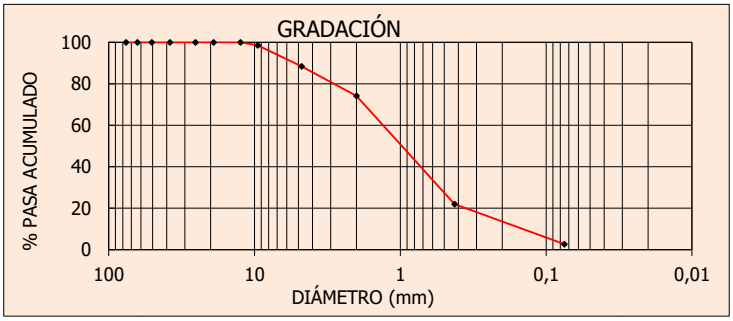


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,9
Cc= 1,3

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 285,76 gr			**P2 =** 278,07 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	4,05	1,4	1,4	98,6
No 4	**4,75**	28,97	10,1	11,6	88,4
No 10	**2**	40,96	14,3	25,9	74,1
No 40	**0,425**	148,87	52,1	78,0	22,0
No 200	**0,075**	55,22	19,3	97,3	2,7
FONDO		7,69	2,7	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

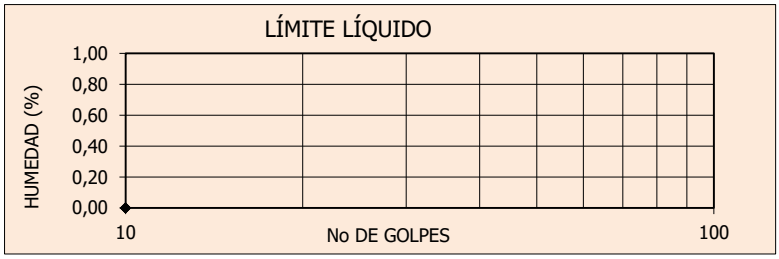
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: GRAVA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 6,5 - 7,00 **MUESTRA:** M # 7

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



LÍMITE LÍQUIDO: NL %

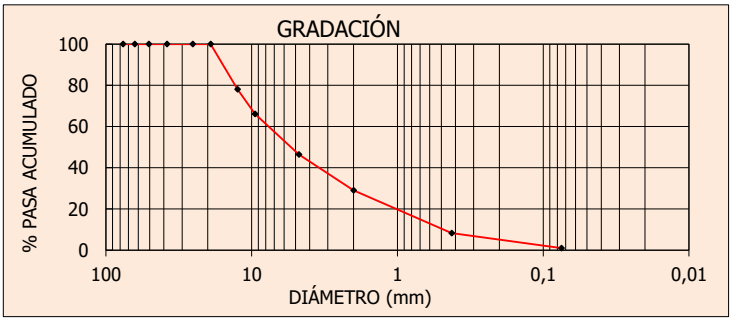
LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 12,4
Cc= 0,9

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **GP**

P1= 320,66 gr			P2 = 317,39 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	70,28	21,9	21,9	78,1
3/8"	9,5	38,25	11,9	33,8	66,2
No 4	4,75	63,04	19,7	53,5	46,5
No 10	2	55,84	17,4	70,9	29,1
No 40	0,425	66,69	20,8	91,7	8,3
No 200	0,075	23,29	7,3	99,0	1,0
FONDO		3,27	1,0	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: GRAVA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 8,00 - 9,00 **MUESTRA:** M # 9

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



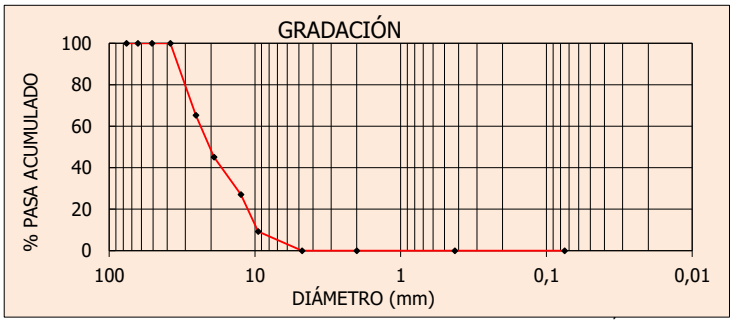
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 2,5
Cc= 0,8

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: GP

P1= 318,06 gr **P2 =** 318,06 gr

TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	110,22	34,7	34,7	65,3
3/4"	19,1	64,42	20,3	54,9	45,1
1/2"	12,5	57,2	18,0	72,9	27,1
3/8"	9,5	56,89	17,9	90,8	9,2
No 4	4,75	29,33	9,2	100,0	0,0
No 10	2	0	0,0	100,0	0,0
No 40	0,425	0	0,0	100,0	0,0
No 200	0,075	0,00	0,0	100,0	0,0
FONDO		0,00	0,0	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

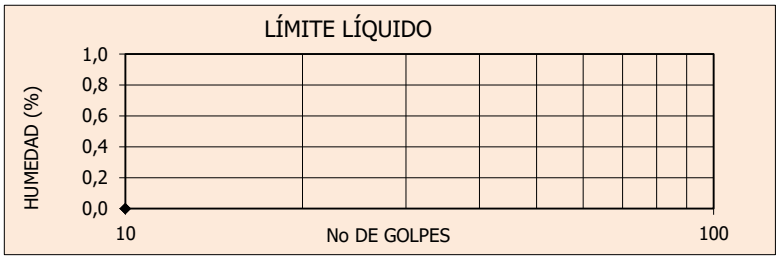
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 10,00 - 11,00 **MUESTRA:** M # 11

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

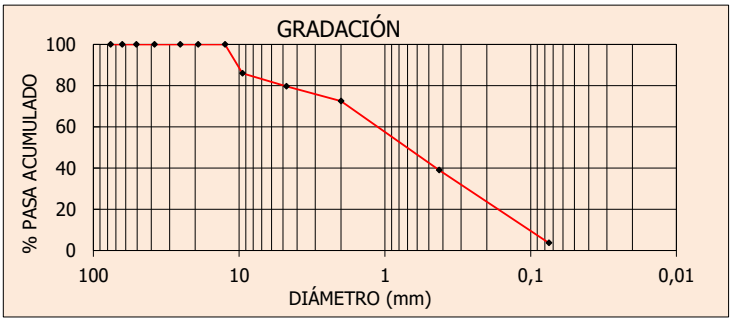


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 6,8
Cc= 0,4

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 269,84 gr			**P2 =** 259,94 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	37,75	14,0	14,0	86,0
No 4	**4,75**	16,99	6,3	20,3	79,7
No 10	**2**	19,34	7,2	27,5	72,5
No 40	**0,425**	90,45	33,5	61,0	39,0
No 200	**0,075**	95,41	35,4	96,3	3,7
FONDO		9,90	3,7	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

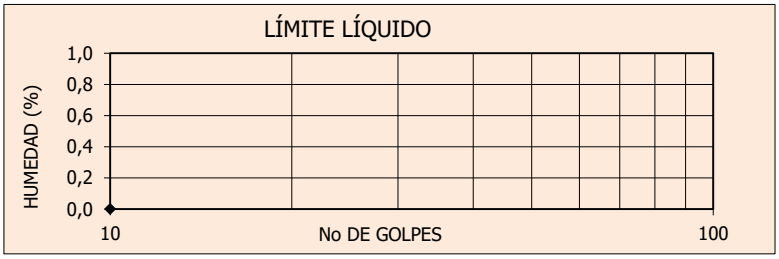
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 12,00 - 13,00 **MUESTRA:** M # 13

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

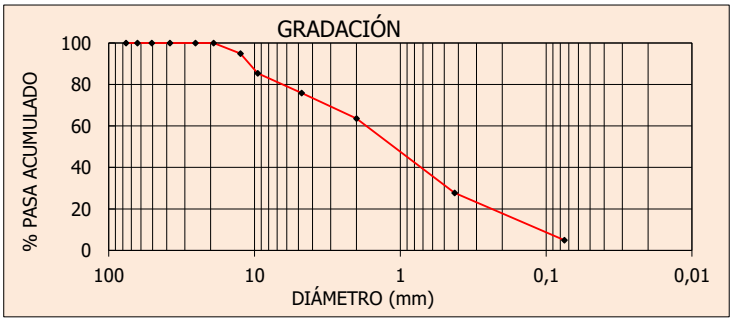


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 8,7
Cc= 0,8

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

38,74 374,79 gr			**P2 =** 356,29 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	19,27	5,1	5,1	94,9
3/8"	**9,5**	35,55	9,5	14,6	85,4
No 4	**4,75**	35,41	9,4	24,1	75,9
No 10	**2**	46,35	12,4	36,4	63,6
No 40	**0,425**	134,42	35,9	72,3	27,7
No 200	**0,075**	85,29	22,8	95,1	4,9
FONDO		18,5	4,9	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

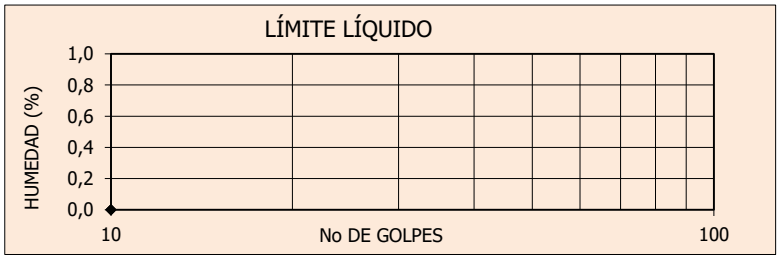
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 14,00 - 15,00 **MUESTRA:** M # 15

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

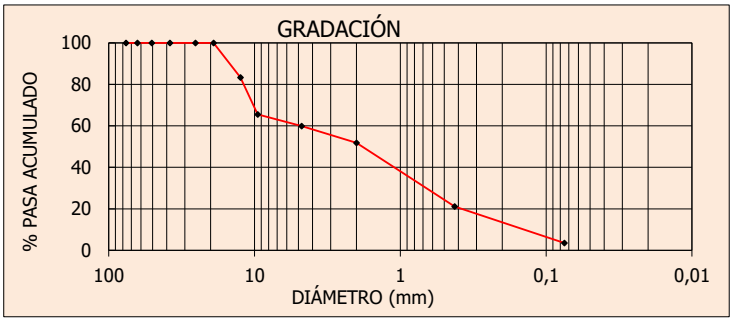


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 17,2
Cc= 0,8

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 344,65 gr			P2 = 332,45 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5	57,19	16,6	16,6	83,4
3/8"	9,5	61,67	17,9	34,5	65,5
No 4	4,75	19,13	5,6	40,0	60,0
No 10	2	27,91	8,1	48,1	51,9
No 40	0,425	105,69	30,7	78,8	21,2
No 200	0,075	60,86	17,7	96,5	3,5
FONDO		12,2	3,5	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

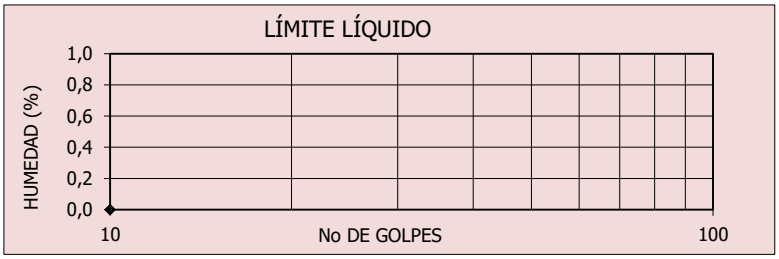
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 16,00 - 17,00 **MUESTRA:** M # 17

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			



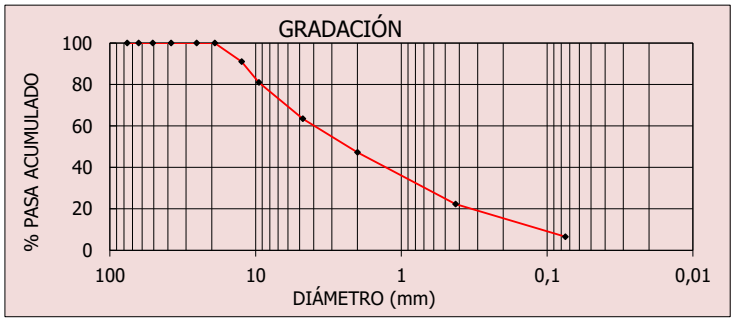
LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 21,6
Cc= 1,3

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **SW-SM**

P1= 367,82 gr			P2 = 343,66 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5	33,03	9,0	9,0	91,0
3/8"	9,5	36,8	10,0	19,0	81,0
No 4	4,75	64,3	17,5	36,5	63,5
No 10	2	59,87	16,3	52,7	47,3
No 40	0,425	91,7	24,9	77,7	22,3
No 200	0,075	57,96	15,8	93,4	6,6
FONDO		24,16	6,6	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

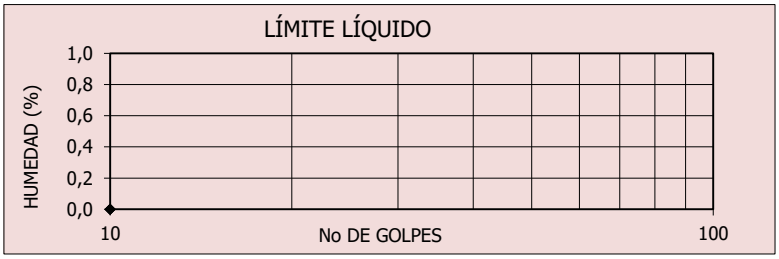
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 18,00 - 19,00 **MUESTRA:** M # 19

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

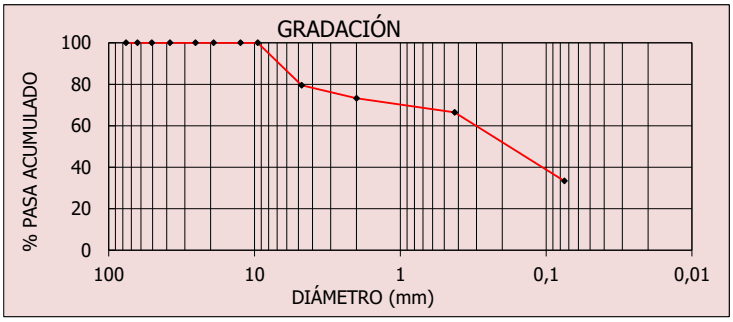


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= -
Cc= -

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-2-4
U.S.C.: **SM**

P1= 291,04 gr			**P2 =** 213,3 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	0	0,0	0,0	100,0
No 4	**4,75**	59,77	20,5	20,5	79,5
No 10	**2**	17,98	6,2	26,7	73,3
No 40	**0,425**	19,98	6,9	33,6	66,4
No 200	**0,075**	96,24	33,1	66,6	33,4
FONDO		77,74	26,7	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

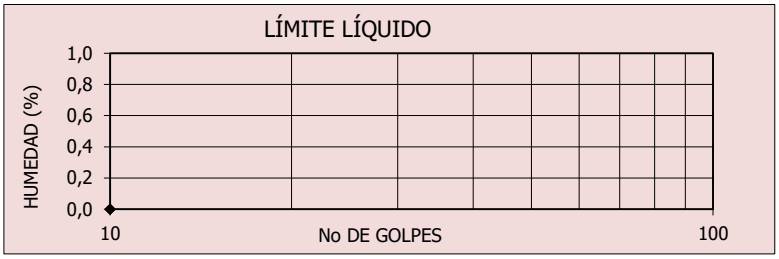
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA
HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 20,00 - 21,00 **MUESTRA:** M # 21

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

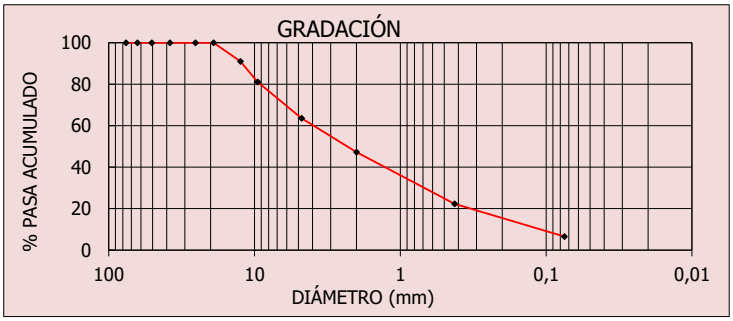


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,8
Cc= 0,8

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 263,55 gr			**P2 =** 257,89 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	19,03	7,2	7,2	92,8
No 4	**4,75**	19,89	7,5	14,8	85,2
No 10	**2**	31,3	11,9	26,6	73,4
No 40	**0,425**	123,1	46,7	73,4	26,6
No 200	**0,075**	64,57	24,5	97,9	2,1
FONDO		5,66	2,1	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

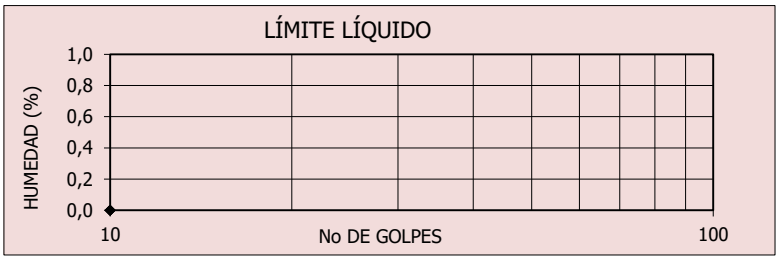
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA
HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 22,00 - 23,00 **MUESTRA:** M # 23

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



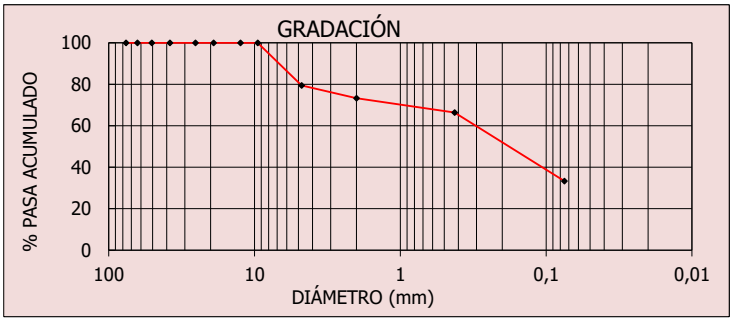
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 7,5
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 303,79 gr **P2 =** 290,77 gr

TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5	13,28	4,4	4,4	95,6
3/8"	9,5	21,97	7,2	11,6	88,4
No 4	4,75	25,82	8,5	20,1	79,9
No 10	2	26,5	8,7	28,8	71,2
No 40	0,425	116,14	38,2	67,1	32,9
No 200	0,075	87,06	28,7	95,7	4,3
FONDO		13,02	4,3	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

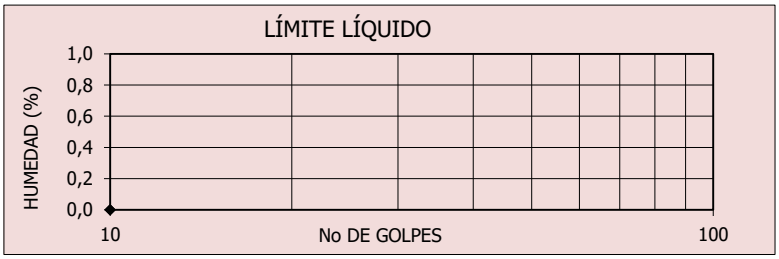
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S NIT: 900.442.096-8 Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.	GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN	COD. GEL-GLC VERSION: 02 FECHA: 06 DE JULIO DE 2021

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA LIMOSA
HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 24,00 - 25,00 **MUESTRA:** M # 25

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

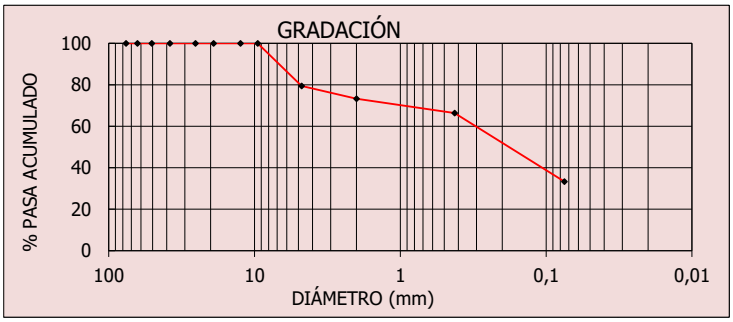


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= -
Cc= -

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-2-4
U.S.C.: SM

P1= 370,27 gr			P2 = 254,49 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5		-	-	100,0
3/8"	9,5		-	-	100,0
No 4	4,75	8,09	2,2	2,2	97,8
No 10	2	38,65	10,4	12,6	87,4
No 40	0,425	129,95	35,1	47,7	52,3
No 200	0,075	77,8	21,0	68,7	31,3
FONDO		115,78	31,3	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

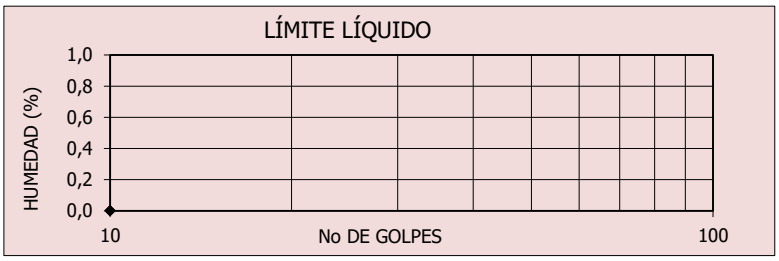
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA
HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 26,00 - 27,00 **MUESTRA:** M # 27

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

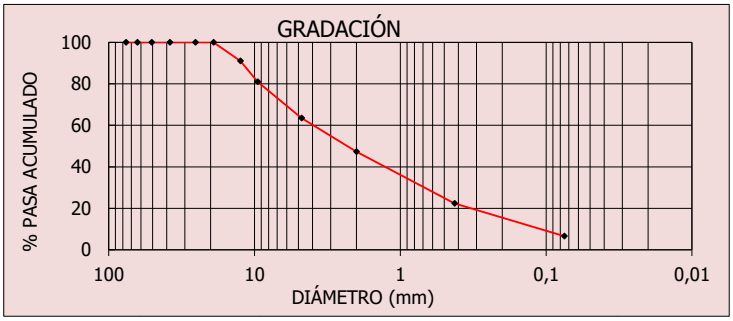


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 11,9
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP-SM**

P1= 383,48 gr			**P2 =** 358,69 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	26,16	6,8	6,8	93,2
3/8"	**9,5**	29,24	7,6	14,4	85,6
No 4	**4,75**	47,87	12,5	26,9	73,1
No 10	**2**	46,15	12,0	39,0	61,0
No 40	**0,425**	94,59	24,7	63,6	36,4
No 200	**0,075**	114,68	29,9	93,5	6,5
FONDO		24,79	6,5	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

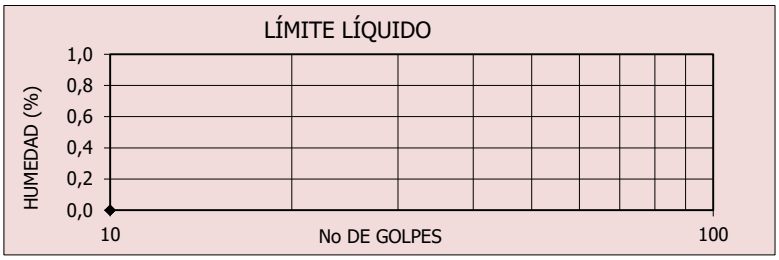
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA
HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 28,00 - 29,00 **MUESTRA:** M # 29

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

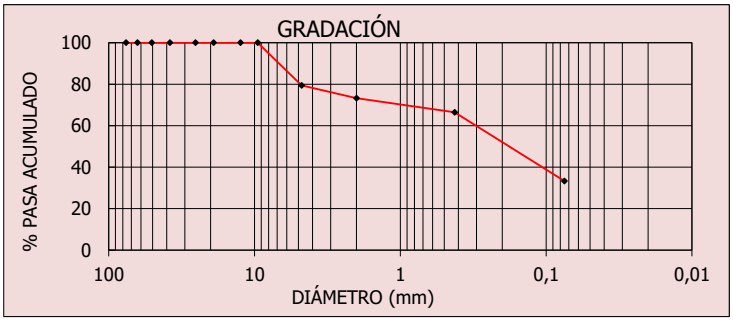


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 7,2
Cc= 0,6

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: SP-SM

P1= 246,66 gr			P2 = 232,4 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5		-	-	100,0
3/8"	9,5		-	-	100,0
No 4	4,75	5,1	2,1	2,1	97,9
No 10	2	21,01	8,5	10,6	89,4
No 40	0,425	128,82	52,2	62,8	37,2
No 200	0,075	77,47	31,4	94,2	5,8
FONDO		14,26	5,8	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

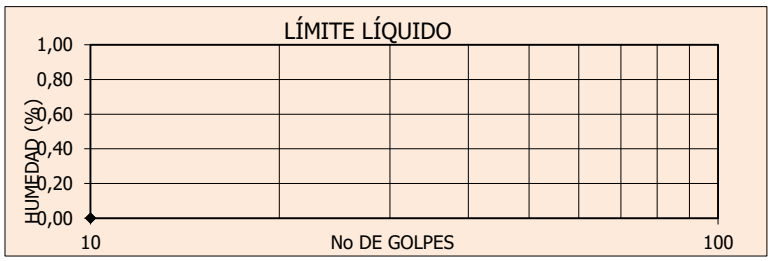
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO:	TORRE DE CONTROL CACOM 1	**FECHA:**	AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN:	PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA	**SOLICITANTE:**	FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN:	ARENA MAL GRADADA		
HORIZONTE:	SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 0,80 - 2,00	**MUESTRA:**	M # 2

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

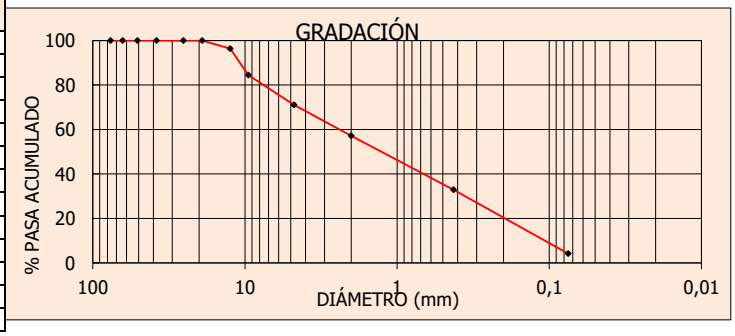


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 11,6
Cc= 0,3

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 350,0 gr			**P2 =** 335,48 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	12,61	3,6	3,6	96,4
3/8"	**9,5**	41,65	11,9	15,5	84,5
No 4	**4,75**	47,04	13,4	28,9	71,1
No 10	**2**	48,46	13,8	42,8	57,2
No 40	**0,425**	85,15	24,3	67,1	32,9
No 200	**0,075**	100,57	28,7	95,9	4,1
FONDO		14,5	4,1	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

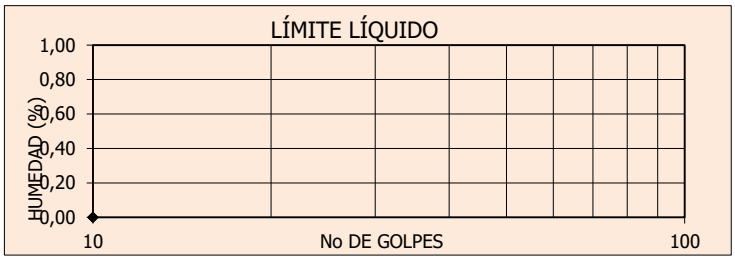
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 3,00 - 4,00 **MUESTRA:** M # 4

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



LÍMITE LÍQUIDO: NL %

LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No

M. Org No

Cu= 16,1

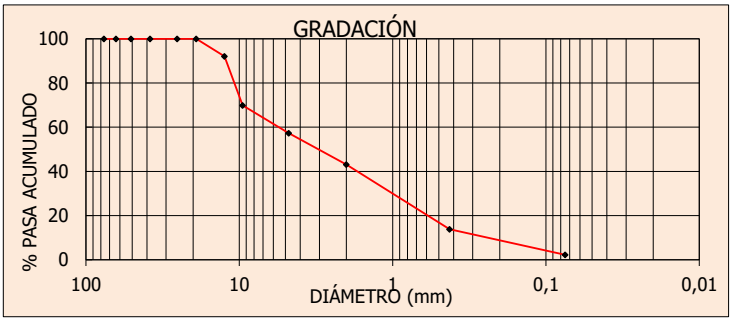
Cc= 1,1

ÍNDICE DE GRUPO: 0

AASHTO: A-1-a

U.S.C.: **SW**

P1= 361,24 gr			P2 = 353,09 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	28,6	7,9	7,9	92,1
3/8"	9,5	80,42	22,3	30,2	69,8
No 4	4,75	45,24	12,5	42,7	57,3
No 10	2	51,22	14,2	56,9	43,1
No 40	0,425	106,01	29,3	86,2	13,8
No 200	0,075	41,6	11,5	97,7	2,3
FONDO		8,15	2,3	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

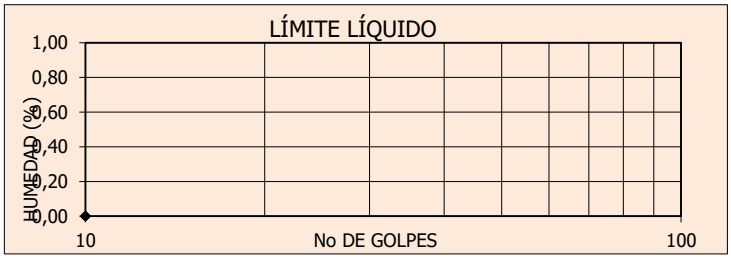
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 5,00 - 6,00 **MUESTRA:** M # 6

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

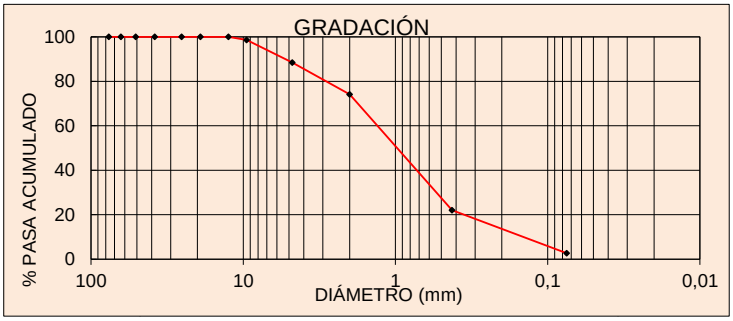


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,9
Cc= 1,3

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 285,76 gr			**P2 =** 278,07 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	4,05	1,4	1,4	98,6
No 4	**4,75**	28,97	10,1	11,6	88,4
No 10	**2**	40,96	14,3	25,9	74,1
No 40	**0,425**	148,87	52,1	78,0	22,0
No 200	**0,075**	55,22	19,3	97,3	2,7
FONDO		7,69	2,7	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

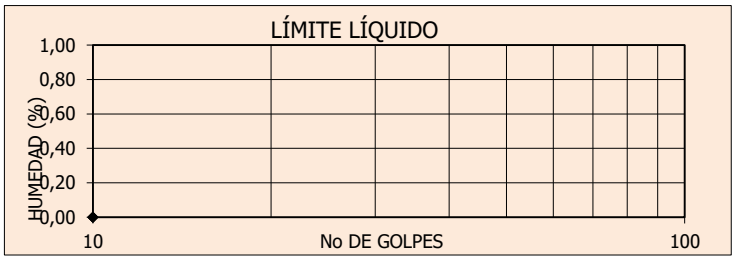
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: GRAVA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 7,5 - 8,00 **MUESTRA:** M # 8

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

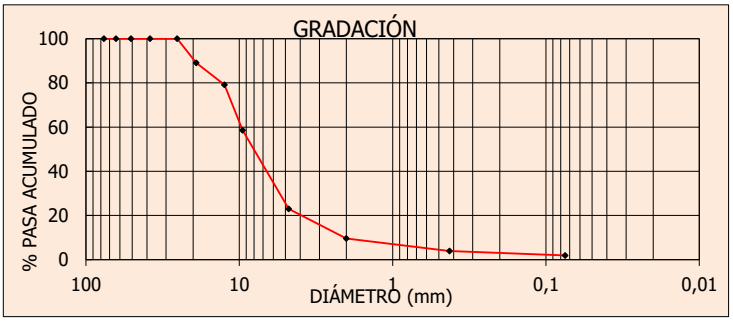


LÍMITE LÍQUIDO: NL
LÍMITE PLÁSTICO: NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 4,5
Cc= 1,8

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **GW**

P1= 382,43 gr			P2 = 375,00 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	41,67	10,9	10,9	89,1
1/2"	12,5	38,26	10,0	20,9	79,1
3/8"	9,5	78,7	20,6	41,5	58,5
No 4	4,75	136,01	35,6	77,0	23,0
No 10	2	51,27	13,4	90,5	9,5
No 40	0,425	21,60	5,6	96,1	3,9
No 200	0,075	7,49	2,0	98,1	1,9
FONDO		7,43	1,9	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

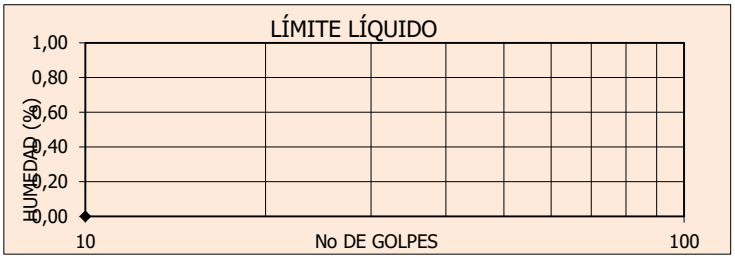
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 9,00 - 10,00 **MUESTRA:** M # 10

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



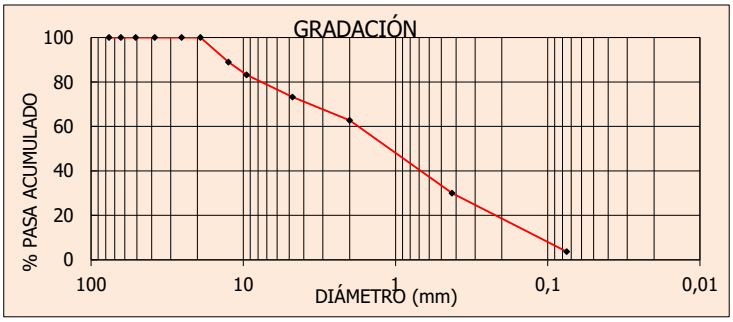
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 7,9
Cc= 0,4

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: SP

P1= 235,42 gr **P2 =** 226,75 gr

TAMIZ pulg	TAMIZ mm	RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	26,08	11,1	11,1	88,9
3/8"	9,5	13,53	5,7	16,8	83,2
No 4	4,75	23,37	9,9	26,8	73,2
No 10	2	24,79	10,5	37,3	62,7
No 40	0,425	77	32,7	70,0	30,0
No 200	0,075	61,98	26,3	96,3	3,7
FONDO		8,67	3,7	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

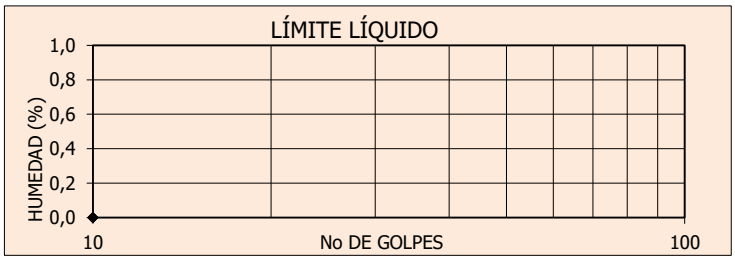
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 11,00 - 12,00 **MUESTRA:** M # 12

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



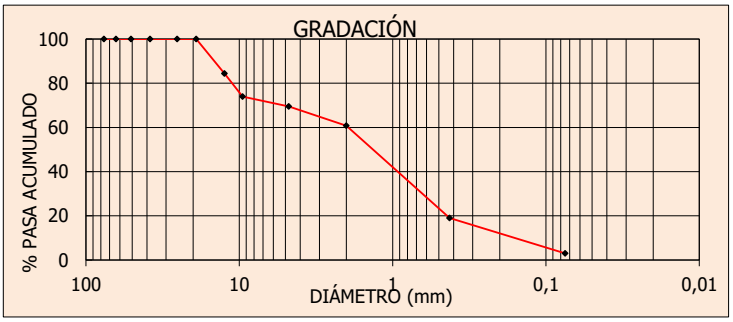
LÍMITE LÍQUIDO: NL
LÍMITE PLÁSTICO: NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 6,5
Cc= 1,8

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SW**

P1= 289,06 gr **P2 =** 280,35 gr

TAMIZ pulg	TAMIZ mm	RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	45,18	15,6	15,6	84,4
3/8"	9,5	30,21	10,5	26,1	73,9
No 4	4,75	12,71	4,4	30,5	69,5
No 10	2	25,31	8,8	39,2	60,8
No 40	0,425	120,61	41,7	81,0	19,0
No 200	0,075	46,33	16,0	97,0	3,0
FONDO		8,71	3,0	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

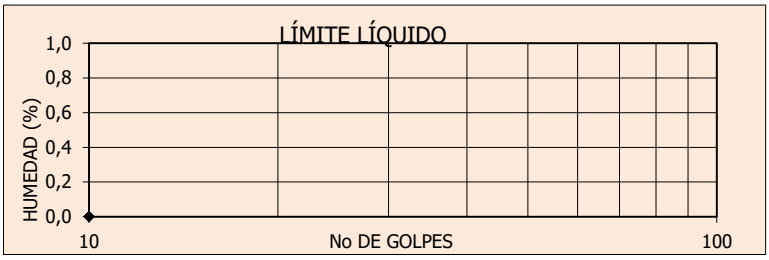
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 13,00 - 14,00 **MUESTRA:** M # 14

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			



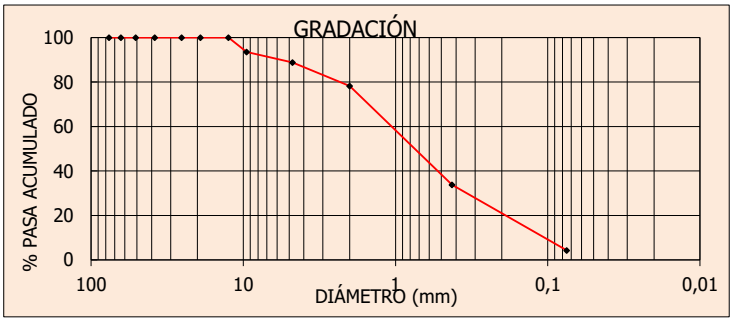
LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 6,9
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 278,15 gr			P2 = 266,22 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5		-	-	100,0
3/8"	9,5	18,14	6,5	6,5	93,5
No 4	4,75	13,19	4,7	11,3	88,7
No 10	2	29,2	10,5	21,8	78,2
No 40	0,425	123,64	44,5	66,2	33,8
No 200	0,075	82,05	29,5	95,7	4,3
FONDO		11,93	4,3	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

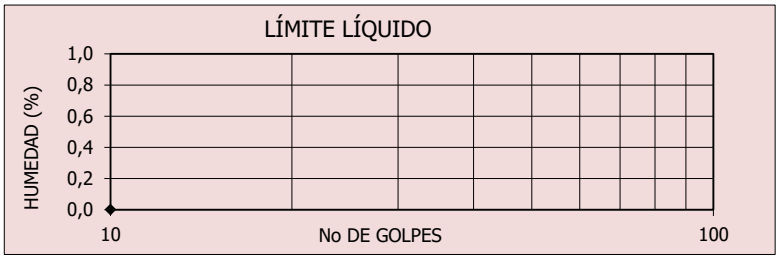
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: GRAVA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 15,00 - 16,00 **MUESTRA:** M # 16

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

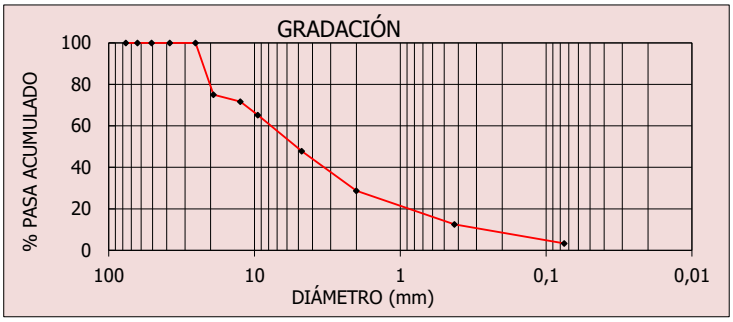


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 22,5
Cc= 1,7

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **GW**

P1= 371,35 gr			P2 = 359 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1	92,77	25,0	25,0	75,0
1/2"	12,5	12,45	3,4	28,3	71,7
3/8"	9,5	24,03	6,5	34,8	65,2
No 4	4,75	64,46	17,4	52,2	47,8
No 10	2	71,07	19,1	71,3	28,7
No 40	0,425	60,21	16,2	87,5	12,5
No 200	0,075	34,01	9,2	96,7	3,3
FONDO		12,35	3,3	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

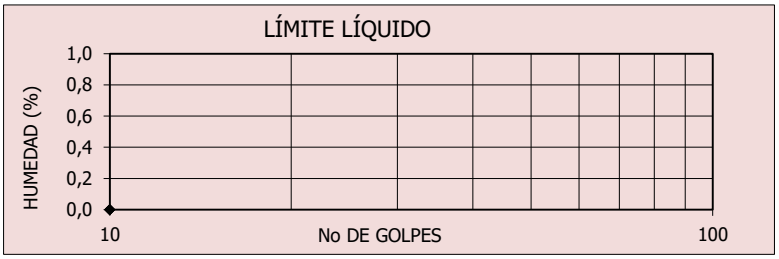
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: GRAVA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 17,00 - 18,00 **MUESTRA:** M # 18

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			



LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

LÍMITE LÍQUIDO: NL %

LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No

M. Org No

Cu= 49,4

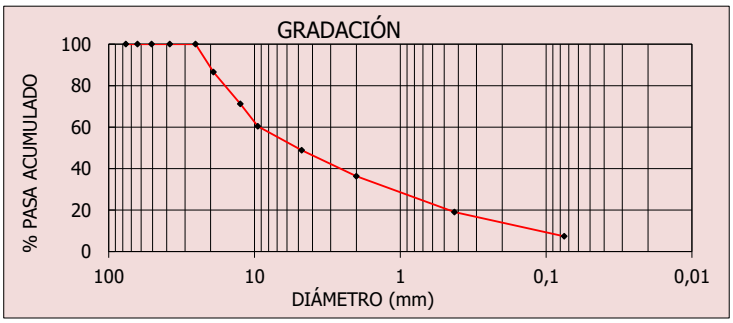
Cc= 1,3

ÍNDICE DE GRUPO: 0

AASHTO: A-1-a

U.S.C.: **GW-GM**

P1= 377,35 gr			**P2 =** 349,72 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**	50,89	13,5	13,5	86,5
1/2"	**12,5**	57,67	15,3	28,8	71,2
3/8"	**9,5**	40,73	10,8	39,6	60,4
No 4	**4,75**	43,6	11,6	51,1	48,9
No 10	**2**	47,28	12,5	63,6	36,4
No 40	**0,425**	65,22	17,3	80,9	19,1
No 200	**0,075**	44,33	11,7	92,7	7,3
FONDO		27,63	7,3	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

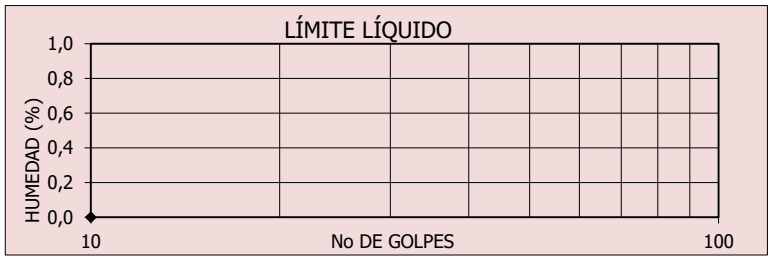
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 19,00 - 20,00 **MUESTRA:** M # 20

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			



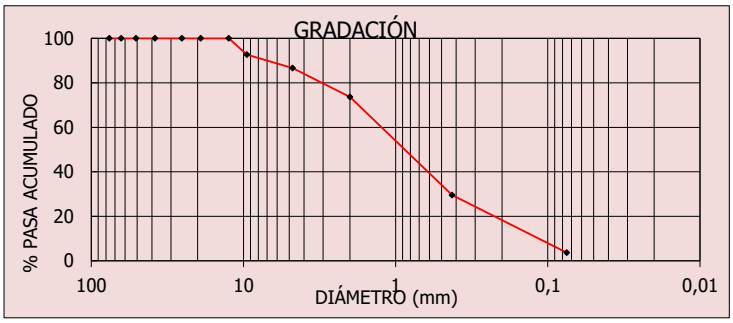
LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 6,8
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: SP

P1= 265,3 gr			P2 = 255,61 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	19,45	7,3	7,3	92,7
No 4	4,75	16,09	6,1	13,4	86,6
No 10	2	34,38	13,0	26,4	73,6
No 40	0,425	116,86	44,0	70,4	29,6
No 200	0,075	68,83	25,9	96,3	3,7
FONDO		9,69	3,7	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

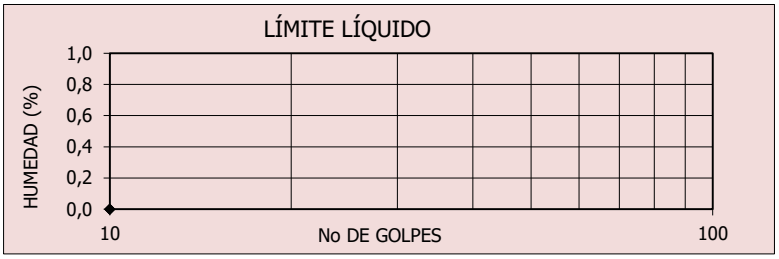
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA
HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 21,00 - 22,00 **MUESTRA:** M # 22

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

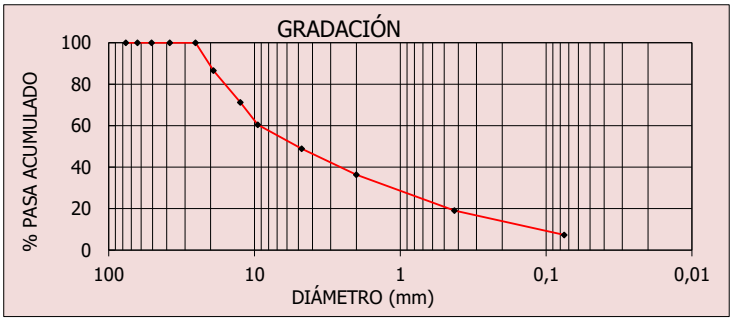


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,7
Cc= 0,9

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 237,19 gr			**P2 =** 232,4 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**		-	-	100,0
3/8"	**9,5**	13,04	5,5	5,5	94,5
No 4	**4,75**	15,31	6,5	12,0	88,0
No 10	**2**	30,95	13,0	25,0	75,0
No 40	**0,425**	117,57	49,6	74,6	25,4
No 200	**0,075**	55,53	23,4	98,0	2,0
FONDO		4,79	2,0	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

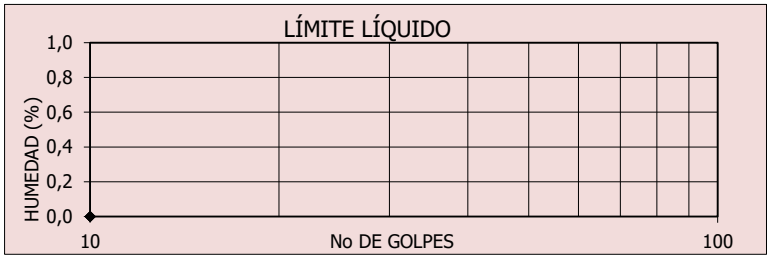
REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA
HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 23,00 - 24,00 **MUESTRA:** M # 24

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			



LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

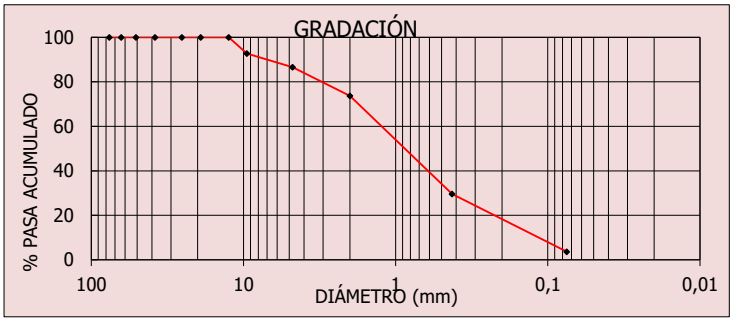
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 3,1
Cc= 1,0

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-3
U.S.C.: **SP**

P1= 264,71 gr **P2 =** 253,96 gr

TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	0	0,0	0,0	100,0
No 4	4,75	1,9	0,7	0,7	99,3
No 10	2	14,71	5,6	6,3	93,7
No 40	0,425	98,02	37,0	43,3	56,7
No 200	0,075	139,33	52,6	95,9	4,1
FONDO		10,75	4,1	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

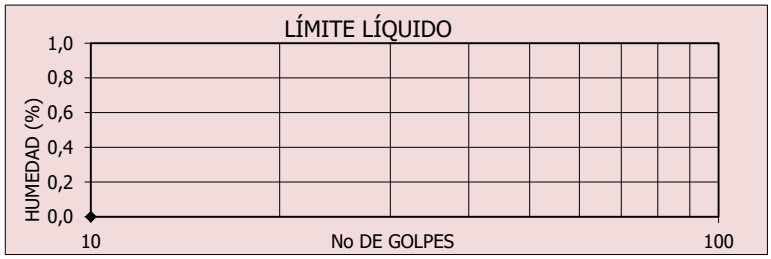
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA LIMOSA
HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 25,00 - 26,00 **MUESTRA:** M # 26

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

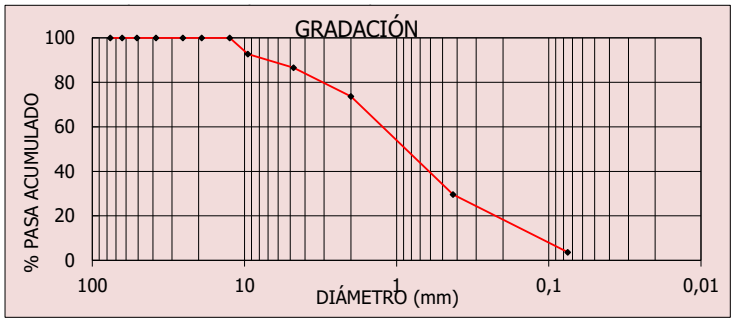


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= -
Cc= -

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: SM

P1= 243,89 gr			P2 = 214,54 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	13,94	5,7	5,7	94,3
No 4	4,75	9,71	4,0	9,7	90,3
No 10	2	24,03	9,9	19,5	80,5
No 40	0,425	80,57	33,0	52,6	47,4
No 200	0,075	86,29	35,4	88,0	12,0
FONDO		29,35	12,0	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

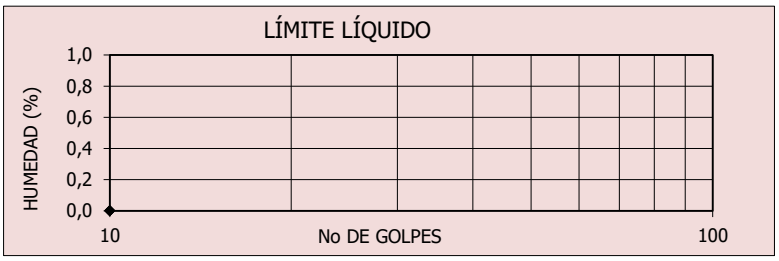
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA
HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 27,00 - 28,00 **MUESTRA:** M # 28

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

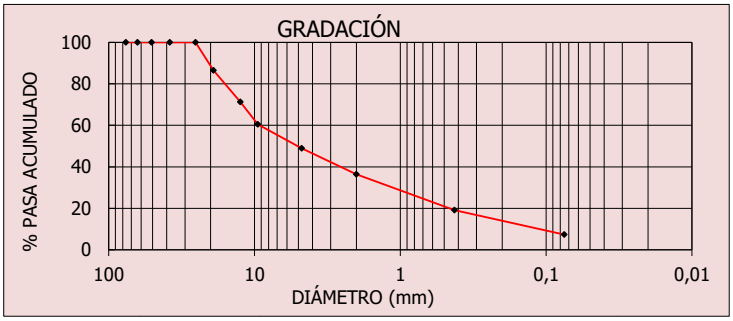


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 9,7
Cc= 0,6

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP-SM**

P1= 304,89 gr			P2 = 285,2 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5		-	-	100,0
3/8"	9,5	17,68	5,8	5,8	94,2
No 4	4,75	25,33	8,3	14,1	85,9
No 10	2	42,91	14,1	28,2	71,8
No 40	0,425	121,12	39,7	67,9	32,1
No 200	0,075	78,16	25,6	93,5	6,5
FONDO		19,69	6,5	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

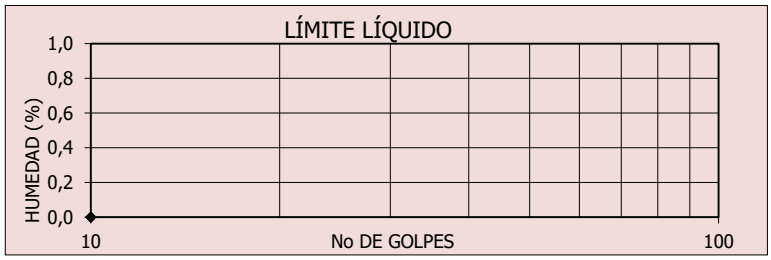
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA
HORIZONTE: SONDEO 2 **PROFUNDIDAD:** 29,00 - 30,00 **MUESTRA:** M # 30

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

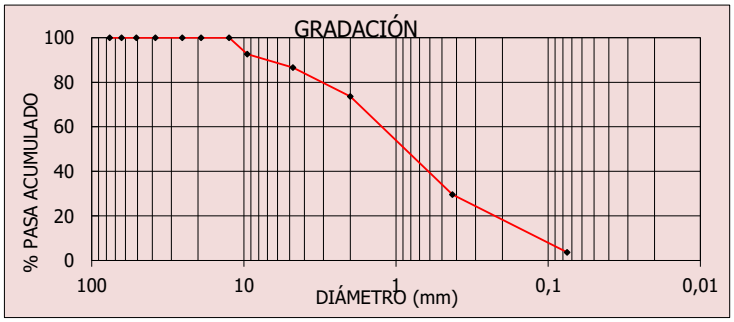


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 15,8
Cc= 0,9

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP-SM**

P1= 327,67 gr			**P2 =** 297,39 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	42,23	12,9	12,9	87,1
3/8"	**9,5**	9,16	2,8	15,7	84,3
No 4	**4,75**	15,86	4,8	20,5	79,5
No 10	**2**	28,59	8,7	29,2	70,8
No 40	**0,425**	88,97	27,2	56,4	43,6
No 200	**0,075**	112,58	34,4	90,8	9,2
FONDO		30,28	9,2	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S

NIT: 900.442.096-8

Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.

GR. INGARQ S.A.S

FORMATO DE PERFIL ESTRATIGRAFICO

COD. GEL-PE

VERSION: 02

FECHA: 06 JULIO DE 2021

DEPARTAMENTO DE SUELOS

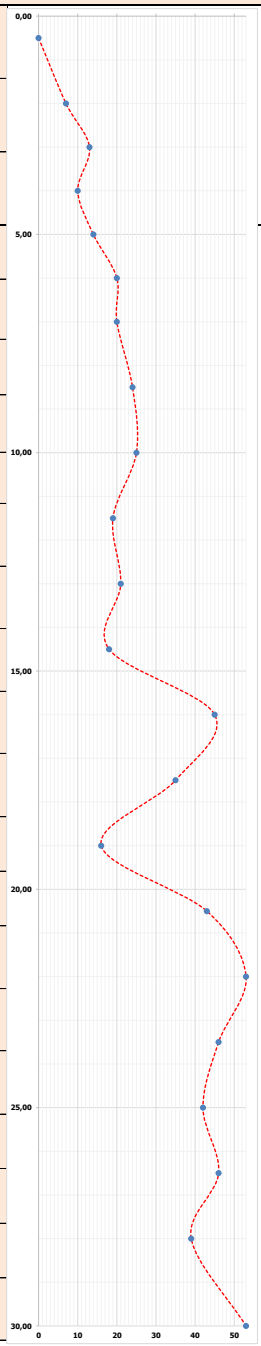
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 — **FECHA:** AGOSTO DE 2021

SOLICITANTE: FUERZA AEREA

HORIZONTE SONDEO 4

LOCALIZACION: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA

MUESTRA #	ESC	CLASIFICACION U.S.C.	CLASIFICACION AASHTO	CLASIFICACION INDICE DE GRUPO	CLASIFICACION DESCRIPCION DEL SUELO Y CALSIFICACION	PROFUNDIDAD Mts	PENETRACIÓN (cm) Nº DE GOLPES 15	15	15	Profundidad vs N	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES LIMITES DE ATTER HUMEDAD %	LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLASTICO %	INDICE DE PLASTICIDAD %	% PASA 200	ghum (KN/m3)	gsec (KN/m3)
1	0,50	SM	A-4	2,50	ARENA LIMOSA	0,00 - 0,50				0	7,90	NL	NP	NP	47,50	21,55	19,98
2	2,00	SP-SM	A-3	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	0,50 - 2,00	3	4	3	7	8,09	NL	NP	NP	8,37	21,67	20,05
3	3,00	SM	A-1-b	0,00	ARENA LIMOSA	2,00 - 3,00	7	8	5	13	9,19	NL	NP	NP	22,68	22,32	20,44
4	4,00	SP	A-1-a	0.00	ARENA MAL GRADADA	3.00 - 4.00	8	5	5	10	8.83	NL	NP	NP	0.52	21.21	19.49
5	5,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	4,00 - 5,00	9	6	8	14	9,47	NL	NP	NP	2,62	22,58	20,63
6	6,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	5,00 - 6,00	8	10	10	20	9,33	NL	NP	NP	1,83	22,11	20,22
7	7,00	SW	A-1-a	0,00	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	6,00 - 7,00	12	12	8	20	10,74	NL	NP	NP	2,70	18,48	16,68
8	8,50	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	7,00 - 8,50	14	12	12	24	13,49	NL	NP	NP	3,95	22,96	20,23
9	10,00	SP	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA	8.50 - 10.00	10	13	12	25	15.60	NL	NP	NP	1.85	23.56	20.39
10	11,50	SW	A-1-b	0,00	ARENA BIEN GRADADA	10,00 - 11,50	12	9	10	19	12,90	NL	NP	NP	1,08	22,59	20,01
11	13,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	11,5 - 13,00	9	8	13	21	13,76	NL	NP	NP	0,37	22,73	19,98
12	14,50	SP	A-3	0.00	ARENA MAL GRADADA	13.00 - 14.50	10	10	8	18	23.10	NL	NP	NP	4.57	24.20	19.66
13	16,00	SW	A-1-a	0,00	ARENA BIEN GRADADA	14,50 - 16,00	15	19	26	45	12,07	NL	NP	NP	3,44	22,52	20,10
14	17,50	SP	A-3	0,00	ARENA MAL GRADADA	16,00 - 17,50	10	14	21	35	23,59	NL	NP	NP	4,02	25,55	20,67
15	19,00	SP	A-3	0,00	ARENA MAL GRADADA	17,50 - 19,00	8	8	8	16	23,59	NL	NP	NP	4,02	25,55	20,67
16	20,50	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	19,00 - 20,50	15	20	23	43	17,96	NL	NP	NP	5,46	23,95	20,30
17	22,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	20,50 - 22,00	17	24	29	53	21,49	NL	NP	NP	0,60	23,18	19,08
18	23,50	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	22,00 - 23,50	25	19	27	46	20,78	NL	NP	NP	1,79	23,01	19,05
19	25,00	SP	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA	23.50 - 25.00	13	19	23	42	15.22	NL	NP	NP	1.67	22.25	19.31
20	26,50	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	25,00 - 26,50	16	22	24	46	15,76	NL	NP	NP	5,32	21,97	18,98
21	28,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	26,50 - 28,00	19	20	19	39	12,42	NL	NP	NP	3,81	22,59	20,09
22	30,00	SP	A-1-b	0	ARENA MAL GRADADA	28.00 - 30.00	19	24	29	53	14.91	NL	NP	NP	4.95	23.50	20.45



RELLENO: CAPA DE RELLENO TIPO MATERIAL GRANULAR DE ESPESOR DE 0,15 m

NIVEL FREATICO: INICIAL NA FINAL NA

OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR: LABORATORISTA

REVISADO POR: COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR: IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S NIT: 900.442.096-8 Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.	FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD	COD. GEL-CH VERSION: 02 FECHA: 06 DE JULIO DE 2021

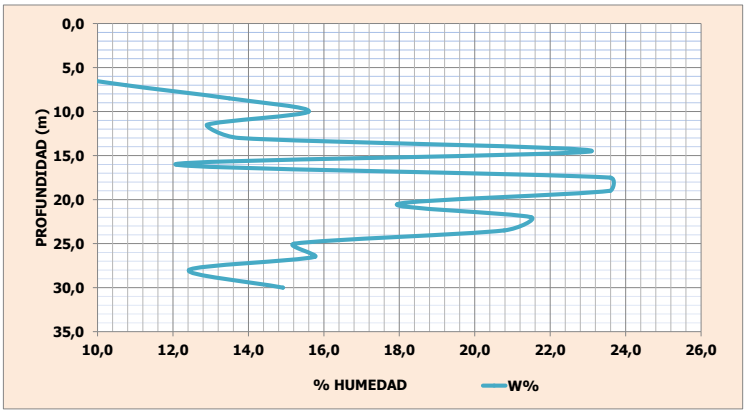
DEPARTAMENTO DE SUELOS

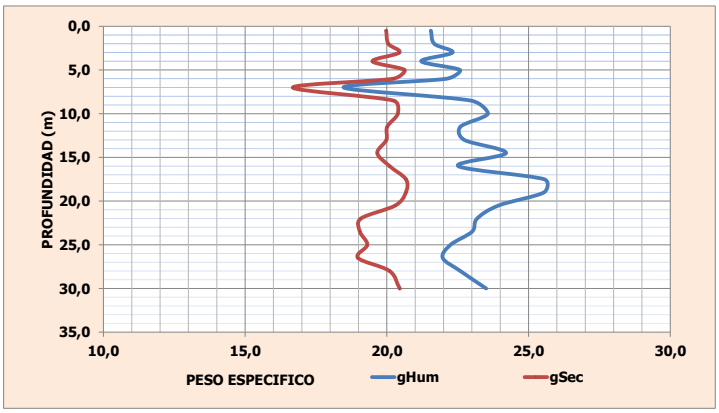
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1
SOLICITANTE: FUERZA AEREA
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA
HORIZONTE: SONDEO 4
FECHA: AGOSTO DE 2021

PROFUNDIDAD (Mts):	0,00 - 0,50	0,50 - 2,00	2,00 - 3,00	3,00 - 4,00	4,00 - 5,00	5,00 - 6,00	6,00 - 7,00	7,00 - 8,50	8,50 - 10,00	10,00 - 11,50
MUESTRA N°:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RECIPIENTE N° :	F88	S17	C6	S9	D05	D39	D40	D41	D42	X44
W SUELO HUM + RES:	295,11	315,49	433,72	414,43	464,65	479,98	454,41	420,49	430,98	440,44
W SUELO SECO + RES	276,38	294,81	400,41	383,91	427,8	442,2	414,01	375,06	378,07	394,67
W RECIPIENTE:	39,16	39,27	38,08	38,37	38,81	37,08	38	38,34	38,83	39,94
CONTENIDO DE HUM:	7,90	8,09	9,19	8,83	9,47	9,33	10,74	13,49	15,60	12,90
PESOS ESPECIFICOS										
DIAMETRO dprom (mm):	42,00	43,00	48,00	48,00	49,00	50,00	52,00	47,00	47,00	48,00
ALTURA h_{prom} (mm):	84,00	86,00	96,00	96,00	98,00	100,00	104,00	94,00	94,00	96,00
AREA Ao (mm^2):	1385,44	1452,20	1809,56	1809,56	1885,74	1963,50	2123,72	1734,94	1734,94	1809,56
VOLUMEN Vo (mm^3):	116377,16	124889,30	173717,51	173717,51	184802,62	196349,54	220866,53	163084,79	163084,79	173717,51
g_{hum} (KN/m3):	21,55	21,67	22,32	21,21	22,58	22,11	18,48	22,96	23,56	22,59
g_{sec} (KN/m3):	19,98	20,05	20,44	19,49	20,63	20,22	16,68	20,23	20,39	20,01

PROFUNDIDAD (Mts):	11,5 - 13,00	13,00 - 14,50	14,50 - 16,00	13,5 - 14,00	14,5 - 15,00	19,00 - 20,50	#iREF!	22,00 - 23,50	23,50 - 25,00	25,00 - 26,50
MUESTRA N°:	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
RECIPIENTE N° :	X66	B54	A5	X67	B55	51	3	4	10	3
W SUELO HUM + RES:	466,17	327,3	390,11	301,65	301,65	412,05	377,38	397,96	340,26	318,25
W SUELO SECO + RES	414,33	273,37	352,28	251,63	251,63	355,17	317,47	336,21	300,12	280,13
W RECIPIENTE:	37,48	39,87	38,76	39,57	39,57	38,43	38,74	39,03	36,46	38,25
CONTENIDO DE HUM:	13,76	23,10	12,07	23,59	23,59	17,96	21,49	20,78	15,22	15,76
PESOS ESPECIFICOS										
DIAMETRO dprom (mm):	49,00	42,00	46,00	40,00	40,00	46,00	45,00	46,00	44,00	43,00
ALTURA h_{prom} (mm):	98,00	84,00	92,00	80,00	80,00	92,00	90,00	92,00	88,00	86,00
AREA Ao (mm^2):	1885,74	1385,44	1661,90	1256,64	1256,64	1661,90	1590,43	1661,90	1520,53	1452,20
VOLUMEN Vo (mm^3):	184802,6	116377,2	152895,0	100531,0	100531,0	152895,0	143138,8	152895,0	133806,7	124889,3
g_{hum} (KN/m3):	22,73	24,20	22,52	25,55	25,55	23,95	23,18	23,01	22,25	21,97
g_{sec} (KN/m3):	19,98	19,66	20,10	20,67	20,67	20,30	19,08	19,05	19,31	18,98

PROFUNDIDAD (Mts):	26,50 - 28,00	28,00 - 30,00
MUESTRA N°:	21	22
RECIPIENTE N° :	X66	B54
W SUELO HUM + RES:	465,1	402,13
W SUELO SECO + RES	418,02	354,54
W RECIPIENTE:	39,1	35,45
CONTENIDO DE HUM:	12,42	14,91
PESOS ESPECIFICOS		
DIAMETRO dprom (mm):	49,00	46,00
ALTURA h_{prom} (mm):	98,00	92,00
AREA Ao (mm^2):	1885,74	1661,90
VOLUMEN Vo (mm^3):	184802,6	152895,0
g_{hum} (KN/m3):	22,59	23,50
g_{sec} (KN/m3):	20,09	20,45





Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

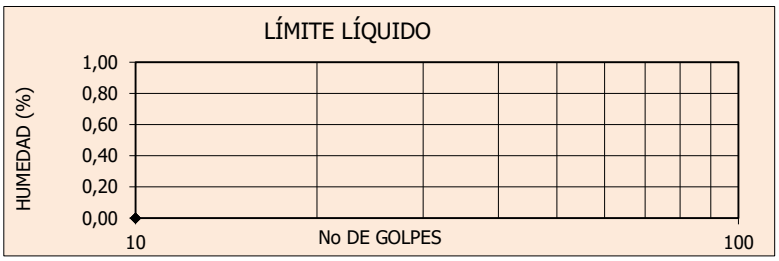
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 0,00 - 0,50 **MUESTRA:** M # 1

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

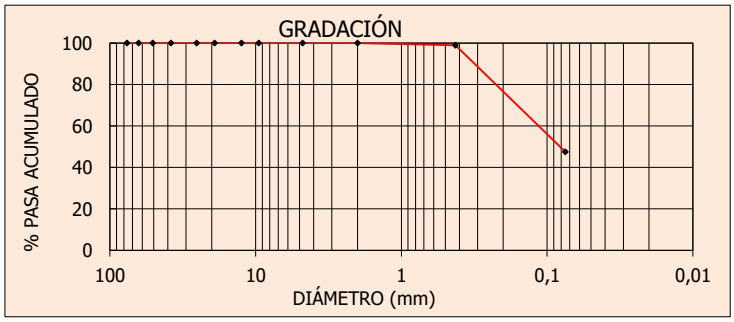


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= -
Cc= -

ÍNDICE DE GRUPO: 3
AASHTO: A-4
U.S.C.: **SM**

P1= 237,2 gr			**P2 =** 124,53 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	0	0,0	0,0	100,0
No 4	**4,75**	0	0,0	0,0	100,0
No 10	**2**	0	0,0	0,0	100,0
No 40	**0,425**	2,52	1,1	1,1	98,9
No 200	**0,075**	122,01	51,4	52,5	47,5
FONDO		112,7	47,5	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 — **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA — **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 2,00 - 3,00 — **MUESTRA:** M # 3

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



LÍMITE LÍQUIDO: NL %

LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No

M. Org No

Cu= -

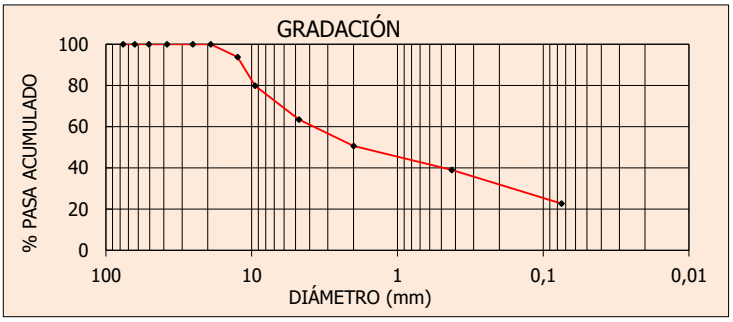
Cc= -

ÍNDICE DE GRUPO: 0

AASHTO: A-1-b

U.S.C.: **SM**

P1= 438,5 gr			**P2 =** 339,03 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	27,12	6,2	6,2	93,8
3/8"	**9,5**	61,01	13,9	20,1	79,9
No 4	**4,75**	72,02	16,4	36,5	63,5
No 10	**2**	56,38	12,9	49,4	50,6
No 40	**0,425**	50,96	11,6	61,0	39,0
No 200	**0,075**	71,54	16,3	77,3	22,7
FONDO		99,46	22,7	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

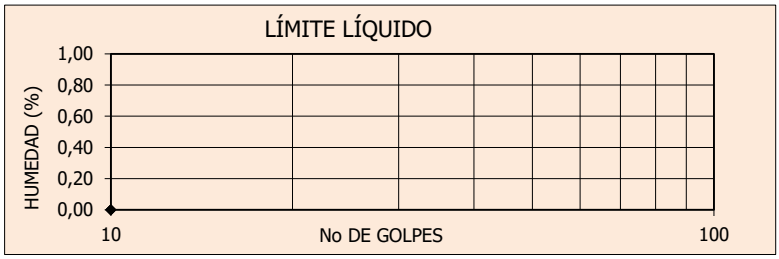
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 4,00 - 5,00 **MUESTRA:** M # 5

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

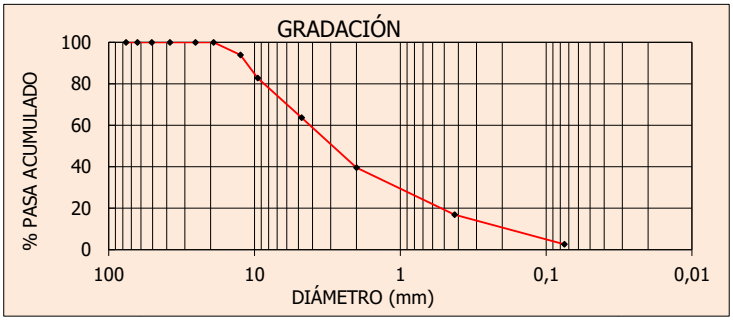


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 13,5
Cc= 1,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: SW

P1= 388,99 gr			P2 = 378,8 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	23,78	6,1	6,1	93,9
3/8"	9,5	43,17	11,1	17,2	82,8
No 4	4,75	74,17	19,1	36,3	63,7
No 10	2	93,99	24,2	60,4	39,6
No 40	0,425	88,17	22,7	83,1	16,9
No 200	0,075	55,52	14,3	97,4	2,6
FONDO		10,19	2,6	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

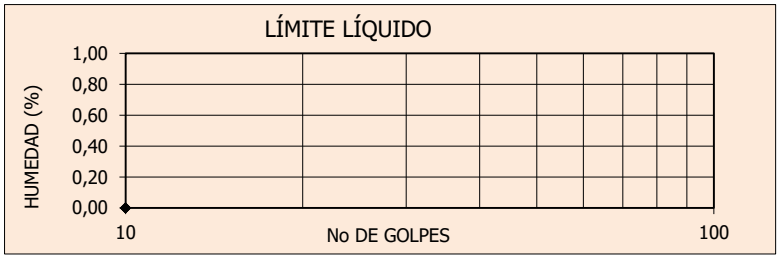
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: LIMO DE BAJA PLASTICIDAD

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 6,00 - 7,00 **MUESTRA:** M # 7

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



LÍMITE LÍQUIDO: NL %

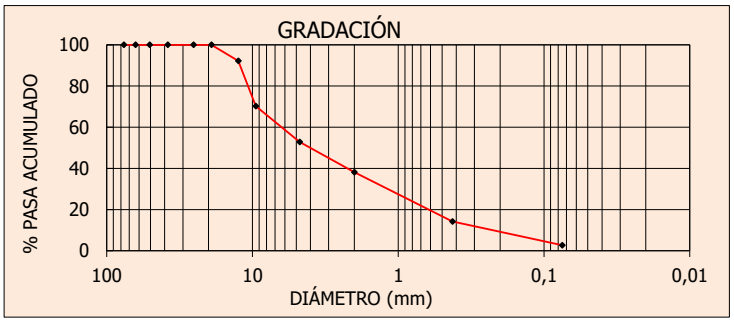
LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 19,6
Cc= 1,1

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **SW**

P1= 376,01 gr			**P2 =** 365,87 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	29,12	7,7	7,7	92,3
3/8"	**9,5**	82,63	22,0	29,7	70,3
No 4	**4,75**	65,79	17,5	47,2	52,8
No 10	**2**	55,11	14,7	61,9	38,1
No 40	**0,425**	90,08	24,0	85,8	14,2
No 200	**0,075**	43,14	11,5	97,3	2,7
FONDO		10,14	2,7	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 8,50 - 10,00 **MUESTRA:** M # 9

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



LÍMITE LÍQUIDO: NL %

LÍMITE PLÁSTICO: NP %

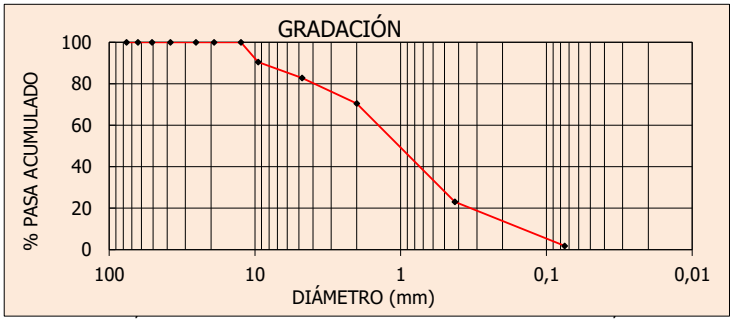
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,7
Cc= 1,2

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 339,24 gr **P2 =** 332,96 gr

TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	32,21	9,5	9,5	90,5
No 4	**4,75**	26,13	7,7	17,2	82,8
No 10	**2**	41,97	12,4	29,6	70,4
No 40	**0,425**	160,74	47,4	77,0	23,0
No 200	**0,075**	71,91	21,2	98,1	1,9
FONDO		6,28	1,9	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

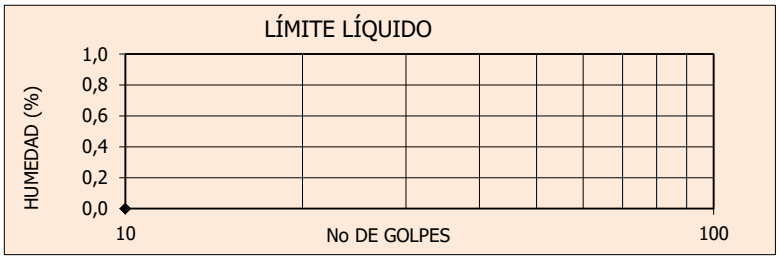
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 11,5 - 13,00 **MUESTRA:** M # 11

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

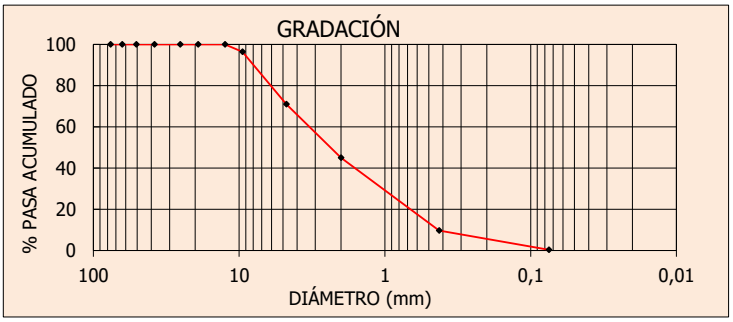


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 8,2
Cc= 1,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **SW**

P1= 374,24 gr			**P2 =** 372,87 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	13,3	3,6	3,6	96,4
No 4	**4,75**	95,27	25,5	29,0	71,0
No 10	**2**	97,26	26,0	55,0	45,0
No 40	**0,425**	132,04	35,3	90,3	9,7
No 200	**0,075**	35	9,4	99,6	0,4
FONDO		1,37	0,4	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

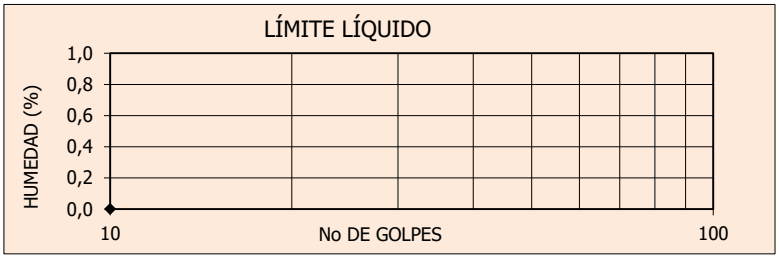
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 14,50 - 16,00 **MUESTRA:** M # 13

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

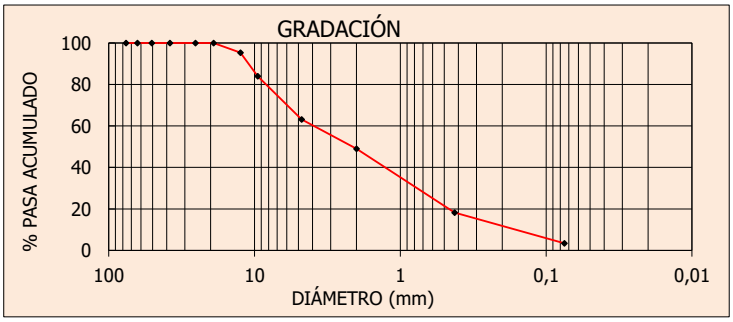


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 14,0
Cc= 1,2

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **SW**

38,74 313,52 gr			**P2 =** 302,75 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	14,71	4,7	4,7	95,3
3/8"	**9,5**	35,44	11,3	16,0	84,0
No 4	**4,75**	65,5	20,9	36,9	63,1
No 10	**2**	44,06	14,1	50,9	49,1
No 40	**0,425**	96,58	30,8	81,7	18,3
No 200	**0,075**	46,46	14,8	96,6	3,4
FONDO		10,77	3,4	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

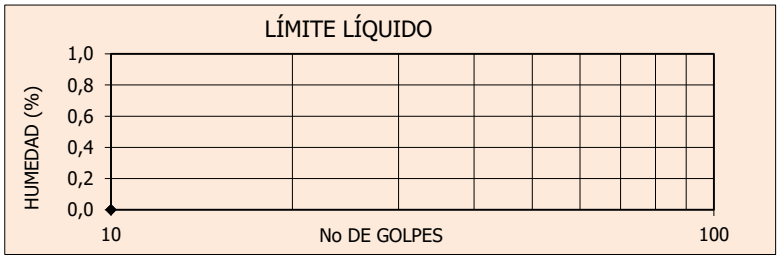
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 17,50 - 19,00 **MUESTRA:** M # 15

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



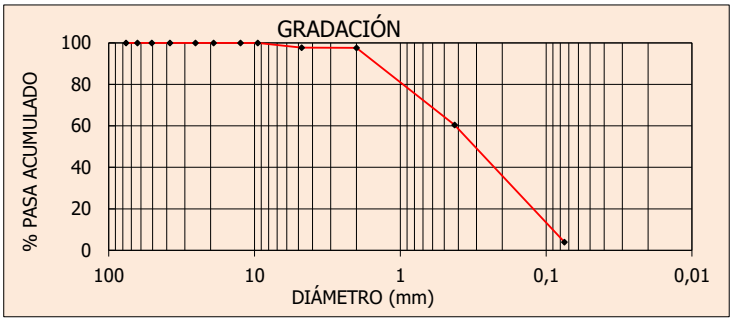
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 2,2
Cc= 1,4

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-3
U.S.C.: **SP**

P1= 212,06 gr **P2 =** 203,54 gr

TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	0	0,0	0,0	100,0
No 4	4,75	4,81	2,3	2,3	97,7
No 10	2	0,15	0,1	2,3	97,7
No 40	0,425	78,96	37,2	39,6	60,4
No 200	0,075	119,62	56,4	96,0	4,0
FONDO		8,52	4,0	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

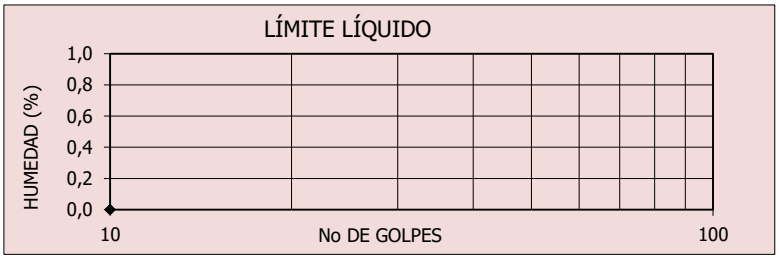
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 20,50 - 22,00 **MUESTRA:** M # 17

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

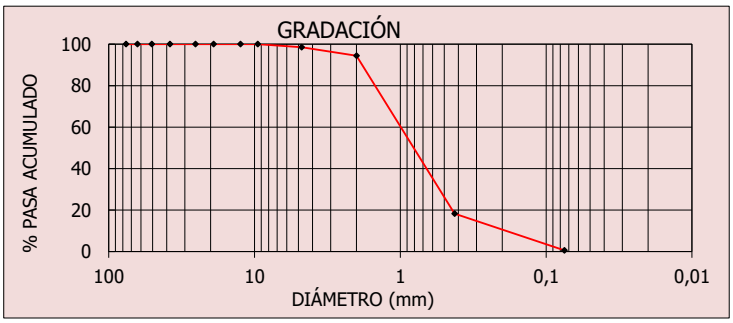


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 4,3
Cc= 1,4

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 278,73 gr			**P2 =** 277,06 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	0	0,0	0,0	100,0
No 4	**4,75**	4,19	1,5	1,5	98,5
No 10	**2**	11,32	4,1	5,6	94,4
No 40	**0,425**	212,29	76,2	81,7	18,3
No 200	**0,075**	49,26	17,7	99,4	0,6
FONDO		1,67	0,6	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

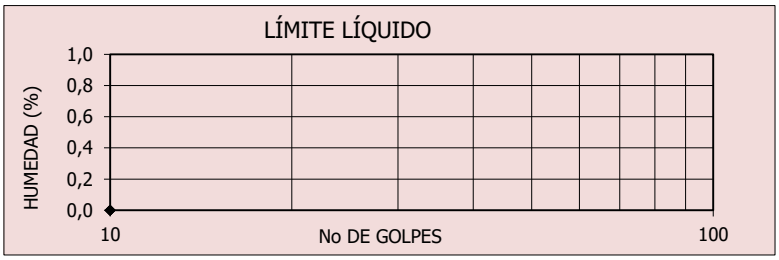
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 23,50 - 25,00 **MUESTRA:** M # 19

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



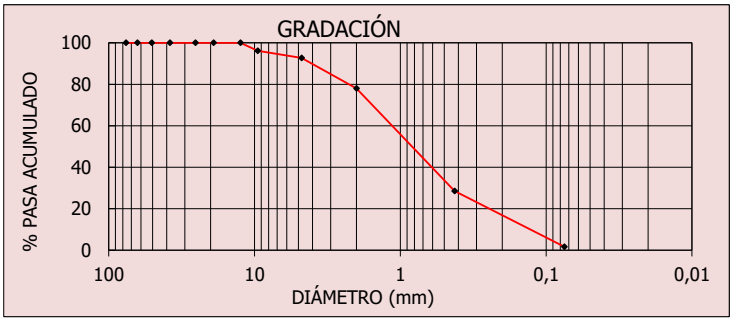
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,4
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 263,66 gr **P2 =** 259,26 gr

TAMIZ pulg	TAMIZ mm	RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	10,2	3,9	3,9	96,1
No 4	4,75	9,1	3,5	7,3	92,7
No 10	2	38,7	14,7	22,0	78,0
No 40	0,425	130,4	49,5	71,5	28,5
No 200	0,075	70,86	26,9	98,3	1,7
FONDO		4,4	1,7	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

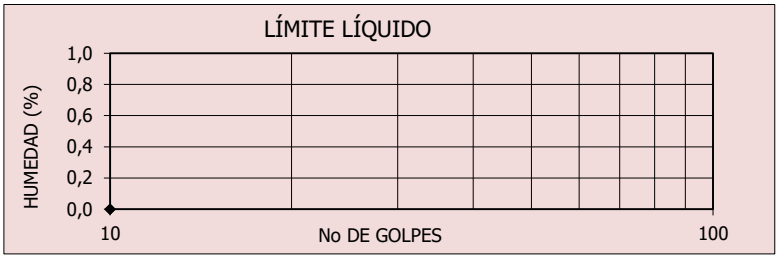
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA
HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 26,50 - 28,00 **MUESTRA:** M # 21

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

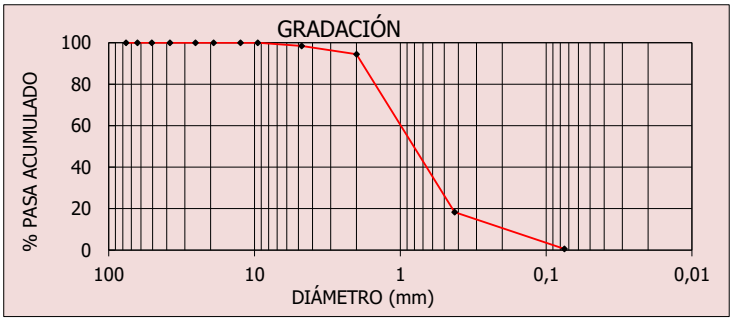


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 8,7
Cc= 0,4

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 378,92 gr			P2 = 364,48 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5	25,88	6,8	6,8	93,2
3/8"	9,5	30,1	7,9	14,8	85,2
No 4	4,75	46,88	12,4	27,1	72,9
No 10	2	48,02	12,7	39,8	60,2
No 40	0,425	97,55	25,7	65,6	34,4
No 200	0,075	116,05	30,6	96,2	3,8
FONDO		14,44	3,8	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

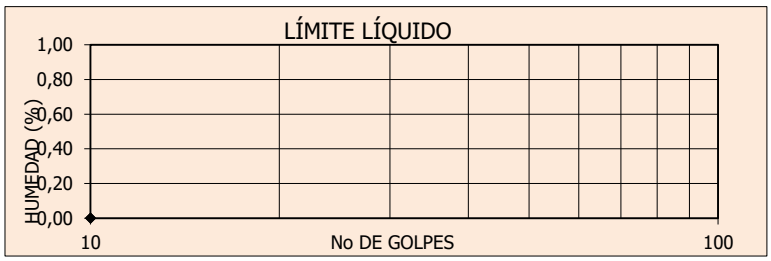
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO:	TORRE DE CONTROL CACOM 1	**FECHA:**	AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN:	PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA	**SOLICITANTE:**	FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN:	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA		
HORIZONTE:	SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 0,50 - 2,00	**MUESTRA:**	M # 2

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

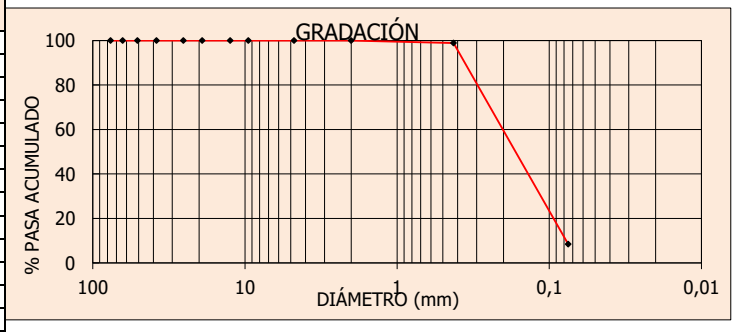


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 3,5
Cc= 1,8

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-3
U.S.C.: **SP-SM**

P1= 255,5 gr			**P2 =** 234,14 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	0	0,0	0,0	100,0
No 4	**4,75**	0	0,0	0,0	100,0
No 10	**2**	0	0,0	0,0	100,0
No 40	**0,425**	2,91	1,1	1,1	98,9
No 200	**0,075**	231,23	90,5	91,6	8,4
FONDO		21,4	8,4	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.		
ELABORADO POR: **LABORATORISTA**	**REVISADO POR:** **COORD. DE LABORATORIO**	**APROBADO POR:** **IC. ESPECIALISTA**

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

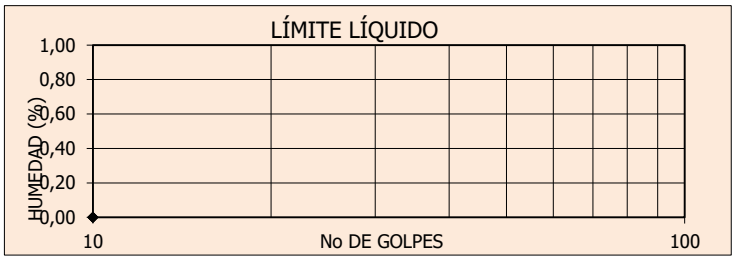
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 3,00 - 4,00 **MUESTRA:** M # 4

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



LÍMITE LÍQUIDO: NL %

LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No

M. Org No

Cu= 5,9

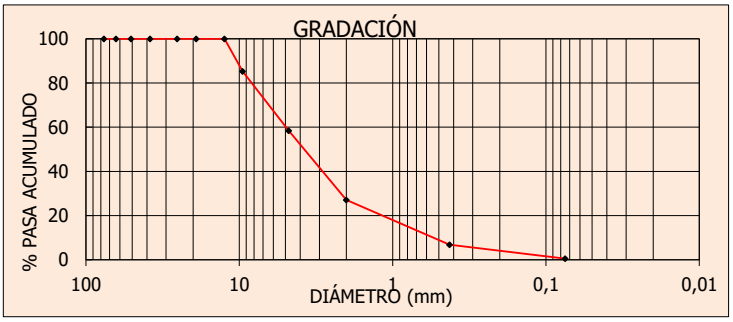
Cc= 1,3

ÍNDICE DE GRUPO: 0

AASHTO: A-1-a

U.S.C.: **SP**

P1= 345,54 gr			P2 = 343,73 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	50,86	14,7	14,7	85,3
No 4	4,75	92,76	26,8	41,6	58,4
No 10	2	108,18	31,3	72,9	27,1
No 40	0,425	70,03	20,3	93,1	6,9
No 200	0,075	21,9	6,3	99,5	0,5
FONDO		1,81	0,5	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

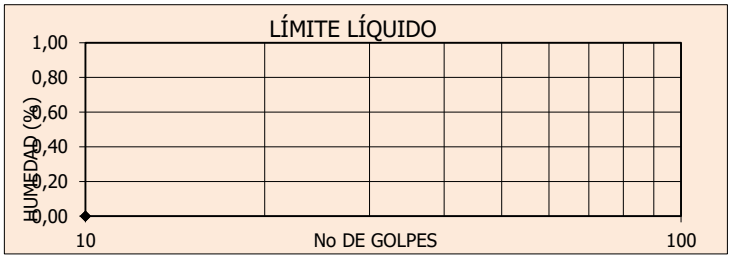
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 5,00 - 6,00 **MUESTRA:** M # 6

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

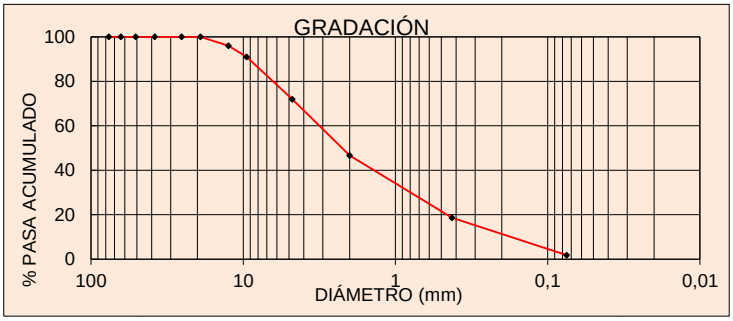


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 10,8
Cc= 1,3

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **SW**

P1= 405,12 gr			**P2 =** 397,69 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	16,06	4,0	4,0	96,0
3/8"	**9,5**	20,37	5,0	9,0	91,0
No 4	**4,75**	77,14	19,0	28,0	72,0
No 10	**2**	102,41	25,3	53,3	46,7
No 40	**0,425**	113,85	28,1	81,4	18,6
No 200	**0,075**	67,86	16,8	98,2	1,8
FONDO		7,43	1,8	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

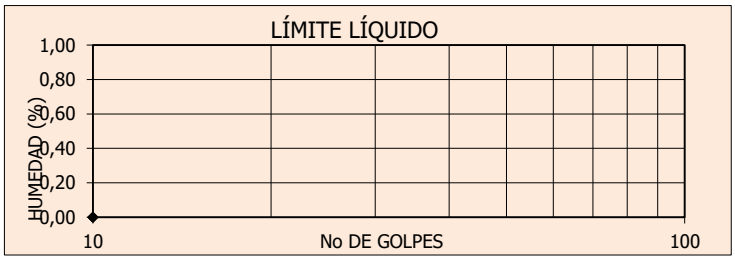
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 7,00 - 8,50 **MUESTRA:** M # 8

LÍMITE LIQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

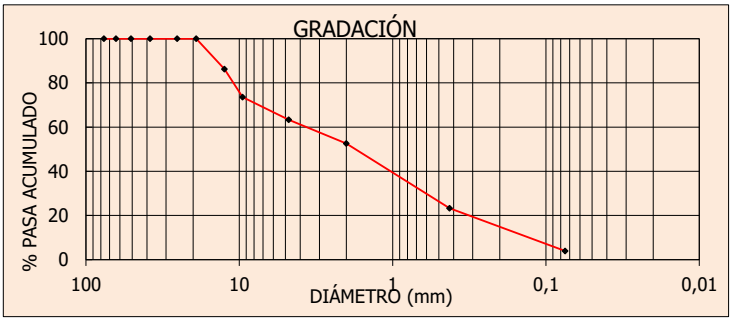


LÍMITE LÍQUIDO: NL
LÍMITE PLÁSTICO: NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 15,3
Cc= 0,8

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 336,72 gr			P2 = 323,41 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	46,48	13,8	13,8	86,2
3/8"	9,5	42,56	12,6	26,4	73,6
No 4	4,75	34,59	10,3	36,7	63,3
No 10	2	35,98	10,7	47,4	52,6
No 40	0,425	98,63	29,3	76,7	23,3
No 200	0,075	65,17	19,4	96,0	4,0
FONDO		13,31	4,0	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

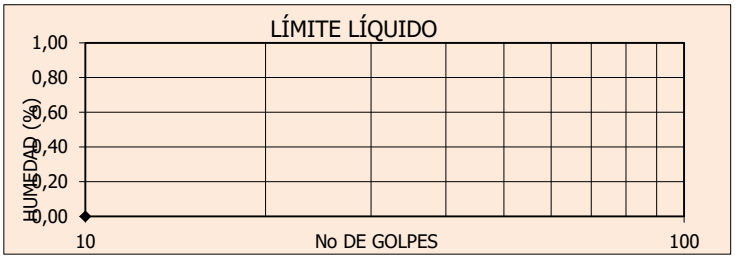
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 10,00 - 11,50 **MUESTRA:** M # 10

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



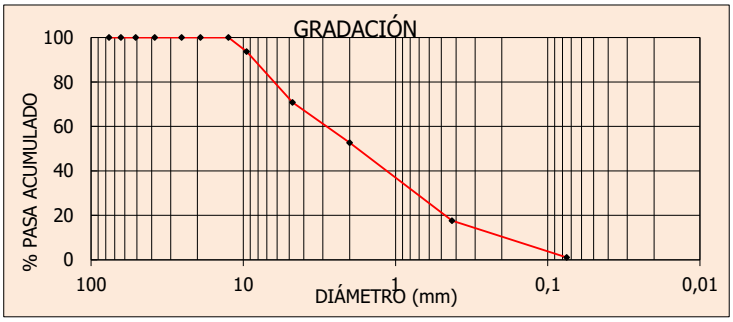
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 9,1
Cc= 1,2

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: SW

P1= 354,73 gr **P2 =** 350,91 gr

TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	22,21	6,3	6,3	93,7
No 4	4,75	81,31	22,9	29,2	70,8
No 10	2	64,19	18,1	47,3	52,7
No 40	0,425	124,52	35,1	82,4	17,6
No 200	0,075	58,68	16,5	98,9	1,1
FONDO		3,82	1,1	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

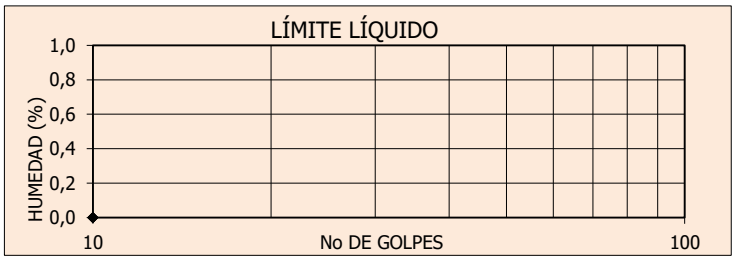
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 13,00 - 14,50 **MUESTRA:** M # 12

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



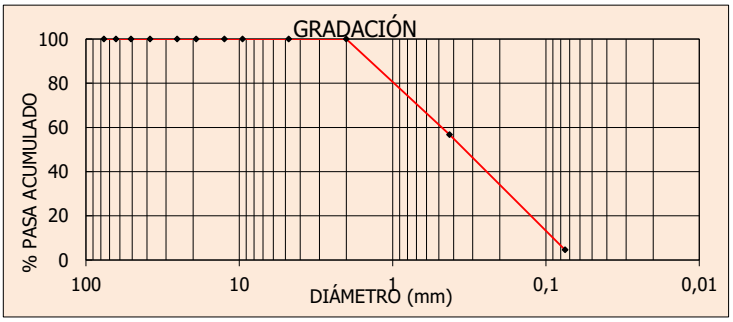
LÍMITE LÍQUIDO: NL
LÍMITE PLÁSTICO: NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 3,2
Cc= 1,1

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-3
U.S.C.: **SP**

P1= 233,50 gr **P2 =** 222,83 gr

TAMIZ pulg	TAMIZ mm	RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	0	0,0	0,0	100,0
No 4	4,75	0	0,0	0,0	100,0
No 10	2	0	0,0	0,0	100,0
No 40	0,425	101,03	43,3	43,3	56,7
No 200	0,075	121,8	52,2	95,4	4,6
FONDO		10,67	4,6	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

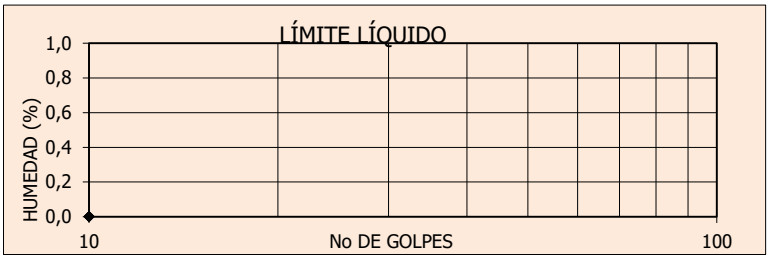
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 16,00 - 17,50 **MUESTRA:** M # 14

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

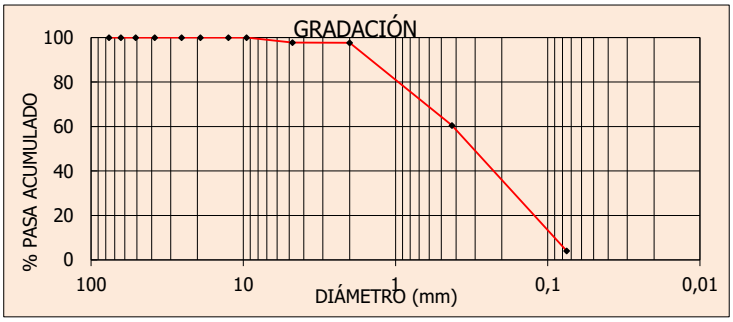


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 2,2
Cc= 1,4

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-3
U.S.C.: **SP**

P1= 212,06 gr			**P2 =** 203,54 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	0	0,0	0,0	100,0
No 4	**4,75**	4,81	2,3	2,3	97,7
No 10	**2**	0,15	0,1	2,3	97,7
No 40	**0,425**	78,96	37,2	39,6	60,4
No 200	**0,075**	119,62	56,4	96,0	4,0
FONDO		8,52	4,0	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

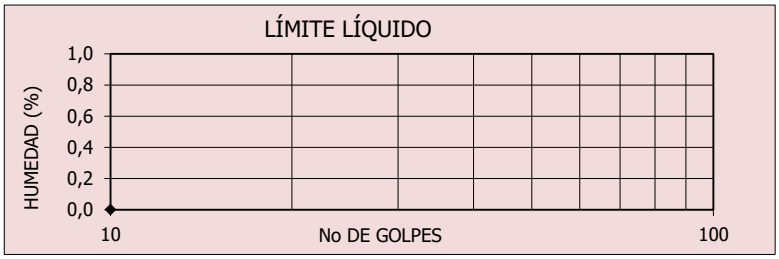
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 19,00 - 20,50 **MUESTRA:** M # 16

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



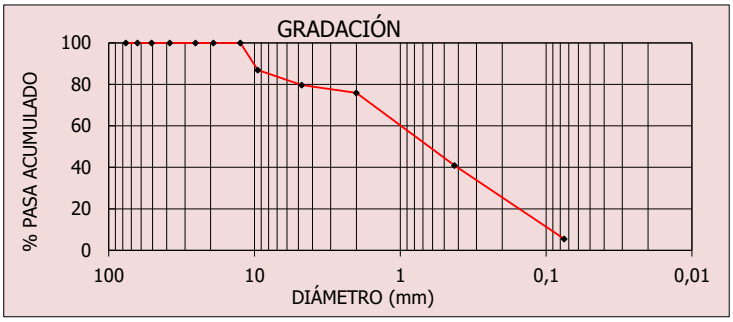
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 7,8
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP-SM**

P1= 316,74 gr **P2 =** 299,44 gr

TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	41,56	13,1	13,1	86,9
No 4	4,75	22,92	7,2	20,4	79,6
No 10	2	11,85	3,7	24,1	75,9
No 40	0,425	110,87	35,0	59,1	40,9
No 200	0,075	112,24	35,4	94,5	5,5
FONDO		17,3	5,5	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

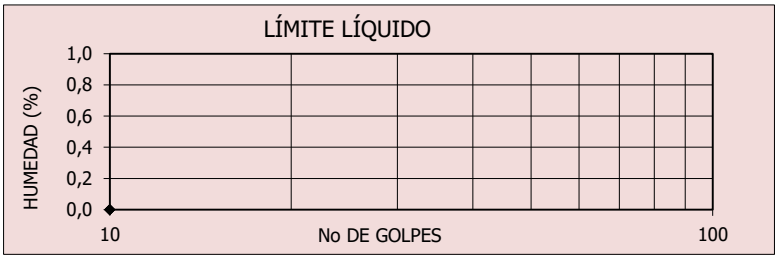
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 22,00 - 23,50 **MUESTRA:** M # 18

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			



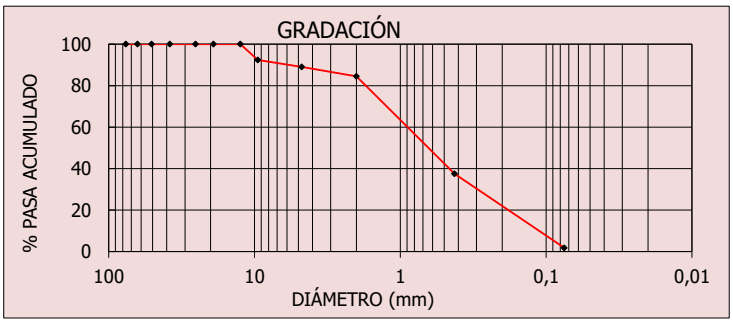
LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 4,9
Cc= 0,4

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 297,18 gr			**P2 =** 291,85 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	22,74	7,7	7,7	92,3
No 4	**4,75**	9,77	3,3	10,9	89,1
No 10	**2**	13,74	4,6	15,6	84,4
No 40	**0,425**	139,41	46,9	62,5	37,5
No 200	**0,075**	106,19	35,7	98,2	1,8
FONDO		5,33	1,8	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

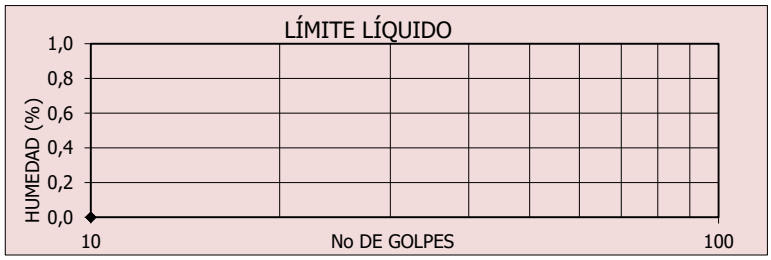
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 25,00 - 26,50 **MUESTRA:** M # 20

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

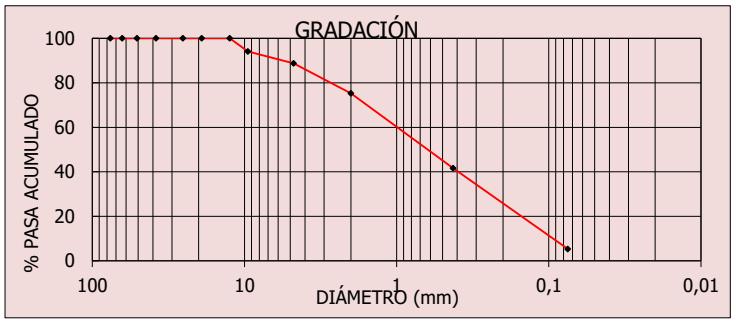


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 7,7
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP-SM**

P1= 241,88 gr			**P2 =** 229 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	14,28	5,9	5,9	94,1
No 4	**4,75**	12,85	5,3	11,2	88,8
No 10	**2**	32,78	13,6	24,8	75,2
No 40	**0,425**	81,25	33,6	58,4	41,6
No 200	**0,075**	87,84	36,3	94,7	5,3
FONDO		12,88	5,3	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

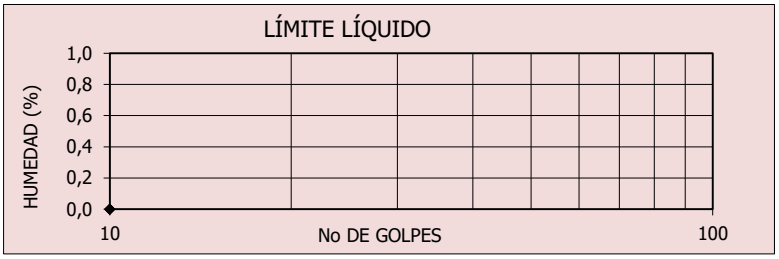
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA
HORIZONTE: SONDEO 4 **PROFUNDIDAD:** 28,00 - 30,00 **MUESTRA:** M # 22

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

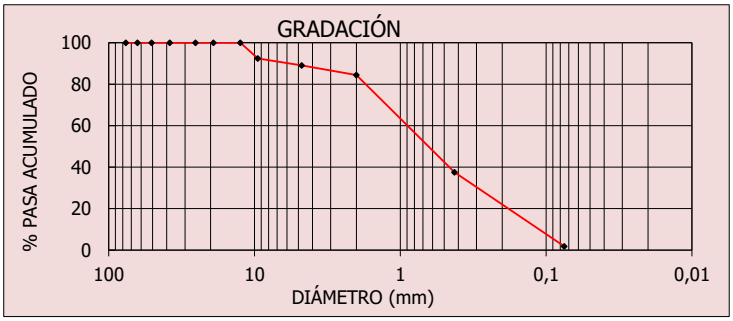


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 8,2
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 319,09 gr			**P2 =** 303,3 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	43,55	13,6	13,6	86,4
3/8"	**9,5**	10,02	3,1	16,8	83,2
No 4	**4,75**	16,2	5,1	21,9	78,1
No 10	**2**	27,99	8,8	30,6	69,4
No 40	**0,425**	90,3	28,3	58,9	41,1
No 200	**0,075**	115,24	36,1	95,1	4,9
FONDO		15,79	4,9	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S

GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S

NIT: 900.442.096-8

Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.

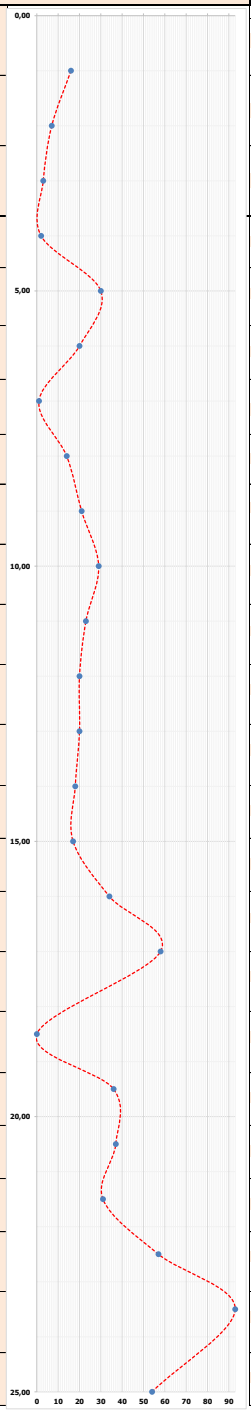
FORMATO DE PERFIL ESTRATIGRAFICO

COD. GEL-PE
VERSION: 02
FECHA: 06 JULIO DE 2021

DEPARTAMENTO DE SUELOS

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1
SOLICITANTE: FUERZA AEREA DE COLOMBIA
HORIZONTE SONDEO 1
LOCALIZACION: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA
FECHA: AGOSTO DE 2021

MUESTRA #	ESC	CLASIFICACION U.S.C	AASHTO	INDICE DE GRUPO	DESCRIPCION DEL SUELO Y CALSIFICACION	PROFUNDIDAD Mts	PENETRACIÓN (cm) Nº DE GOLPES 15	15	15	Profundidad vs N	DESCRIPCION Y OBSERVACIONES LIMITES DE ATTER HUMEDAD %	LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLASTICO %	INDICE DE PLASTICIDAD %	% PASA 200	ghum (KN/m3)	gsec (KN/m3)
1	1,00	SW	A-1-b	0,00	ARENA BIEN GRADADA	0,00 - 1,00	4	8	8	16	2,67	NL	NP	NP	2,51	20,87	20,32
2	2,00	SW	A-1-b	0,00	ARENA BIEN GRADADA	1,00 - 2,00	2	3	4	7	14,02	NL	NP	NP	0,84	22,75	19,95
3	3,00	SM	A-4	1,62	ARENA LIMOSA	2,00 - 3,00	2	2	1	3	18,75	NL	NP	NP	43,10	23,86	20,09
4	4,00	SP	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA	3.00 - 4.00	2	1	1	2	10.41	NL	NP	NP	4.84	22.35	20.24
5	5,00	SP	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA	4.00 - 5.00	20	17	13	30	10.41	NL	NP	NP	4.84	22.35	20.24
6	6,00	SP-SM	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	5.00 - 6.00	10	12	8	20	11.55	NL	NP	NP	5.31	23.03	20.65
7	7,00	SW	A-1-a	0,00	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	6,00 - 7,00	1	0	1	1	11,40	NL	NP	NP	2,37	22,90	20,55
8	8,00	SW	A-1-a	0.00	ARENA BIEN GRADADA	7.00 - 8.00	10	8	6	14	11.40	NL	NP	NP	2.37	22.90	20.55
9	9,00	SW	A-1-a	0.00	ARENA BIEN GRADADA	8.00 - 9.00	7	9	12	21	10.93	NL	NP	NP	2.41	22.27	20.07
10	10,00	SP-SM	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	9.00 - 10.00	13	10	19	29	10.74	NL	NP	NP	6.26	22.15	20.00
11	11,00	SP-SM	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	10.00 - 11.00	15	13	10	23	14.26	NL	NP	NP	5.02	23.57	20.63
12	12,00	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	11,00 - 12,00	8	8	12	20	19,16	NL	NP	NP	5,15	24,50	20,56
13	13,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	12,00 - 13,00	9	8	12	20	21,77	NL	NP	NP	2,30	24,09	19,78
14	14,00	SM	A-1-b	0,00	ARENA LIMOSA	13,00 - 14,00	7	10	8	18	21,77	NL	NP	NP	13,51	24,56	20,17
15	15,00	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	14,00 - 15,00	8	9	8	17	16,34	NL	NP	NP	3,14	23,10	19,86
16	16,00	SW	A-1-a	0.00	ARENA BIEN GRADADA	15.00 - 16.00	14	14	20	34	14.13	NL	NP	NP	4.01	23.81	20.86
17	17,00	SW	A-1-a	0.00	ARENA BIEN GRADADA	16.00 - 17.00	34	25	33	58	9.80	NL	NP	NP	4.24	22.07	20.10
18	18,50	SP-SM	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	17,00 - 18,50				0	14,82	NL	NP	NP	5,67	23,04	20,06
19	19,50	SP-SM	A-1-b	0.00	ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA	18.50 - 19.50	17	16	20	36	14.82	NL	NP	NP	5.67	23.04	20.06
20	20,50	SW	A-1-b	0,00	ARENA BIEN GRADADA	19,50 - 20,50	19	14	23	37	12,92	NL	NP	NP	1,46	22,72	20,12
21	21,50	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	20,50 - 21,50	15	18	13	31	19,93	NL	NP	NP	2,62	23,67	19,74
22	22,50	SP	A-1-b	0	ARENA MAL GRADADA	21.50 - 22.50	17	22	35	57	17.76	NL	NP	NP	2.10	22.43	19.04
23	23,50	SP	A-1-b	0,00	ARENA MAL GRADADA	22,50 - 23,50	23	41	52	93	14,49	NL	NP	NP	4,75	23,36	20,40
24	25,00	SP	A-3	0.00	ARENA MAL GRADADA	23.50 - 25.00	19	26	28	54	18.98	NL	NP	NP	4.46	23.86	20.05



RELLENO: CAPA DE RELLENO TIPO MATERIAL GRANULAR DE ESPESOR DE 0,15 m

NIVEL FREATICO: INICIAL NA FINAL NA

OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S NIT: 900.442.096-8 Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.	FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD	COD. GEL-CH VERSION: 02 FECHA: 06 DE JULIO DE 2021

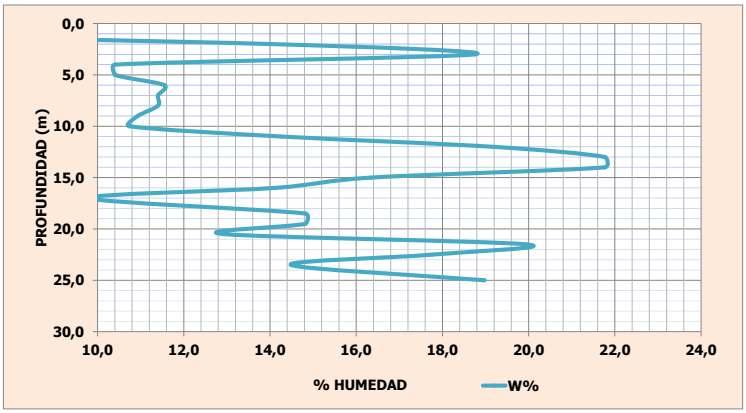
DEPARTAMENTO DE SUELOS

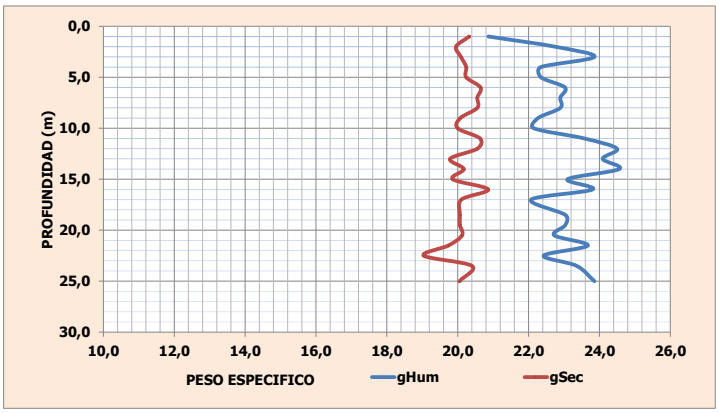
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1
SOLICITANTE: FUERZA AEREA DE COLOMBIA
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA
HORIZONTE: SONDEO 1
FECHA: AGOSTO DE 2021

PROFUNDIDAD (Mts):	0,00 - 1,00	1,00 - 2,00	2,00 - 3,00	3,00 - 4,00	4,00 - 5,00	5,00 - 6,00	6,00 - 7,00	7,00 - 8,00	8,00 - 9,00	9,00 - 10,00
MUESTRA N°:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RECIPIENTE N° :	F88	S17	C6	S9	D05	D39	D40	D41	D42	X44
W SUELO HUM + RES:	323,22	371,27	164,85	435,03	435,03	423,13	396,11	396,11	343,02	404,18
W SUELO SECO + RES	315,81	330,42	145,06	397,69	397,69	383,46	359,55	359,55	313,05	368,43
W RECIPIENTE:	38,31	39,00	39,53	38,91	38,91	39,90	38,88	38,88	38,96	35,61
CONTENIDO DE HUM:	2,67	14,02	18,75	10,41	10,41	11,55	11,40	11,40	10,93	10,74
PESOS ESPECIFICOS										
DIAMETRO dprom (mm):	44,00	45,00	32,00	48,00	48,00	47,00	46,00	46,00	44,00	47,00
ALTURA h_{prom} (mm):	88,00	90,00	64,00	96,00	96,00	94,00	92,00	92,00	88,00	94,00
AREA Ao (mm^2):	1520,53	1590,43	804,25	1809,56	1809,56	1734,94	1661,90	1661,90	1520,53	1734,94
VOLUMEN Vo (mm^3):	133806,71	143138,82	51471,85	173717,51	173717,51	163084,79	152895,03	152895,03	133806,71	163084,79
g_{hum} (KN/m3):	20,87	22,75	23,86	22,35	22,35	23,03	22,90	22,90	22,27	22,15
g_{sec} (KN/m3):	20,32	19,95	20,09	20,24	20,24	20,65	20,55	20,55	20,07	20,00

PROFUNDIDAD (Mts):	10,00 - 11,00	11,00 - 12,00	12,00 - 13,00	13,5 - 14,00	14,5 - 15,00	15,00 - 16,00	16,00 - 17,00	17,00 - 18,50	18,50 - 19,50	19,50 - 20,50
MUESTRA N°:	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
RECIPIENTE N° :	X66	B54	A5	X67	B55	51	3	4	10	3
W SUELO HUM + RES:	407,86	351,24	413,41	451,5	398,16	410,76	479,7	420,81	420,81	391,47
W SUELO SECO + RES	361,97	301,04	346,21	378,44	347,54	364,77	440,21	371,33	371,33	350,9
W RECIPIENTE:	40,09	39,08	37,55	42,77	37,74	39,32	37,45	37,44	37,44	36,95
CONTENIDO DE HUM:	14,26	19,16	21,77	21,77	16,34	14,13	9,80	14,82	14,82	12,92
PESOS ESPECIFICOS										
DIAMETRO dprom (mm):	46,00	43,00	46,00	47,00	46,00	46,00	50,00	47,00	47,00	46,00
ALTURA h_{prom} (mm):	92,00	86,00	92,00	94,00	92,00	92,00	100,00	94,00	94,00	92,00
AREA Ao (mm^2):	1661,90	1452,20	1661,90	1734,94	1661,90	1661,90	1963,50	1734,94	1734,94	1661,90
VOLUMEN Vo (mm^3):	152895,0	124889,3	152895,0	163084,8	152895,0	152895,0	196349,5	163084,8	163084,8	152895,0
g_{hum} (KN/m3):	23,57	24,50	24,09	24,56	23,10	23,81	22,07	23,04	23,04	22,72
g_{sec} (KN/m3):	20,63	20,56	19,78	20,17	19,86	20,86	20,10	20,06	20,06	20,12

PROFUNDIDAD (Mts):	20,50 - 21,50	21,50 - 22,50	22,50 - 23,50	23,50 - 25,00						
MUESTRA N°:	21	22	23	24						
RECIPIENTE N° :	X66	B54	A5	X67						
W SUELO HUM + RES:	430,91	322,56	402,55	362,21						
W SUELO SECO + RES	365,43	279,45	356,44	310,25						
W RECIPIENTE:	36,95	36,78	38,15	36,45						
CONTENIDO DE HUM:	19,93	17,76	14,49	18,98						
PESOS ESPECIFICOS										
DIAMETRO dprom (mm):	47,00	43,00	46,00	44,00						
ALTURA h_{prom} (mm):	94,00	86,00	92,00	88,00						
AREA Ao (mm^2):	1734,94	1452,20	1661,90	1520,53						
VOLUMEN Vo (mm^3):	163084,8	124889,3	152895,0	133806,7						
g_{hum} (KN/m3):	23,67	22,43	23,36	23,86						
g_{sec} (KN/m3):	19,74	19,04	20,40	20,05						





ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Alexander V.		
LABORATORISTA	COORD. DE LABORATORIO	IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

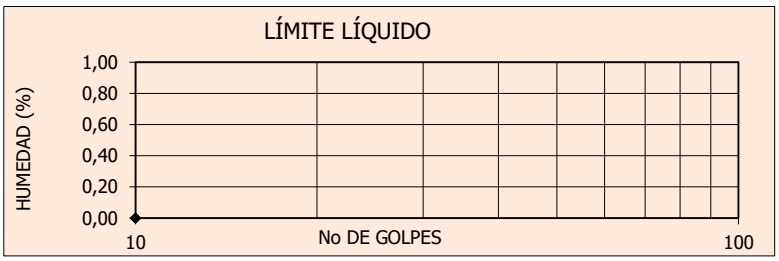
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 0,00 - 1,00 **MUESTRA:** M # 1

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



LÍMITE LÍQUIDO: NL %

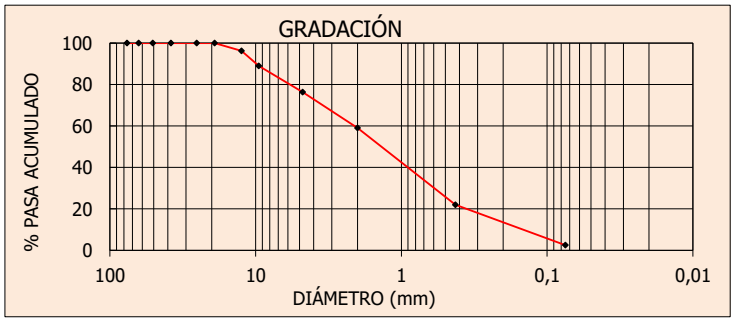
LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 7,3
Cc= 1,3

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SW**

P1= 277,5 gr			**P2 =** 270,54 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	10,53	3,8	3,8	96,2
3/8"	**9,5**	19,92	7,2	11,0	89,0
No 4	**4,75**	35,26	12,7	23,7	76,3
No 10	**2**	47,9	17,3	40,9	59,1
No 40	**0,425**	102,81	37,0	78,0	22,0
No 200	**0,075**	54,12	19,5	97,5	2,5
FONDO		7,0	2,5	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 2,00 - 3,00 **MUESTRA:** M # 3

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



LÍMITE LÍQUIDO: NL %

LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No

M. Org No

Cu= -

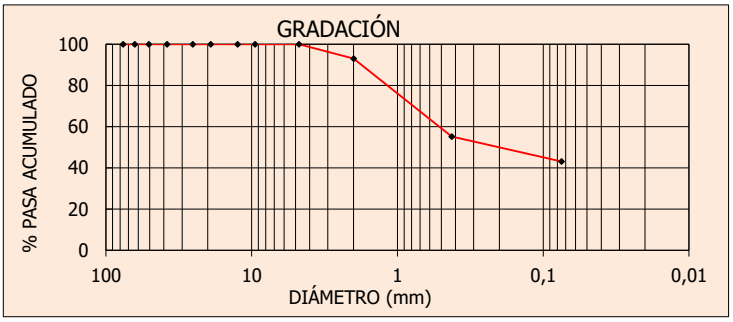
Cc= -

ÍNDICE DE GRUPO: 2

AASHTO: A-4

U.S.C.: **SM**

P1= 184,6 gr			**P2 =** 105,03 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	0	0,0	0,0	100,0
No 4	**4,75**	0	0,0	0,0	100,0
No 10	**2**	12,92	7,0	7,0	93,0
No 40	**0,425**	69,77	37,8	44,8	55,2
No 200	**0,075**	22,34	12,1	56,9	43,1
FONDO		79,56	43,1	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

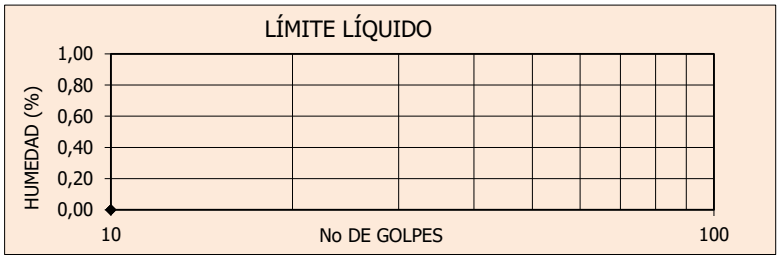
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 4,00 - 5,00 **MUESTRA:** M # 5

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

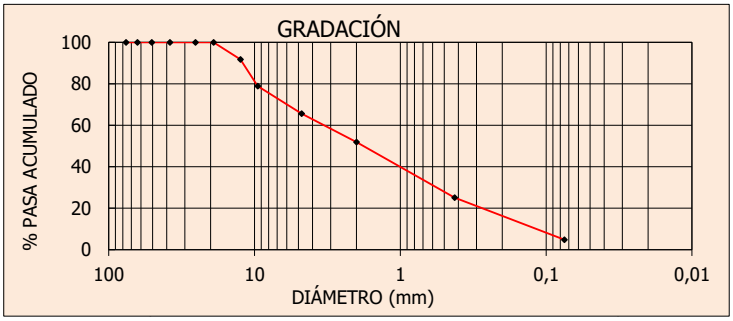


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 16,1
Cc= 0,8

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 358,78 gr			**P2 =** 341,41 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	29,68	8,3	8,3	91,7
3/8"	**9,5**	46,14	12,9	21,1	78,9
No 4	**4,75**	47,43	13,2	34,4	65,6
No 10	**2**	49,45	13,8	48,1	51,9
No 40	**0,425**	95,9	26,7	74,9	25,1
No 200	**0,075**	72,81	20,3	95,2	4,8
FONDO		17,37	4,8	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

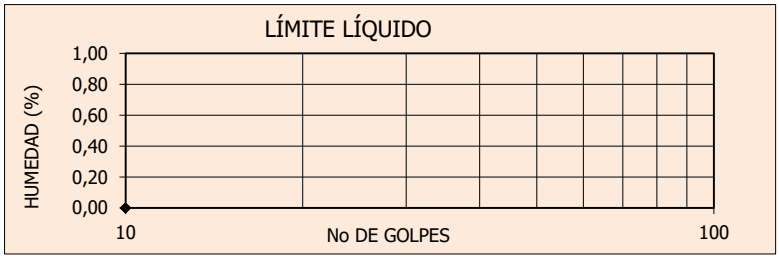
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: LIMO DE BAJA PLASTICIDAD

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 6,00 - 7,00 **MUESTRA:** M # 7

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



LÍMITE LÍQUIDO: NL %

LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No

M. Org No

Cu= 12,3

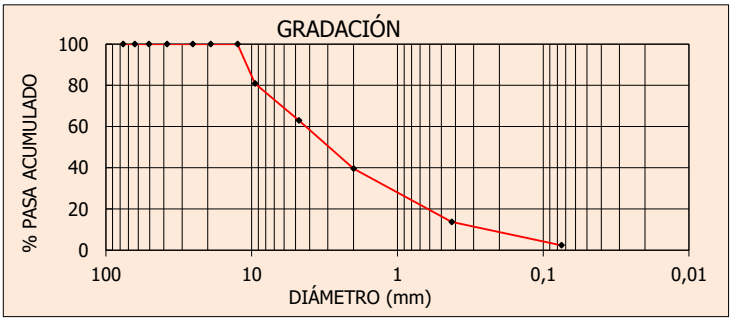
Cc= 1,6

ÍNDICE DE GRUPO: 0

AASHTO: A-1-a

U.S.C.: **SW**

P1= 320,67 gr			P2 = 313,06 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	61,21	19,1	19,1	80,9
No 4	4,75	57,66	18,0	37,1	62,9
No 10	2	74,74	23,3	60,4	39,6
No 40	0,425	83,03	25,9	86,3	13,7
No 200	0,075	36,42	11,4	97,6	2,4
FONDO		7,61	2,4	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 8,00 - 9,00 **MUESTRA:** M # 9

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



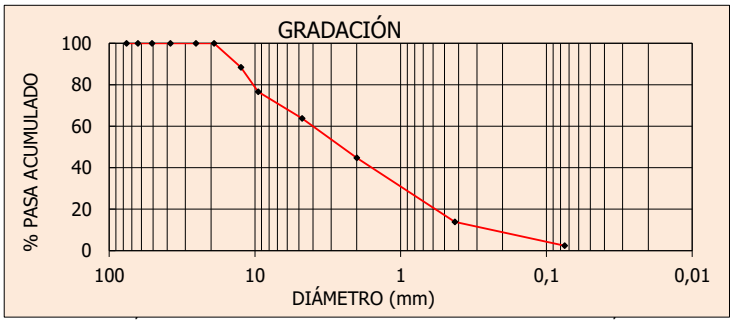
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 11,9
Cc= 1,4

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **SW**

P1= 274,19 gr **P2 =** 267,59 gr

TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	31,81	11,6	11,6	88,4
3/8"	**9,5**	32,35	11,8	23,4	76,6
No 4	**4,75**	35	12,8	36,2	63,8
No 10	**2**	52,22	19,0	55,2	44,8
No 40	**0,425**	84,83	30,9	86,1	13,9
No 200	**0,075**	31,38	11,4	97,6	2,4
FONDO		6,60	2,4	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

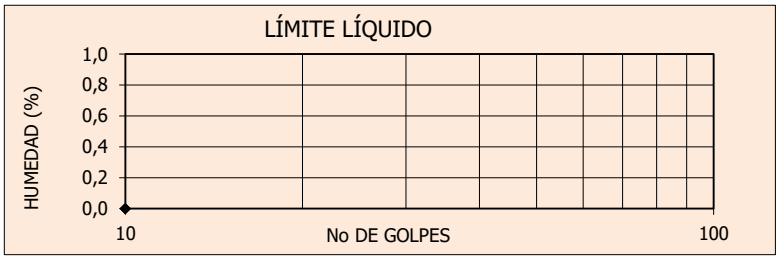
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 10,00 - 11,00 **MUESTRA:** M # 11

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



LÍMITE LÍQUIDO: NL %

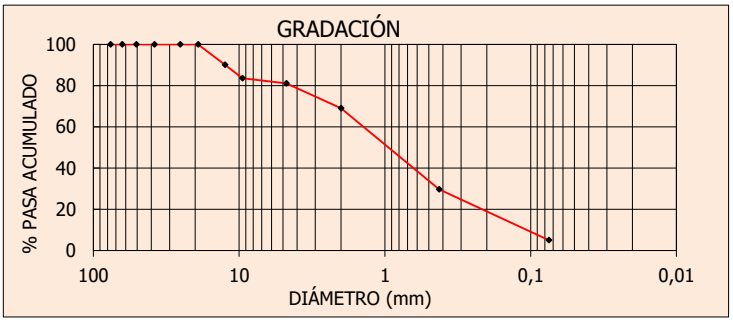
LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 8,3
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP-SM**

P1= 327,86 gr			**P2 =** 311,4 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	32,32	9,9	9,9	90,1
3/8"	**9,5**	21,29	6,5	16,4	83,6
No 4	**4,75**	8,23	2,5	18,9	81,1
No 10	**2**	39,86	12,2	31,0	69,0
No 40	**0,425**	128,84	39,3	70,3	29,7
No 200	**0,075**	80,86	24,7	95,0	5,0
FONDO		16,46	5,0	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

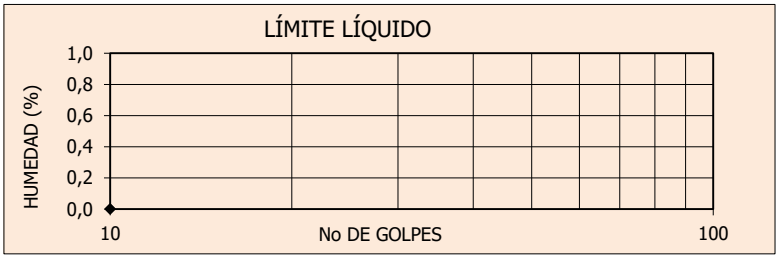
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 12,00 - 13,00 **MUESTRA:** M # 13

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

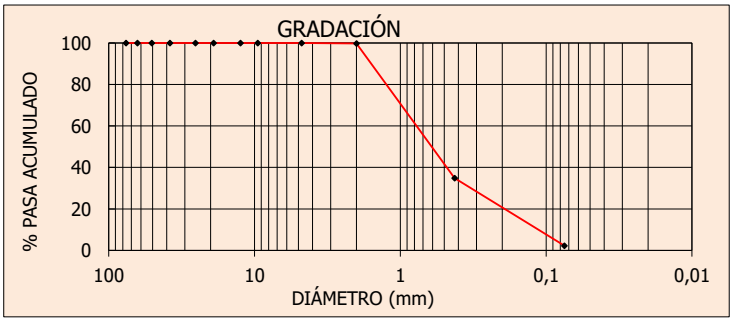


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 4,7
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

38,74 308,66 gr			**P2 =** 301,57 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	0	0,0	0,0	100,0
No 4	**4,75**	0	0,0	0,0	100,0
No 10	**2**	0,66	0,2	0,2	99,8
No 40	**0,425**	200,32	64,9	65,1	34,9
No 200	**0,075**	100,59	32,6	97,7	2,3
FONDO		7,09	2,3	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

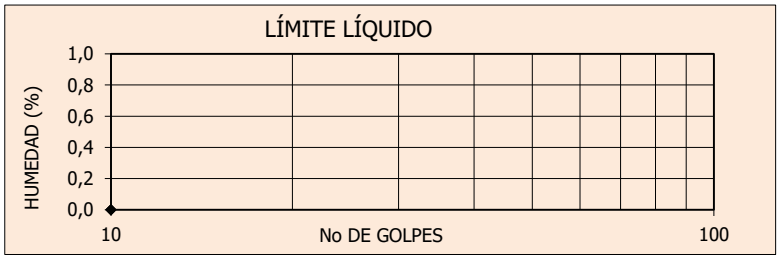
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 14,00 - 15,00 **MUESTRA:** M # 15

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

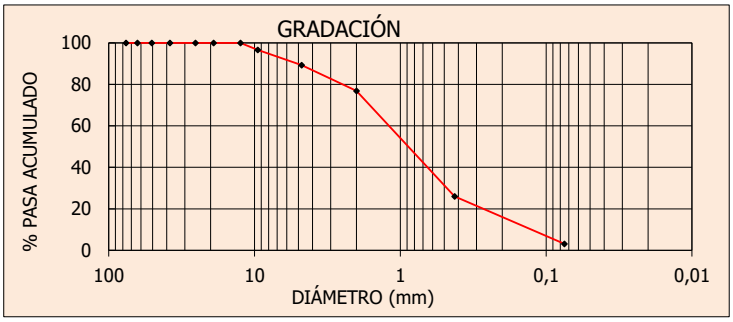


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 6,1
Cc= 0,9

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 309,8 gr			P2 = 300,07 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	10,35	3,3	3,3	96,7
No 4	4,75	22,91	7,4	10,7	89,3
No 10	2	38,35	12,4	23,1	76,9
No 40	0,425	157,56	50,9	74,0	26,0
No 200	0,075	70,9	22,9	96,9	3,1
FONDO		9,73	3,1	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

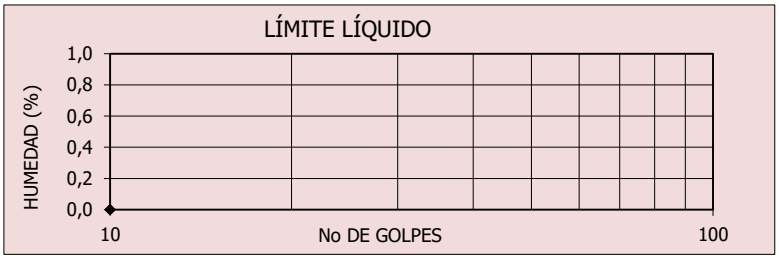
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 16,00 - 17,00 **MUESTRA:** M # 17

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

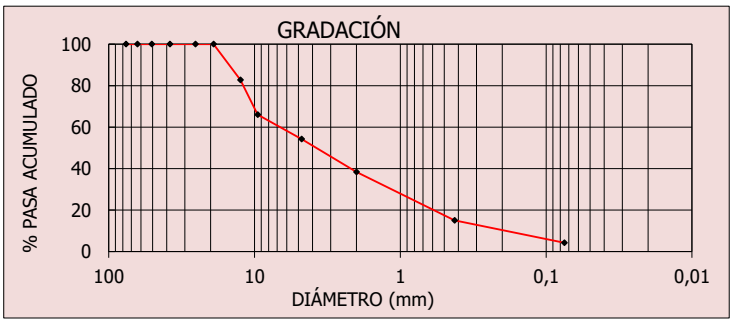


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 23,0
Cc= 1,1

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: SW

P1= 402,76 gr			P2 = 385,67 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5	69,35	17,2	17,2	82,8
3/8"	9,5	67,4	16,7	34,0	66,0
No 4	4,75	47,56	11,8	45,8	54,2
No 10	2	63,98	15,9	61,6	38,4
No 40	0,425	93,96	23,3	85,0	15,0
No 200	0,075	43,42	10,8	95,8	4,2
FONDO		17,09	4,2	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

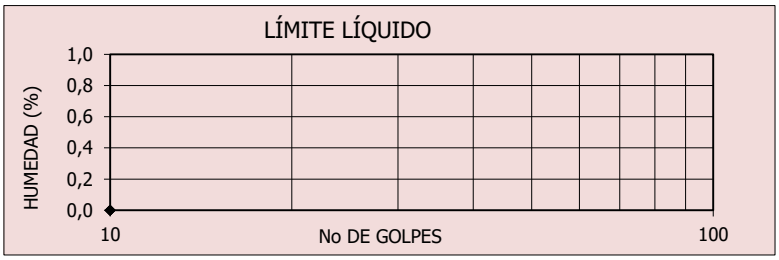
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 18,50 - 19,50 **MUESTRA:** M # 19

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

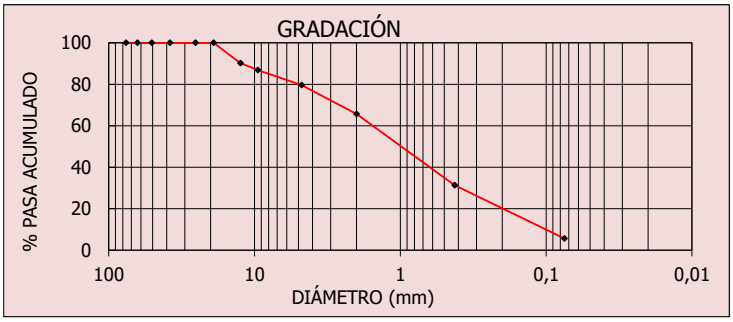


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 9,5
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP-SM**

P1= 333,89 gr			P2 = 314,95 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5	32,58	9,8	9,8	90,2
3/8"	9,5	11,33	3,4	13,2	86,8
No 4	4,75	24,28	7,3	20,4	79,6
No 10	2	46,45	13,9	34,3	65,7
No 40	0,425	114,65	34,3	68,7	31,3
No 200	0,075	85,66	25,7	94,3	5,7
FONDO		18,94	5,7	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

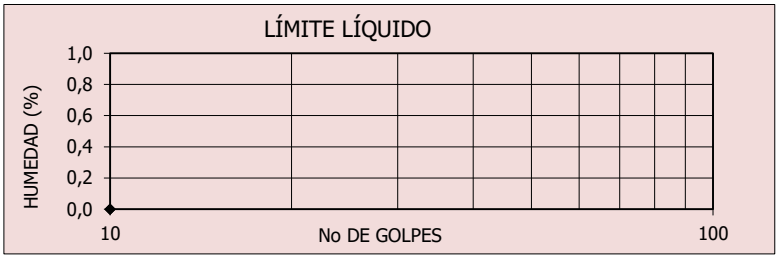
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA
HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 20,50 - 21,50 **MUESTRA:** M # 21

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

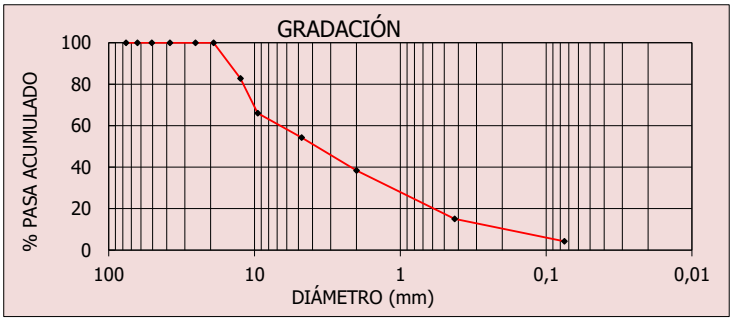


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,1
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 328,48 gr			**P2 =** 319,86 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	15,43	4,7	4,7	95,3
No 4	**4,75**	21,64	6,6	11,3	88,7
No 10	**2**	30,01	9,1	20,4	79,6
No 40	**0,425**	114,23	34,8	55,2	44,8
No 200	**0,075**	138,55	42,2	97,4	2,6
FONDO		8,62	2,6	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

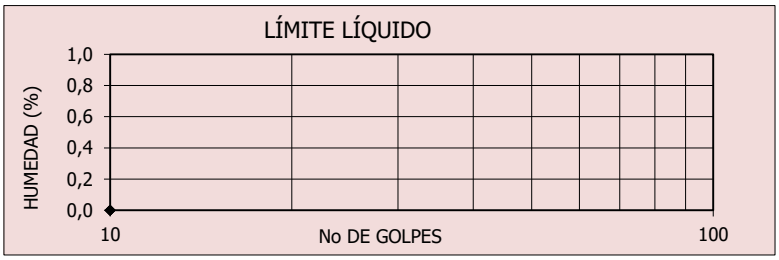
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA
HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 22,50 - 23,50 **MUESTRA:** M # 23

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



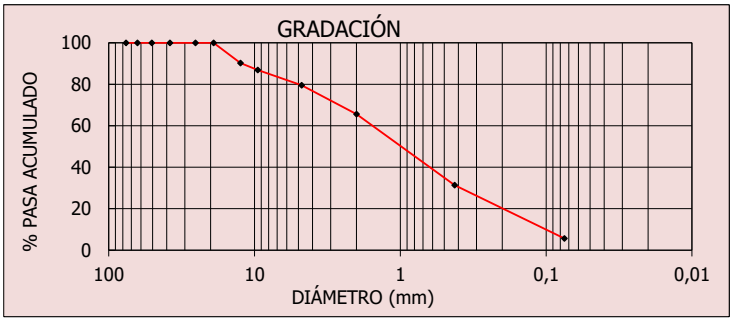
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 7,9
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 318,29 gr **P2 =** 303,18 gr

TAMIZ pulg	TAMIZ mm	RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5	14,06	4,4	4,4	95,6
3/8"	9,5	23,46	7,4	11,8	88,2
No 4	4,75	26,78	8,4	20,2	79,8
No 10	2	28,45	8,9	29,1	70,9
No 40	0,425	119,55	37,6	66,7	33,3
No 200	0,075	90,88	28,6	95,3	4,7
FONDO		15,11	4,7	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

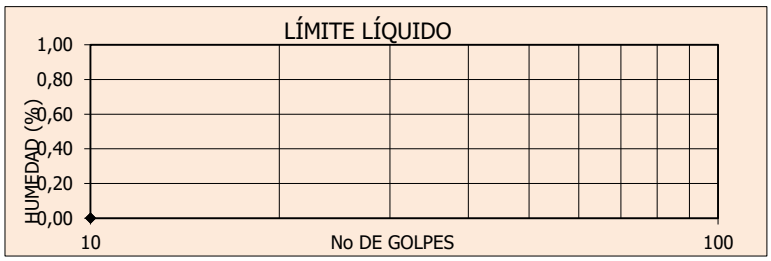
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO:	TORRE DE CONTROL CACOM 1	**FECHA:**	AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN:	PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA	**SOLICITANTE:**	FUERZA AEREA DE COLOMBIA
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA		
HORIZONTE:	SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 1,00 - 2,00	**MUESTRA:**	M # 2

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

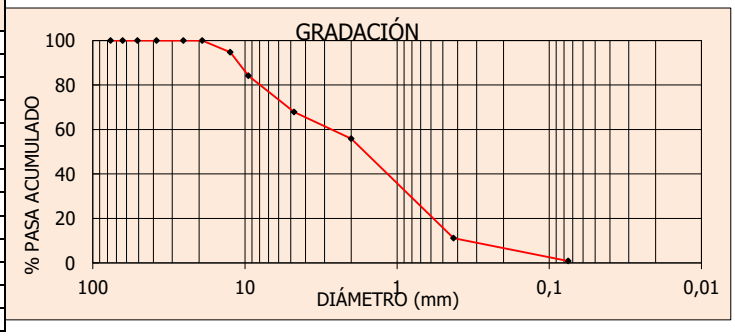


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 7,3
Cc= 1,6

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SW**

P1= 291,4 gr			**P2 =** 288,96 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	15,37	5,3	5,3	94,7
3/8"	**9,5**	30,64	10,5	15,8	84,2
No 4	**4,75**	47,7	16,4	32,2	67,8
No 10	**2**	34,85	12,0	44,1	55,9
No 40	**0,425**	130,45	44,8	88,9	11,1
No 200	**0,075**	29,95	10,3	99,2	0,8
FONDO		2,5	0,8	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

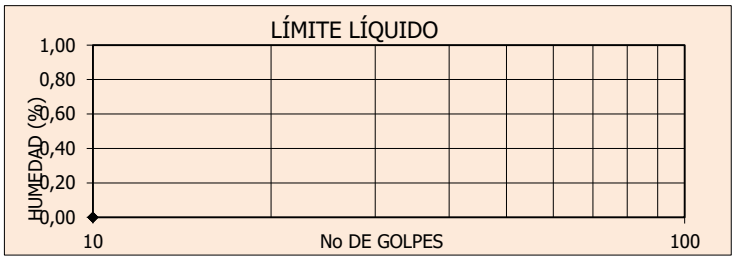
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 3,00 - 4,00 **MUESTRA:** M # 4

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



LÍMITE LÍQUIDO: NL %

LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No

M. Org No

Cu= 16,1

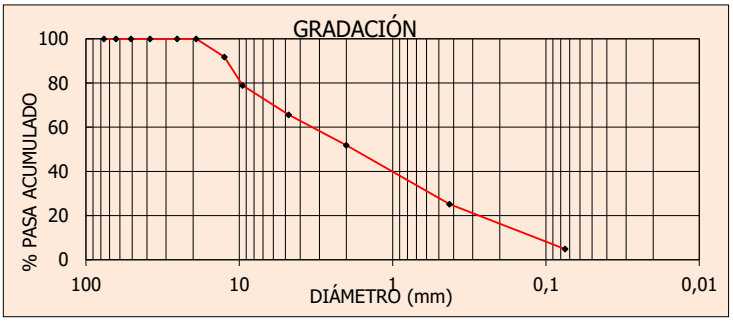
Cc= 0,8

ÍNDICE DE GRUPO: 0

AASHTO: A-1-b

U.S.C.: **SP**

P1= 358,78 gr			**P2 =** 341,41 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	29,68	8,3	8,3	91,7
3/8"	**9,5**	46,14	12,9	21,1	78,9
No 4	**4,75**	47,43	13,2	34,4	65,6
No 10	**2**	49,45	13,8	48,1	51,9
No 40	**0,425**	95,9	26,7	74,9	25,1
No 200	**0,075**	72,81	20,3	95,2	4,8
FONDO		17,37	4,8	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

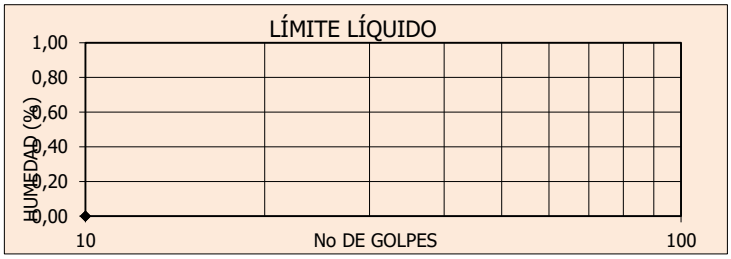
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 5,00 - 6,00 **MUESTRA:** M # 6

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

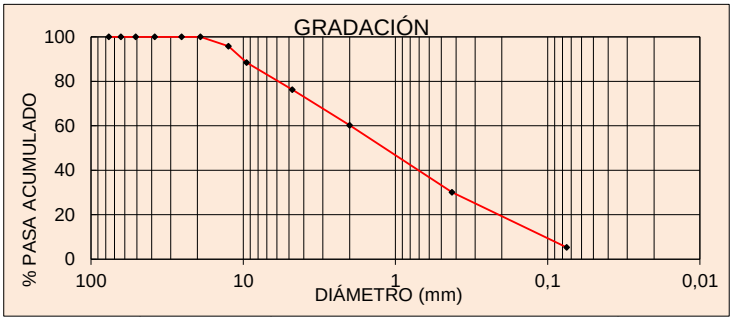


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 9,8
Cc= 0,4

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP-SM**

P1= 343,56 gr			**P2 =** 325,32 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	14,4	4,2	4,2	95,8
3/8"	**9,5**	25,2	7,3	11,5	88,5
No 4	**4,75**	42,08	12,2	23,8	76,2
No 10	**2**	54,74	15,9	39,7	60,3
No 40	**0,425**	103,76	30,2	69,9	30,1
No 200	**0,075**	85,14	24,8	94,7	5,3
FONDO		18,24	5,3	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

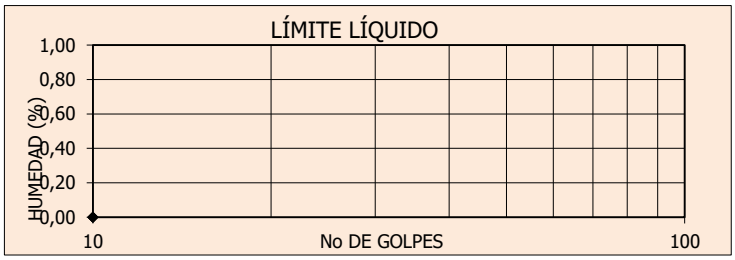
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 7,00 - 8,00 **MUESTRA:** M # 8

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

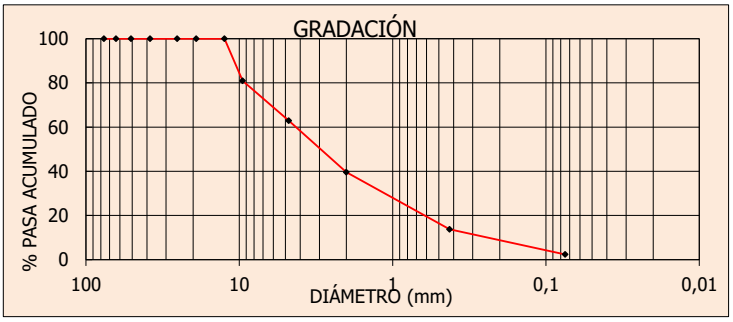


LÍMITE LÍQUIDO: NL
LÍMITE PLÁSTICO: NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 12,3
Cc= 1,6

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **SW**

P1= 320,67 gr			P2 = 313,06 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	61,21	19,1	19,1	80,9
No 4	4,75	57,66	18,0	37,1	62,9
No 10	2	74,74	23,3	60,4	39,6
No 40	0,425	83,03	25,9	86,3	13,7
No 200	0,075	36,42	11,4	97,6	2,4
FONDO		7,61	2,4	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

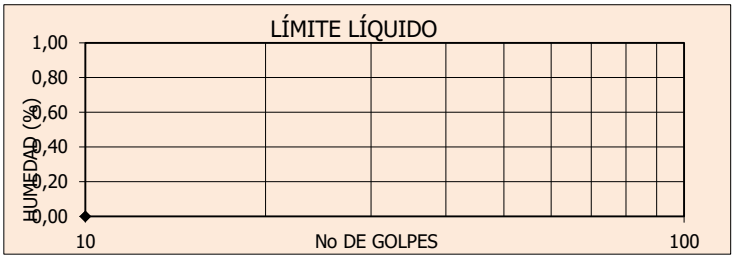
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 9,00 - 10,00 **MUESTRA:** M # 10

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

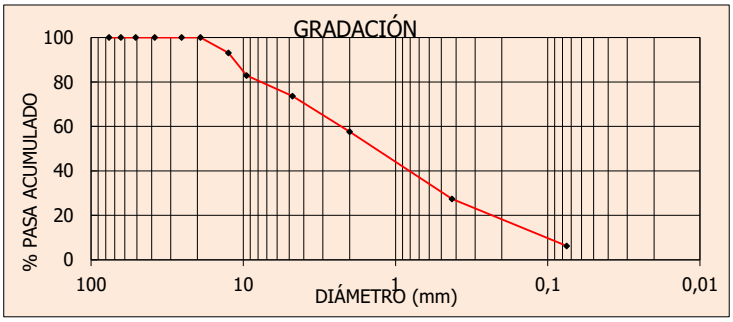


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 13,2
Cc= 0,8

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP-SM**

P1= 332,82 gr			**P2 =** 311,98 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	22,92	6,9	6,9	93,1
3/8"	**9,5**	33,98	10,2	17,1	82,9
No 4	**4,75**	30,9	9,3	26,4	73,6
No 10	**2**	53,25	16,0	42,4	57,6
No 40	**0,425**	100,52	30,2	72,6	27,4
No 200	**0,075**	70,41	21,2	93,7	6,3
FONDO		20,84	6,3	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

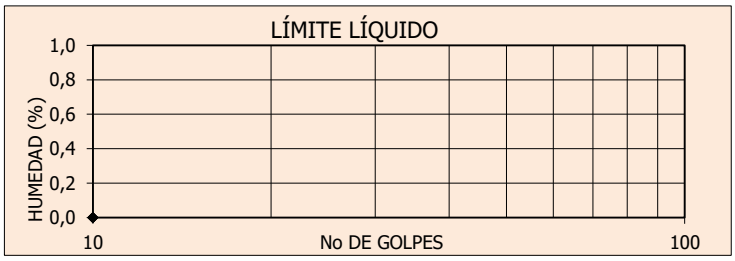
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 11,00 - 12,00 **MUESTRA:** M # 12

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

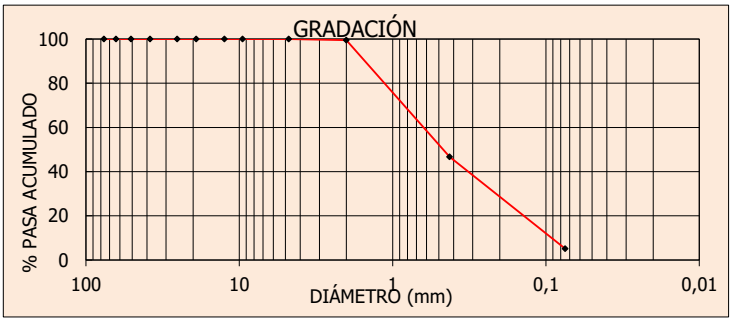


LÍMITE LÍQUIDO: NL
LÍMITE PLÁSTICO: NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,3
Cc= 0,7

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP-SM**

P1= 261,96 gr			**P2 =** 248,46 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	0	0,0	0,0	100,0
No 4	**4,75**	0	0,0	0,0	100,0
No 10	**2**	1,41	0,5	0,5	99,5
No 40	**0,425**	138,35	52,8	53,4	46,6
No 200	**0,075**	108,7	41,5	94,8	5,2
FONDO		13,50	5,2	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

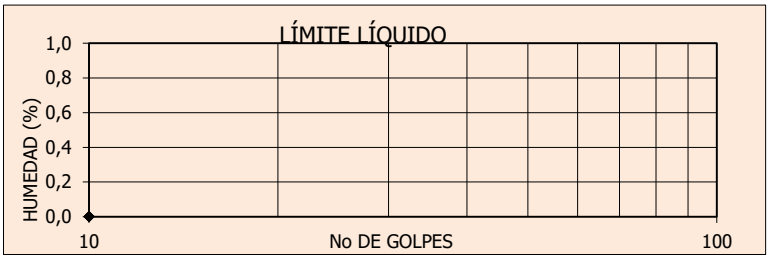
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 13,00 - 14,00 **MUESTRA:** M # 14

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

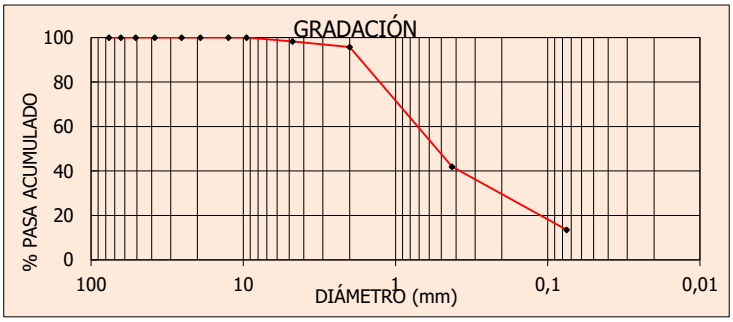


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= -
Cc= -

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SM**

P1= 378,44 gr			P2 = 327,33 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1		-	-	100,0
1/2"	12,5		-	-	100,0
3/8"	9,5	0	0,0	0,0	100,0
No 4	4,75	6,67	1,8	1,8	98,2
No 10	2	9,54	2,5	4,3	95,7
No 40	0,425	203,51	53,8	58,1	41,9
No 200	0,075	107,61	28,4	86,5	13,5
FONDO		51,11	13,5	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

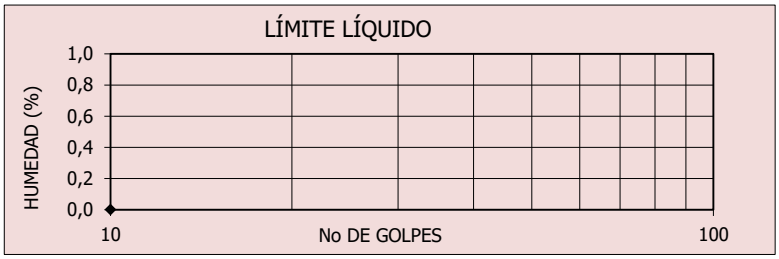
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 15,00 - 16,00 **MUESTRA:** M # 16

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



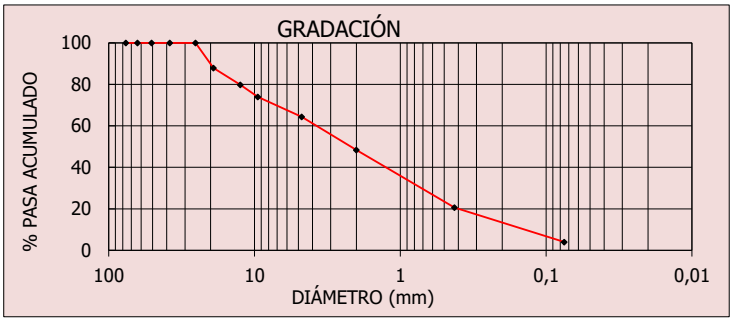
LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 15,1
Cc= 1,1

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-a
U.S.C.: **SW**

P1= 325,23 gr **P2 =** 312,19 gr

TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1		-	-	100,0
1"	25,4		-	-	100,0
3/4"	19,1	39,37	12,1	12,1	87,9
1/2"	12,5	26,41	8,1	20,2	79,8
3/8"	9,5	18,94	5,8	26,0	74,0
No 4	4,75	31,3	9,6	35,7	64,3
No 10	2	51,84	15,9	51,6	48,4
No 40	0,425	90,26	27,8	79,4	20,6
No 200	0,075	54,07	16,6	96,0	4,0
FONDO		13,04	4,0	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

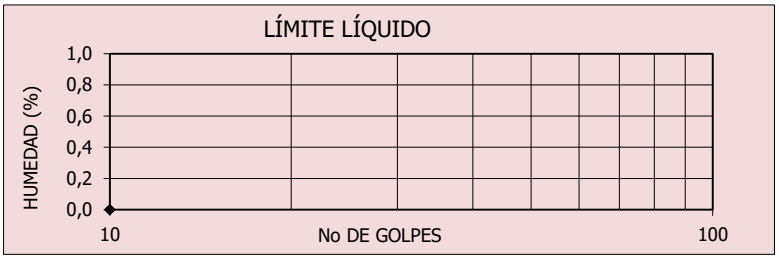
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA O ARENA LIMOSA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 17,00 - 18,50 **MUESTRA:** M # 18

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		



LÍMITE LÍQUIDO: NL %

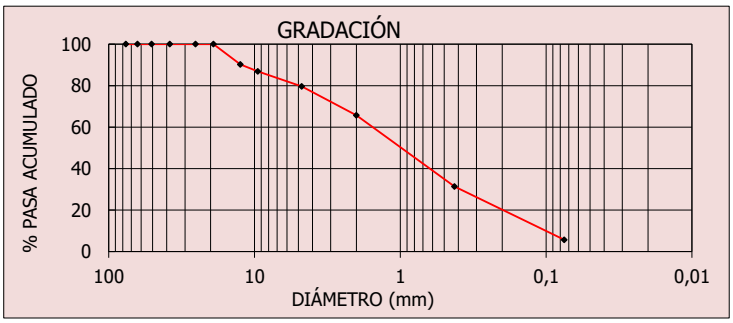
LÍMITE PLÁSTICO: NP %

ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 9,5
Cc= 0,5

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP-SM**

P1= 333,89 gr			**P2 =** 314,95 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**	32,58	9,8	9,8	90,2
3/8"	**9,5**	11,33	3,4	13,2	86,8
No 4	**4,75**	24,28	7,3	20,4	79,6
No 10	**2**	46,45	13,9	34,3	65,7
No 40	**0,425**	114,65	34,3	68,7	31,3
No 200	**0,075**	85,66	25,7	94,3	5,7
FONDO		18,94	5,7	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

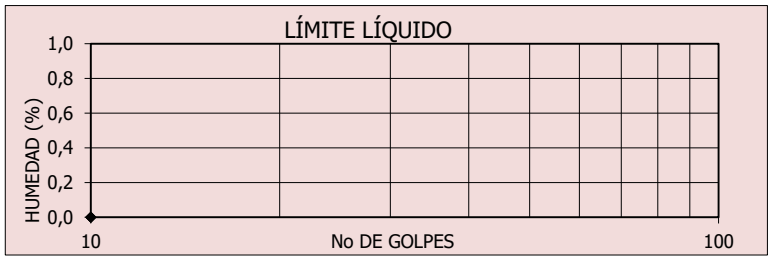
PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021

LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA

HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 19,50 - 20,50 **MUESTRA:** M # 20

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			



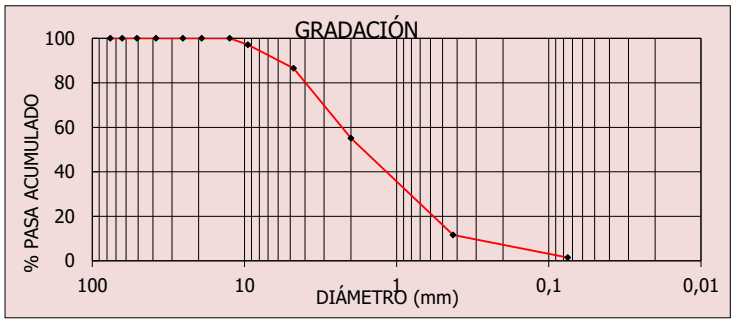
LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 6,3
Cc= 1,9

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SW**

P1= 313,95 gr			P2 = 309,37 gr		
TAMIZ		RET gr	% RET	%RET ACUM	% PASA ACUM
pulg	mm				
3"	76,2		-	-	100,0
2 1/2"	63,5		-	-	100,0
2"	50,8		-	-	100,0
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,1	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,5	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	9,03	2,9	2,9	97,1
No 4	4,75	33,28	10,6	13,5	86,5
No 10	2	98,61	31,4	44,9	55,1
No 40	0,425	136,38	43,4	88,3	11,7
No 200	0,075	32,07	10,2	98,5	1,5
FONDO		4,58	1,5	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.

ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

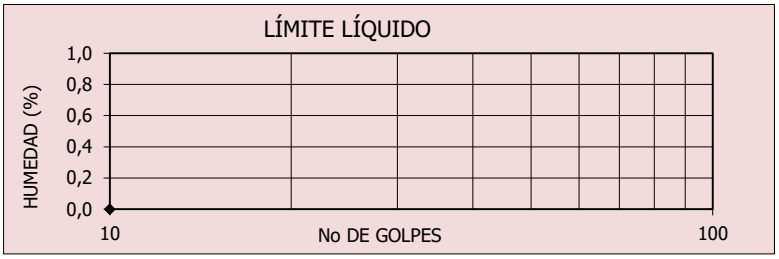
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA
HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 21,50 - 22,50 **MUESTRA:** M # 22

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

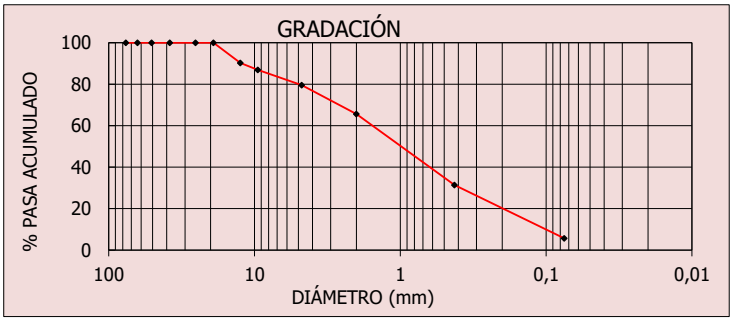


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 5,7
Cc= 0,9

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-1-b
U.S.C.: **SP**

P1= 242,67 gr			**P2 =** 237,58 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**		-	-	100,0
1"	**25,4**		-	-	100,0
3/4"	**19,1**		-	-	100,0
1/2"	**12,5**		-	-	100,0
3/8"	**9,5**	13,8	5,7	5,7	94,3
No 4	**4,75**	16,02	6,6	12,3	87,7
No 10	**2**	31,1	12,8	25,1	74,9
No 40	**0,425**	119,12	49,1	74,2	25,8
No 200	**0,075**	57,54	23,7	97,9	2,1
FONDO		5,09	2,1	-	



OBSERVACIONES:

Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

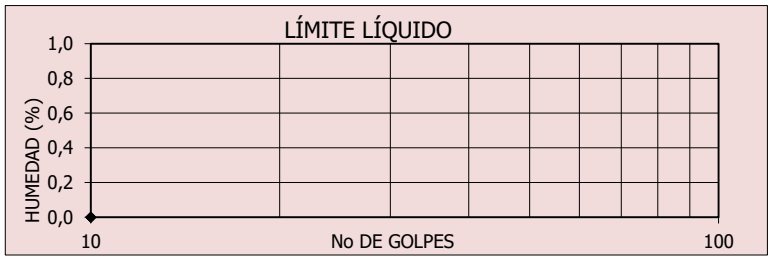
APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** **Estudios geotecnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construccion de obras civiles, consultorias e interventorias y estudios geofisicos.**	**GRADACIÓN, LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN**	**COD. GEL-GLC** **VERSION: 02** **FECHA: 06 DE JULIO DE 2021**

PROYECTO: TORRE DE CONTROL CACOM 1 **FECHA:** AGOSTO DE 2021
LOCALIZACIÓN: PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA **SOLICITANTE:** FUERZA AEREA DE COLOMBIA
DESCRIPCIÓN: ARENA MAL GRADADA
HORIZONTE: SONDEO 1 **PROFUNDIDAD:** 23,50 - 25,00 **MUESTRA:** M # 24

LÍMITE LÍQUIDO			
Tara No			
P1			
P2			
P3			
HUMEDAD %			

LÍMITE PLÁSTICO		
TARA No		
P1		
P2		
P3		
HUMEDAD%		

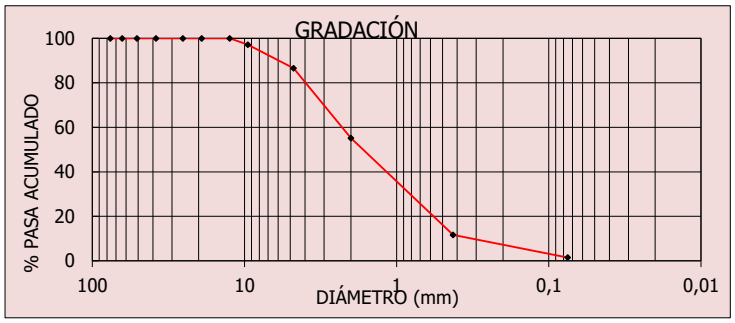


LÍMITE LÍQUIDO: NL %
LÍMITE PLÁSTICO: NP %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD: NP

Turba No
M. Org No
Cu= 3,3
Cc= 1,0

ÍNDICE DE GRUPO: 0
AASHTO: A-3
U.S.C.: **SP**

P1= 273,8 gr			**P2 =** 261,58 gr		
TAMIZ		**RET gr**	**% RET**	**%RET ACUM**	**% PASA ACUM**
pulg	**mm**				
3"	**76,2**		-	-	100,0
2 1/2"	**63,5**		-	-	100,0
2"	**50,8**		-	-	100,0
1 1/2"	**38,1**	0	0,0	0,0	100,0
1"	**25,4**	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	**19,1**	0	0,0	0,0	100,0
1/2"	**12,5**	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	**9,5**	0,89	0,3	0,3	99,7
No 4	**4,75**	2,3	0,8	1,2	98,8
No 10	**2**	16,24	5,9	7,1	92,9
No 40	**0,425**	100,16	36,6	43,7	56,3
No 200	**0,075**	141,99	51,9	95,5	4,5
FONDO		12,22	4,5	-	



OBSERVACIONES:

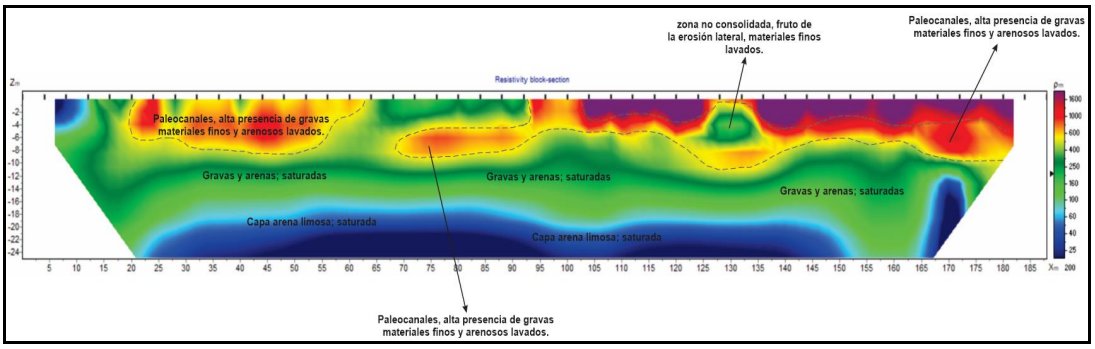
Alexander V.
ELABORADO POR:
LABORATORISTA

REVISADO POR:
COORD. DE LABORATORIO

APROBADO POR:
IC. ESPECIALISTA

GR. INGARQ S.A.S

INFORME DE TOMOGRAFIAS ELECTRICAS PARA PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA REALIZADOS EN LA BASE AEREA CACOM 1 PUERTO SALGAR CUNDINAMARCA.



MONTERIA - CÓRDOBA.

INFORME FINAL

AGOSTO DEL 2021

CO-SC-CER805992

NOMBRE DEL PROYECTO:		INFORME DE TOMOGRAFIAS ELECTRICAS PARA PROYECTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE TORRE DE CONTROL DEL CACOM - 1, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.			
LOCALIZACION:		PUERTO SALGAR - CUNDINAMARCA			
APROBACIONES		**Número de revisión**	1	2	3
	RESPONSABLE DE ELABORACIÓN Y REVISIÓN:	Nombre: Cargo: Profesión: T.P. Firma:	**RICARDO ANTONIO CASTRO PADILLA.** INGENIERO GEOLOGO – FUUA. 071232-0531884CES. 			
	RESPONSABLE DE APROBACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD:	Nombre: T.P. Cargo: Firma:	**GUSTAVO RAMIRO ROYETT GALVAN** 22202-130214COR I.C. ESPECIALISTA EN GEOTECNIA UNISINU 			
	CLIENTE:	Nombre: C.C Cargo: Firma:	FUERZA AÉREA COLOMBIANA			
	OBSERVACIONES				

Montería, 30 de abril de 2021.

Sres.
FUERZA AÉREA COLOMBIANA.

Cordial saludo,

Adjunto al presente envío el informe de la tomografía eléctrica, realizada con el fin de corroborar la existencia o no de alteraciones o anomalías identificadas gracias a las actividades de exploraciones geotécnicas realizadas en el área previamente por medio de este estudio se puede definir la naturaleza de la anomalía, y los posibles alcances de las afectaciones que produce en el área de trabajo para las actividades posteriores programadas a realizar.

Dispuestos a resolver cualquier inquietud y a colaborar en cualquier parte de su proceso de análisis de información.

Att:

GUSTAVO ROYETT GALVÁN
Ingeniero Civil – Especialista en Geotecnia
M.P. 22202130214COR

Tabla de contenido

Introducción. 7
Localización del proyecto y características relevantes de zona. 8
Ubicación Geográfica de Puerto Salgar. 8
Límites geográficos del municipio de Puerto Salgar. 9
Vías de acceso. 9
Ubicación de las líneas. 10
Clima del municipio de puerto salgar. 11
Temperatura. 12
Precipitación. 13
Geología 14
Marco geológico regional 14
Mapa geológico. 16
FORMACIÓN CAMBRÁS: 18
FORMACIÓN SAN ANTONIO: 18
FORMACIÓN LIMONES: 18
Adquisición de datos. 19
Principios teóricos básicos. 19
Tomografía eléctrica (ERT). 25
Ecuaciones fundamentales. 25
Dispositivo electródico usado en este estudio. 29
Adquisición en campo. 32
Procesamiento de los datos. 33
Interpretación de los resultados. 1
Interpretación del perfil eléctrico Tomografía 1. 1
Conclusiones: 1
REGISTRO FOTOGRÁFICO 2

Lista de tablas

Tabla 1. Límites del Municipio de Puerto Salgar 9
Tabla 2. Coordenadas Magna Sirgas de la tomografía realizada en la base aérea CACOM 1 Puerto Salgar. 10
Tabla 3. Coordenadas geográficas (WGS 84) de la tomografía realizada en la base aérea CACOM 1 Puerto Salgar. 11
Tabla 4. Porosidad intergranular de diversas rocas. 24
Tabla 5. Descripción de los perfiles eléctricos. 33

Lista de figuras

Ilustración 1. Localización del Municipio de Puerto Salgar. 8
Ilustración 2. Localización regional de la base aérea CACOM 1 Puerto Salgar Cundinamarca. 9
Ilustración 3. Ubicación del tendido, realizado en la base aérea CACOM 1 Puerto Salgar. 10
Ilustración 4. Resumen del clima del municipio de Puerto Salgar. 11
Ilustración 5. Temperatura minima y maxima del municipio de Puerto Salgar. 12
Ilustración 6. Precipitación de lluvia mensual promedio en Puerto Salgar. 13
Ilustración 7.Mapa geológico Puerto Salgar - Cundinamarca. 16
Ilustración 8. Esquema básico de los métodos de resistividad. 20
Ilustración 9. Esquema de los dispositivos electródicos más habituales en los métodos de resistividad. 21
Ilustración 10. Typical Ranges of Resistivities of Earth Materials (from Sheriff, (16)). 22
Ilustración 11. A) Esquema de funcionamiento del método de prospección eléctrica en corriente continúa siendo M, N electrodos de potencial, y A, B electrodos de corriente. B) Distribución de las líneas Equipotenciales en función de la resistividad de los cuerpos subyacentes. C) Equipotenciales y líneas de corriente alrededor de un cuerpo resistivo. 26
Ilustración 12. A) Esquema de un dispositivo electródico; B) Diagrama esquemático que representa la posición espacial de los valores de resistividad eléctrica 30
Ilustración 13. A) Mediciones dispositivos tipo wenner; B) Configuración electródica para un dispositivo Wenner. 31
Ilustración 14. Equipo usado en campo con todos sus accesorios. 32
Ilustración 15. Detección de puntos anómalos (outliers) en las medidas del perfil eléctrico TE1. 34
Ilustración 16. Discretización del terreno por bloques con una malla de 5 x 5 nodos. 1
Ilustración 17. Modelo obtenido al aplicar la inversión con parámetros estándares al perfil eléctrico. 1
Ilustración 18. Interpretación geológica - geofísica de la Tomografía 1 (TE1). 1

Introducción.

El presente informe contiene los resultados arrojados por las tomografías realizadas para determinar la estratigrafía del terreno, además de determinar posibles afectaciones por procesos geológicos con ocurrencia en el área, se busca el respaldar y complementar la información obtenida con los sondeos para los estudios de suelo previamente realizados, determinando cual es el estado y la afectación directa en la zona de labores.

Localización del proyecto y características relevantes de zona.

Ubicación Geográfica de Puerto Salgar.

es un municipio colombiano del departamento de Cundinamarca ubicado en la Provincia del Magdalena medio, a 195 km al noroeste de de Bogotá y a 253 km de Medellín Véase (**Ilustración 1**).

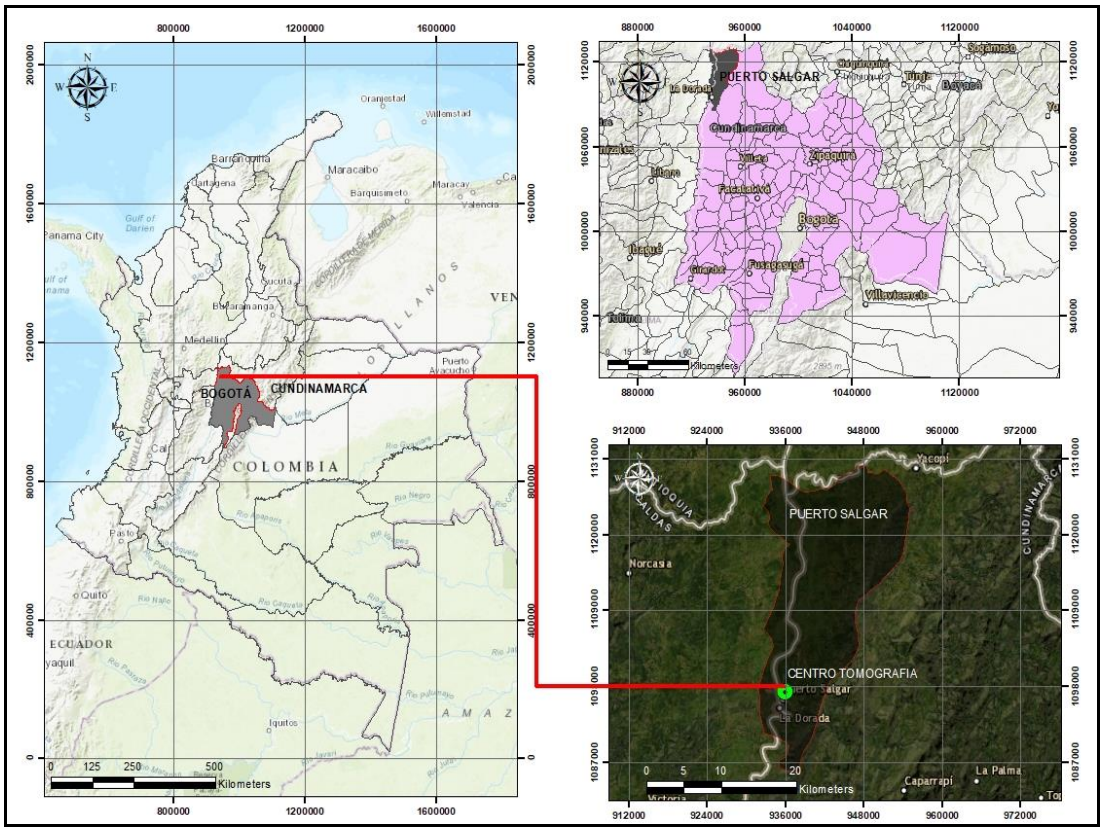


Ilustración 1. Localización del Municipio de Puerto Salgar.
Fuente: GR.INGARQ S.A.S

Límites geográficos del municipio de Puerto Salgar.

Los límites geográficos municipales de puerto salgar se describen en la **Tabla 1**.

	BOYACA	
CALDAS		YACOPI CAPARRAPÍ
	GUADUAS	

Tabla 1. Límites del Municipio de Puerto Salgar

Fuente. https://pdpmagdalenacentro.org/pagina2017/sistema-de-informacion-irmac-puerto-salgar/.

Vías de acceso.

El lugar de estudio se encuentra ubicado en la BASE AEREA CACOM 1 PUERTO SALGAR CUNDINAMARCA, a orillas de la carretera principal del municipio, presentando vías pavimentadas en su totalidad dentro de las instalaciones de la base aérea. (**Ilustración 2**).



Ilustración 2. Localización regional de la base aérea CACOM 1 Puerto Salgar Cundinamarca.

Fuente: GR.INGARQ S.A.S



Ilustración 3. Ubicación del tendido, realizado en la base aérea CACOM 1 Puerto Salgar.

Fuente: google earth.

Ubicación de las líneas.

La **Tabla 2** relaciona las coordenadas planas del punto de inicio y final de la tomografía, en origen Magna Sirgas Bogotá. En la **Tabla 3** se relaciona las coordenadas geográficas (wgs 84) de los puntos de inicio y final de la tomografía.

	PUNTO DE INICIO		**PUNTO FINAL**		
ID	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	**ALTURA m.s.n.m.**
TER 1	1097377,10	936198,518	1097205,95	936097,196	171

Tabla 2. Coordenadas Magna Sirgas de la tomografía realizada en la base aérea CACOM 1 Puerto Salgar.

Fuente: GR. INGARQ S.A.S

	PUNTO DE INICIO		PUNTO FINAL		
ID	N	O	N	O	**ALTURA m.s.n.m.**
TER 1	5°28'35.42"N	74°39'11.69"O	5°28'29.84"N	74°39'14.98"O	171

Tabla 3. Coordenadas geográficas (WGS 84) de la tomografía realizada en la base aérea CACOM 1 Puerto Salgar.
Fuente: GR. INGARQ S.A.S

Clima del municipio de puerto salgar.

En Puerto Salgar, los veranos son cortos, muy caliente y bochornosos; los inviernos son cortos, caliente y opresivos y está mojado y nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 24 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 23 °C o sube a más de 38 °C.

En base a la puntuación de playa/piscina, las mejores épocas del año para visitar Puerto Salgar para las actividades de calor son desde mediados de junio hasta principios de septiembre y desde mediados de diciembre hasta principios de febrero.

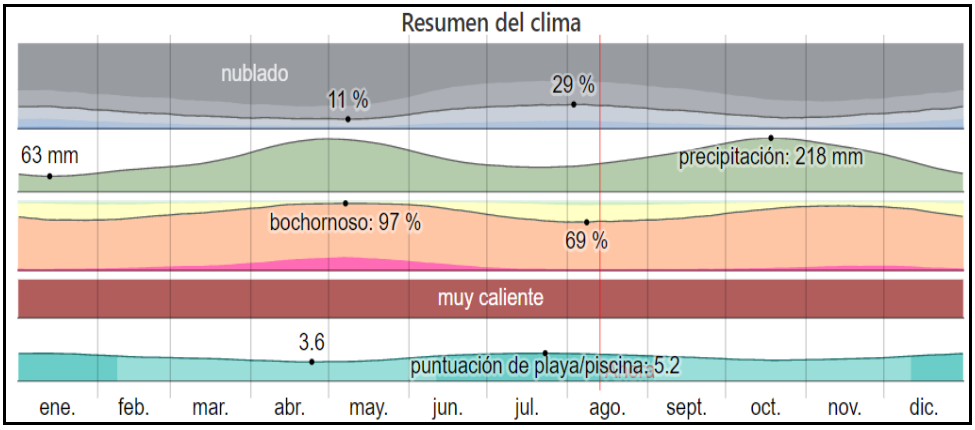


Ilustración 4. Resumen del clima del municipio de Puerto Salgar.
Fuente. https://es.weatherspark.com/y/23388/Clima-promedio-en-Puerto-Salgar-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o.

Temperatura.

La temporada calurosa dura 1,9 meses, del 17 de julio al 15 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 34 °C. El día más caluroso del año es el 7 de agosto, con una temperatura máxima promedio de 35 °C y una temperatura mínima promedio de 25 °C.

La temporada fresca dura 1,9 meses, del 18 de octubre al 14 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 33 °C. El día más frío del año es el 11 de enero, con una temperatura mínima promedio de 24 °C y máxima promedio de 34 °C.

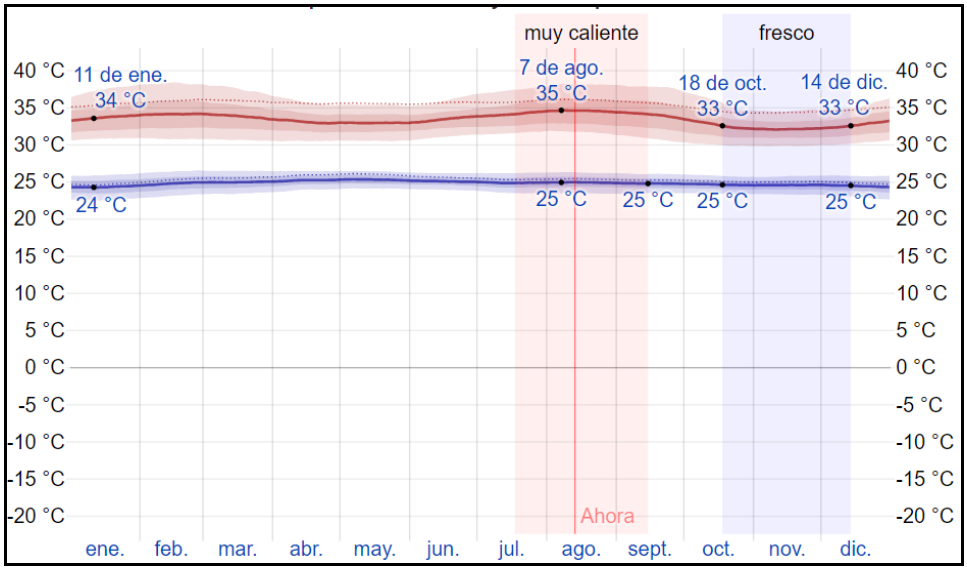


Ilustración 5. Temperatura minima y maxima del municipio de Puerto Salgar.

Fuente. https://es.weatherspark.com/y/23388/Clima-promedio-en-Puerto-Salgar-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o.

Precipitación.

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

La temporada más mojada dura 8,7 meses, de 17 de marzo a 8 de diciembre, con una probabilidad de más del 58 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 80 % el 22 de octubre.
La temporada más seca dura 3,3 meses, del 8 de diciembre al 17 de marzo. La probabilidad mínima de un día mojado es del 36 % el 16 de enero.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 80 % el 22 de octubre. probabilidad máxima del 61 % el 10 de mayo.

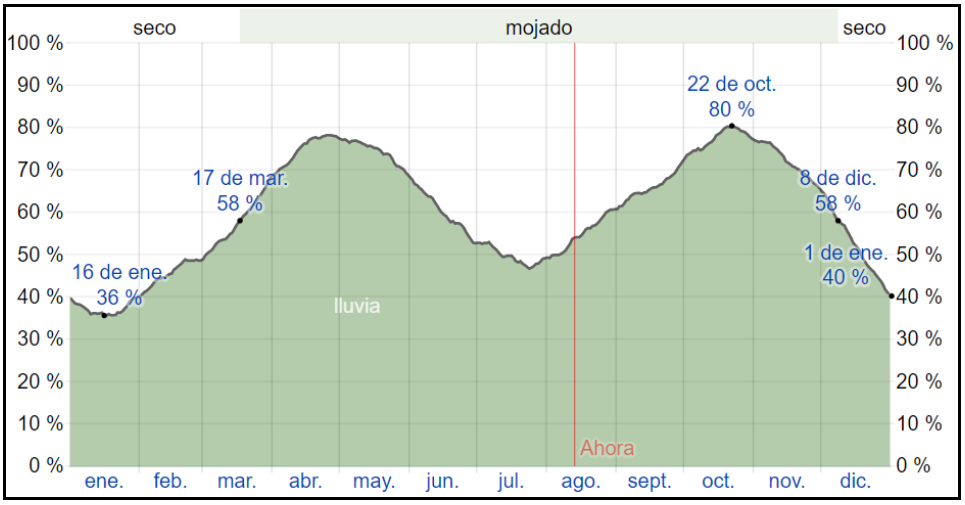


Ilustración 6. Precipitación de lluvia mensual promedio en Puerto Salgar.
Fuente. **https://es.weatherspark.com/y/23388/Clima-promedio-en-Puerto-Salgar-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o.**

Geología

Marco geológico regional

El municipio de puerto salgar, se sitúa en el flanco occidental de la cordillera oriental. La cordillera Oriental se encuentra definida por un basamento cristalino de edad precámbrica y paleozoica, caracterizado por exponer múltiples eventos deformativos.

Las rocas de la edad paleozoica temprana afloran en gran parte del sector oriental de la cordillera, sin embargo, en el departamento de Cundinamarca solo se registran pequeñas áreas representadas por rocas metamórficas que alcanzaron condiciones de esquistos verdes (Espriella. 1985) mientras que el paleozoico superior si aflora y está caracterizado por secuencias de facies sedimentarias con altos contenidos de areniscas cuarzosas, conglomerados, arcillas rojizas y moradas, y shales negros.

TIPOS DE ROCAS.

Litológicamente el área de trabajo se encuentra sobre formaciones del paleógeno y neógeno, compuestas principalmente por areniscas de cuarzo, de grano medio a grueso, con intercalaciones de arcillolitas grises y rojizas, conglomerados basales de cantos de cuarzo, lidita y chert alterados.

GEOMORFOLOGIA.

Geomorfológicamente el municipio está constituido por unidades de ambientes estructural, denudacional y fluvial, en donde predominan las geoformas de laderas coluviales, terrazas de acumulación, valles laterales, laderas estructurales de cuesta y lomeríos de disección moderada, las cuales se caracterizan por ser fuente de aporte para los depósitos presentes en el municipio.

- Ambiente estructural. Corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamientos y fallamientos, cuya expresión morfológica esta definida por la litología y la disposición estructural, al plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre y que aun conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en diverso grado por los procesos de denudación. Se identificaron cinco estructuras: ladera estructural de sierra homoclinal presente en las veredas el galápago, el taladro y caño

pescado; esta geoforma corresponde a la unidad litológica grupo honda, precisando su distribución geográfica sobre dicha unidad, la cual esta cubierta por depósitos cuaternarios de origen aluvial procedentes de la cuenca del rio magdalena y del rio negro. (UT-AVR CAR,2015), ladera estructural y ladera estructural de cuesta se presenta en las veredas yerbabuena, tres y medio, área urbana y brisas. Estas formaciones están cubiertas por depósitos cuaternarios de origen aluvial procedentes de la cuenca del rio magdalena; en la vereda yerbabuena esta geoforma se encuentra en contacto con la falla de honda, la cual actúa como limite entre las unidades geomorfológicas fluviales y estructurales sobre esta área (UT – AVR CAR,2015).

- Ambiente denudacional. En este ambiente se incluyen aquellas geoformas cuya expresión morfológica esta definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las geoformas preexistentes, creando además nuevas por acumulación de sedimentos. Se destaca las laderas coluviales (Dic) y laderas erosivas (Del), se observa en las veredas San Antonio, La Colombia, Las Balsas, Risaralda, Colorados, Tres y Medio, Brisas y Área Urbana, se localiza sobre las vertientes del rio negro; esta geoforma corresponde a las unidades litológicas del grupo honda y formación cambras, las cuales están cubiertas por depósitos cuaternarios de origen aluvial procedentes de la cuenca del rio magdalena y del rio negro.

- Ambiente fluvial. Las geoformas de origen fluvial y lagunar están originadas por procesos de erosión de las corrientes y acumulación de la sedimentación de materiales en las zonas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas de inundación como en la dinámica normal de corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera es posible encontrar geoformas aledañas a ríos y quebradas y en fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando estas pierden su capacidad de arrastre.

Mapa geológico.

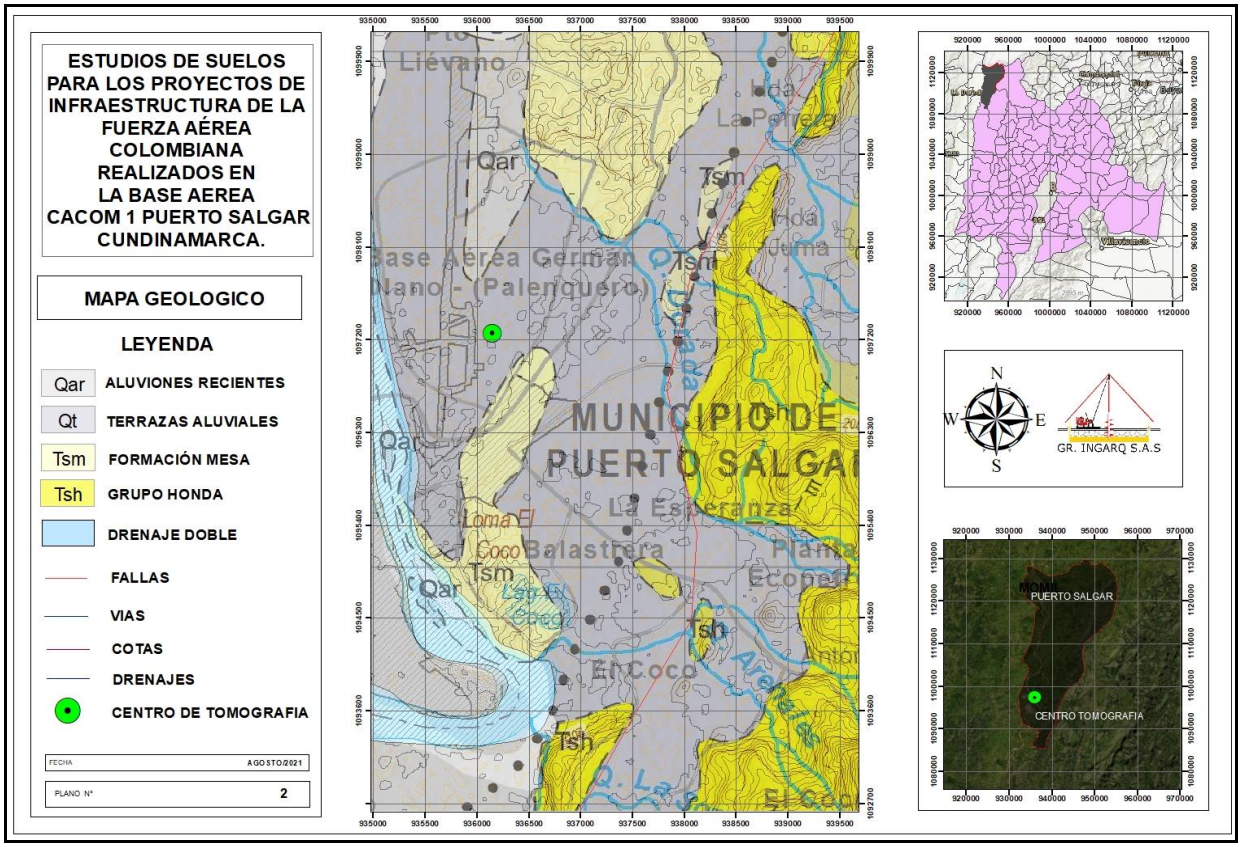


Ilustración 7.Mapa geológico Puerto Salgar - Cundinamarca.

Fuente: GR.INGARQ S.A.S modificado del (SGC)
Servicio Geológico Colombiano

Descripción litológica de unidades.

Aluviales recientes (Qar).

Depósitos superficiales no consolidados que forman terrenos relativamente planos en los valles de las tierras altas o extensas planicies en el rio magdalena y sus tributarios. Estos depósitos tienen una mezcla de material aluvial y coluvial y están compuesto por material meteorizado, mal seleccionado y poco estratificado o tiene solamente unos pocos horizontes bien seleccionados. Los depósitos tienen generalmente no más de 100 metros de ancho y la mayoría probablemente, son delgados porque algunas protuberancias de la roca del lecho que sobresalen de

ella son comunes. no se encontraron terrazas. Las exposiciones son malas y están limitadas a bancos muy bajos a lo largo de las quebradas. Muchos de estos depósitos han sido trabajados para oro destruyendo la morfología original.

Terrazas aluviales (Qt).

Corresponde a las áreas que actualmente ocupan los cursos y lechos activos de los ríos y caños que drenan por el sector y que durante las épocas de lluvias suben de nivel y alcanzan a producir desbordamientos y en algunos casos encharcamientos e inundaciones.

Formación Mesa (Tsm).

Definida por Hettner (1892), para referirse a las capas horizontales que se encuentran al Oeste de la población de Honda (Depto. del Tolima); formadas casi exclusivamente por material volcánico, que alcanzan entre 350 y 400 metros de espesor, y que están conformadas por bancos de capas tabulares y cuneiformes gruesas de cuarzoarenitas y arenitas feldespáticas grises de grano fino a medio, pobremente cementadas, localmente conglomeráticas con guijos subredondeados de rocas volcánicas daciticas, chert y cuarzo lechoso, con interposición de capas delgadas de conglomerados de guijos y gránulos, que internamente exhiben estratificación plano paralela y cruzada. La edad de la formación es Plioceno.

La Formación Mesa reposa concordantemente sobre el Grupo Honda y está conformado por bancos de conglomerados, areniscas conglomeráticas y algunas intercalaciones de limolitas y cenizas volcánicas. Los conglomerados presentan gran proporción de cantos de rocas efusivas (dacitas, andesitas y piedra pómez) y una menor proporción de rocas metamórficas, intrusivas y sedimentarias.

Grupo Honda (Tsh).

El Grupo Honda fue subdividido por DE PORTA en las formaciones Cambrás, San Antonio y Limones. Alcanza un espesor alrededor de 4000m en su localidad tipo.

FORMACIÓN CAMBRÁS:

Definida por DE PORTA, 1965, y redefinida por ULLOA, RODRÍGUEZ, 1981. La unidad en las veredas de La Viuda y Salamina está compuesta en la base un conjunto de grawacas de pocos metros de espesor (Miembro Salamina, 700 m). Los contactos con las unidades infrayacentes (La Cira) y la suprayacente (San Antonio) se observaron concordantes y netos. La unidad presenta una morfología escarpada en la parte basal y suavemente ondulada en la parte superior, y un espesor aproximado de 1.100 m. No se conocen datos paleontológicos de la formación, solamente con base en su posición estratigráfica se supone que corresponde al Mioceno. La formación se correlaciona con la parte inferior del Grupo Real y corresponde en parte al Miembro Puerto Salgar de WELLMAN (¿1970 ó 1967?).

FORMACIÓN SAN ANTONIO:

Original DE PORTA, 1965. La formación fue subdividida en los miembros Flor Colorada, Los Cocos y El Miembro Flor Colorada se caracteriza por presentar una morfología de peldaños y está constituido por una alternancia de areniscas, areniscas conglomeráticas con lutitas rojas. Los conglomerados están compuestos por cantos de rocas metamórficas más cuarzo (56%). sedimentarias (41 %) intrusivas (1 % y volcánicas (0.3%). DE PORTA. Los miembros Los Cocos y La Ceibita están formados por bancos de varios metros de espesor de conglomerados y conglomerados arenosos y esporádicos niveles de lutitas rojas. Los miembros antes mencionados se diferencian principalmente por su composición petrográfica, ya que el Miembro La Ceiba presenta mayor proporción de rocas intrusivas y efusivas que el Miembro Los Cocos. La unidad por posición estratigráfica parece que corresponde al Mioceno y se correlaciona con el Grupo Real y corresponde en parte a la Formación Dorada.

FORMACIÓN LIMONES:

La unidad presenta una morfología suavemente ondulada y está formada principalmente por limolitas y arcillolitas rojizas con intercalaciones de areniscas de

pocos metros de espesor. La unidad se observa reposando concordantemente sobre la Formación San Antonio y en contacto fallado con diferentes unidades del área del Sinclinal de Guaduas. El espesor de la unidad por la carretera a Honda es de 231 m, DE PORTA. No se conocen datos paleontológicos de la formación; su edad puede corresponder al Mioceno. La unidad Los Limones se correlaciona con el Miembro Cerro Colorado de la Formación Villa Vieja.

Adquisición de datos.

El objetivo de este método se basa en obtener una sección 2-D de resistividades reales del subsuelo, modelo a partir del cual podremos determinar la presencia o existencia de cualquier anomalía presente o no en el subsuelo, mediante la localización de áreas en donde tengamos una disminución anómala del valor de la resistividad del terreno.

Para ello será preciso el empleo de un programa de inversión, con el que transformar las resistividades aparentes obtenidas de la campaña de campo, a valores de resistividad real.

Principios teóricos básicos.

Esquema básico del funcionamiento del método.

Independientemente de que la Tomografía eléctrica sea una técnica multielectródico, la base teórica de su funcionamiento es análoga al de los métodos de resistividad convencionales.

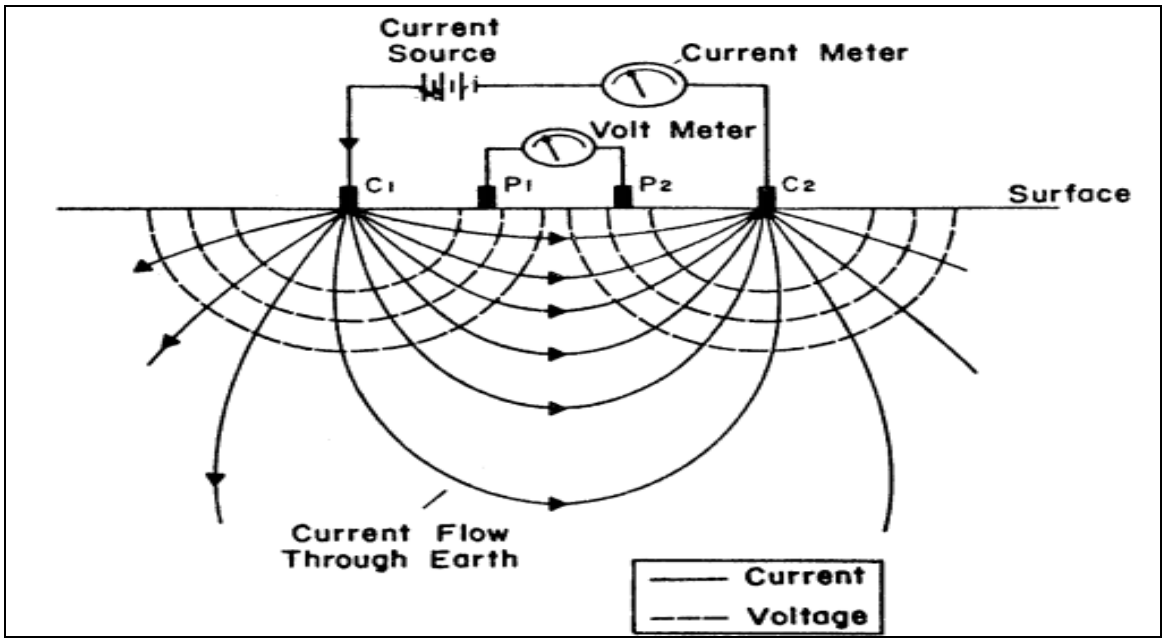


Ilustración 8. Esquema básico de los métodos de resistividad.
Fuente: ASTM (American Society for Testing and Materials) D6431-18.

Los métodos convencionales solo precisan 4 electrodos y se basan en introducir en el terreno, un campo eléctrico de corriente continua mediante dos electrodos de corriente (A,B) conectados a un miliamperímetro, mientras que con los otros dos electrodos (M,N) y que están conectados a un milivoltímetro, mediremos cual es la diferencia de potencial eléctrica ΔV entre esos dos puntos, parámetro a partir del cual podremos calcular el valor de la resistividad en el punto medio del dispositivo y a una profundidad determinada.

Existen diferentes configuraciones a la hora de colocar los 4 electrodos, siendo las más utilizadas Wenner (la variante α) y Schlumberger. También tenemos la denominada configuración Wenner-Schlumberger.

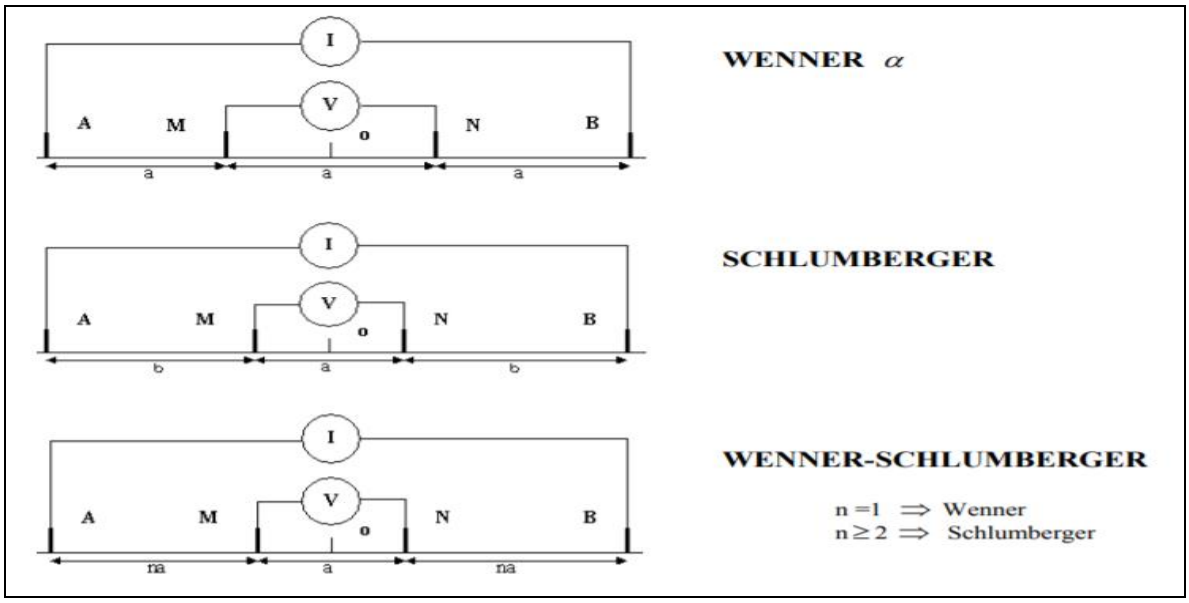


Ilustración 9. Esquema de los dispositivos electródicos más habituales en los métodos de resistividad.

Fuente: ASTM (American Society for Testing and Materials) D6431-18.

El uso de estos métodos viene determinado por el conocimiento de las propiedades de las rocas y de los minerales que lo constituyen. Así pues, el método eléctrico utiliza la conductividad eléctrica (σ) o su inverso que es la resistividad eléctrica (ρ) como el parámetro de identificación de las diferentes estructuras del subsuelo. Esta propiedad que describe la capacidad de los materiales para transportar la corriente eléctrica (véase **Ilustración 10**), es muy variable debido a las características de los materiales que componen el subsuelo y depende de diferentes factores como son la porosidad, presencia de agua intersticial, etc. Además, la temperatura y la presión pueden ejercer también modificaciones importantes en los valores.

Si la resistividad de las rocas dependiese sólo de los minerales que las componen se considerarían aislantes casi la totalidad de ellas, pero dado que suelen tener los poros ocupados por agua y electrolitos las rocas se comportan como conductores iónicos con resistividades que oscilan entre un amplio rango de colores.

Para razones de este estudio, nos centraremos en el método wenner, ya que su disposición geométrica, logística y modificaciones de tendido es el método más práctico para la necesidad de este proyecto.

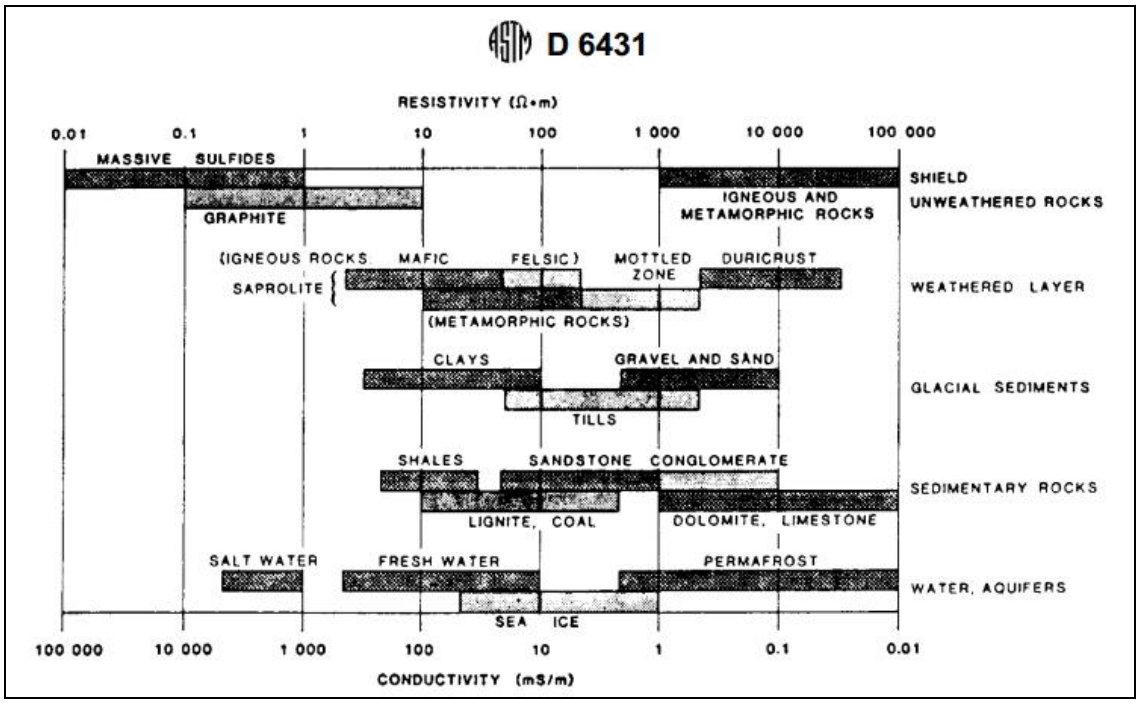


Ilustración 10. Typical Ranges of Resistivities of Earth Materials (from Sheriff, (16)).

Fuente: ASTM (American Society for Testing and Materials) D6431-18.

La influencia de la cantidad de agua en un material sobre el valor de la resistividad es una cuestión importante en el tema de filtraciones, puesto que la mayoría son producidas por una acumulación de agua en capas del subsuelo donde los materiales son permeables.

Las rocas cuya resistividad es debida a la presencia de trazas de mineral conductor (conducción electrónica) ocupan un porcentaje muy pequeño de los materiales del subsuelo, y la mayor parte debe su resistividad a la existencia de poros y de fisuras en ellas que suelen estar rellenas de partículas disueltas que actúan como electrolitos y favorecen la conductividad. En la Tabla 2 se presenta la porosidad

media dominante de las principales rocas, aunque suele haber un porcentaje mínimo (2%) de ella que es debido a fisuras y diaclasas. Otro dato a tener en cuenta es que la porosidad de un mismo tipo de roca disminuye con la edad y el grado de metamorfismo.

La expresión de Archie relaciona la porosidad de las rocas con la resistividad de éstas mediante la fórmula:

Resistividad de las rocas = F x Resistividad del agua intersticial

Siendo F el llamado factor de formación definido por:

$$F = \frac{a}{porosidad^m}$$

Donde a depender de la textura de la roca y varía entre 0,5 y 1,5 diferenciando:

- 0,6 para rocas sedimentarias compactadas.
- 0,9 para rocas sedimentarias no cementadas.
- 1,0-2,0 para calizas y dolomías.
- 1,4 para rocas ígneas compactas, pudiendo llegar hasta valores mayores de.

El valor del exponente **m** también varía entre dos valores, en este caso entre 1,3 y 2,3. A nivel más bajo se localiza rocas detríticas débilmente cementadas, mientras que a nivel medio se encuentran rocas poco porosas ígneas y areniscas poco cementadas, y como nivel más alto se encuentran calizas y dolomías. Este exponente depende de la forma de los granos, y aumenta conforme se van separando de la forma esférica.

La resistividad de las rocas también puede verse modificada mediante la salinidad de las aguas contenidas en éstas (agua intersticial). En menor medida también depende del grado de metamorfismo de las rocas, como ejemplo las rocas sedimentarias marinas tendrán una mayor salinidad que las continentales (véase **Tabla 4**). El metamorfismo no sólo afecta a la porosidad disminuyendo el número

de poros, sino que también hace aumentar la salinidad mediante la disolución de los granos del mineral; por ello, se puede deducir que una roca antigua tendrá menos cantidad de agua, pero con mayor salinidad.

Se ha estado suponiendo en lo anterior que los poros de la roca estaban llenos por completo de agua, hecho que no siempre es correcto puesto que puede existir aire (en las rocas más superficiales) y otros productos (petróleo, gas natural…), que también afecta a los valores de la resistividad del material.

Roca	Porosidad Intergranular
Arcillas	20-50%
Arenas gruesas	25-60%
Arenas finas	30-60%
Arenas de playa	80-85%
Arenisca	20-35%
Calizas	1,5-20%
Cienos	80-85%
Dolomías	3-20%
Gravas	20-40%
Lavas	20-80%
Margas	4-60%
Rocas ígneas	0,3-5%
Vulcanitas clásticas	5-60%

Tabla 4. Porosidad intergranular de diversas rocas.

Fuente: Orellana, 1972.

Tomografía eléctrica (ERT).

La Tomografía eléctrica es un método de resistividad multielectródico, basado en la modelización 2-D de la resistividad del terreno mediante el empleo de técnicas numéricas (elementos finitos o diferencias finitas).

El procedimiento para obtener los modelos de resistividad del terreno consiste en inyectar una cantidad conocida de corriente al subsuelo y medir la diferencia de potencial entre dos puntos. El proceso se repite en toda el área de inspección y, una vez obtenidas estas medidas se dispone de una distribución de resistividades experimentales a lo largo del subsuelo. Dado que el subsuelo es heterogéneo, este conjunto de resistividades no corresponde a la distribución real, sino que representa una amalgama de ellas; el cálculo para obtener el modelo de resistividades reales del subsuelo se realiza a través de técnicas de inversión utilizando un sistema iterativo.

Cuando introducimos corriente eléctrica en el terreno, ésta se puede propagar de tres maneras diferentes a través del subsuelo: conducción dieléctrica (asociada a materiales muy poco conductivos o aislantes), conducción electrónica (asociada a materiales con electrones libres, i.e. los metales) y conducción electrolítica (asociada al movimiento de los iones presentes en el fluido intersticial del terreno). La conducción electrolítica es el modo de propagación más importante, y en el que se basa los métodos de resistividad.

Ecuaciones fundamentales.

La prospección eléctrica en corriente continua es un método geofísico que investiga la distribución de la resistividad del subsuelo mediante la inyección de corriente continua a través de unas fuentes artificiales (véase **Ilustración 11**).

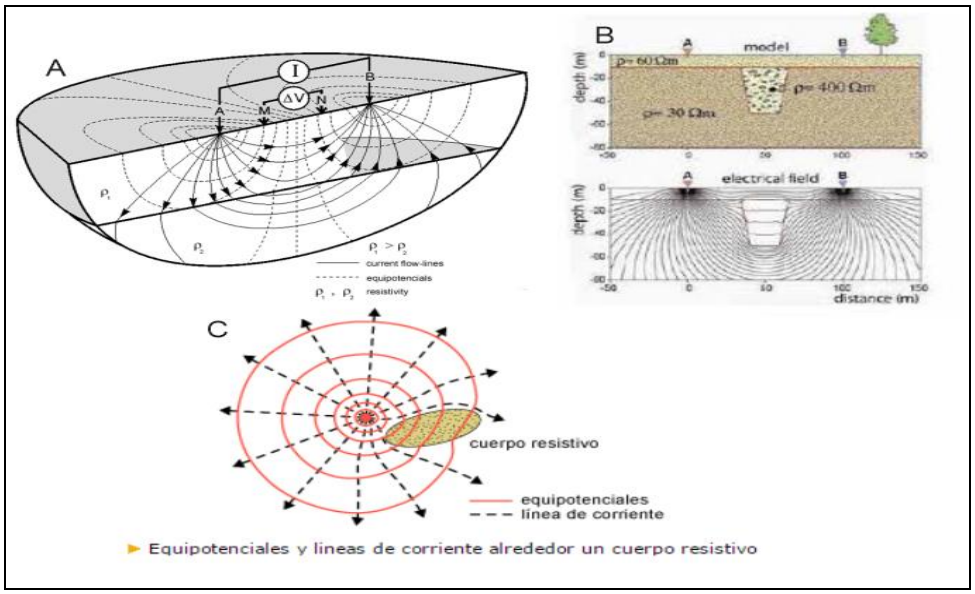


Ilustración 11. A) Esquema de funcionamiento del método de prospección eléctrica en corriente continúa siendo M, N electrodos de potencial, y A, B electrodos de corriente. B) Distribución de las líneas Equipotenciales en función de la resistividad de los cuerpos subyacentes. C) Equipotenciales y líneas de corriente alrededor de un cuerpo resistivo.

Fuente:

A) **https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78151/memoria.pdF**

B) **http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/19_16_48_doc_trabajo_18.pdf**

C) **http://jjtorressar.blogspot.com/2017/05/distribucion-de-las-cargas-del.html**

La base física del método se halla en las ecuaciones de Maxwell:

$$\bar{\nabla} x \bar{E} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial T} \qquad \text{(a)}$$

$$\bar{\nabla} x \bar{H} = \bar{J} + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t} \qquad \text{(b)}$$

$$\bar{\nabla} x \bar{D} = \rho \qquad \text{(c)}$$

$$\bar{\nabla} x \bar{B} = 0 \qquad \text{(d)}$$

Donde:

- E: intensidad del campo eléctrico (V/m)
- B: inducción magnética (T)
- H: intensidad magnética (A/m)
- J: densidad de corriente (A/m2)
- D: desplazamiento de la corriente eléctrica (C/m2)
- ρ: densidad de carga eléctrica (C/m3).

Estas cinco ecuaciones se relacionan entre sí mediante las ecuaciones constitutivas de los materiales:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad \text{(a)}$$

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad \text{(b)}$$

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} \quad \text{(c)}$$

Siendo:

- Ɛ: permitividad eléctrica (F/m)
- μ: permeabilidad magnética (H/m)
- ρ: conductividad eléctrica (S/m)

A partir de la Ley de Ohm se puede relacionar el vector densidad de corriente (J), y el campo eléctrico (E), mediante la conductividad eléctrica del medio (σ) inversa de la resistividad (ρ).

Los valores de Ɛ y μ se estiman constantes en los estudios de prospección eléctrica, ya que se considera al subsuelo como un medio de pequeñas pérdidas donde los valores experimentales obtenidos difieren muy poco de los valores en el vacío (Ɛ =8,85x1012 F/m y μ=4πx107 H/m).

Considerando que el campo eléctrico en corriente continua está en estado estacionario, la primera ley de Maxwell (ley de Faraday) se expresa de tal forma que indica que el campo eléctrico es rotacional y que es posible describirlo a partir de un potencial eléctrico (ΔU).

$$\vec{\nabla} x \vec{E} = 0$$

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} U$$

Si se considera un medio homogéneo entonces, al inyectar una determinada cantidad de corriente I a través de un electrodo, la propagación del campo describe una superficie semiesférica en la cual la densidad de corriente (J) está dirigida en dirección normal y tiene siempre el mismo valor en todos los puntos de dicha superficie. De modo que la integral de J en toda la superficie semiesférica debe ser igual a la intensidad de corriente (I) inyectada.

$$2\pi r^2 J = I$$

$$J = \sigma E = \frac{I}{2\pi r^2}$$

$$|E| = \frac{I}{\sigma 2\pi r^2} = \frac{I\rho}{2\pi r^2}$$

Por lo tanto, para cualquier electrodo el valor del campo E es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia (r). A partir de la ecuación anterior se puede calcular la diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera (M y N):

$$\Delta U_N^M = -\int_N^M E.dl$$

Considerando r1 y r2 como las distancias respectivas de los puntos M y N al electrodo de corriente de referencia, se obtiene la fórmula para el cálculo del potencial entre dichos puntos:

$$\Delta U_N^M = \frac{I\rho}{2\pi}\int_1^2 \frac{dr}{r^2} = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

Donde U se corresponde a la diferencia de potencial eléctrico entre los electrodos M y N, y r1 y r2 representan las distancias a los electrodos de corriente.

Dispositivo electródico usado en este estudio.

Un dispositivo electródico es un conjunto de electrodos distribuidos de una forma concreta en el terreno a investigar. Generalmente, suele constar de 2 electrodos de corriente A y B por donde se inserta corriente eléctrica al subsuelo, y otros dos electrodos de potencial M y N en los cuales se mide la corriente generada (**Ilustración 12**). Todos ellos deben de ir unidos por cables conectados a un instrumento de medida o resistivímetro.

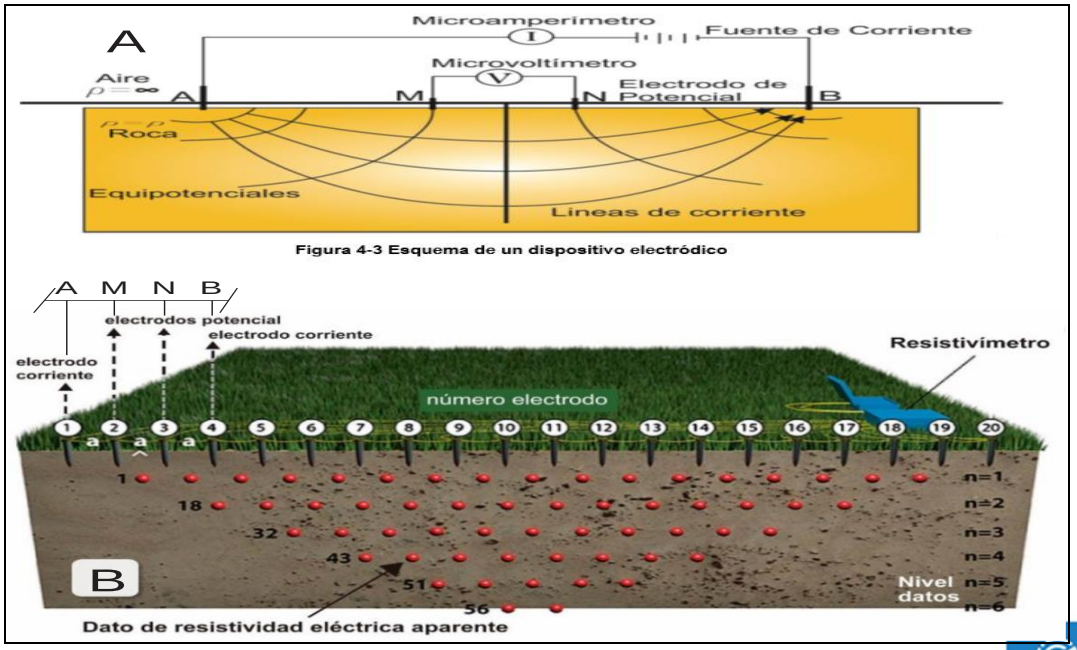


Figura 4-3 Esquema de un dispositivo electródico

Ilustración 12. A) Esquema de un dispositivo electródico; B) Diagrama esquemático que representa la posición espacial de los valores de resistividad eléctrica aparente en el subsuelo y Perfil de tomografía eléctrica implantado sobre el suelo.
Fuente: (modificado de Loke et al., 2013)

Dependiendo de las distancias relativas entre cada par de electrodos, y la distancia comprendida entre electrodos, se obtienen diferentes configuraciones electródicas (o dispositivos) y su utilización depende del tipo de disposición de las capas del subsuelo. En este estudio se ha utilizado la configuración Wenner que es un dispositivo simétrico muy utilizado en el caso de capas plano-paralelas. Los electrodos que miden el potencial M y N se disponen en el centro del dipolo y se mantienen a una distancia constante (a), mientras que los electrodos A y B por donde se inyecta corriente van aumentando progresivamente la distancia con el número de medidas (n) hasta llegar al final del perfil (na).

Una tomografía con el dispositivo Wenner con un número total de electrodos N=21-25, que es la cantidad mínima de electrodos recomendados, se colocan cada uno de ellos a lo largo de la línea de estudio a una distancia determinada de separación entre ellos.

En zonas con una apertura limitada a lo largo de una línea, el dispositivo Wenner convencional tiene una desventaja y es que se produce una gran reducción en el alcance horizontal cuando se incrementa el espaciado entre electrodos con objeto de obtener una mayor profundidad de investigación.

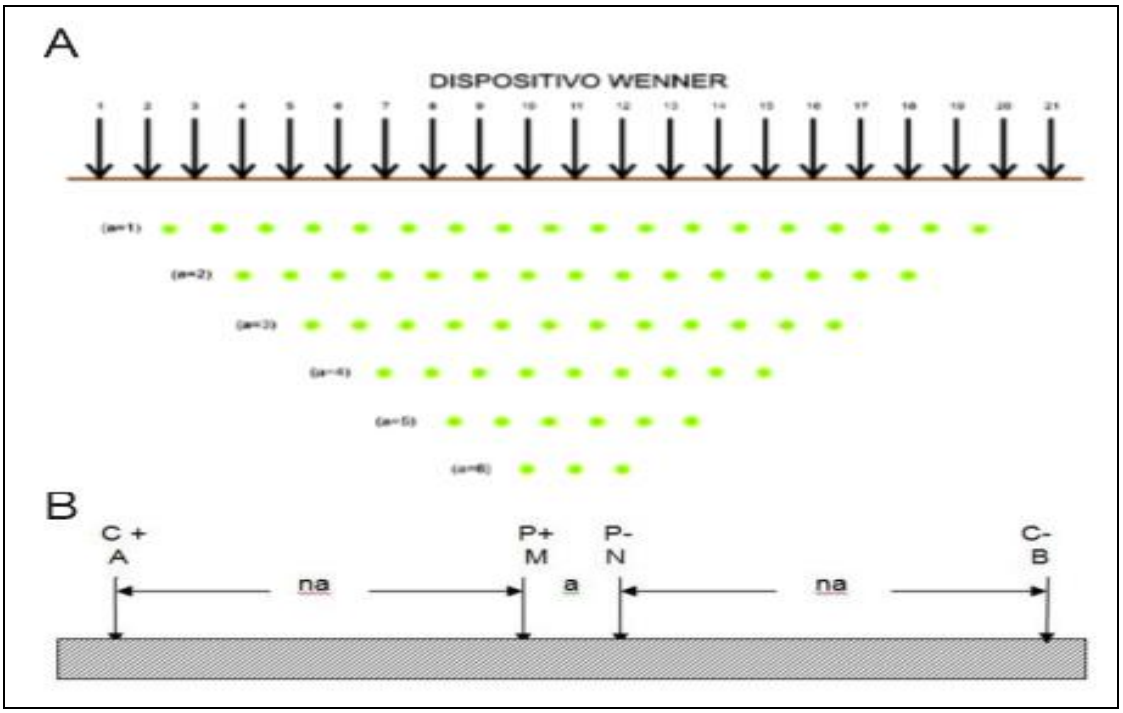


Ilustración 13. A) Mediciones dispositivos tipo wenner; B) Configuración electródica para un dispositivo Wenner.

Fuente: http://oa.upm.es/32832/1/PFC_Marina_Solana_Capilla.pdf.

El aumento progresivo de la distancia de los electrodos de corriente permite una mayor penetración en el subsuelo, de tal forma que mientras más rango de profundidad se necesite, más distancia deben separarse los electrodos externos (A, B). Al ser un dispositivo simétrico es más fiable a la hora de determinar estructuras horizontales que de resolver estructuras verticales. Otra propiedad es que, dada la intensidad de su señal, esta configuración permite la investigación del subsuelo en terreno con fuerte ruido ambiental, puesto que la fuerza de la señal es inversamente proporcional al factor geométrico k.

Adquisición en campo.

Se ejecuto 1 tendido que cubrieron la zona con mayor interés de prospección (ilustración 2-3). La toma de datos se efectuó con el siguiente equipo (Ilustración 14):

- 48 electrodos impolarizables.
- 48 conectores de enlace electrodo-cables.
- Cables multielectródico
- Un resistivímetro Subreme DC600 Subsoil Resistivity Meter. Es la unidad central donde se controla la inyección de corriente, la medida de potencial y la configuración electródica.
- Un selector de canales que establece la configuración entre los distintos electrodos del perfil para una medida determinada.
- Batería 12 V (60 A/h) para alimentación del sistema.
- Material auxiliar.



Ilustración 14. Equipo usado en campo con todos sus accesorios.
Fuente: GR. INGARQ S.A.

A partir de las visitas de campo o avanzadas realizadas, se proyectan un numero especifico de tendidos, para este caso en la base aérea, se realiza 1 tendido que garantizan una distribución muy completa de la zona.

Además de esto, se garantiza un mínimo de tendido de 150 mts, y un máximo de 200 mts, como se muestra en la tabla

PERFIL	LONGITUD (m)	DISPOSITIVO	No. DE MEDIDAS
TE1	200	Wenner	360

Tabla 5. Descripción de los perfiles eléctricos.

Fuente: GR. INGARQ S.A.S.

Procesamiento de los datos.

Los perfiles eléctricos han sido tratados con el programa especializado ZondRes2d que usa el problema inverso para obtener el modelo de las resistividades reales del subsuelo (Loke, 2001); y la presentación gráfica de los resultados se ha realizado con programas comerciales. A continuación, se describen los pasos seguidos en la obtención de los modelos finales:

1) Toma de datos geográficos de cada uno de los perfiles.
2) Edición de las medidas anómalas (outliers) más evidentes si procede, de cada uno de los perfiles. Estos puntos se suelen diferenciar porque presentan valores muy diferentes entre medidas contiguas (Ilustración 15).

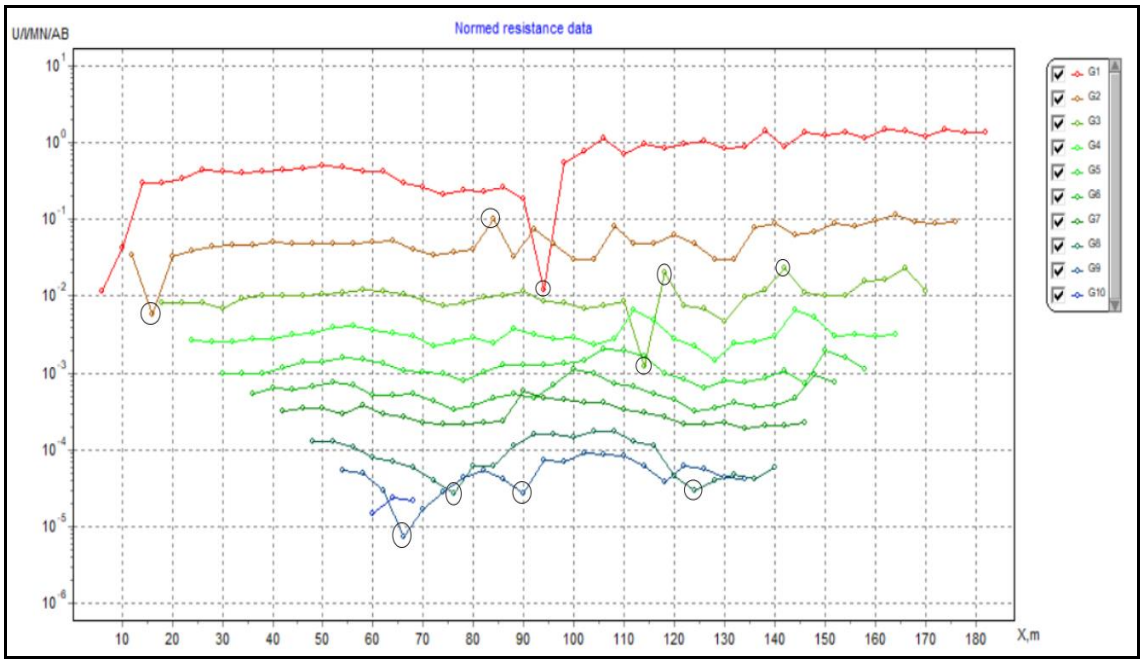


Ilustración 15. Detección de puntos anómalos (outliers) en las medidas del perfil eléctrico TE1.

Fuente: GR. INGARQ S.A.S

3) Se realiza una primera inversión para cada perfil con los parámetros estándares de cálculo (Ilustración 16):

- Tamaño de malla coincidente con la distancia entre electrodos.
- Factor de amortiguamiento (damping) inicial de 0,1%.
- Algoritmo de inversión usado: mínimos cuadrados (Gauss-Newton).
- Máximo de 10 iteraciones o un error RMS inferior a 1%.
- Número de nodos entre electrodos adyacentes de 2.

4) Análisis del modelo de resistividades obtenido: Se observa que el modelo presenta contrastes medios de resistividades (entre 25 y 1000 Ohm.m) y su distribución es preferentemente horizontal (Ilustración 17.).

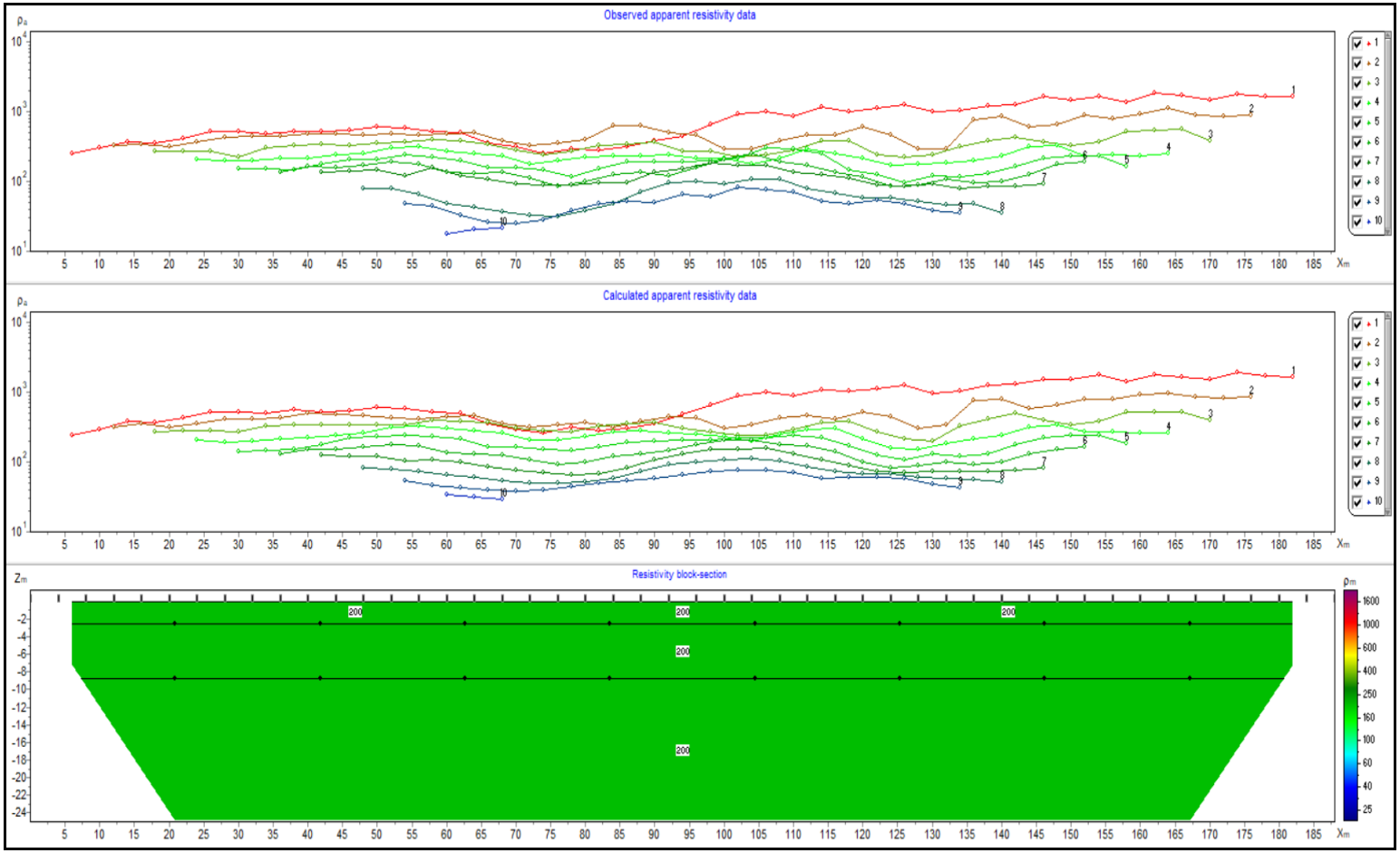


Ilustración 16. Discretización del terreno por bloques con una malla de 5 x 5 nodos.

Fuente: GR. INGARQ S.A.S

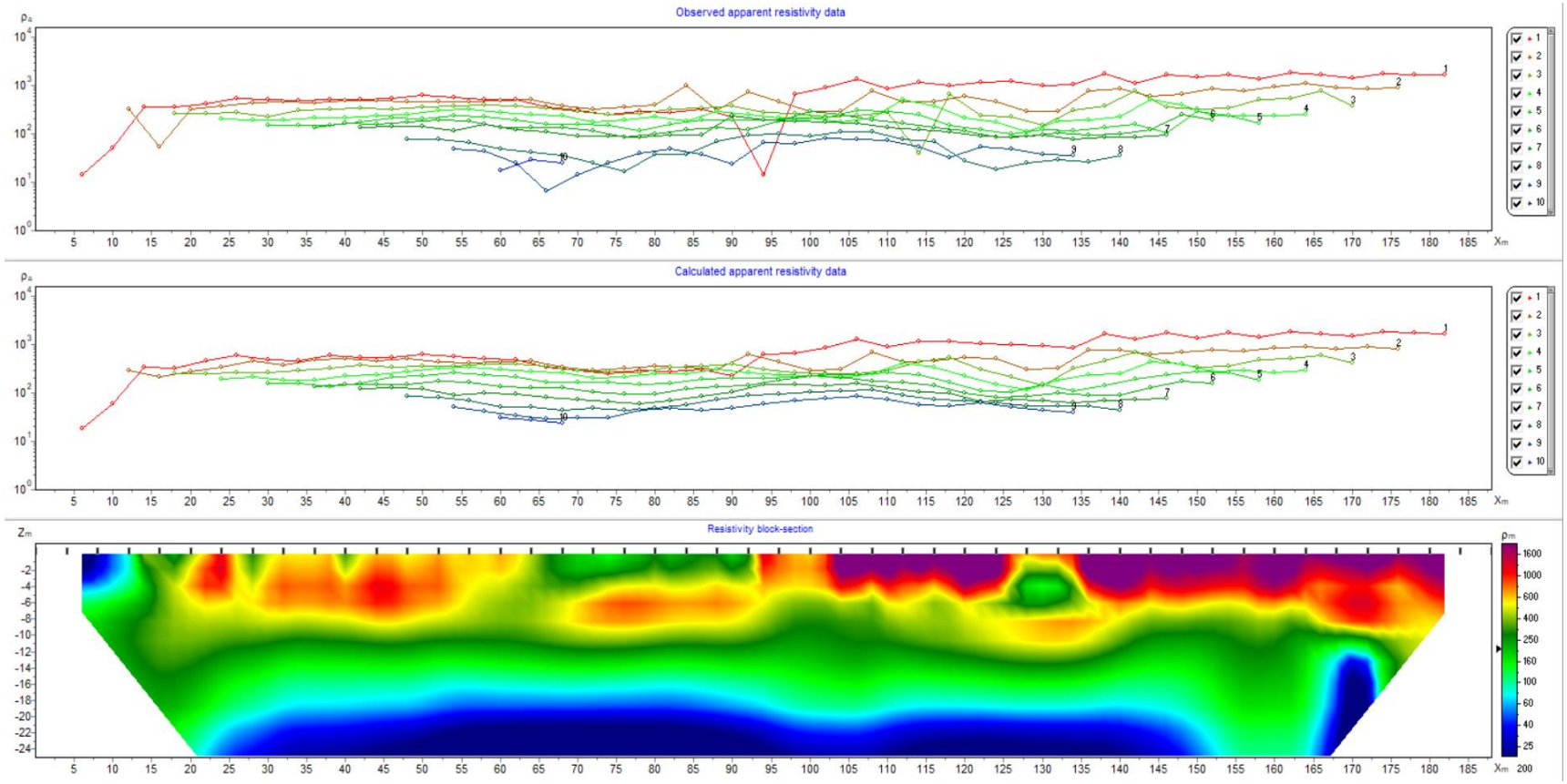


Ilustración 17. Modelo obtenido al aplicar la inversión con parámetros estándares al perfil eléctrico.

Fuente: GR. INGARQ S.A.S

Interpretación de los resultados.

Interpretación del perfil eléctrico Tomografía 1.

El perfil eléctrico de la tomografía 1 tiene una orientación NE-SW (1-48) (con una separación entre electrodos de 4 metros véase (Ilustración 18) Con base al perfil resistivo se puede agrupar 4 zonas con resistividades distintas. La primera zona posee resistividades entre los 25 y 40 Ohm-m (tonalidades azules), que sugiere la presencia de arenas limosas saturadas con un espesor entre los 2 a 4 mts.

La segunda zona corresponde a resistividades entre los 100 y 300 Ohm-m (tonalidades verdes) se pueden interpretar como gravas y arenas de grano medio; saturadas, con un espesor entre los 6 y 10 mts.
La tercera zona corresponde a resistividades entre los 400 y 600 Oh-m (tonalidades amarillas y naranjas), estas capas se interpretan como gravas lavadas, sin presencia de materiales finos, con disposición caótica posiblemente alterada por la acción de un paleo canales, con un espesor entre los 2 a 6 mts.

La cuarta zona, corresponde a una zona no consolidada, compuesta principalmente de gravas y arenas pobremente cementadas, interpretada así por ser un punto tan concentrado de estos materiales y estar dispuestas en zonas de presencia de un cauce.

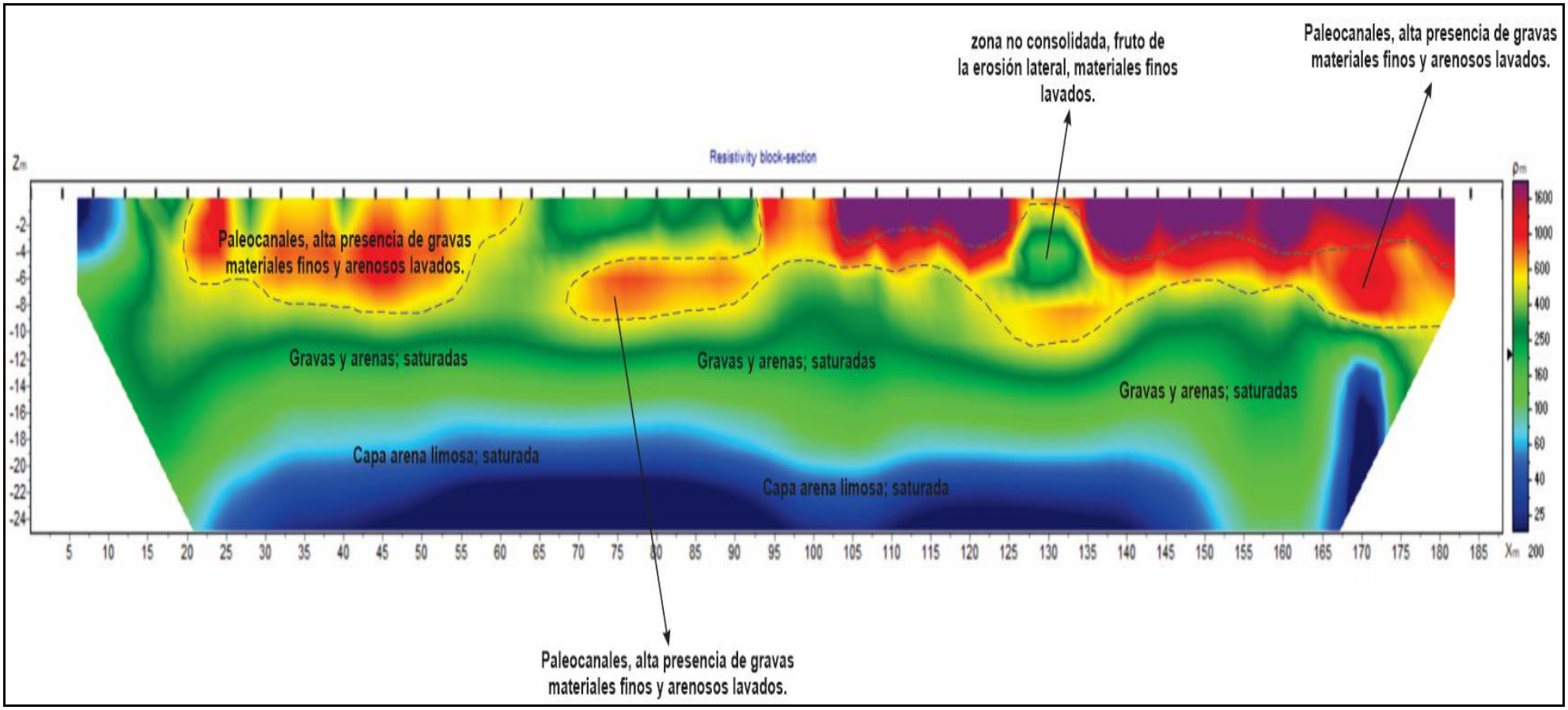


Ilustración 18. Interpretación geológica - geofísica de la Tomografía 1 (TE1).

Fuente: GR. INGARQ S.A.S

Conclusiones:

Los primeros 10 metros de estudios nos muestra anomalías de tipo erosionales, fruto de movimientos laterales del rio magdalena, estas anomalías se muestran como zonas en la que los materiales finos, arenas y limos se encuentran completamente lavados, dejando solo la presencia de gravas mal gradadas.

Esta capa no tiene un comportamiento homogéneo en su composición, este comportamiento errático se debe a la acción de agentes erosivos y depositacionales asociados a los movimientos laterales del rio magdalena, los cuales cambian de facies rápidamente en muy corto espacio. Igualmente, al estar tan superficiales, se encuentran saturadas de agua lo que está afectando directamente la capa estudiada.

Si bien es cierto después de los primeros 10 mts, ya la situación cambia, ya que la tomografía nos permite ver una capa con comportamiento homogéneo de arenas y gravas saturadas, sin la afectación erosiva del rio. Esta capa se observa con un comportamiento uniforme desde los 25 hasta los 30 mts de profundidad.

Se recomienda, tras los resultados de los sondeos para el estudio de suelo, como de los resultados obtenidos en las tomografías, el cimentar después de los primeros 10 metros de profundidad. Esto debido a que por encima de los 10 metros encontramos una capa que no presenta una uniformidad estructural, debido a los movimientos laterales del rio, que no le dan a esta capa la suficiente capacidad portante necesaria para las actividades a realizar en el área.

CAMILO ERNESTO PEREZ GUTIERREZ
GEOLOGO
CGC MP 1773

RICARDO CASTRO PADILLA.
INGENIERO GEOLOGO – FUUA.
071232-0531884CES.

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Adquisición de datos en campo, tomografía eléctrica 1 (TE1).

Fuente: GR. INGARQ S.A.S

ANEXO

CARTERA DE CAMPO

GR. INGARQ S.A.S	**GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S** **NIT: 900.442.096-8** Estudios geotécnicos para obras civiles, ensayos de laboratorios, diseños de mezcla de materiales, diseños y construcción de obras civiles, consultorías e interventorías y estudios geofisicos.	**FORMATO 2D 48E DE TOMOGRAFIA ELECTRICA**	**Código: GEG-F2D48ETE** **Versión: 01** **Fecha de emisión: enero de 2021**

INGRESE NOMBRE LINEA:	TOMOGRAFIA BASE AEREA CACOM 1 PUERTO SALGAR
INGRESE ESPACIAMIENTO:	4,00

nivel	paso	A	M	N	B	ESPAC. X	Vt	Vm	Im	k	RES APAR
1	1	1	2	3	4	4,00	32,00	56,00	42,20	25,13	14,29
1	2	2	3	4	5	4,00	-236,00	-88,80	71,20	25,13	51,96
1	3	3	4	5	6	4,00	82,50	1604,00	103,80	25,13	368,40
1	4	4	5	6	7	4,00	-18,40	1731,00	123,60	25,13	355,72
1	5	5	6	7	8	4,00	686,00	2258,00	94,60	25,13	417,64
1	6	6	7	8	9	4,00	3,60	2372,00	112,20	25,13	530,52
1	7	7	8	9	10	4,00	44,20	2256,00	108,10	25,13	514,23
1	8	8	9	10	11	4,00	87,80	2110,00	104,80	25,13	484,96
1	9	9	10	11	12	4,00	127,80	2500,00	115,40	25,13	516,64
1	10	10	11	12	13	4,00	62,00	2167,00	100,60	25,13	525,89
1	11	11	12	13	14	4,00	49,50	2256,00	101,50	25,13	546,36
1	12	12	13	14	15	4,00	-8,00	2390,00	97,50	25,13	618,14
1	13	13	14	15	16	4,00	140,00	2558,00	106,00	25,13	573,31
1	14	14	15	16	17	4,00	-53,00	1588,00	80,20	25,13	514,25
1	15	15	16	17	18	4,00	246,50	1623,00	68,10	25,13	508,01
1	16	16	17	18	19	4,00	-47,10	1801,00	128,60	25,13	361,18
1	17	17	18	19	20	4,00	29,20	1062,00	83,60	25,13	310,49
1	18	18	19	20	21	4,00	99,40	832,00	73,30	25,13	251,19
1	19	19	20	21	22	4,00	177,30	1539,00	117,50	25,13	291,26
1	20	20	21	22	23	4,00	-12,40	995,00	89,20	25,13	283,84
1	21	21	22	23	24	4,00	18,00	817,00	63,30	25,13	317,24
1	22	22	23	24	25	4,00	-11,30	570,00	65,90	25,13	221,69
1	23	23	24	25	26	4,00	332,90	351,40	32,00	25,13	14,53
1	24	24	25	26	27	4,00	510,00	2859,00	90,70	25,13	650,90
1	25	25	26	27	28	4,00	57,40	1435,00	37,65	25,13	919,60
1	26	26	27	28	29	4,00	121,20	2649,00	46,40	25,13	1369,19
1	27	27	28	29	30	4,00	21,30	977,00	28,11	25,13	854,48

NOMBRE	0,00		
ESPACIAMIENTO	4		
	1		
# PASOS	360		
	1		
	0		
	6,00	4,00	14,29
	10,00	4,00	51,96
	14,00	4,00	368,40
	18,00	4,00	355,72
	22,00	4,00	417,64
	26,00	4,00	530,52
	30,00	4,00	514,23
	34,00	4,00	484,96
	38,00	4,00	516,64
	42,00	4,00	525,89
	46,00	4,00	546,36
	50,00	4,00	618,14
	54,00	4,00	573,31
	58,00	4,00	514,25
	62,00	4,00	508,01
	66,00	4,00	361,18
	70,00	4,00	310,49
	74,00	4,00	251,19
	78,00	4,00	291,26
	82,00	4,00	283,84
	86,00	4,00	317,24
	90,00	4,00	221,69
	94,00	4,00	14,53
	98,00	4,00	650,90
	102,00	4,00	919,60
	106,00	4,00	1369,19
	110,00	4,00	854,48

1	28	28	29	30	31	4,00	-14,00	1439,00	31,78	25,13	1149,08	114,00	4,00	1149,08
1	29	29	30	31	32	4,00	65,30	1584,00	38,18	25,13	999,71	118,00	4,00	999,71
1	30	30	31	32	33	4,00	112,50	1664,00	34,10	25,13	1143,50	122,00	4,00	1143,50
1	31	31	32	33	34	4,00	73,70	1544,00	29,36	25,13	1258,61	126,00	4,00	1258,61
1	32	32	33	34	35	4,00	-26,00	1414,00	35,97	25,13	1006,15	130,00	4,00	1006,15
1	33	33	34	35	36	4,00	66,50	1673,00	38,37	25,13	1052,27	134,00	4,00	1052,27
1	34	34	35	36	37	4,00	-4,50	2374,00	34,68	25,13	1723,71	138,00	4,00	1723,71
1	35	35	36	37	38	4,00	65,30	1616,00	35,86	25,13	1086,82	142,00	4,00	1086,82
1	36	36	37	38	39	4,00	55,10	2427,00	36,04	25,13	1654,06	146,00	4,00	1654,06
1	37	37	38	39	40	4,00	63,70	2120,00	34,71	25,13	1488,92	150,00	4,00	1488,92
1	38	38	39	40	41	4,00	31,30	1775,00	26,59	25,13	1648,14	154,00	4,00	1648,14
1	39	39	40	41	42	4,00	15,50	1331,00	23,99	25,13	1378,16	158,00	4,00	1378,16
1	40	40	41	42	43	4,00	40,40	1786,00	24,03	25,13	1825,71	162,00	4,00	1825,71
1	41	41	42	43	44	4,00	115,90	1834,00	25,67	25,13	1682,14	166,00	4,00	1682,14
1	42	42	43	44	45	4,00	-40,70	1263,00	22,49	25,13	1456,89	170,00	4,00	1456,89
1	43	43	44	45	46	4,00	86,50	1896,00	25,78	25,13	1764,07	174,00	4,00	1764,07
1	44	44	45	46	47	4,00	48,70	1656,00	24,51	25,13	1648,14	178,00	4,00	1648,14
1	45	45	46	47	48	4,00	25,00	1584,00	23,35	25,13	1678,03	182,00	4,00	1678,03
2	46	1	3	5	7	8,00	-120,80	164,90	43,20	50,27	332,43	12,00	8,00	332,43
2	47	2	4	6	8	8,00	120,20	167,50	43,30	50,27	54,91	16,00	8,00	54,91
2	48	3	5	7	9	8,00	463,00	1100,00	99,60	50,27	321,48	20,00	8,00	321,48
2	49	4	6	8	10	8,00	-260,00	594,00	114,60	50,27	374,58	24,00	8,00	374,58
2	50	5	7	9	11	8,00	-45,80	730,00	89,90	50,27	433,77	28,00	8,00	433,77
2	51	6	8	10	12	8,00	453,00	1524,00	118,30	50,27	455,07	32,00	8,00	455,07
2	52	7	9	11	13	8,00	75,60	1029,00	107,70	50,27	444,97	36,00	8,00	444,97
2	53	8	10	12	14	8,00	-19,00	871,00	93,30	50,27	479,49	40,00	8,00	479,49
2	54	9	11	13	15	8,00	29,20	894,00	91,20	50,27	476,64	44,00	8,00	476,64
2	55	10	12	14	16	8,00	51,30	1013,00	102,70	50,27	470,69	48,00	8,00	470,69
2	56	11	13	15	17	8,00	30,90	855,00	87,40	50,27	473,96	52,00	8,00	473,96
2	57	12	14	16	18	8,00	46,50	788,00	79,90	50,27	466,48	56,00	8,00	466,48
2	58	13	15	17	19	8,00	113,20	1342,00	127,00	50,27	486,35	60,00	8,00	486,35
2	59	14	16	18	20	8,00	50,90	1022,00	96,10	50,27	507,94	64,00	8,00	507,94
2	60	15	17	19	21	8,00	-93,90	574,00	87,20	50,27	385,00	68,00	8,00	385,00
2	61	16	18	20	22	8,00	54,00	687,00	95,90	50,27	331,78	72,00	8,00	331,78
2	62	17	19	21	23	8,00	129,50	658,00	73,50	50,27	361,43	76,00	8,00	361,43
2	63	18	20	22	24	8,00	25,30	428,00	51,70	50,27	391,53	80,00	8,00	391,53
2	64	19	21	23	25	8,00	49,20	1213,00	59,50	50,27	983,18	84,00	8,00	983,18
2	65	20	22	24	26	8,00	-22,90	389,50	66,50	50,27	311,72	88,00	8,00	311,72
2	66	21	23	25	27	8,00	41,00	681,00	44,00	50,27	731,13	92,00	8,00	731,13
2	67	22	24	26	28	8,00	175,20	666,00	53,70	50,27	459,41	96,00	8,00	459,41
2	68	23	25	27	29	8,00	74,10	394,00	55,70	50,27	288,69	100,00	8,00	288,69
2	69	24	26	28	30	8,00	55,20	372,80	55,40	50,27	288,16	104,00	8,00	288,16

2	70	25	27	29	31	8,00	79,00	554,00	30,64	50,27	779,25	108,00	8,00	779,25
2	71	26	28	30	32	8,00	-86,00	284,00	40,00	50,27	464,96	112,00	8,00	464,96
2	72	27	29	31	33	8,00	-1,70	312,20	33,39	50,27	472,55	116,00	8,00	472,55
2	73	28	30	32	34	8,00	137,70	567,00	35,12	50,27	614,44	120,00	8,00	614,44
2	74	29	31	33	35	8,00	20,00	397,70	40,60	50,27	467,62	124,00	8,00	467,62
2	75	30	32	34	36	8,00	177,80	359,00	31,11	50,27	292,77	128,00	8,00	292,77
2	76	31	33	35	37	8,00	53,30	232,30	30,61	50,27	293,94	132,00	8,00	293,94
2	77	32	34	36	38	8,00	-69,70	437,00	33,26	50,27	765,77	136,00	8,00	765,77
2	78	33	35	37	39	8,00	-18,70	653,00	39,91	50,27	845,99	140,00	8,00	845,99
2	79	34	36	38	40	8,00	7,60	382,90	31,27	50,27	603,28	144,00	8,00	603,28
2	80	35	37	39	41	8,00	75,90	445,00	27,86	50,27	665,94	148,00	8,00	665,94
2	81	36	38	40	42	8,00	44,30	447,00	23,13	50,27	875,14	152,00	8,00	875,14
2	82	37	39	41	43	8,00	25,50	425,00	25,48	50,27	788,11	156,00	8,00	788,11
2	83	38	40	42	44	8,00	25,50	632,00	32,38	50,27	941,51	160,00	8,00	941,51
2	84	39	41	43	45	8,00	100,40	818,00	32,70	50,27	1103,07	164,00	8,00	1103,07
2	85	40	42	44	46	8,00	61,50	678,00	34,70	50,27	893,05	168,00	8,00	893,05
2	86	41	43	45	47	8,00	29,50	384,60	20,78	50,27	858,96	172,00	8,00	858,96
2	87	42	44	46	48	8,00	140,80	470,00	18,22	50,27	908,20	176,00	8,00	908,20
3	88	1	4	7	10	12,00	358,20	508,00	42,10	75,40	268,28	18,00	12,00	268,28
3	89	2	5	8	11	12,00	-151,60	195,60	97,00	75,40	269,88	22,00	12,00	269,88
3	90	3	6	9	12	12,00	124,00	507,00	105,90	75,40	272,69	26,00	12,00	272,69
3	91	4	7	10	13	12,00	199,90	633,00	144,20	75,40	226,46	30,00	12,00	226,46
3	92	5	8	11	14	12,00	596,00	905,00	76,70	75,40	303,76	34,00	12,00	303,76
3	93	6	9	12	15	12,00	319,20	733,00	94,10	75,40	331,56	38,00	12,00	331,56
3	94	7	10	13	16	12,00	47,10	539,00	109,80	75,40	337,78	42,00	12,00	337,78
3	95	8	11	14	17	12,00	-33,12	326,70	81,80	75,40	331,66	46,00	12,00	331,66
3	96	9	12	15	18	12,00	37,60	391,60	75,90	75,40	351,66	50,00	12,00	351,66
3	97	10	13	16	19	12,00	-6,70	596,00	123,00	75,40	369,45	54,00	12,00	369,45
3	98	11	14	17	20	12,00	133,60	688,00	106,10	75,40	393,98	58,00	12,00	393,98
3	99	12	15	18	21	12,00	23,90	561,00	107,40	75,40	377,06	62,00	12,00	377,06
3	100	13	16	19	22	12,00	70,50	505,00	95,30	75,40	343,76	66,00	12,00	343,76
3	101	14	17	20	23	12,00	-2,60	314,00	83,60	75,40	285,54	70,00	12,00	285,54
3	102	15	18	21	24	12,00	39,40	261,70	68,40	75,40	245,04	74,00	12,00	245,04
3	103	16	19	22	25	12,00	29,70	218,70	53,40	75,40	266,86	78,00	12,00	266,86
3	104	17	20	23	26	12,00	23,80	269,90	57,40	75,40	323,27	82,00	12,00	323,27
3	105	18	21	24	27	12,00	-33,70	136,70	38,20	75,40	336,33	86,00	12,00	336,33
3	106	19	22	25	28	12,00	11,90	322,90	63,30	75,40	370,44	90,00	12,00	370,44
3	107	20	23	26	29	12,00	89,50	313,10	61,10	75,40	275,93	94,00	12,00	275,93
3	108	21	24	27	30	12,00	105,20	260,90	44,00	75,40	266,81	98,00	12,00	266,81
3	109	22	25	28	31	12,00	43,70	166,00	41,10	75,40	224,36	102,00	12,00	224,36
3	110	23	26	29	32	12,00	-14,00	138,80	47,20	75,40	244,09	106,00	12,00	244,09
3	111	24	27	30	33	12,00	8,70	170,20	43,10	75,40	282,52	110,00	12,00	282,52

3	112	25	28	31	34	12,00	86,40	260,50	337,30	75,40	38,92	114,00	12,00	38,92
3	113	26	29	32	35	12,00	185,60	557,00	42,90	75,40	652,75	118,00	12,00	652,75
3	114	27	30	33	36	12,00	105,80	205,00	30,62	75,40	244,27	122,00	12,00	244,27
3	115	28	31	34	37	12,00	106,50	218,00	37,92	75,40	221,70	126,00	12,00	221,70
3	116	29	32	35	38	12,00	-58,60	18,00	37,65	75,40	153,40	130,00	12,00	153,40
3	117	30	33	36	39	12,00	5,10	139,80	32,15	75,40	315,90	134,00	12,00	315,90
3	118	31	34	37	40	12,00	-88,50	59,80	28,95	75,40	386,24	138,00	12,00	386,24
3	119	32	35	38	41	12,00	80,60	341,70	25,58	75,40	769,60	142,00	12,00	769,60
3	120	33	36	39	42	12,00	23,20	140,90	24,44	75,40	363,11	146,00	12,00	363,11
3	121	34	37	40	43	12,00	35,60	138,60	23,65	75,40	328,37	150,00	12,00	328,37
3	122	35	38	41	44	12,00	-66,00	88,90	34,51	75,40	338,43	154,00	12,00	338,43
3	123	36	39	42	45	12,00	-11,00	209,70	32,18	75,40	517,10	158,00	12,00	517,10
3	124	37	40	43	46	12,00	132,60	408,00	38,35	75,40	541,45	162,00	12,00	541,45
3	125	38	41	44	47	12,00	14,09	265,80	25,00	75,40	759,14	166,00	12,00	759,14
3	126	39	42	45	48	12,00	216,40	344,10	25,30	75,40	380,57	170,00	12,00	380,57
4	127	1	5	9	13	16,00	-29,70	58,10	42,40	100,53	208,17	24,00	16,00	208,17
4	128	2	6	10	14	16,00	69,30	240,90	87,90	100,53	196,26	28,00	16,00	196,26
4	129	3	7	11	15	16,00	31,50	201,70	86,10	100,53	198,73	32,00	16,00	198,73
4	130	4	8	12	16	16,00	297,30	548,00	116,50	100,53	216,34	36,00	16,00	216,34
4	131	5	9	13	17	16,00	421,00	562,00	65,60	100,53	216,08	40,00	16,00	216,08
4	132	6	10	14	18	16,00	321,60	510,00	78,20	100,53	242,20	44,00	16,00	242,20
4	133	7	11	15	19	16,00	319,80	655,00	134,13	100,53	251,23	48,00	16,00	251,23
4	134	8	12	16	20	16,00	373,80	670,00	98,13	100,53	303,45	52,00	16,00	303,45
4	135	9	13	17	21	16,00	110,80	432,00	100,40	100,53	321,62	56,00	16,00	321,62
4	136	10	14	18	22	16,00	131,20	387,60	93,70	100,53	275,09	60,00	16,00	275,09
4	137	11	15	19	23	16,00	10,70	240,20	90,80	100,53	254,10	64,00	16,00	254,10
4	138	12	16	20	24	16,00	-17,60	137,40	66,60	100,53	233,97	68,00	16,00	233,97
4	139	13	17	21	25	16,00	68,60	161,50	53,00	100,53	176,21	72,00	16,00	176,21
4	140	14	18	22	26	16,00	3,40	128,30	63,00	100,53	199,31	76,00	16,00	199,31
4	141	15	19	23	27	16,00	21,40	114,50	41,60	100,53	224,99	80,00	16,00	224,99
4	142	16	20	24	28	16,00	16,90	122,40	56,13	100,53	188,95	84,00	16,00	188,95
4	143	17	21	25	29	16,00	-6,13	151,10	53,40	100,53	296,00	88,00	16,00	296,00
4	144	18	22	26	30	16,00	77,00	170,10	38,18	100,53	245,14	92,00	16,00	245,14
4	145	19	23	27	31	16,00	79,80	178,30	46,40	100,53	213,41	96,00	16,00	213,41
4	146	20	24	28	32	16,00	115,80	227,50	51,20	100,53	219,32	100,00	16,00	219,32
4	147	21	25	29	33	16,00	64,90	170,60	59,40	100,53	178,89	104,00	16,00	178,89
4	148	22	26	30	34	16,00	-17,00	84,00	47,30	100,53	214,66	108,00	16,00	214,66
4	149	23	27	31	35	16,00	39,40	303,13	51,70	100,53	512,82	112,00	16,00	512,82
4	150	24	28	32	36	16,00	99,00	242,10	38,43	100,53	374,34	116,00	16,00	374,34
4	151	25	29	33	37	16,00	17,60	96,90	36,51	100,53	218,35	120,00	16,00	218,35
4	152	26	30	34	38	16,00	79,00	146,40	39,08	100,53	173,38	124,00	16,00	173,38
4	153	27	31	35	39	16,00	-1,40	34,10	31,87	100,53	111,98	128,00	16,00	111,98

4	154	28	32	36	40	16,00	-62,00	3,00	35,07	100,53	186,33	132,00	16,00	186,33
4	155	29	33	37	41	16,00	162,00	218,90	28,70	100,53	199,31	136,00	16,00	199,31
4	156	30	34	38	42	16,00	165,00	214,80	21,82	100,53	229,44	140,00	16,00	229,44
4	157	31	35	39	43	16,00	175,50	286,10	22,06	100,53	504,02	144,00	16,00	504,02
4	158	32	36	40	44	16,00	234,00	363,80	32,24	100,53	404,74	148,00	16,00	404,74
4	159	33	37	41	45	16,00	86,20	169,00	35,38	100,53	235,27	152,00	16,00	235,27
4	160	34	38	42	46	16,00	8,70	95,10	35,54	100,53	244,40	156,00	16,00	244,40
4	161	35	39	43	47	16,00	134,90	197,10	26,48	100,53	236,14	160,00	16,00	236,14
4	162	36	40	44	48	16,00	93,90	154,40	24,49	100,53	248,35	164,00	16,00	248,35
5	163	1	6	11	16	20,00	99,40	151,50	43,50	125,66	150,51	30,00	20,00	150,51
5	164	2	7	12	17	20,00	-19,20	74,30	77,90	125,66	150,83	34,00	20,00	150,83
5	165	3	8	13	18	20,00	-17,65	68,20	72,50	125,66	148,80	38,00	20,00	148,80
5	166	4	9	14	19	20,00	-41,20	159,30	143,70	125,66	175,33	42,00	20,00	175,33
5	167	5	10	15	20	20,00	105,60	222,20	69,60	125,66	210,52	46,00	20,00	210,52
5	168	6	11	16	21	20,00	306,00	478,00	103,90	125,66	208,03	50,00	20,00	208,03
5	169	7	12	17	22	20,00	358,00	547,00	98,40	125,66	241,37	54,00	20,00	241,37
5	170	8	13	18	23	20,00	193,80	346,40	84,20	125,66	227,75	58,00	20,00	227,75
5	171	9	14	19	24	20,00	435,00	535,00	63,50	125,66	197,90	62,00	20,00	197,90
5	172	10	15	20	25	20,00	254,00	320,00	52,10	125,66	159,19	66,00	20,00	159,19
5	173	11	16	21	26	20,00	137,50	217,90	64,90	125,66	155,68	70,00	20,00	155,68
5	174	12	17	22	27	20,00	56,90	109,70	45,10	125,66	147,12	74,00	20,00	147,12
5	175	13	18	23	28	20,00	219,00	271,40	55,80	125,66	118,01	78,00	20,00	118,01
5	176	14	19	24	29	20,00	-26,90	43,80	57,50	125,66	154,51	82,00	20,00	154,51
5	177	15	20	25	30	20,00	-2,50	59,60	41,12	125,66	189,78	86,00	20,00	189,78
5	178	16	21	26	31	20,00	-9,40	54,60	42,00	125,66	191,49	90,00	20,00	191,49
5	179	17	22	27	32	20,00	14,40	83,90	45,60	125,66	191,53	94,00	20,00	191,53
5	180	18	23	28	33	20,00	36,00	115,40	49,40	125,66	201,98	98,00	20,00	201,98
5	181	19	24	29	34	20,00	91,90	187,00	55,10	125,66	216,89	102,00	20,00	216,89
5	182	20	25	30	35	20,00	41,50	178,30	56,70	125,66	303,19	106,00	20,00	303,19
5	183	21	26	31	36	20,00	37,50	159,80	51,70	125,66	297,27	110,00	20,00	297,27
5	184	22	27	32	37	20,00	62,60	165,90	51,90	125,66	250,12	114,00	20,00	250,12
5	185	23	28	33	38	20,00	56,80	111,70	46,20	125,66	149,33	118,00	20,00	149,33
5	186	24	29	34	39	20,00	73,00	112,60	40,00	125,66	124,41	122,00	20,00	124,41
5	187	25	30	35	40	20,00	79,70	105,20	32,77	125,66	97,79	126,00	20,00	97,79
5	188	26	31	36	41	20,00	15,40	42,80	28,74	125,66	119,80	130,00	20,00	119,80
5	189	27	32	37	42	20,00	35,00	54,70	21,29	125,66	116,28	134,00	20,00	116,28
5	190	28	33	38	43	20,00	65,40	91,70	24,92	125,66	132,62	138,00	20,00	132,62
5	191	29	34	39	44	20,00	43,00	88,60	35,40	125,66	161,87	142,00	20,00	161,87
5	192	30	35	40	45	20,00	88,60	159,20	82,69	125,66	107,29	146,00	20,00	107,29
5	193	31	36	41	46	20,00	99,30	173,10	31,34	125,66	295,92	150,00	20,00	295,92
5	194	32	37	42	47	20,00	26,00	71,70	24,39	125,66	235,46	154,00	20,00	235,46
5	195	33	38	43	48	20,00	107,30	141,70	25,89	125,66	166,97	158,00	20,00	166,97

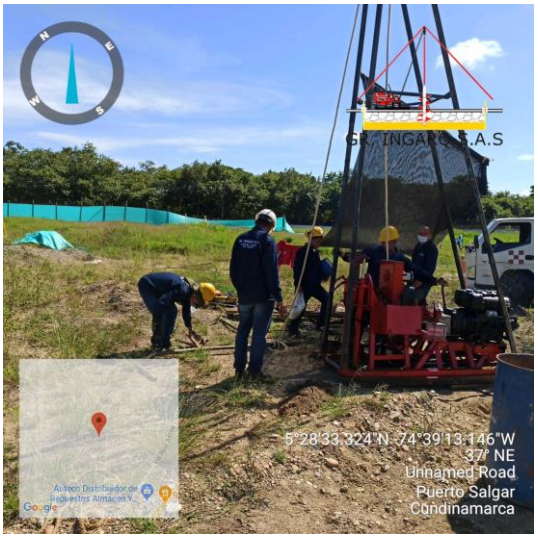
6	196	1	7	13	19	24,00	-99,60	-56,20	47,80	150,80	136,92	36,00	24,00	136,92
6	197	2	8	14	20	24,00	80,60	185,40	96,60	150,80	163,60	40,00	24,00	163,60
6	198	3	9	15	21	24,00	72,80	175,20	96,50	150,80	160,02	44,00	24,00	160,02
6	199	4	10	16	22	24,00	75,80	196,50	104,50	150,80	174,17	48,00	24,00	174,17
6	200	5	11	17	23	24,00	131,90	211,00	61,60	150,80	193,64	52,00	24,00	193,64
6	201	6	12	18	24	24,00	108,30	186,10	64,80	150,80	181,05	56,00	24,00	181,05
6	202	7	13	19	25	24,00	605,00	653,00	53,10	150,80	136,31	60,00	24,00	136,31
6	203	8	14	20	26	24,00	645,00	700,00	62,50	150,80	132,70	64,00	24,00	132,70
6	204	9	15	21	27	24,00	236,20	276,00	43,60	150,80	137,65	68,00	24,00	137,65
6	205	10	16	22	28	24,00	540,00	582,00	55,60	150,80	113,91	72,00	24,00	113,91
6	206	11	17	23	29	24,00	363,00	397,80	60,10	150,80	87,32	76,00	24,00	87,32
6	207	12	18	24	30	24,00	366,80	396,50	45,00	150,80	99,53	80,00	24,00	99,53
6	208	13	19	25	31	24,00	83,80	118,60	42,00	150,80	124,95	84,00	24,00	124,95
6	209	14	20	26	32	24,00	100,80	145,10	48,50	150,80	137,74	88,00	24,00	137,74
6	210	15	21	27	33	24,00	325,20	369,60	54,60	150,80	122,63	92,00	24,00	122,63
6	211	16	22	28	34	24,00	41,60	99,60	48,50	150,80	180,33	96,00	24,00	180,33
6	212	17	23	29	35	24,00	145,90	243,20	49,70	150,80	295,22	100,00	24,00	295,22
6	213	18	24	30	36	24,00	120,30	193,80	43,40	150,80	255,38	104,00	24,00	255,38
6	214	19	25	31	37	24,00	67,00	144,30	60,40	150,80	192,99	108,00	24,00	192,99
6	215	20	26	32	38	24,00	57,20	113,80	50,10	150,80	170,36	112,00	24,00	170,36
6	216	21	27	33	39	24,00	34,80	83,50	53,40	150,80	137,52	116,00	24,00	137,52
6	217	22	28	34	40	24,00	85,90	121,20	46,00	150,80	115,72	120,00	24,00	115,72
6	218	23	29	35	41	24,00	18,60	36,90	32,73	150,80	84,31	124,00	24,00	84,31
6	219	24	30	36	42	24,00	47,60	62,30	24,90	150,80	89,02	128,00	24,00	89,02
6	220	25	31	37	43	24,00	66,90	83,70	23,79	150,80	106,49	132,00	24,00	106,49
6	221	26	32	38	44	24,00	38,90	62,00	36,42	150,80	95,65	136,00	24,00	95,65
6	222	27	33	39	45	24,00	62,50	80,90	27,91	150,80	99,41	140,00	24,00	99,41
6	223	28	34	40	46	24,00	37,80	69,70	38,66	150,80	124,43	144,00	24,00	124,43
6	224	29	35	41	47	24,00	53,50	97,20	26,50	150,80	248,67	148,00	24,00	248,67
6	225	30	36	42	48	24,00	48,60	77,20	22,23	150,80	194,01	152,00	24,00	194,01
7	226	1	8	15	22	28,00	164,00	196,00	41,90	175,93	134,36	42,00	28,00	134,36
7	227	2	9	16	23	28,00	33,10	98,90	80,50	175,93	143,80	46,00	28,00	143,80
7	228	3	10	17	24	28,00	35,40	96,20	73,50	175,93	145,53	50,00	28,00	145,53
7	229	4	11	18	25	28,00	48,50	85,50	54,70	175,93	119,00	54,00	28,00	119,00
7	230	5	12	19	26	28,00	79,80	123,00	48,70	175,93	156,06	58,00	28,00	156,06
7	231	6	13	20	27	28,00	285,30	316,00	44,00	175,93	122,75	62,00	28,00	122,75
7	232	7	14	21	28	28,00	246,00	281,00	56,70	175,93	108,60	66,00	28,00	108,60
7	233	8	15	22	29	28,00	590,00	620,00	57,70	175,93	91,47	70,00	28,00	91,47
7	234	9	16	23	30	28,00	580,00	602,00	43,60	175,93	88,77	74,00	28,00	88,77
7	235	10	17	24	31	28,00	65,40	86,10	41,40	175,93	87,96	78,00	28,00	87,96
7	236	11	18	25	32	28,00	530,00	557,00	50,20	175,93	94,62	82,00	28,00	94,62
7	237	12	19	26	33	28,00	558,00	592,00	61,80	175,93	96,79	86,00	28,00	96,79

7	238	13	20	27	34	28,00	459,00	490,00	23,00	175,93	237,12	90,00	28,00	237,12
7	239	14	21	28	35	28,00	470,00	529,00	53,00	175,93	195,85	94,00	28,00	195,85
7	240	15	22	29	36	28,00	137,70	188,00	47,30	175,93	187,09	98,00	28,00	187,09
7	241	16	23	30	37	28,00	89,50	141,60	53,12	175,93	172,55	102,00	28,00	172,55
7	242	17	24	31	38	28,00	484,00	527,00	44,70	175,93	169,24	106,00	28,00	169,24
7	243	18	25	32	39	28,00	151,20	186,40	44,90	175,93	137,92	110,00	28,00	137,92
7	244	19	26	33	40	28,00	87,30	124,80	52,90	175,93	124,71	114,00	28,00	124,71
7	245	20	27	34	41	28,00	65,60	87,60	34,56	175,93	111,99	118,00	28,00	111,99
7	246	21	28	35	42	28,00	69,40	84,30	29,43	175,93	89,07	122,00	28,00	89,07
7	247	22	29	36	43	28,00	28,20	43,10	30,01	175,93	87,35	126,00	28,00	87,35
7	248	23	30	37	44	28,00	76,40	99,40	43,40	175,93	93,23	130,00	28,00	93,23
7	249	24	31	38	45	28,00	47,50	63,20	34,88	175,93	79,19	134,00	28,00	79,19
7	250	25	32	39	46	28,00	1,60	19,70	36,54	175,93	87,15	138,00	28,00	87,15
7	251	26	33	40	47	28,00	30,10	43,30	27,09	175,93	85,72	142,00	28,00	85,72
7	252	27	34	41	48	28,00	45,00	56,60	21,85	175,93	93,40	146,00	28,00	93,40
8	253	1	9	17	25	32,00	145,90	161,30	39,33	201,06	78,73	48,00	32,00	78,73
8	254	2	10	18	26	32,00	221,70	248,80	69,40	201,06	78,51	52,00	32,00	78,51
8	255	3	11	19	27	32,00	465,40	489,72	75,00	201,06	65,20	56,00	32,00	65,20
8	256	4	12	20	28	32,00	582,00	609,00	111,90	201,06	48,51	60,00	32,00	48,51
8	257	5	13	21	29	32,00	692,00	706,00	66,30	201,06	42,46	64,00	32,00	42,46
8	258	6	14	22	30	32,00	578,00	596,00	99,00	201,06	36,56	68,00	32,00	36,56
8	259	7	15	23	31	32,00	521,00	532,00	88,80	201,06	24,91	72,00	32,00	24,91
8	260	8	16	24	32	32,00	531,00	536,00	60,70	201,06	16,56	76,00	32,00	16,56
8	261	9	17	25	33	32,00	103,70	113,40	51,70	201,06	37,72	80,00	32,00	37,72
8	262	10	18	26	34	32,00	93,80	105,60	63,20	201,06	37,54	84,00	32,00	37,54
8	263	11	19	27	35	32,00	462,00	477,00	43,00	201,06	70,14	88,00	32,00	70,14
8	264	12	20	28	36	32,00	10,00	37,50	57,20	201,06	96,66	92,00	32,00	96,66
8	265	13	21	29	37	32,00	59,50	88,70	58,60	201,06	100,19	96,00	32,00	100,19
8	266	14	22	30	38	32,00	-89,00	-70,00	41,70	201,06	91,61	100,00	32,00	91,61
8	267	15	23	31	39	32,00	-71,70	-50,90	38,29	201,06	109,22	104,00	32,00	109,22
8	268	16	24	32	40	32,00	20,70	47,10	48,70	201,06	108,99	108,00	32,00	108,99
8	269	17	25	33	41	32,00	-71,90	-51,50	51,80	201,06	79,18	112,00	32,00	79,18
8	270	18	26	34	42	32,00	-93,20	-79,40	40,40	201,06	68,68	116,00	32,00	68,68
8	271	19	27	35	43	32,00	-34,90	-26,20	62,50	201,06	27,99	120,00	32,00	27,99
8	272	20	28	36	44	32,00	-65,40	-60,70	51,10	201,06	18,49	124,00	32,00	18,49
8	273	21	29	37	45	32,00	-74,70	-68,20	52,70	201,06	24,80	128,00	32,00	24,80
8	274	22	30	38	46	32,00	-59,00	-52,00	47,40	201,06	29,69	132,00	32,00	29,69
8	275	23	31	39	47	32,00	-99,00	-92,70	48,60	201,06	26,06	136,00	32,00	26,06
8	276	24	32	40	48	32,00	-87,30	-80,90	35,71	201,06	36,03	140,00	32,00	36,03
9	277	1	10	19	28	36,00	681,00	691,00	47,12	226,19	48,00	54,00	36,00	48,00
9	278	2	11	20	29	36,00	621,00	639,00	92,80	226,19	43,87	58,00	36,00	43,87
9	279	3	12	21	30	36,00	698,20	709,58	100,54	226,19	25,60	62,00	36,00	25,60

9	280	4	13	22	31	36,00	779,00	782,00	103,10	226,19	6,58	66,00	36,00	6,58
9	281	5	14	23	32	36,00	836,00	840,00	61,80	226,19	14,64	70,00	36,00	14,64
9	282	6	15	24	33	36,00	688,00	695,00	63,50	226,19	24,93	74,00	36,00	24,93
9	283	7	16	25	34	36,00	747,00	756,00	52,30	226,19	38,92	78,00	36,00	38,92
9	284	8	17	26	35	36,00	517,00	530,00	61,40	226,19	47,89	82,00	36,00	47,89
9	285	9	18	27	36	36,00	570,00	577,00	42,50	226,19	37,26	86,00	36,00	37,26
9	286	10	19	28	37	36,00	160,00	165,70	55,10	226,19	23,40	90,00	36,00	23,40
9	287	11	20	29	38	36,00	-23,40	-6,60	58,70	226,19	64,74	94,00	36,00	64,74
9	288	12	21	30	39	36,00	481,00	493,00	44,12	226,19	61,52	98,00	36,00	61,52
9	289	13	22	31	40	36,00	29,30	43,90	40,60	226,19	81,34	102,00	36,00	81,34
9	290	14	23	32	41	36,00	-68,60	-52,90	46,20	226,19	76,87	106,00	36,00	76,87
9	291	15	24	33	42	36,00	-12,70	4,30	53,50	226,19	71,87	110,00	36,00	71,87
9	292	16	25	34	43	36,00	-120,50	-109,50	47,00	226,19	52,94	114,00	36,00	52,94
9	293	17	26	35	44	36,00	-150,70	-143,60	48,70	226,19	32,98	118,00	36,00	32,98
9	294	18	27	36	45	36,00	-127,40	-117,10	42,50	226,19	54,82	122,00	36,00	54,82
9	295	19	28	37	46	36,00	-120,20	-108,90	52,50	226,19	48,69	126,00	36,00	48,69
9	296	20	29	38	47	36,00	-137,90	-129,60	49,40	226,19	38,00	130,00	36,00	38,00
9	297	21	30	39	48	36,00	-109,00	-100,60	52,70	226,19	36,05	134,00	36,00	36,05
10	298	1	11	21	31	40,00	757,00	760,00	42,60	251,33	17,70	60,00	40,00	17,70
10	299	2	12	22	32	40,00	849,00	859,00	86,90	251,33	28,92	64,00	40,00	28,92
10	300	3	13	23	33	40,00	802,65	810,37	75,68	251,33	25,64	68,00	40,00	25,64
10	301	4	14	24	34	40,00	896,00	900,00	65,10	251,33	15,44	72,00	40,00	15,44
10	302	5	15	25	35	40,00	807,00	816,00	41,12	251,33	55,01	76,00	40,00	55,01
10	303	6	16	26	36	40,00	778,00	788,00	64,70	251,33	38,85	80,00	40,00	38,85
10	304	7	17	27	37	40,00	681,00	685,00	42,90	251,33	23,43	84,00	40,00	23,43
10	305	8	18	28	38	40,00	752,00	761,00	53,70	251,33	42,12	88,00	40,00	42,12
10	306	9	19	29	39	40,00	736,00	745,00	58,12	251,33	38,92	92,00	40,00	38,92
10	307	10	20	30	40	40,00	463,00	472,00	42,80	251,33	52,85	96,00	40,00	52,85
10	308	11	21	31	41	40,00	-13,30	-2,30	40,50	251,33	68,26	100,00	40,00	68,26
10	309	12	22	32	42	40,00	-135,00	-121,00	40,70	251,33	86,45	104,00	40,00	86,45
10	310	13	23	33	43	40,00	133,50	149,90	30,35	251,33	135,81	108,00	40,00	135,81
10	311	14	24	34	44	40,00	84,29	101,20	44,80	251,33	94,86	112,00	40,00	94,86
10	312	15	25	35	45	40,00	-55,00	-43,30	42,10	251,33	69,85	116,00	40,00	69,85
10	313	16	26	36	46	40,00	-105,50	-86,40	54,80	251,33	87,60	120,00	40,00	87,60
10	314	17	27	37	47	40,00	-49,90	-38,80	30,31	251,33	92,04	124,00	40,00	92,04
10	315	18	28	38	48	40,00	-9,50	0,10	27,92	251,33	86,42	128,00	40,00	86,42
11	316	1	12	23	34	44,00	634,00	640,00	28,48	276,46	58,24	66,00	44,00	58,24
11	317	2	13	24	35	44,00	773,00	784,00	52,20	276,46	58,26	70,00	44,00	58,26
11	318	3	14	25	36	44,00	795,62	806,98	53,12	276,46	59,12	74,00	44,00	59,12
11	319	4	15	26	37	44,00	853,00	867,00	55,40	276,46	69,86	78,00	44,00	69,86
11	320	5	16	27	38	44,00	823,00	831,00	39,34	276,46	56,22	82,00	44,00	56,22
11	321	6	17	28	39	44,00	718,00	730,00	54,20	276,46	61,21	86,00	44,00	61,21

11	322	7	18	29	40	44,00	730,00	741,00	47,40	276,46	64,16	90,00	44,00	64,16
11	323	8	19	30	41	44,00	613,00	621,00	33,60	276,46	65,82	94,00	44,00	65,82
11	324	9	20	31	42	44,00	446,00	454,00	29,33	276,46	75,41	98,00	44,00	75,41
11	325	10	21	32	43	44,00	244,10	252,60	30,30	276,46	77,55	102,00	44,00	77,55
11	326	11	22	33	44	44,00	42,90	58,10	46,60	276,46	90,18	106,00	44,00	90,18
11	327	12	23	34	45	44,00	259,40	272,10	45,90	276,46	76,49	110,00	44,00	76,49
11	328	13	24	35	46	44,00	221,10	234,40	55,70	276,46	66,01	114,00	44,00	66,01
11	329	14	25	36	47	44,00	-48,20	-46,00	31,31	276,46	19,43	118,00	44,00	19,43
11	330	15	26	37	48	44,00	51,70	59,30	29,48	276,46	71,27	122,00	44,00	71,27
12	331	1	13	25	37	48,00	969,00	971,00	30,46	301,59	19,80	72,00	48,00	19,80
12	332	2	14	26	38	48,00	941,00	949,00	46,60	301,59	51,78	76,00	48,00	51,78
12	333	3	15	27	39	48,00	812,35	821,09	47,65	301,59	55,31	80,00	48,00	55,31
12	334	4	16	28	40	48,00	712,00	722,00	49,00	301,59	61,55	84,00	48,00	61,55
12	335	5	17	29	41	48,00	588,00	594,00	28,95	301,59	62,51	88,00	48,00	62,51
12	336	6	18	30	42	48,00	596,00	600,00	29,50	301,59	40,89	92,00	48,00	40,89
12	337	7	19	31	43	48,00	553,00	559,00	30,43	301,59	59,47	96,00	48,00	59,47
12	338	8	20	32	44	48,00	419,00	430,00	45,40	301,59	73,07	100,00	48,00	73,07
12	339	9	21	33	45	48,00	122,60	134,20	44,10	301,59	79,33	104,00	48,00	79,33
12	340	10	22	34	46	48,00	140,90	155,00	55,70	301,59	76,35	108,00	48,00	76,35
12	341	11	23	35	47	48,00	187,90	194,40	32,21	301,59	60,86	112,00	48,00	60,86
12	342	12	24	36	48	48,00	71,90	79,10	31,40	301,59	69,16	116,00	48,00	69,16
13	343	1	14	27	40	52,00	792,00	795,00	28,05	326,73	34,94	78,00	52,00	34,94
13	344	2	15	28	41	52,00	748,00	753,00	32,69	326,73	49,97	82,00	52,00	49,97
13	345	3	16	29	42	52,00	652,49	657,43	31,46	326,73	51,32	86,00	52,00	51,32
13	346	4	17	30	43	52,00	541,00	546,00	30,85	326,73	52,95	90,00	52,00	52,95
13	347	5	18	31	44	52,00	545,00	550,00	37,35	326,73	43,74	94,00	52,00	43,74
13	348	6	19	32	45	52,00	564,00	573,00	45,00	326,73	65,35	98,00	52,00	65,35
13	349	7	20	33	46	52,00	297,00	309,00	56,50	326,73	69,39	102,00	52,00	69,39
13	350	8	21	34	47	52,00	193,00	199,00	31,56	326,73	62,12	106,00	52,00	62,12
13	351	9	22	35	48	52,00	109,70	114,70	30,65	326,73	53,30	110,00	52,00	53,30
14	352	1	15	29	43	56,00	696,00	699,00	20,80	351,86	50,75	84,00	56,00	50,75
14	353	2	16	30	44	56,00	649,00	651,00	44,00	351,86	15,99	88,00	56,00	15,99
14	354	3	17	31	45	56,00	558,23	563,77	54,35	351,86	35,89	92,00	56,00	35,89
14	355	4	18	32	46	56,00	546,00	555,00	58,20	351,86	54,41	96,00	56,00	54,41
14	356	5	19	33	47	56,00	468,00	471,00	27,25	351,86	38,74	100,00	56,00	38,74
14	357	6	20	34	48	56,00	336,00	341,60	31,05	351,86	63,46	104,00	56,00	63,46
15	358	1	16	31	46	60,00	638,00	642,00	31,18	376,99	48,36	90,00	60,00	48,36
15	359	2	17	32	47	60,00	533,00	536,00	30,86	376,99	36,65	94,00	60,00	36,65
15	360	3	18	33	48	60,00	559,36	563,55	45,63	376,99	34,58	98,00	60,00	34,58
												0		
												0		
												0		

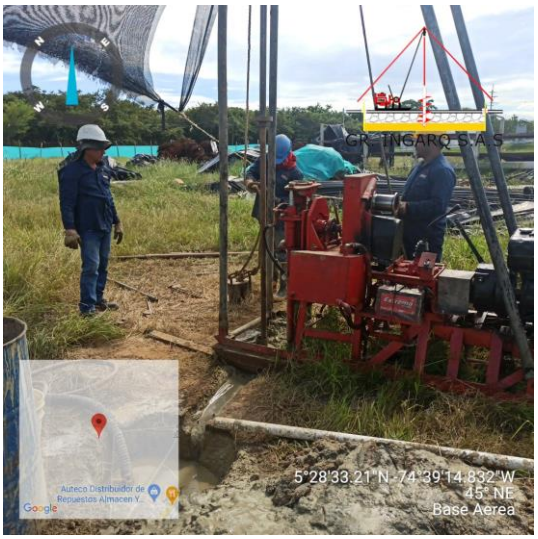
REGISTRO FOTOGRÁFICO

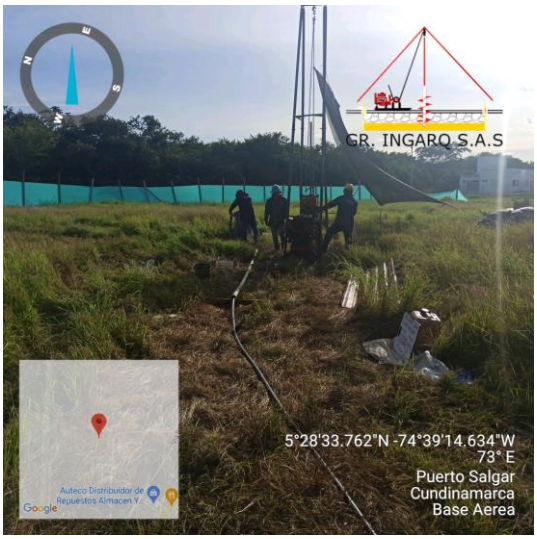

GR. INGARQ S.A.S
5°28'33.324"N -74°39'13.146"W
37° NE
Unnamed Road
Puerto Salgar
Cundinamarca


GR. INGARQ S.A.S
5°28'32.976"N -74°39'12.858"W
76° E
Unnamed Road
Puerto Salgar
Cundinamarca

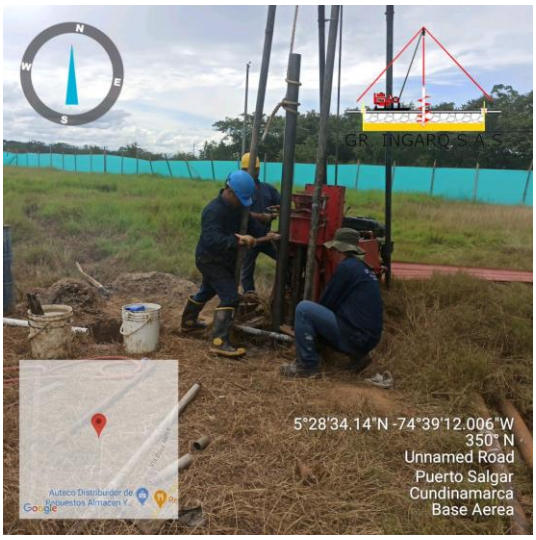

5°28'33.456"N -74°39'13.2"W
44° NE
Unnamed Road
Puerto Salgar
Cundinamarca


N=5°28'33,264"
PROF 15,00
GR. INGARQ S.A.S
5°28'33.582"N -74°39'14.832"W
189° S
Unnamed Road
Puerto Salgar
Cundinamarca
Base Aerea


GR. INGARQ S.A.S
5°28'33.21"N -74°39'14.832"W
45° NE
Base Aerea


GR. INGARQ S.A.S
5°28'33.762"N -74°39'14.634"W
73° E
Puerto Salgar
Cundinamarca
Base Aerea


TORRE DE CONTROL
BASE AEREA PUERTO SALGAR
SONDEO#4
MUESTRA#8
W=74°39'13.056"
N=5°28'34.128"
GOLPES
14-12-12
PROF:7.00-8.50
FECHA
26-07-2021
GR. INGARQ S.A.S
5°28'34.434"N -74°39'11.226"W
132° SE
Unnamed Road
Puerto Salgar
Cundinamarca
Base Aerea

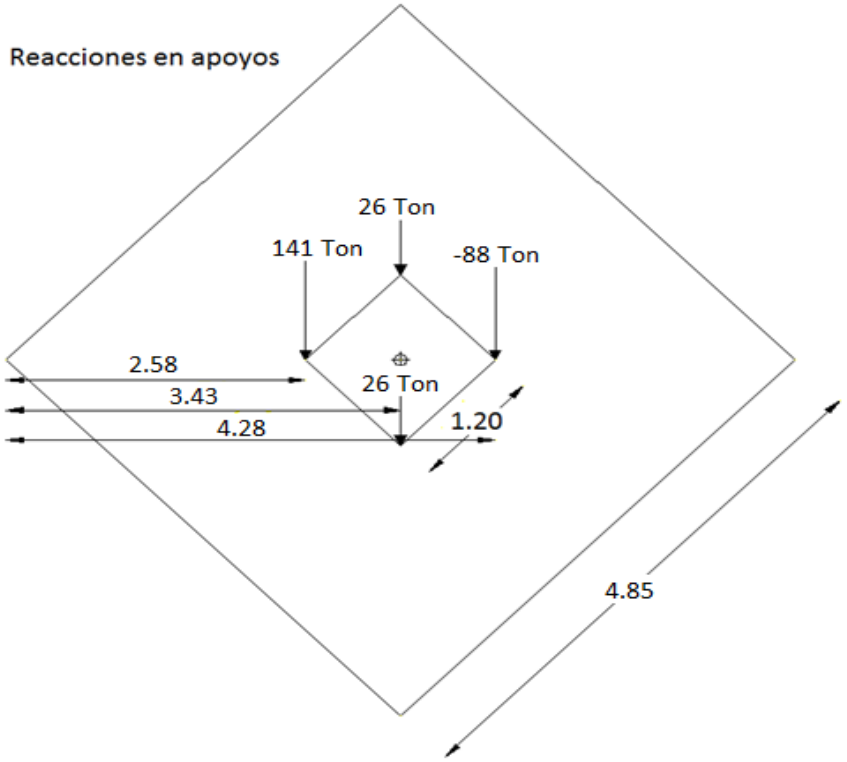

GR. INGARQ S.A.S
5°28'34.14"N -74°39'12.006"W
350° N
Unnamed Road
Puerto Salgar
Cundinamarca
Base Aerea

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

ESTABILIDAD TORRE GRUA

MOMENTO DE VUELCO GRUA	115 Ton*m

ZAPATA			
L (m)	B (m)	H (m)	PESO (Ton)
4.85	4.85	1.15	64.92
Torre Grua			
peso (Ton)			
40			

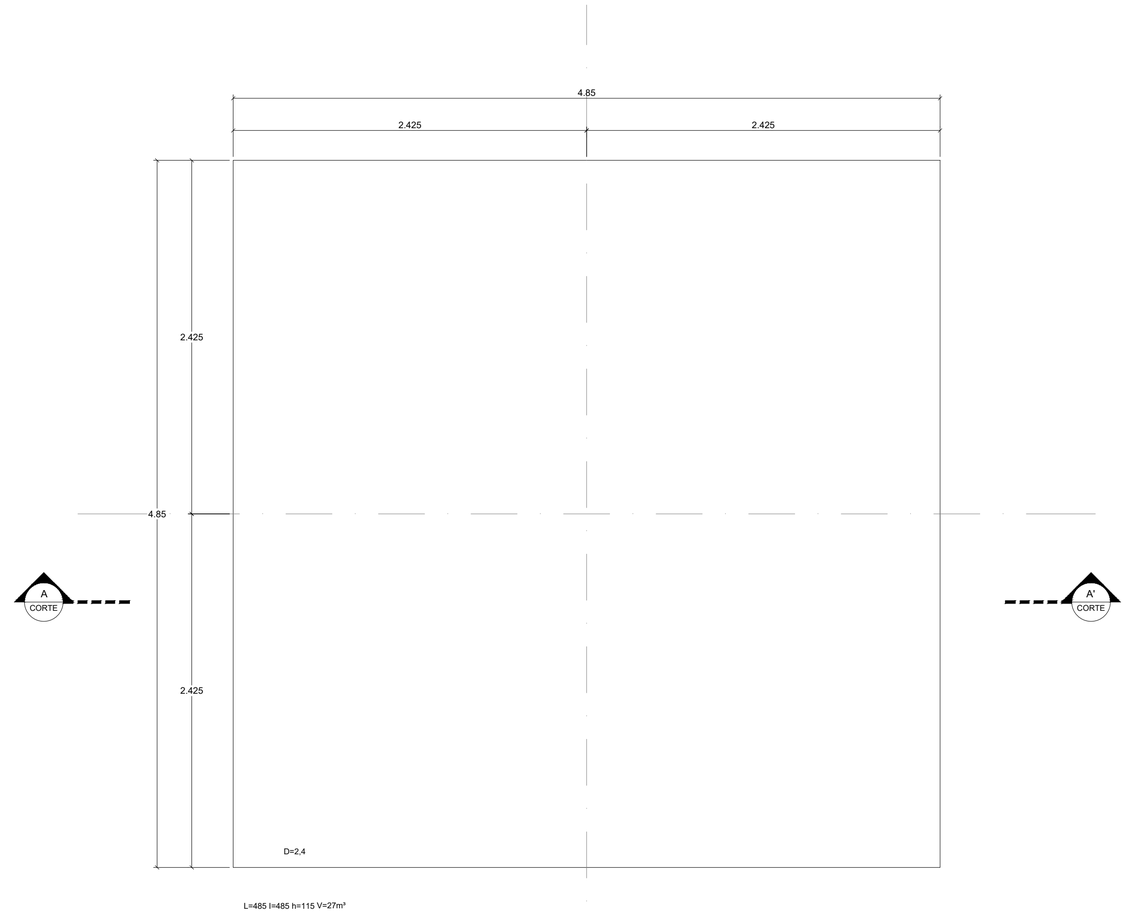


Momento estabilizador	542.14
Momento de vuelco	376.64

Factor de seguridad	1.44

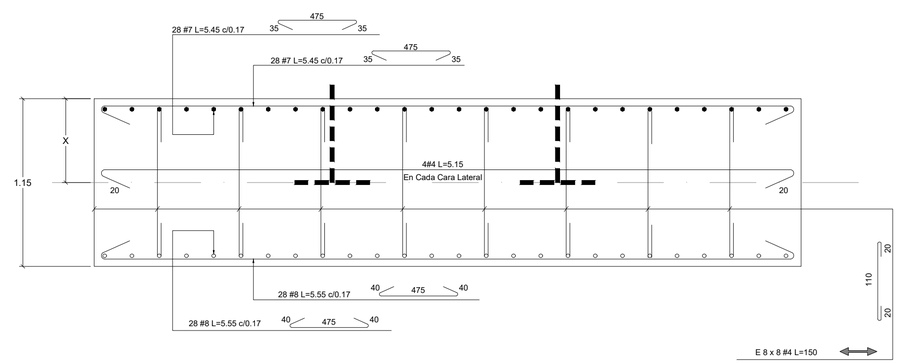
Linear Analysis- Footing Contact Pressures

Footing group		Load	Force (ton)			Moment (ton-m)			Pressure (ton/m2)	
Group	Floor	LdComb	Rx	Ry	Rz	Mx	My	Mz	PcMax	PcMin
B-2	1	1	0.00	115.00	105.00	-115.00	0.00	0.00	10.51	-1.58



1 PLACA MACIZA TORRE GRUA

ESCALA:1.25



Detalle placa maciza en concreto de 3000PSI para apoyo de Torre Grúa.

2 CORTE A-A'

ESCALA:1.25

VERSION FORMATO: 27
NOVIEMBRE 2019

FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA

FUERZA AEREA

DIRECCION
DE INFRAESTRUCTURA

UNIDAD O GUARNICION

CACOM 1

PUERTO
SALGAR/CUNDINAMARCA

PROYECTO:

TORRE DE CONTROL

REVISIONES:

No.	Fecha.	Revisiones.
△		

OBSERVACIONES:

DISEÑO:

CT. MESA ANGEL FABIAN
INGENIERO ESTRUCTURAL
25202147688 CND

REVISO:

FELIPE A. FORERO LUQUE
INGENIERO ESTRUCTURAL
25000-16241 CND

DIBUJO:

T4. SAENZ A. JENNIFER
TEC. DELINEANTE DE ARQ.

No. PROYECTO:

FAC 2020_09

CONTIENE:

E-211

PLACA MACIZA
TORRE GRUA

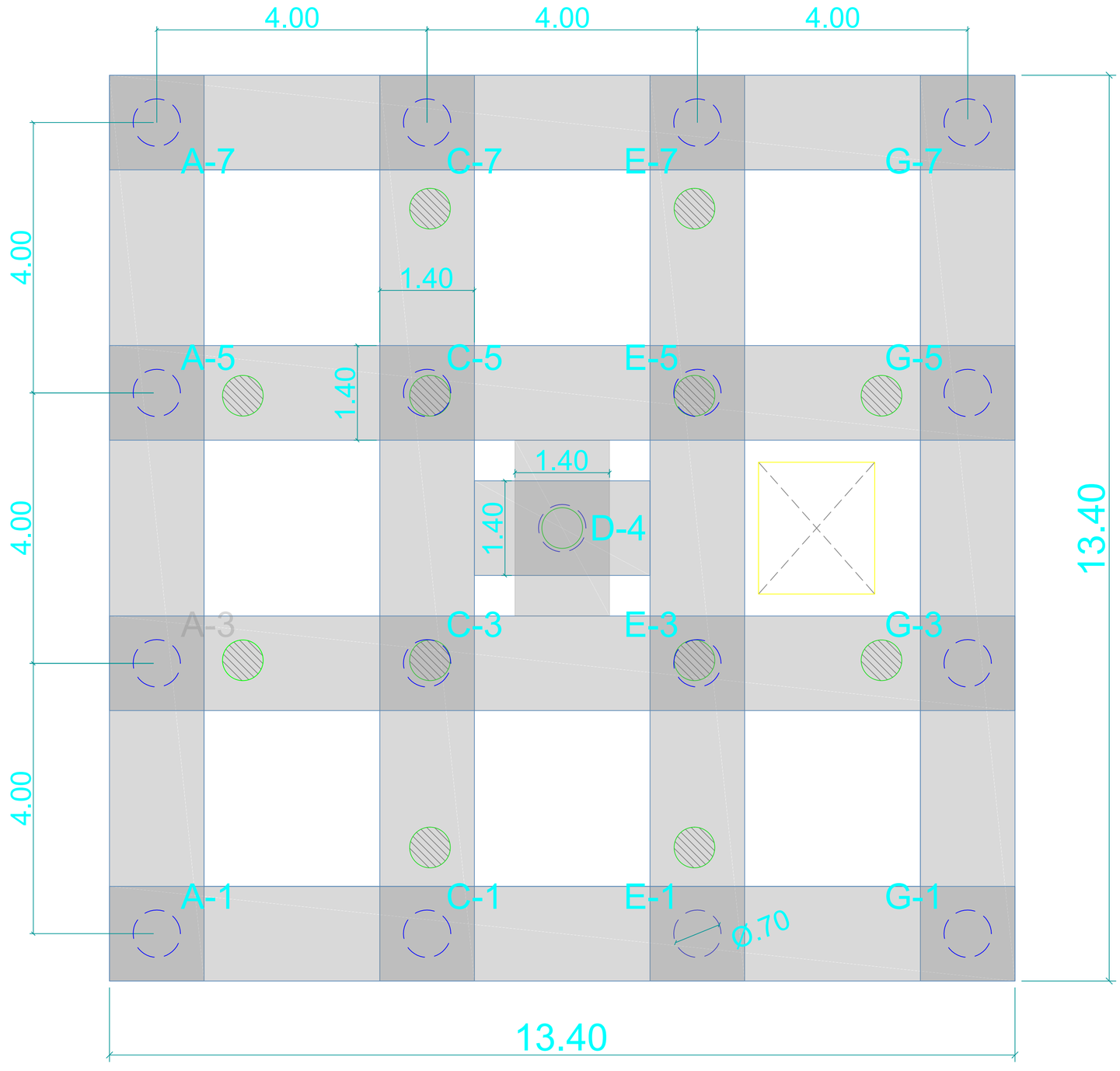
FASE I

FECHA: 29-MAY-2020

FASE:	VERSION:
AA	01

ESCALA: 1:25

PLANCHA No: 44 DE 123 PL



PLANTA ESTRUCTURAL CIMENTACION
(PILOTES D=0.70M, L=23M, S=4M, 17 PILOTES)
ALTERNATIVA FINAL

VERSION FORMATO: 27
MODIFICADO POR:

FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA
FUERZA AEREA
DIRECCION
DE INFRAESTRUCTURA

UNIDAD O GUARNICION
CACOM 1
PUERTO
SALGAR/CUNDINAMARCA

PROYECTO:
TORRE DE CONTROL

REVISIONES:
No. Fecha. Revisiones.
△

OBSERVACIONES:

DISEÑO:
CT. MESA ANGEL FABIAN
INGENIERO ESTRUCTURAL
25202147688 CND

REVISO:
FELIPE A. FORERO LUQUE
INGENIERO ESTRUCTURAL
25000-16241 CND

DIBUJO:
T4. SAENZ A. JENNIFER
TEC. DELINEANTE DE ARQ.

No. PROYECTO:
FAC 2020_09

CONTIENE:
E-211

PLACA MACIZA
TORRE GRUA

FASE I

FECHA:
29-MAY-2020

FASE:	VERSION:
AA	01

ESCALA:
1:25

PLANCHA No:
44 DE 123 PL

Story	Posición pilote	COMB C152 (KN)	COMB C153 (KN)	COMB C154X Max (KN)	COMB C154X Min (KN)	COMB C154Y Max (KN)	COMB C154Y Min (KN)	COMB C155X Max (KN)	COMB C155X Min (KN)	COMB C155Y Max (KN)	COMB C155Y Min (KN)	COMB C156X Max (KN)	COMB C156X Min (KN)	COMB C156Y Max (KN)	COMB C156Y Min (KN)
FUNDACION	A-3	1075	1320	748	1402	980	1169	824	1724	944	1205	-1447	-548	-1127	-867
FUNDACION	C-3	1209	1488	1093	1325	1099	1319	1273	1592	1058	1360	-1277	-958	-1269	-967
FUNDACION	A-5	1073	1319	746	1399	978	1167	822	1721	942	1203	-1443	-544	-1124	-863
FUNDACION	C-5	1207	1486	1091	1323	1097	1317	1271	1590	1056	1359	-1273	-955	-1265	-963
FUNDACION	G-5	1161	1431	833	1489	1062	1260	923	1826	1025	1297	-1519	-616	-1203	-932
FUNDACION	G-3	1162	1431	834	1490	1063	1261	924	1827	1026	1298	-1521	-618	-1205	-934
FUNDACION	E-5	1241	1529	1127	1355	1127	1355	1313	1626	1085	1397	-1298	-986	-1298	-986
FUNDACION	E-3	1242	1529	1129	1356	1129	1356	1315	1627	1086	1398	-1301	-989	-1301	-989
FUNDACION	A-7	949	1168	665	1233	673	1226	734	1516	569	1329	-1268	-486	-1257	-497
FUNDACION	C-7	1097	1351	999	1196	777	1418	1164	1435	656	1538	-1147	-876	-1452	-570
FUNDACION	E-7	1125	1386	1025	1224	800	1449	1195	1468	678	1571	-1171	-898	-1481	-588
FUNDACION	A-1	954	1171	669	1239	677	1230	739	1523	574	1334	-1279	-495	-1267	-507
FUNDACION	C-1	1102	1354	1003	1201	781	1422	1170	1442	660	1543	-1157	-885	-1462	-580
FUNDACION	E-1	1128	1388	1029	1227	803	1453	1200	1473	681	1574	-1179	-906	-1489	-596
FUNDACION	G-1	1028	1266	741	1315	743	1313	823	1612	636	1420	-1342	-554	-1340	-556
FUNDACION	G-7	1026	1265	739	1313	741	1311	820	1609	634	1418	-1337	-548	-1334	-551
FUNDACION	D-4	1242	1530	1239	1246	1242	1242	1467	1476	1242	1242	-1150	-1141	-1145	-1145

C.15.11.3 — Esfuerzos axiales máximos – Los esfuerzos axiales máximos admisibles sobre el pilote, o sobre el fuste cuando se trate de pilotes acampanados en su base, son los siguientes:

(a) Esfuerzos de compresión causados por las cargas gravitacionales (no incluye efectos de hincado):

$$D + L \le 0.25 f'_c A_g \qquad \text{(C.15-2)}$$

$$1.2D + 1.6L \le 0.35 f'_c A_g \qquad \text{(C.15-3)}$$

(b) Esfuerzos de compresión causados por las cargas gravitacionales más los efectos sísmicos:

$$D + L + 0.7E \le 0.33 f'_c A_g \qquad \text{(C.15-4)}$$

$$1.2D + 1.0L + 1.0E \le 0.35 f'_c A_g \qquad \text{(C.15-5)}$$

(c) Esfuerzos de tracción causados por los efectos sísmicos, cuando hay levantamiento (en este caso el pilote debe armarse en toda su longitud, a menos que el estudio geotécnico defina una longitud menor):

$$-1.0D + E \le 0.9 f_y A_{st} \qquad \text{(C.15-6)}$$

GR. INGARQ S.A.S

PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TORRE DE CONTROL DEL CACOM - 1, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.

INFORME FINAL
BASE AEREA CACOM-1
SEPTIEMBRE DE 2021

GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S
MONTERIA, CÓRDOBA.

icontec ISO 9001
CO-SC-CER805992

NOMBRE DEL PROYECTO:			PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TORRE DE CONTROL DEL CACOM - 1, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.			
LOCALIZACION:			PUERTO SALGAR, CUNDINAMARCA			
APROBACIONES	**Número de revisión**			1	2	3
	RESPONSABLE DE ELABORACIÓN:	Nombre: T.P. Cargo: Firma:	**GUSTAVO RAMIRO ROYETT GALVAN** 22202-130214COR I.C. ESPECIALISTA EN GEOTECNIA.	X		
	RESPONSABLE DE REVISION Y APROBACIÓN:	Nombre: T.P. Cargo: Firma:	**CARLOS ALFONSO CUADRO CAUSIL.** 13202152611 BLV I.C. Msc. EN GEOTECNIA.			
	GEÓLOGO	Nombre: T.P. Cargo: Firma:	**CAMILO ERNESTO PEREZ GUTIERREZ** CGC MP 1773 GEOLOGO			
	RESPONSABLE RECIBO	Nombre: C.C Cargo: Firma	**FUERZA AÉREA COLOMBIANA**			
	RECIBIDO					
	OBSERVACIONES					

TABLA DE CONTENIDO

1 PROCESO CONSTRUCTIVO 5

2 PROCESO CONSTRUCTIVO TORRE PRINCIPAL 6

2.1 Reconformación del terreno 6
2.2 Replanteo del terreno 7
2.2.1 Nivelación de terreno. 7
2.2.2 Corte y relleno 7
2.2.3 Trazado 8
2.3 Excavación de pilotes 8
2.4 Instalación de camisa de pilotes 10
2.5 Instalación del acero 11
2.6 Fundida de concreto 12
2.7 Recuperación de camisa 12
2.8 Reconformación del terreno post pilotaje. 12
2.9 Prueba de carga 13

3 PROCESO CONSTRUCIVO PARA OBRAS COMPLEMENTARIAS 14

3.1 Inyección solida 14
3.2 Compactación dinámica 16
3.3 Vibroflotación 18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Conformación del terreno 6
Figura 2Nivelación de terreno..... 7
Figura 3 Proceso de corte y relleno..... 8
Figura 4Trazado de terreno -Homecenter..... 8
Figura 5Excavación para los pilotes -Ferros La Pobla 9
Figura 6 Maquina de excavación con valvas 9
Figura 7 Maquina de encamisado 10
Figura 8 Armado del pilote-Arenko perforaciones..... 11
Figura 9 Fundida de concreto – Argos..... 12
Figura 10 Prueba de carga-Ecured..... 13
Figura 11 Inyección solida..... 15
Figura 12 Compactación dinámica 16
Figura 13 Comportameno del suelo 17
Figura 14 Comportamiento durante la implementación del método. 18
Figura 15 Vibrador..... 20
Figura 16 Especificaciones del equipo de Vibroflotación 20

1 PROCESO CONSTRUCTIVO

Teniendo en cuanta las exploraciones realizadas en campo y los ensayos de laboratorios que se consignan en el informe geotécnico denominado **ESTUDIO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TORRE DE CONTROL DEL CACOM - 1, EN EL MUNICIPIO DE PUERTO SALGAR, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA,** se propone el siguiente proceso constructivo, cabe resaltar que es solo una recomendación.

De acuerdo a los estratos encontrados en el lugar de estudio y a las alternativas de solución planteadas en el informe anteriormente mencionado se propone el siguiente proceso constructivo para la torre central y las otras obras planteadas.

2 PROCESO CONSTRUCTIVO TORRE PRINCIPAL

Se debe tener en cuenta que previo ha el presente documento ya se habían realizado una intervención en la zona por la cual es necesario realizar una intervención en el lugar antes de iniciar proceso.

A continuación, se presenta el proceso constructivo a llevar a cabo para la cimentación profunda con camisas recuperables:

2.1 Reconformación del terreno

El proceso de reconformación del terreno es aquel donde se realiza la escarificación, nivelación y compactación del material en donde se encuentra localizado el proyecto, este proceso se realiza luego de haberse ejecutado las obras de desbroce y limpieza.

Generalmente este proceso se realiza con una maquinaria pesada que se pasa N número de veces en una zona localizada para realizar la debida compactación del terreno.



Figura 1 Conformación del terreno

2.2 Replanteo del terreno

Antes de iniciar cualquier proceso de construcción es indispensable que la base en la cual se va ubicar la estructura presente características favorables y sea una zona estable.

Inicialmente se debe identificar el tipo de material que se debe utilizar para preparar el terreno, para así realizar el debido relleno en la zona donde se ubicaban las excavaciones realizadas anteriormente.

A continuación, se presentará un paso a paso recomendado para hacer una debida reconformación del terreno:

2.2.1 Nivelación de terreno.

Se deben identificar los puntos de nivelación, teniendo en cuenta la superficie de la construcción realizar, seguidamente se identifica un punto de referencia donde se debe clavar una estaca marcando así un metro de altura, partiendo de esto y según el experto en obra se establecen los otros puntos de nivelación, como se puede observar en la siguiente imagen.



S

Figura 2Nivelación de terreno

2.2.2 Corte y relleno

Al identificar los desniveles y tener claro que pendientes se presentan en el terreno se procede a realizar los cortes correspondientes en la zona y el debido relleno. Cabe resaltar que el relleno de nivelación debe ser del mismo material que se extrajo con anticipación en los cortes realizados.



Figura 3 Proceso de corte y relleno

2.2.3 Trazado

Se deben determinar los ángulos rectos que se forman en los linderos del terreno y seguidamente ubicar el centro de cada cimiento y extender una pita para poder identificar sus medidas respectivas.



Figura 4Trazado de terreno -Homecenter

2.3 Excavación de pilotes

Se debe realizar la perforación del terreno excavando un pozo que tenga el mismo diámetro que el pilote, donde se va a ingresar la tubería en acero, esta excavación debe ser igual de profunda que la longitud total del pilote.

Cuando se trata de pilotes con camisa removible es debido a que este tipo de camisa es abierta en el fondo, para así facilitar su extracción.

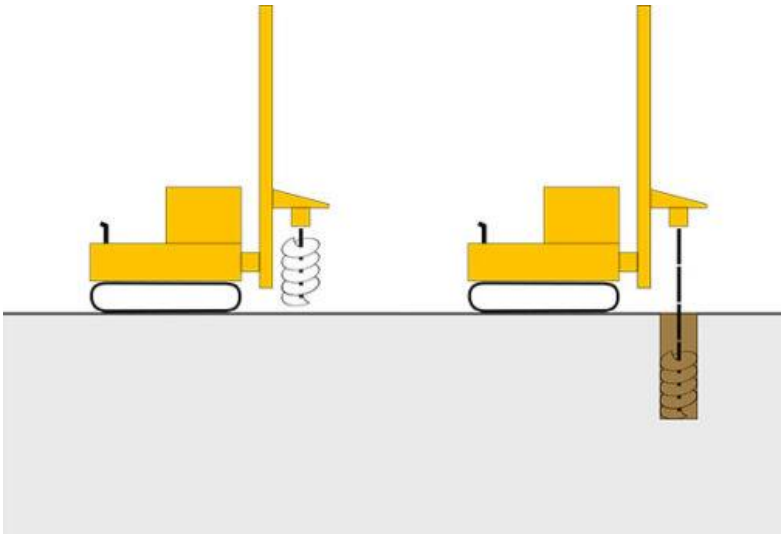


Figura 5Excavación para los pilotes -Ferros La Pobla

Existen diversos tipos de excavación entre los cuales se encuentran: cucharas o buckets.

- La excavación por medio de cucharas consiste en unas piezas semicirculares con las cuales se penetra el terreno y con el cierre de las mismas provoca el desprendimiento del material.

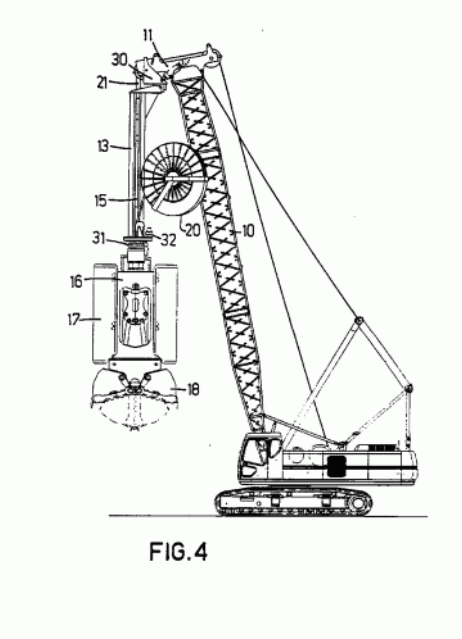


Figura 6 Maquina de excavación con valvas

En terrenos que presentan materiales granulares, con poca cohesión, con presencia de agua o en los cuales utilizan lodos como sistemas de contención, se recomienda la utilización de buckets.

- La excavación por medio de buckets son aquellas que constan de una trampa en la parte inferior que va cargando el material a medida que lo va disgregando.

2.4 Instalación de camisa de pilotes

Teniendo en cuenta la profundidad en la cual se deben ingresar los pilotes del presente proyecto, se recomienda realizar la instalación de la camisa mediante el par de rotación de la piloteadora o de una entubadora que se le acople, así la entubación va avanzando a medida que se va realizando la excavación del terreno.

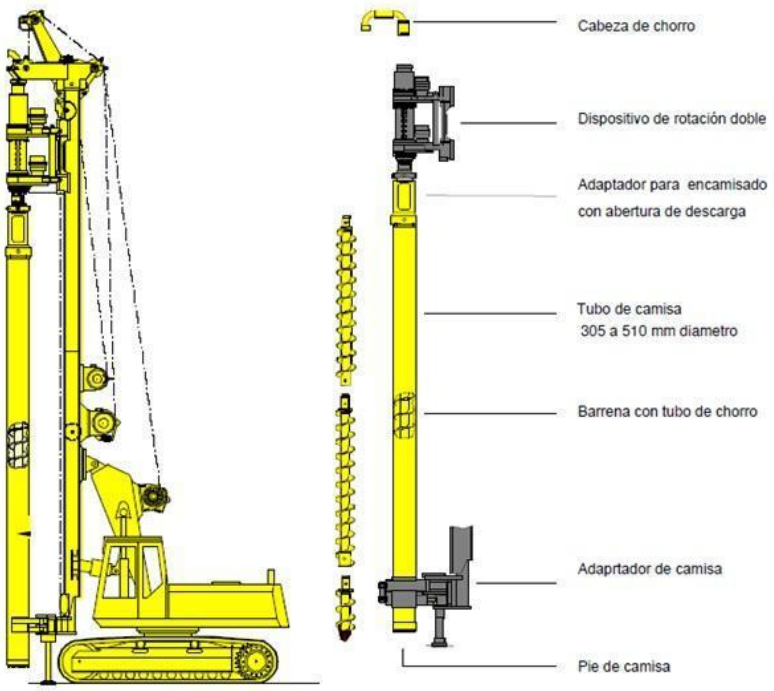


Figura 7 Maquina de encamisado

2.5 Instalación del acero

Una vez realizada la perforación a la profundidad deseada y de instalada la camisa del pilote, se procede a ingresar el armado de acero correspondiente

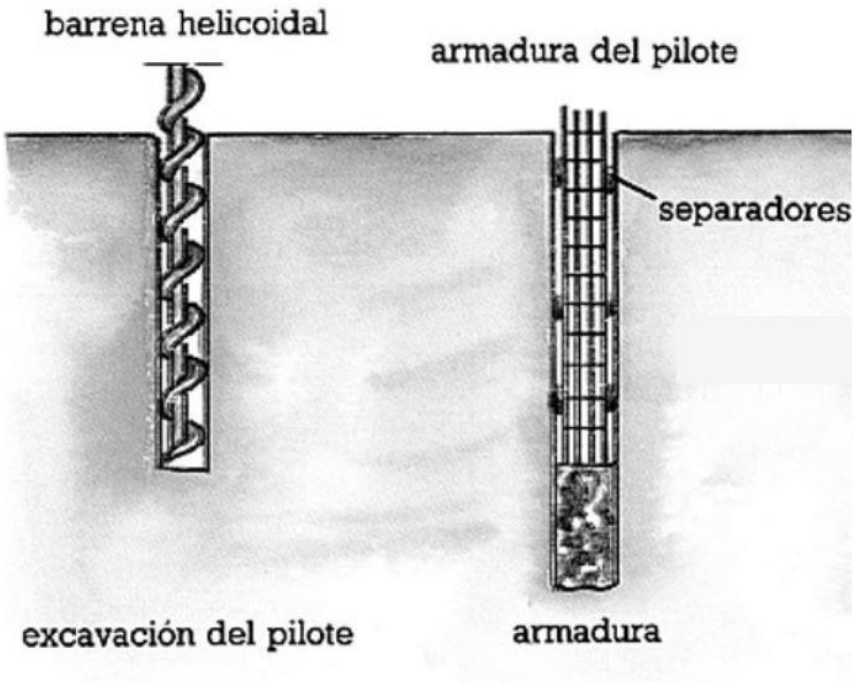


Figura 8 Armado del pilote-Arenko perforaciones

2.6 Fundida de concreto

Una vez instalado el armado del pilote se procede a realizar la fundida del concreto, teniendo en cuenta que la mezcla presente las características previamente calculadas, para que así su comportamiento sea el esperado.



Figura 9 Fundida de concreto – Argos

2.7 Recuperación de camisa

Una vez alcanzada la profundidad requerida y de la fundida del concreto se realiza la extracción de la camisa por medio de las morsas, las cuales abrazan la entubación.

2.8 Reconformación del terreno post pilotaje.

Una vez realizado todo el proceso de los pilotes se debe realizar nuevamente un replanteo del terreno para proceder con el resto de procesos constructivos.
El proceso constructivo a llevar a cabo para la cimentación profunda con camisas NO recuperables, es similar al presentado anteriormente teniendo en cuenca que no se debe realizar el ítem 2.7, pues esta camisa se queda en el subsuelo.

2.9 Prueba de carga

Se recomienda realizar entre una o dos pruebas de cargas, la ubicación de estas pruebas de cargas debe ser en el punto más critico del proyecto, como por ejemplo en el punto en el cual se presenta mayor probabilidad de asentamiento.
Este proceso se realiza una vez se encuentre instalado el pilote, para así poder proceder a la instalación de los pilotes de anclaje, los cuales son utilizado para mantener el marco de reacción en su lugar y proporcionar resistencia a la carga aplicada a los pilotes de prueba.

El método más utilizado suele ser el brindado por la ASTM D 1143-07, en estos se aplican fuerzas significativas durante periodos de tiempo que permitan evaluar la capacidad portante del pilote.

A continuación, se presenta un modelo de prueba de carga sobre un pilote.

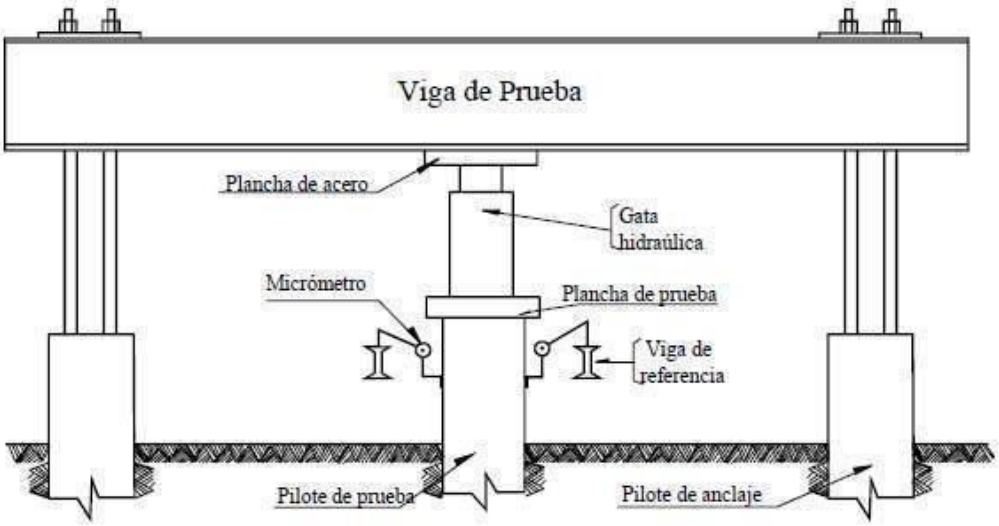


Figura 10 Prueba de carga-Ecured

3 PROCESO CONSTRUCIVO PARA OBRAS COMPLEMENTARIAS

Para poder llevar con éxito cada una de las obras planteadas en el presente proyecto y que sea geotécnicamente viable es se recomienda que se utilicen alguno de los siguientes métodos para la compactación del terreno.

3.1 Inyección solida

La inyección solida o inyección de lechada es aquella que permite sellas o consolidar el suelo, llenando los vacíos con un producto bombeable que luego de cierto tiempo se endurece.

La inyección de compactación consiste en la inyección en el suelo de mortero que presente baja movilidad, permitiendo así que la mezcla inyectada se centre alrededor de un punto en específico.

El procedimiento para realizar este método es el siguiente:

- Una vez realizada la perforación se procede a la instalación de la tubería de inyección.
- Se realiza la obturación del espacio anular entre el tubo y el suelo, permitiendo así proceder a la inyección sin pérdidas de presión ni de material entre el tubo y el suelo en superficie.
- Preparación del material a inyectar, que puede ser tanto lechadas como morteros.
- Luego se procede a la inyección de mortero en el subsuelo y al mismo tiempo se va extrayendo la tubería de inyección, creando así una columna de mortero con bulbos que se intersectan entre sí.

En la siguiente imagen se pude observar el procedimiento entes mencionado.

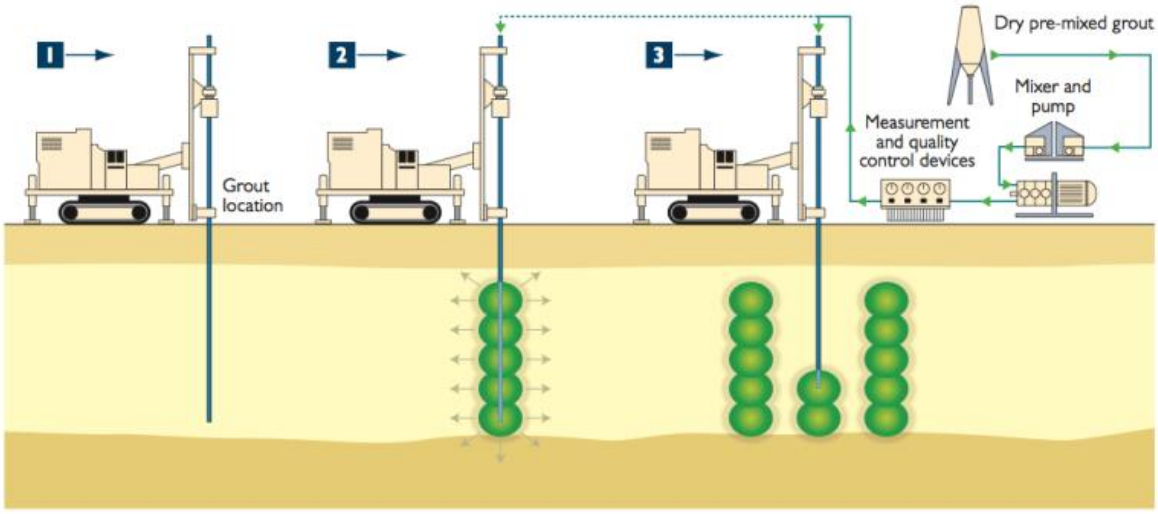


Figura 11 Inyección solida

Para poder implementar el proceso de inyección solida para la densificación de suelos lo materiales a utilizar deben tener en cuenta los siguientes requerimientos:

- Debe ser bombeable
- No debe fracturar el suelo
- No debe impregnar el suelo

Se recomiendo llevar el siguiente control cuando se realiza este proceso:

- Grabación de parámetros de perforación
- Grabación de parámetros de inyección
- Nivelación topográfica
- Inclinómetros
- Rc y rigidez del mortero (efecto de inclusión)

Y al final de la obra los siguientes:

- Ensayos presiométricos
- Perforación con grabación de parámetros SPT, CPT

3.2 Compactación dinámica

Esta es una técnica que permite mejorar el terreno por medio de la densificación y aumentando la capacidad portante de los rellenos existentes o el material existente en la zona. Es un método que se adapta a suelos granulares.

Esta técnica es utilizada generalmente con el fin de aumentar la capacidad portante, disminuir el asentamiento, mitigar la licuación o reducir el potencial de hundimiento.

Para llevar a cabo la compactación dinámica es necesario tener una grúa que tenga la capacidad de soportar de 10 a 30 toneladas y que tenga una altura de 10 a 40 metros, para que así pueda liberar este peso desde una gran altura y generar impactos repetidos en los puntos establecidos, estos impactos se pueden realizar ente intervalos de 1 a 5 minutos.

El impacto que genera esta técnica produce un incremento de las presiones reduciendo así la resistencia que se presenta en el terreno, generando así que las características del terreno mejoren.

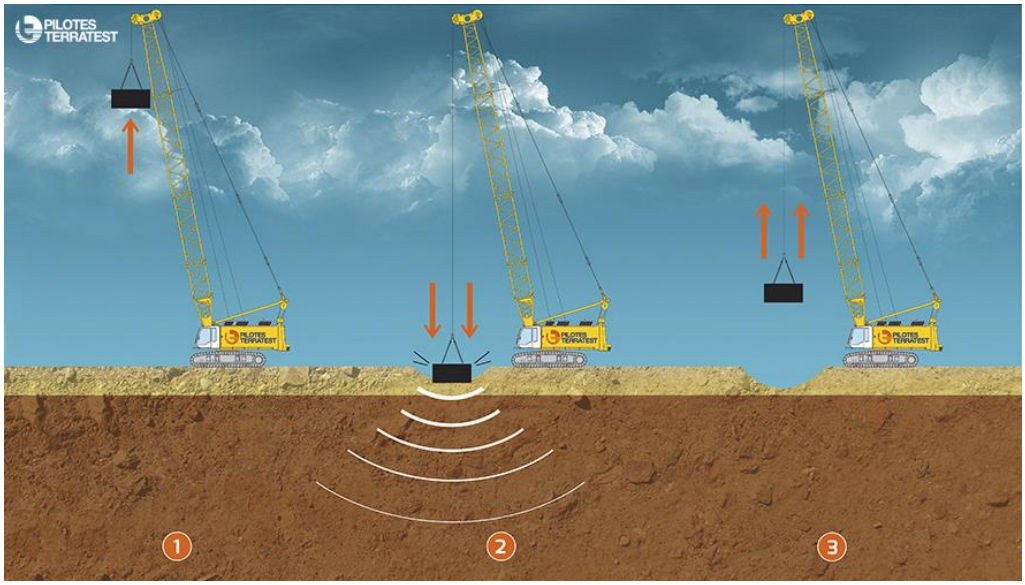


Figura 12 Compactación dinámica

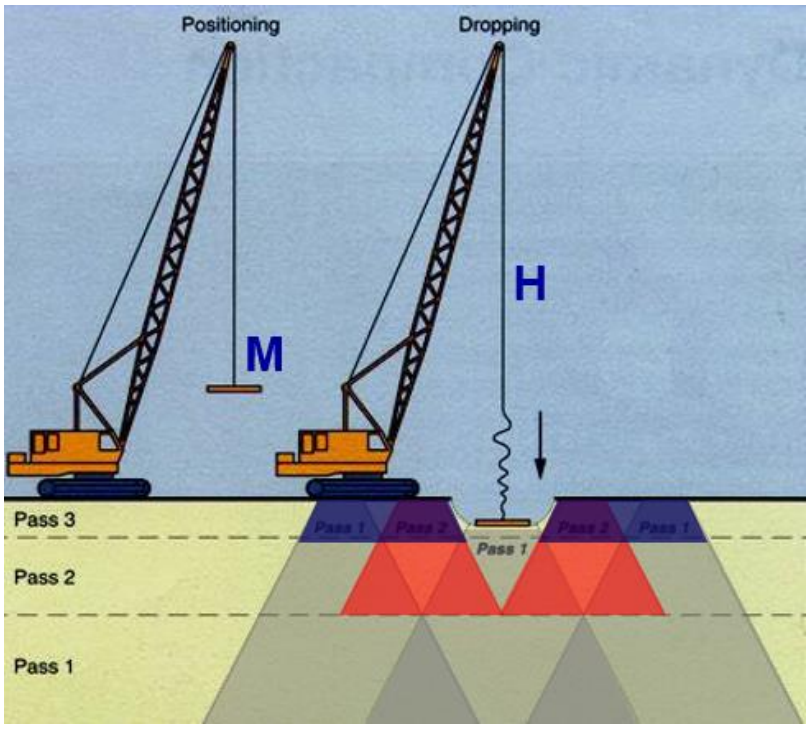


Figura 13 Comportameno del suelo

Los materiales en los cuales no se puede utilizar el método de compactación dinámica son los siguientes:

- Suelos arcillosos saturados.
- Suelos limosos con permeabilidad entre 10E-08 y 10E-05 m/.

A continuación, se presenta una tabla donde se observa el comportamiento de un suelo al realizarle compactación dinámica.

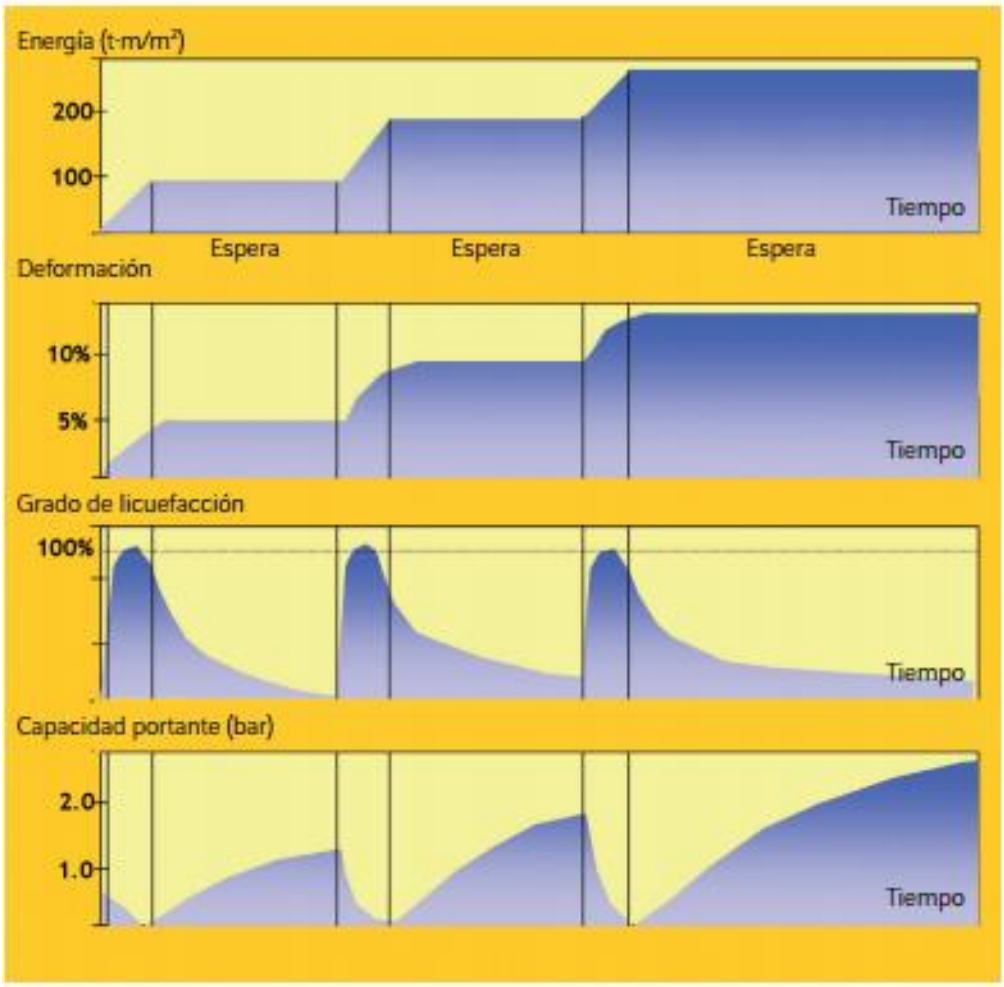


Figura 14 Comportamiento durante la implementación del método.

3.3 Vibroflotación

Este método consiste en la reorganización de las partículas del suelo hasta que se alcanza una configuración más densa por medio de vibraciones y la posterior saturación del terreno.

Este es un método utilizado para compactación profunda, que esta patentado para obtener altas densidades en suelos arenosos. Por medio de su combinación de vibraciones y saturaciones genera que la arena que se encuentra a corta distancia de la sonda sea compactada y el agua genera un desplazamiento del resto de la arena al fondo de la excavación, mientras este proceso pasa se le adiciona arena en la superficie.

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones para implementar este método:

- Se debe establecer de manera anticipada la máxima intensidad y distribución del esfuerzo máximo de contacto.
- El ingeniero estructural debe decidir las dimensiones y profundidad de la fundación.
- La decisión debe ser tomada luego de finalizar el tratamiento.
- Los factores estructurales usualmente gobiernan el rango de posibles esfuerzos y asentamientos.
- Todas las cimentaciones deben proveer unos asentamientos diferenciales mínimos, permitir el uso de técnicas de fundación de bajo costo con gran economía.

Para definir la profundidad a la cual se realizará la Vibroflotación se debe tener en cuenta:

- Las condiciones de mejoramiento, las cimentaciones no transmiten esfuerzos a más de dos veces su ancho en profundidad; esto debido al comportamiento de los patrones de distribución de esfuerzos pseudo-elásticos.
- Rara vez es necesario compactar a profundidades mayores a los 8m.
- Es necesario tener en cuenta factores más complejos para determinar la profundidad de tratamiento; asentamiento y licuefacción.
- La máxima profundidad de compactación es frecuentemente 25.0m.

Para definir el esparcimiento de compactación se debe tener en cuenta:

- Determina las propiedades del suelo junto con la profundidad del tratamiento.
- Debe ser el máximo que permita una adecuada comprensibilidad y resistencia al menor costo.
- Depende principalmente de la cohesión y permeabilidad de suelos sueltos.
- Se recomienda utilizar gravas, pero no está influenciado por la elección del material de relleno.
- Típicamente se encuentran espaciados entre 2 y 4m.

Los equipos utilizados son los siguiente:

Vibrador:

- Diámetros entre 0.30 y 0.45 metros.
- Cargas excéntricas.
- Keller Sistem.
- Bauer Sistem.
- 300kN de fuerza centrífuga.
- 30 a 50 Hz de frecuencia.

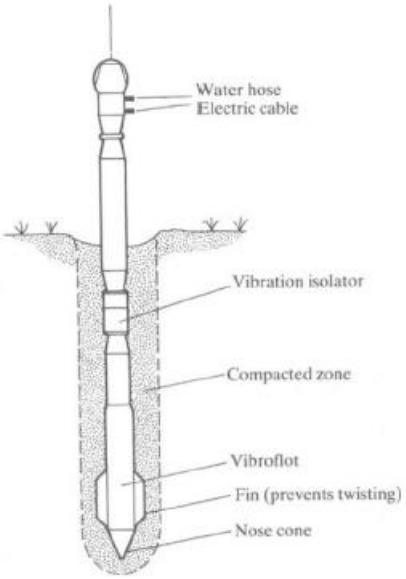


Figura 15 Vibrador

A continuación, se presenta una tabla de especificaciones del equipo:

Table 9.5 Specification of vibroflotation equipment

Type	Vibroflotation			Keller	Pennine
Model	V23	V28	V32	S300	BD 400
Power rating (kW)	130	130	130	150	215
Speed of rotation (rpm)	1800	1800	1800	1775	1800
Rated current (Amp)	300	300	300	300	350 bar
Centrifugal force (kN)	280	330	450	290	345
Amplitude (mm)	23	28	32	25	30
Vibrator diameter (mm)	350	360	350	400	406
Vibrator length (m)	3.25	3.3	3.25	2.9	4.0
Vibrator weight (kN)	22	25	25	24.5	19.5

Note: Agra equipment is the same as vibroflotation. Pennine is driven by hydraulic motor.

Figura 16 Especificaciones del equipo de Vibroflotación

4 RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan recomendación respecto a cada uno de los procesos presentados en este informe.

Para la inyección solida se recomienda la utilización de los siguientes factores:

- Relación de agua cemento de 0.4
- Diámetro de 0.20m
- Separación de 1m
- Profundidad de 10 m

En el caso de compactación dinámica utilizando el método de Leonard (1980) para obtener una profundidad significativa de densificación de 10 m se debe utilizar una pesa de 16 Toneladas a una altura de 25 m, en los anexos se presenta el procedimiento realizado.

Y en Vibroflotación se recomiendan los siguientes parámetros para una profundidad de 10 metros, teniendo en cuenta la Figura 16.

- Separación de 2 metros.
- Diámetro del vibrador de 0.35 metros.
- Y una energía del vibrador de 170 kW

ANEXOS

MEMORIAS DE CÁLCULO

GM Geomastic

Método de Leonard y colaboradores (1980)

DI(m)	10
Wh(ton)	16
h(m)	25

$$DI\ (m)\ = \frac{1}{2}\sqrt{W_H(\ Ton\ métricas)\ x\ h(m)}$$

Montería, 24 de agosto del 2021.

CCC-GR00121
Señores
FUERZA AEREA DE COLOMBIA
Capitán Wilder Birney Castilla Rodríguez
Subdirección de Seguimiento y Control
Dirección de Infraestructura – DIFRA
Carrera 13 No. 66 – 47 Bogotá D.C. Colombia
Tel. 3159800 Ext. 1943
wilder.castilla@fac.mil.co

Referencia: Contrato No. 175-00-A-COFAC-DIFRA-2021

Asunto: instalación de un piezómetro en sitio.

Apreciado.

De acuerdo al Contrato No. 175-00-A-COFAC-DIFRA-2021, donde se debe realizar estudio de suelos para la torre de control CACOM-1 de acuerdo con lo sugerido en las especificaciones técnicas, se realizar la instalación de un **piezómetro en sitio**, se detalla el proceso realizado por parte de GR. INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A.S.

El **Piezómetro** se utiliza para medir la presión de poros o nivel del agua en perforaciones, terraplenes, cañerías y estanques a presión. La aplicación **geotécnica** más común es para determinar la presión de agua en el terreno o el nivel de agua en perforaciones.

los precediendo del suministro e instalación de piezómetro para la determinación de presión de poros y niveles de freáticos de lugar del sitio del proyecto.

1. Perforación por el método de roto percusión
2. Instalación de tubería perforada
3. Instalación de material filtrante
4. Instalación de pedestal.
5. Desarrollo y lavado del piezómetro

1. Perforación por el método de roto percusión.









2. Instalación de tubería perforada.

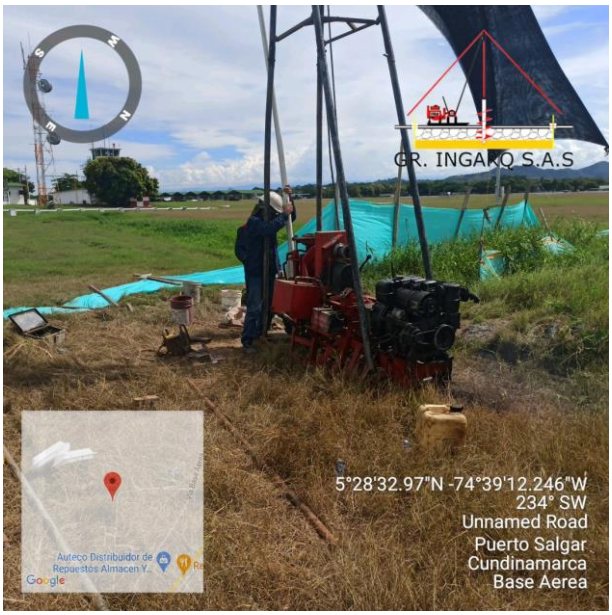












3. Instalación de material filtrante.

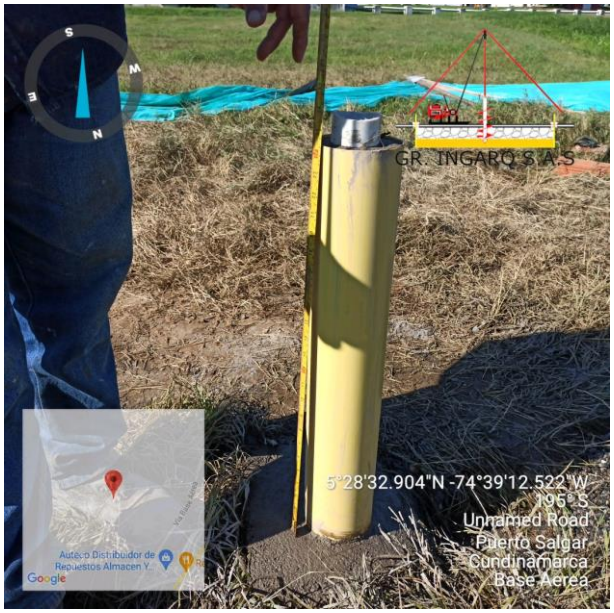




4. Instalación de pedestal.

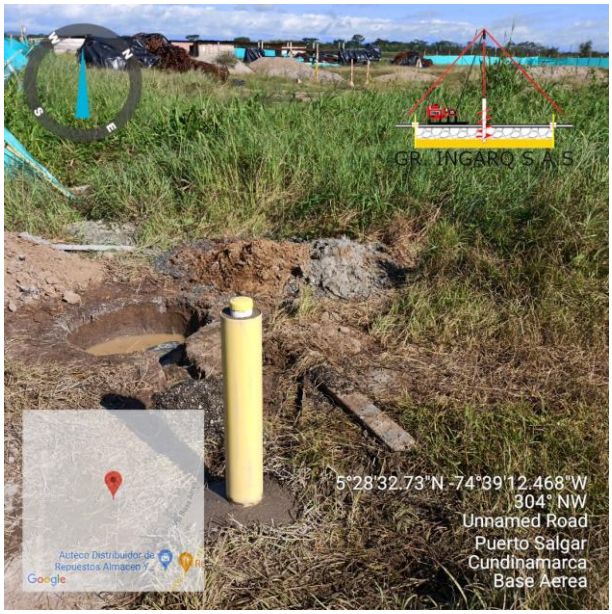






5. Desarrollo y lavado del piezómetro.





Nivel de agua

Cordial saludo

GUSTAVO ROYETT GALVAN
Director de proyecto
GR. INGARQ SAS
Gerente.