

DEPARTAMENTO ARAUCA

MUNICIPIO ARAUCA

"CONSULTORIA PARA EL ANALISIS Y DIAGNOSTICO DEL ESTADO ESTRUCTURAL Y DE LAS REDES HIDROSANITARIAS DE LA EDIFICACION INCLUYENDO LA EVALUACION DEL SISTEMA HIDRAULICO DEL SOTANO DEL PALACIO DE JUSTICIA NUEVO DE ARAUCA, UBICADO EN LA CALLE 21, Y LA ELABORACION DE UNA PROPUESTA TECNICA PARA LA OPTIMIZACION Y/O REPARACIONES NECESARIAS"

INFORME ESTUDIO DE SUELOS

FEBRERO 2025



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraucaconsultores@gmail.com - ixtanglobalingenieria@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89

MUNICIPIO DE ARAUCA, DEPARTAMENTO ARAUCA

PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA

SOLICITA: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES

FECHA	VERSIÓN	IDENTIFICACIÓN DEL CAMBIO
Febrero de 2025	1	Ajuste observaciones Interv.

 Ing. José Omar Torres		
Magíster en Geotecnia		
Elaboró	Revisó	Aprobó



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



607 549 88 26



316 721 54 89



utaraucaconsultores@gmail.com - ixtanglobalingenieria@gmail.com



San José de Cúcuta, marzo de 2025

**SEÑORES
UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES
L.C.**

Cordial saludo,

Adjunto a la presente el informe correspondiente a la exploración geotécnica realizada al lote donde se ubica la edificación del Palacio de Justicia de la ciudad de Arauca, En este encontrará los resultados de los sondeos efectuados, la caracterización geotécnica de los suelos mediante ensayos de laboratorio y los análisis de capacidad de carga.

Atentamente


ING. JOSÉ OMAR TORRES P.
Ing. Civil, Magister en Geotecnia U. Andes





CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVO Y ALCANCES	9
2.1. OBJETIVO	9
2.2. ALCANCES.....	9
3. LOCALIZACIÓN	10
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	12
4.1. DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES (Qal)	12
4.2. ESTRUCTURAL, BLOQUE DE ARAUCA.....	12
4.3. AMENAZA SISMICA DE LA ZONA.....	12
5. RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO	14
6. TRABAJOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	17
6.1. PERFIL DE SUELOS Y REGISTRO DE SONDEOS	18
6.2. NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS	27
6.3. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	27
7. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....	28
7.1. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS EN LA ZONA.....	28
7.2. PROPIEDADES ÍNDICE Y PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUELO	28
7.3. EXPANSIÓN Y PERMEABILIDAD DEL SUELO.....	30
7.4. EMPUJE DE TIERRAS	32
7.5. CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN NSR-10	32
8. ANÁLISIS DE CIMENTACION	33
8.1. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA Y DEFORMACIONES	33
9. LIMITACIONES	43
10. ANEXO 1. RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO.....	44
11. ANEXO 2. MEMORIA DE CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA Y ASIENTOS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES	92





AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraucaconsultores@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89

ixtanglobalingenieria@gmail.com



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del sector en estudio (Fuente Google Earth)	10
Figura 2. Localización detallada palacio de Justicia de Arauca (Fuente Google Earth)	11
Figura 3. Mapa de amenaza sísmica para Colombia	13
Figura 4. Corte longitudinal de la edificación existente. Se resalta en este caso la presencia del sótano que se localiza a 2.44m con respecto al nivel de la calle.	14
Figura 5. Corte transversal, donde se aprecia el desnivel del sótano con respecto a la calle 22.....	15
Figura 6. Fotografía satelital (Google Earth) donde se aprecia el proyecto con respecto al Rio Arauca.....	16
Figura 7. Localización sondeo 1, zona de sótano	17
Figura 8. Localización sondeo 2 y 3, zona de primer piso.....	18
Figura 9. Registro de Sondeo N°1.....	19
Figura 10. Registro de Sondeo N°2.....	21
Figura 11. Registro de Sondeo N°3.....	24
Figura 12. Variación de la humedad natural del suelo con respecto al límite líquido y plástico.	28
Figura 13. Variación del índice de Liquidez del suelo con la profundidad.	29
Figura 14. Variación de la consistencia relativa del suelo con la profundidad.....	29
Figura 15. Coeficiente de Permeabilidad (k), según el tipo de Suelo.	31
Figura 16. Carta de plasticidad para los sondeos geotécnicos	31
Figura 17. Esquema cimentación tipo	33





LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Trabajo de exploración realizado en el sitio de estudio	17
Tabla 2. Resumen de resultados de ensayos de laboratorio	27
Tabla 3. Potencial de Expansión del Suelo (NSR-10 Tabla H.9.1-1)	30
Tabla 4. Clasificación de suelos de acuerdo con la NSR-10	32



1. INTRODUCCIÓN

El presente informe comprende una descripción general de los suelos en la zona de estudio, e información geotécnica y geológica recopilada en las visitas de reconocimiento realizadas a la zona del proyecto y mediante la recopilación y análisis de información secundaria. El trabajo se desarrolló con base en el conocimiento geológico y geomorfológico de la región y en antecedentes de estudios anteriores en la zona, además de la información de sondeos geotécnicos realizados en campo y por medio de los ensayos de laboratorio efectuados para la caracterización geotécnica de los suelos presentes en el sitio.

Para el desarrollo del estudio, se desplazó al sitio el personal especializado, quien, al realizar la inspección y reconocimiento de campo, localizó los puntos para la exploración del subsuelo. Ésta se efectuó mediante equipo de perforación manual (Barrenos).



2. OBJETIVO Y ALCANCES

2.1. OBJETIVO

Realizar la exploración geotécnica para determinar el perfil de suelos del edificio donde funciona el palacio de justicia de la ciudad de Arauca en el departamento de Arauca.

2.2. ALCANCES

- Ejecutar la exploración de campo mediante barrenos manuales en la instalaciones del edificio de la sede del palacio de justicia de Arauca.
- Realizar la caracterización geotécnica de las muestras tomadas en los sondeos, mediante la realización de ensayos de laboratorio.
- Determinar las características físicas y mecánicas de los suelos levantados en los perfiles de los sondeos geotécnicos.
- Determinar la capacidad de carga y deformaciones para la cimentación del proyecto.



3. LOCALIZACIÓN

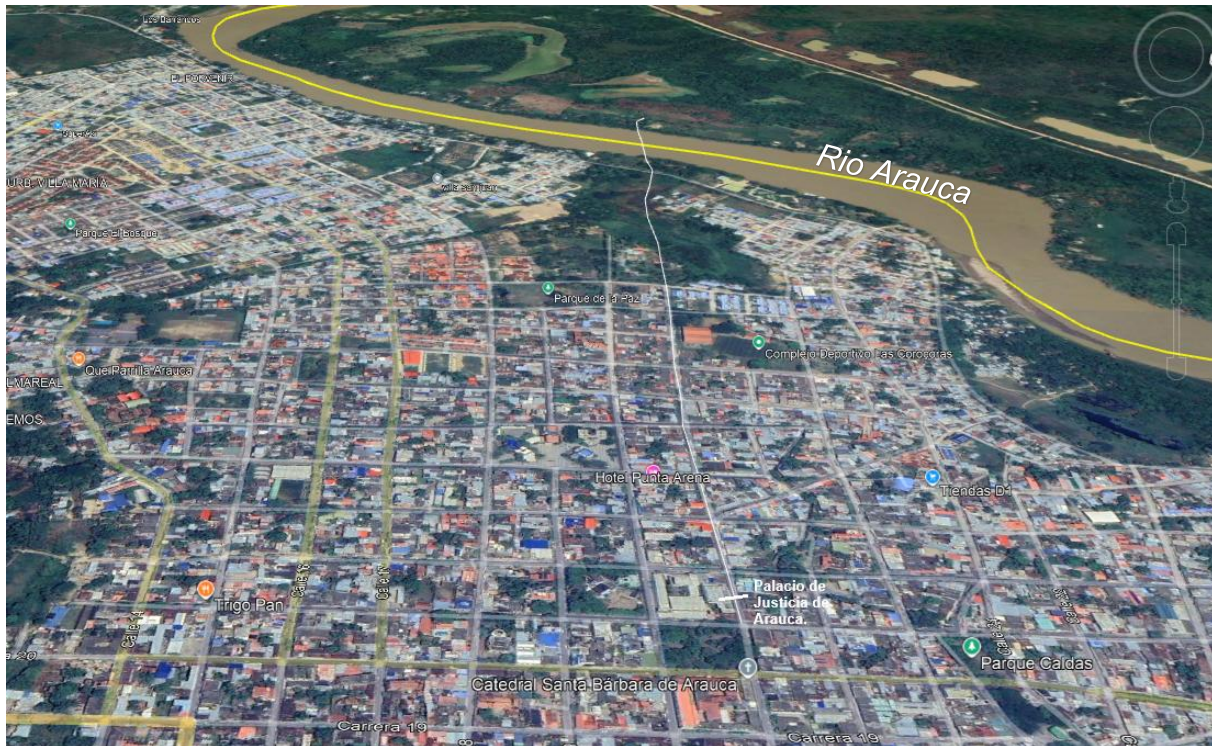


Figura 1. Localización del sector en estudio (Fuente Google Earth)



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



607 549 88



316 721 54 89



utaraucaconsultores@gmail.com - ixtanglobalingenieria@gmail.com

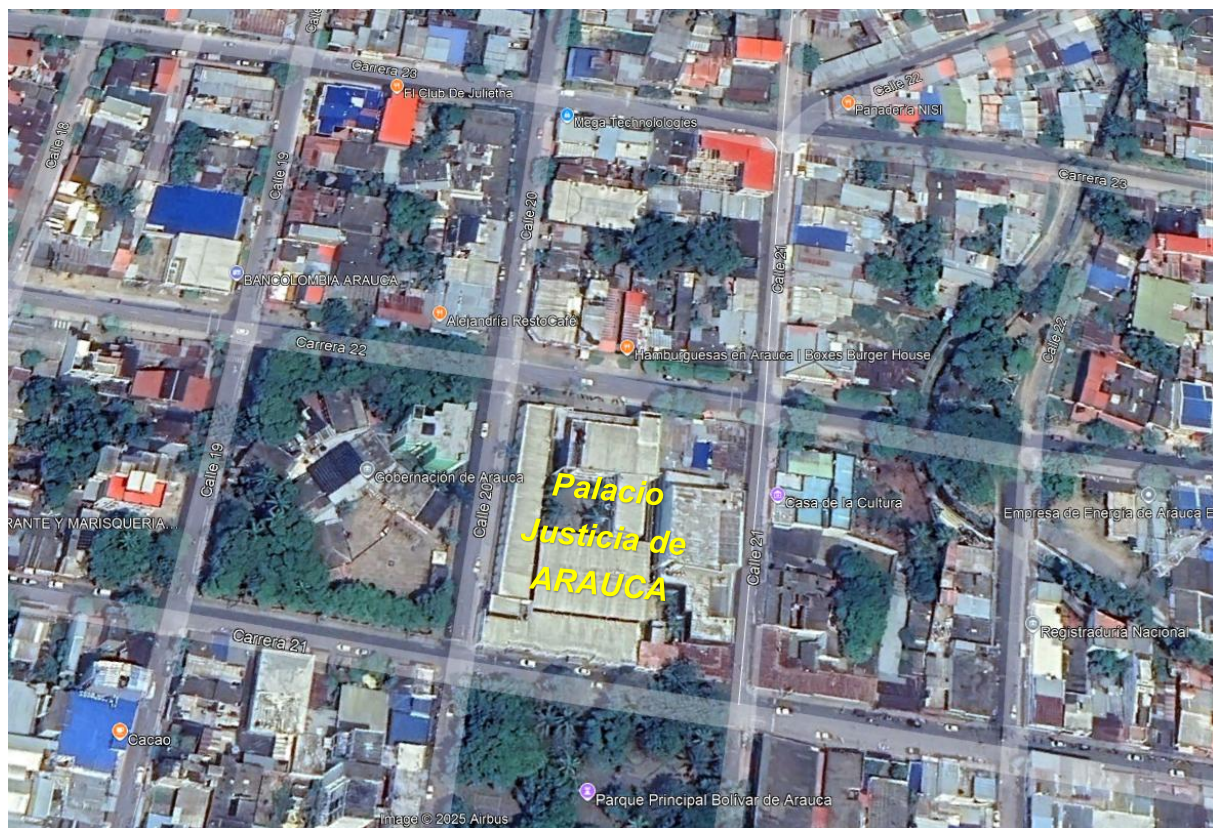


Figura 2. Localización detallada palacio de Justicia de Arauca (Fuente Google Earth)



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



607 549 88



316 721 54 89



utaraucaconsultores@gmail.com - ixtanglobalingenieria@gmail.com

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

En un marco geográfico regional, la zona de estudio corresponde a un sector de llanura aluvial, caracterizados por depósitos de suelo arcillosos, arenosos y gravas de los ríos que drenan la zona de estudio.

4.1. DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES (Qal)

Los depósitos aluviales recientes son aquellos dejados por los principales ríos formados por gravas y fragmentos de roca de las unidades que confirman el piedemonte llanero, Se ubican a lo largo y ancho del río Arauca.

4.2. ESTRUCTURAL, BLOQUE DE ARAUCA

El bloque de Arauca está localizado en la parte oriental del departamento, y ocupa cerca del 80% del área total, está caracterizado por una morfología plana limitada al oeste por la falla frontal del borde llanero. Se vislumbra alguna actividad tectónica; fotogeológicamente se observan algunos basculamientos de depósitos cuaternarios tipo terraza y algunos lineamientos.

La actividad neotectónica del Departamento de Arauca está representada en los movimientos del sistema de falla frontal del borde llanero, la cual está constituido por varias fallas subparalelas.

4.3. AMENAZA SISMICA DE LA ZONA

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

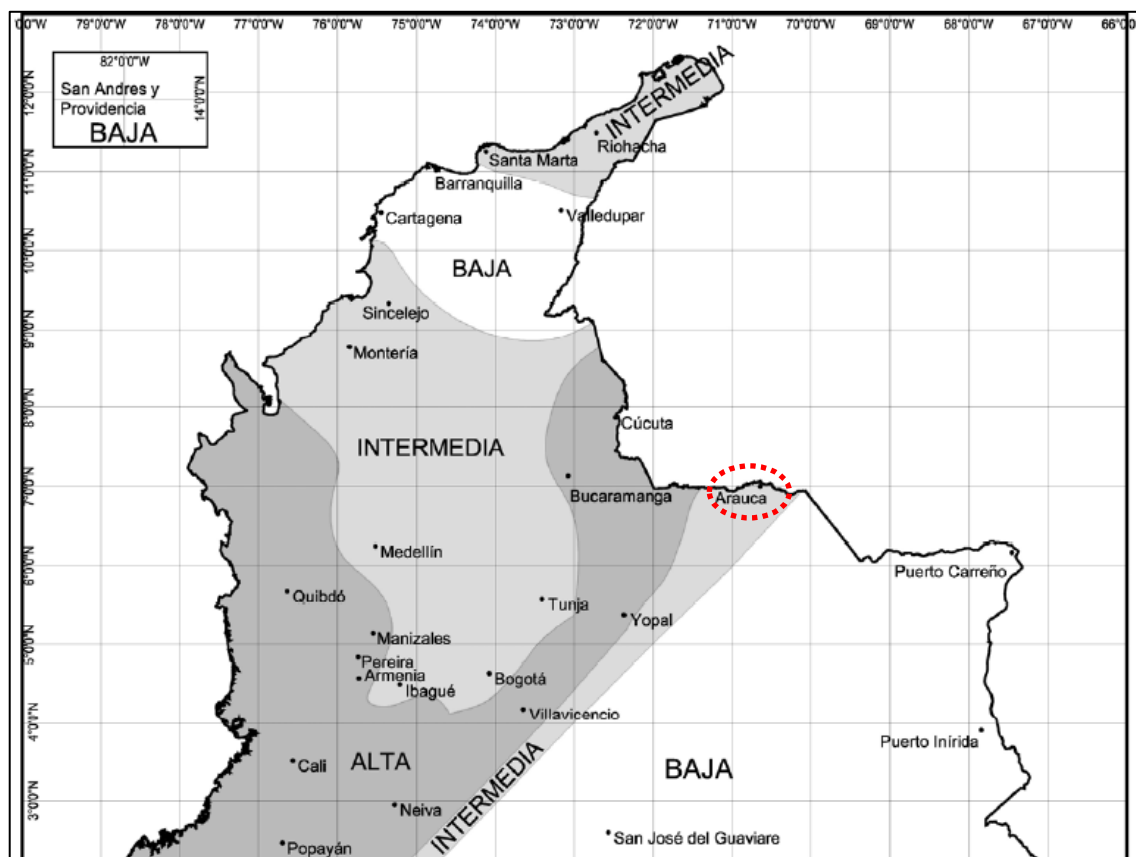
Para la zona de estudio se emplean los parámetros del Título A de la Norma NSR-10 para el **municipio de Arauca**, son los siguientes:





- Zona amenaza sísmica = Intermedia
- Coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva para diseño, $A_a = 0.15$
- Coeficiente de aceleración que representa la velocidad horizontal pico efectiva para diseño, $A_v = 0.15$
- Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva reducida para diseño con seguridad limitada, $A_e = 0.10$
- Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva, para el umbral de daño, $A_d = 0.04$
- Grupo de uso = II, Estructuras de ocupación especial
- Coeficiente de importancia, $I = 1.10$
- $F_a=1.5 / F_v=2.2$ (Coeficientes para la zona de periodos cortos e intermedios del espectro).

Figura 3. Mapa de amenaza sísmica para Colombia



Fuente: NSR-10. Figura A.2.3-1 – Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones.





5. RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO

Desde el punto de vista geotécnico la zona de estudio corresponde a un sector de topografía básicamente plana que corresponde al valle aluvial del Rio Arauca, presentado suelos arcillosos, arcillo arenosos, arenas y gravas. Los niveles freáticos en el suelo están influenciados por las crecientes del rio Arauca, situación que genera una afectación particular a la edificación existente, la cual tiene un sótano, el cual se ve inundando en periodos invernales del año al presentarse crecientes del Rio Arauca, las cuales incrementan los niveles freáticos.

Durante la inspección de campo, no se observan indicios de deformaciones o asentamientos del terreno que pueden afectar la estructura; en la zona del tanque de agua en el sótano, se observan grietas en el muro norte, que se asocian a la baja capacidad estructural de este muro.

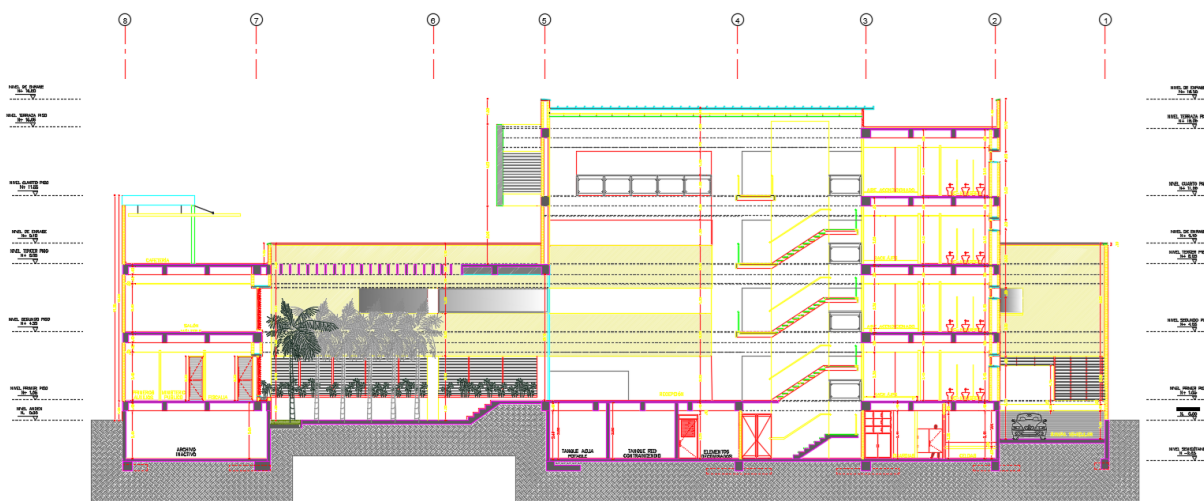


Figura 4. Corte longitudinal de la edificación existente. Se resalta en este caso la presencia del sótano que se localiza a 2.44m con respecto al nivel de la calle.



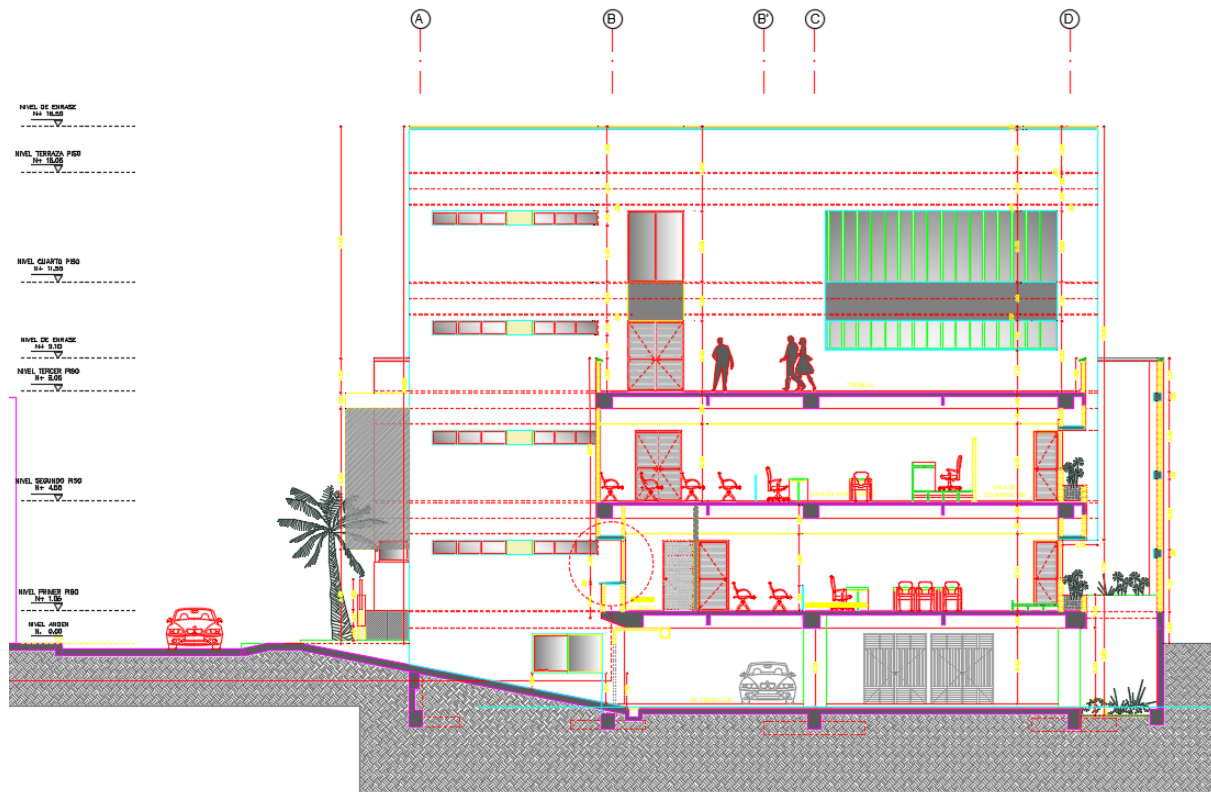


Figura 5. Corte transversal, donde se aprecia el desnivel del sótano con respecto a la calle 22.





Figura 6. Fotografía satelital (Google Earth) donde se aprecia el proyecto con respecto al Rio Arauca.

El nivel freático se presenta a una profundidad de 0.90m con respecto al nivel del sótano, al momento de la inspección de campo; sin embargo, este nivel fluctúa y sube en promedio mas de 1m, por lo cual se presenta inundación del sótano. Para controlar esta situación, deben incrementarse los sistema de bombeo para lograr manejar esta situación y mantener la funcionalidad del sótano. Esta situación se presenta en los periodos de invierno con el incremento del nivel de aguas en el Rio Arauca.



Una vez realizado el reconocimiento de campo, se determinaron los puntos para exploración geotécnica mediante sondeos. La **Figura 7 y 8** muestra la localización de la exploración geotécnica efectuada.

Tabla 1. Trabajo de exploración realizado en el sitio de estudio

SECTOR	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA EFECTUADA
Palacio de Justicia de Arauca	3 sondeos geotécnicos con barreno hasta una profundidad de 6m.

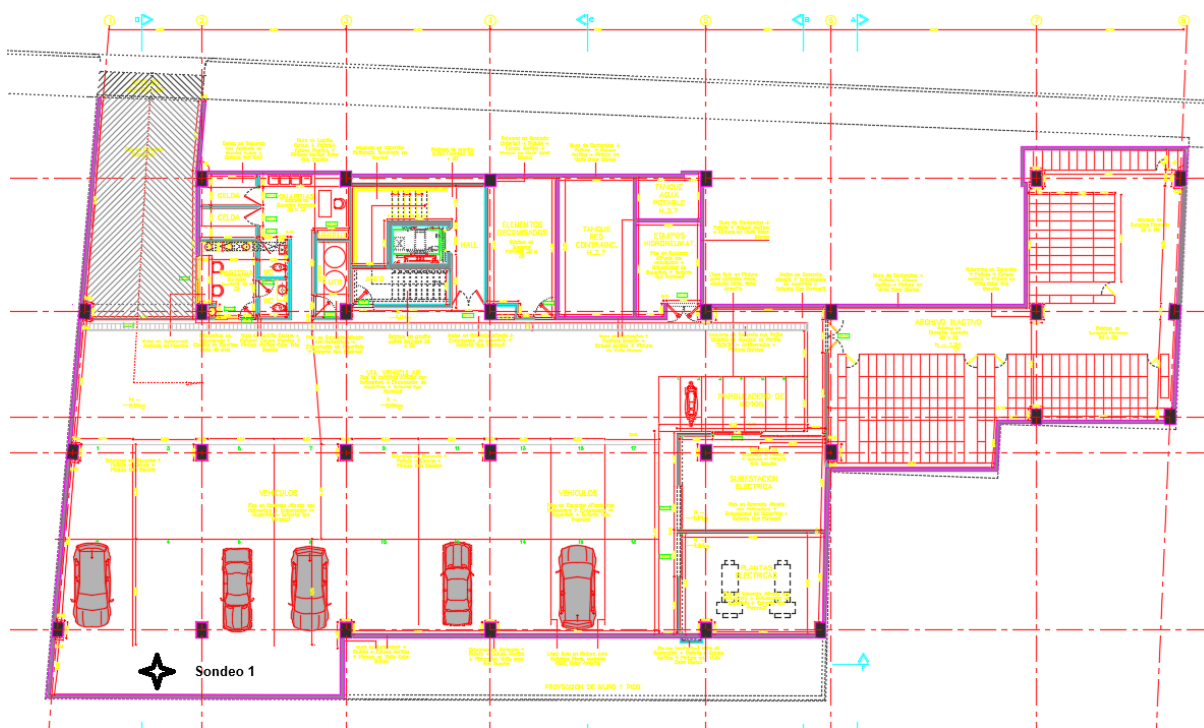


Figura 7. Localización sondeo 1, zona de sótano

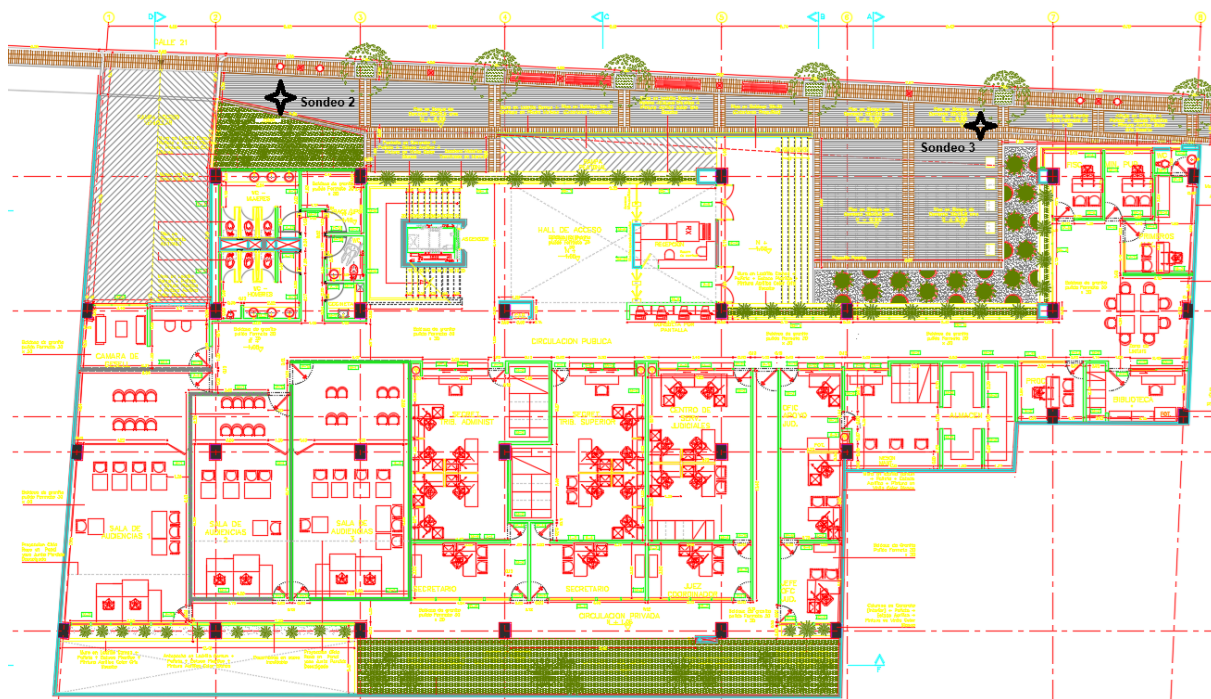


Figura 8. Localización sondeo 2 y 3, zona de primer piso

6.1. PERFIL DE SUELOS Y REGISTRO DE SONDEOS

El perfil de suelos en la zona de estudio está conformado por suelos finos arcillo arenosos y arenas, las cuales se extiende hasta los 6m de profundidad con respecto al nivel de la calle, la presencia del nivel freático y la poca cohesión de las arenas dificultó la toma de las muestras de suelo por debajo de los 5m de profundidad.



Figura 9. Registro de Sondeo N°1

[illegible]

	REGISTRO DE SONDEO		
	CÓDIGO: JOT-LB-F86	VERSIÓN: 04	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018
Basado en la Norma I.N.V.E - 111 - 2013			
PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA SOLICITANTE: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA			
SONDEO:	1	COORDENADAS:	ESTE - NORTE
PROFUNDIDAD:	3.00 m		
COTA DE FONDO DEL SONDEO:	-	COTA:	
UBICACIÓN:	MUNICIPIO DE ARAUCA, ARAUCA.	CLIMA:	
EQUIPO:	BARRENO MANUAL	OPERADOR:	REINALDO SEPULVEDA
		DIAMETRO DE PERFORACIÓN:	N.A.
UBICACION 		MUESTRA: M1 (0.37-1.00m) 	
MUESTRA: M2 (1.00-2.00m) 		LOCALIZACIÓN 	
OBSERVACIONES: NIVEL FREÁTICO: 0.90m.			
ELABORÓ: ING. KATHERINE ANAYA		APROBÓ: ING. MSc. JOSE OMAR TORRES	

Figura 10. Registro de Sondeo N°2

[illegible]

 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	REGISTRO DE SONDEO		
	CÓDIGO: JOT-LB-F86	VERSIÓN: 04	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018
Basado en la Norma I.N.V.E - 111 - 2013			
PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA			
SOLICITANTE: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA			
SONDEO:	2	COORDENADAS:	ESTE - -
PROFUNDIDAD:	6.00 m	NORTE:	-
COTA DE FONDO DEL SONDEO:	-	COTA:	-
UBICACIÓN:	MUNICIPIO DE ARAUCA, ARAUCA.	CLIMA:	-
EQUIPO:	BARRENO MANUAL	OPERADOR:	REINALDO SEPULVEDA
		DIAMETRO DE PERFORACIÓN:	N.A.

UBICACION 	MUESTRA: M1 (0.40-1.00m) 
MUESTRA: M2 (1.00-2.00m) 	MUESTRA: M3 (2.00-2.60m) 
MUESTRA: M4 (2.60-3.50m) 	MUESTRA: M5 (3.50-4.50m) 

OBSERVACIONES:

NIVEL FREÁTICO: Se registró a 3.00m de profundidad.

ELABORÓ: ING. KATHERINE ANAYA

APROBÓ: ING. MSc. JOSE OMAR TORRES

PÁG. 2 / 3



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraUCAconsultores@gmail.com



607 549 88 26

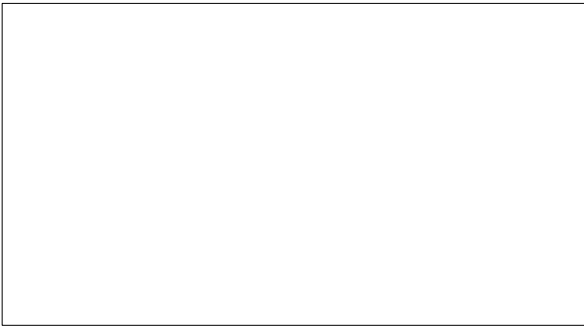
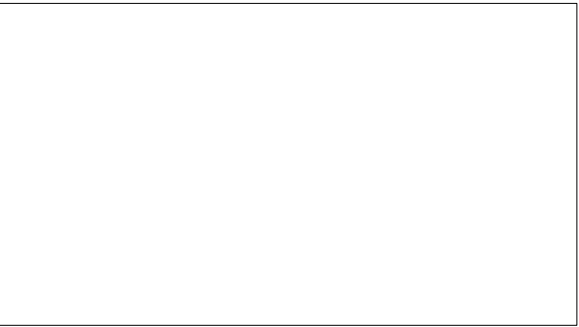


316 721 54 89

ixtanglobalingenieria@gmail.com



	REGISTRO DE SONDEO					
	CÓDIGO: JOT-LB-F86		VERSIÓN: 04		FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018	
Basado en la Norma I.N.V.E - 111 - 2013						
PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA						
SOLICITANTE: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA						
SONDEO:	2	COORDENADAS:	ESTE	-	FECHA DE INICIO:	30/01/2025
PROFUNDIDAD:	6.00 m		NORTE	-	HORA DE INICIO:	7:00 a.m.
COTA DE FONDO DEL SONDEO:	-		COTA	-	FECHA DE FIN:	30/01/2025
UBICACIÓN:	MUNICIPIO DE ARAUCA, ARAUCA.		CLIMA	-	HORA DE FIN:	12:00 p.m.
EQUIPO:	BARRENO MANUAL	OPERADOR:	REINALDO SEPULVEDA	DIAMETRO DE PERFORACIÓN:		N.A.

LOCALIZACIÓN	PERFIL DEL SUELO
	
	

OBSERVACIONES:

NIVEL FREÁTICO: Se registró a 3.00m de profundidad.

ELABORÓ: ING. KATHERINE ANAYA

APROBÓ: ING. MSc. JOSE OMAR TORRES



Figura 11. Registro de Sondeo N°3

[illegible]

 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	REGISTRO DE SONDEO		
	CÓDIGO: JOT-LB-F86	VERSIÓN: 04	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018
Basado en la Norma I.N.V.E - 111 - 2013			
PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA			
SOLICITANTE: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA			
SONDEO:	3	COORDENADAS:	ESTE - -
PROFUNDIDAD:	6.00 m	NORTE:	-
COTA DE FONDO DEL SONDEO:	-	COTA:	-
UBICACIÓN:	MUNICIPIO DE ARAUCA, ARAUCA.	CLIMA:	-
EQUIPO:	BARRENO MANUAL	OPERADOR:	REINALDO SEPULVEDA
		DIAMETRO DE PERFORACIÓN:	N.A.

UBICACION 	MUESTRA: M1 (0.40-1.00m) 
MUESTRA: M2 (1.00-2.00m) 	MUESTRA: M3 (2.00-2.50m) 
MUESTRA: M4 (2.50-3.10m) 	MUESTRA: M5 (3.10-5.00m) 

OBSERVACIONES:

NIVEL FREÁTICO: Se registró a 3.00m de profundidad.

ELABORÓ: ING. KATHERINE ANAYA

APROBÓ: ING. MSc. JOSE OMAR TORRES

PÁG. 2 / 3



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraucaconsultores@gmail.com



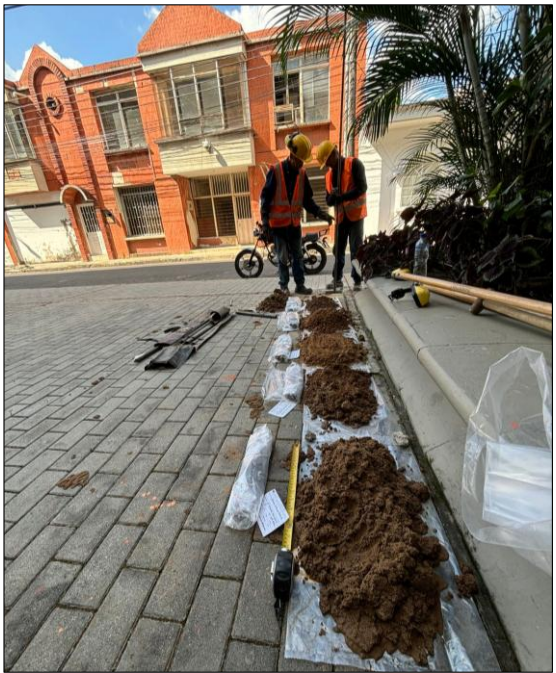
607 549 88 26



316 721 54 89

- ixtanglobalingenieria@gmail.com

 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	REGISTRO DE SONDEO		
	CÓDIGO: JOT-LB-F86	VERSIÓN: 04	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018
Basado en la Norma I.N.V.E - 111 - 2013			
PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA			
SOLICITANTE: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA			
SONDEO:	3	COORDENADAS:	ESTE -
PROFUNDIDAD:	6.00 m	NORTE:	-
COTA DE FONDO DEL SONDEO:	-	COTA:	-
UBICACIÓN:	MUNICIPIO DE ARAUCA, ARAUCA.	CLIMA:	-
EQUIPO:	BARRENO MANUAL	OPERADOR:	REINALDO SEPULVEDA
		DIAMETRO DE PERFORACIÓN:	N.A.

LOCALIZACIÓN 	PERFIL DEL SUELO 

OBSERVACIONES:

NIVEL FREÁTICO: Se registró a 3.00m de profundidad.

ELABORÓ: ING. KATHERINE ANAYA

APROBÓ: ING. MSc. JOSE OMAR TORRES

PÁG. 3 / 3



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraucaconsultores@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89

- ixtanglobalingenieria@gmail.com

6.2. NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS

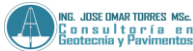
Durante la exploración del subsuelo se detectó nivel freático a una profundidad de 0.90m con respecto al nivel de sótano; este nivel fluctúa según los periodos de invierno e incremento del nivel de agua en el Rio Arauca.

6.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Una vez realizado el trabajo de exploración de campo, se procedió a ejecutar el muestreo de suelos para su caracterización mediante ensayos de laboratorio; dentro del programa de laboratorio se realizaron los siguientes ensayos:

- Humedad Natural (Basado en la norma INV E-122-13)
- Granulometría (Basado en la norma INV E-123-13)
- Límites de consistencia (Basado en la norma INV E-125-13, INV E-126-13)
- Compresión inconfiada y corte directo

Tabla 2. Resumen de resultados de ensayos de laboratorio

			RESUMEN DE RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO												
			CÓDIGO: JOT-LB-F85					VERSIÓN: 02			FECHA DE REVISIÓN: 23/05/2019				
PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA															
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES															
UBICACIÓN: MUNICIPIO DE ARAUCA															
FECHA: 5/02/2025															
SONDEO N°	Muestra N°	Profundidad (m)	USC	AASHTO	Wn	LL	LP	IP	% Gravas	% Arenas	% Finos	Qu (Kg/cm²)	Densidad (gr/cm³)	COHESION (Kg/cm²)	ANGULO DE FRICCIÓN (°)
SONDEO 1	M1	0.37 - 1.00	SM-SC	A-4(2)	20.59	18.00	13.00	5.00	3.80	51.20	45.00				
SONDEO 1	M2	1.00 - 2.00	SM	A-2-4(0)	18.95	NL	NP	NP	0.10	81.70	18.20				
SONDEO 2	M1	0.40 - 1.00	ML-CL	A-4(5)	15.53	19.00	15.00	4.00	0.10	38.30	61.60	1.11	1.810		
SONDEO 2	M2	1.00 - 2.00	ML	A-4(6)	17.59	22.00	19.00	3.00	0.80	35.70	63.50	0.68	1.709	0.39	20.40
SONDEO 2	M3	2.00 - 2.60	ML	A-4(4)	18.92	20.00	19.00	1.00	0.00	46.30	53.70			0.04	34.10
SONDEO 2	M4	2.60 - 3.50	SM	A-2-4(0)	19.80	NL	NP	NP	0.00	73.10	26.90				
SONDEO 2	M5	3.50 - 4.00	SP-SM	A-3(0)	20.79	NL	NP	NP	0.10	90.00	9.90				
SONDEO 3	M1	0.40 - 1.00	SM	A-4(1)	13.08	16.00	14.00	2.00	0.60	57.20	42.20	0.89	1.828	0.25	32.40
SONDEO 3	M2	1.00 - 2.00	SM	A-2-4(0)	12.08	16.50	16.19	0.31	4.10	65.00	30.90			0.21	27.50
SONDEO 3	M3	2.00 - 2.50	SM	A-2-4(0)	12.71	NL	NP	NP	0.00	77.40	22.60				
SONDEO 3	M4	2.50 - 3.10	SP-SM	A-3(0)	19.42	NL	NP	NP	0.10	91.60	8.30				
SONDEO 3	M5	3.10 - 5.00	SP	A-3(0)	23.25	NL	NP	NP	0.00	96.10	3.90			0.10	35.10
OBSERVACIONES:															
ELABORÓ: ING. KATHERINE ANAYA									APROBÓ: ING. JOSE OMAR TORRES P.						
FECHA DE EJECUCIÓN: 5/02/2025															



7. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

7.1. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS EN LA ZONA

Los suelos superficiales presentes en la zona de estudio corresponden a arenas limosas, clasificadas como SM según el sistema de clasificación unificada de los suelos y como A-2-4(0) según el sistema de clasificación de la AASHTO.

7.2. PROPIEDADES ÍNDICE Y PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUELO

Según se observa en la **Figura 12** la humedad natural del suelo está cercana a su límite plástico, lo cual confiere al suelo una consistencia media.

En general el comportamiento del suelo es básicamente granular y se presenta parcialmente saturado.

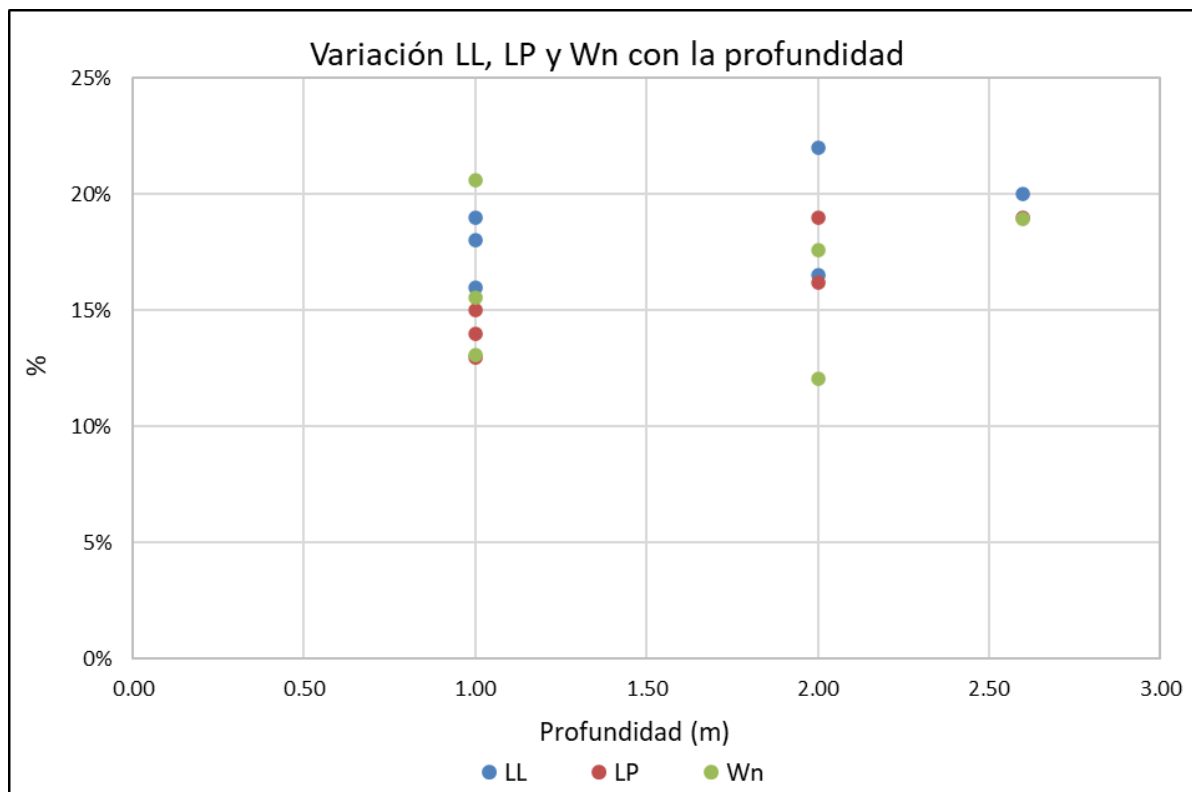


Figura 12. Variación de la humedad natural del suelo con respecto al límite líquido y plástico.



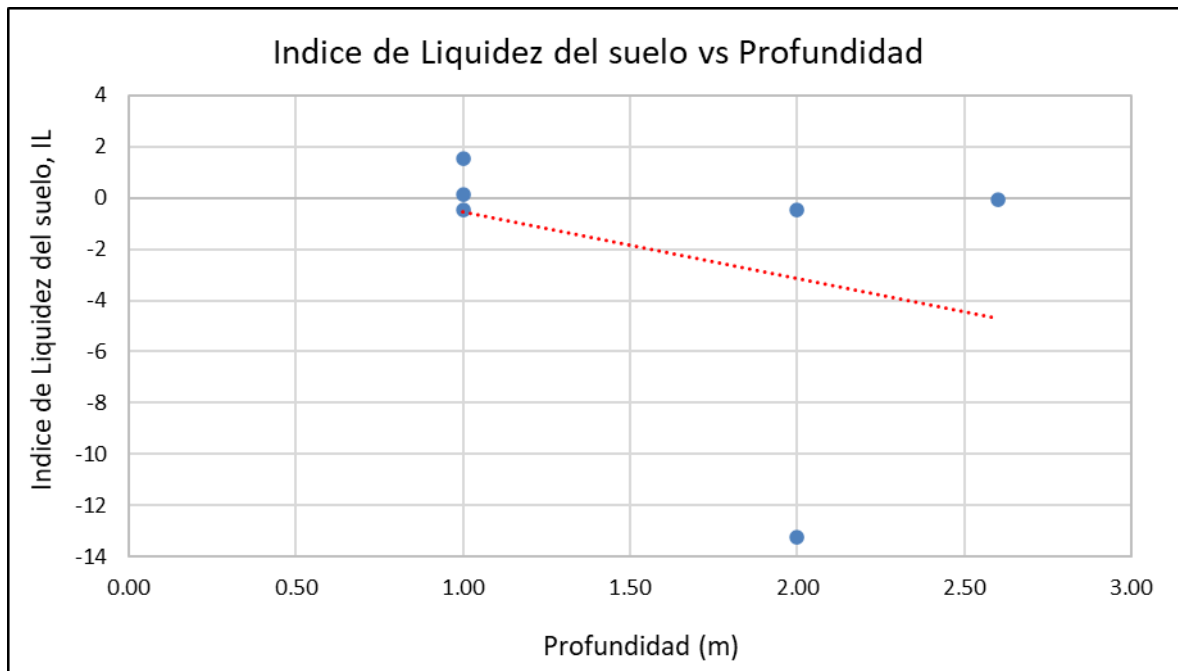


Figura 13. Variación del índice de Liquidez del suelo con la profundidad.

Según la **Figura 13**, con índices de liquidez del suelo inferior a cero, lo que indica un suelo sobreconsolidado.

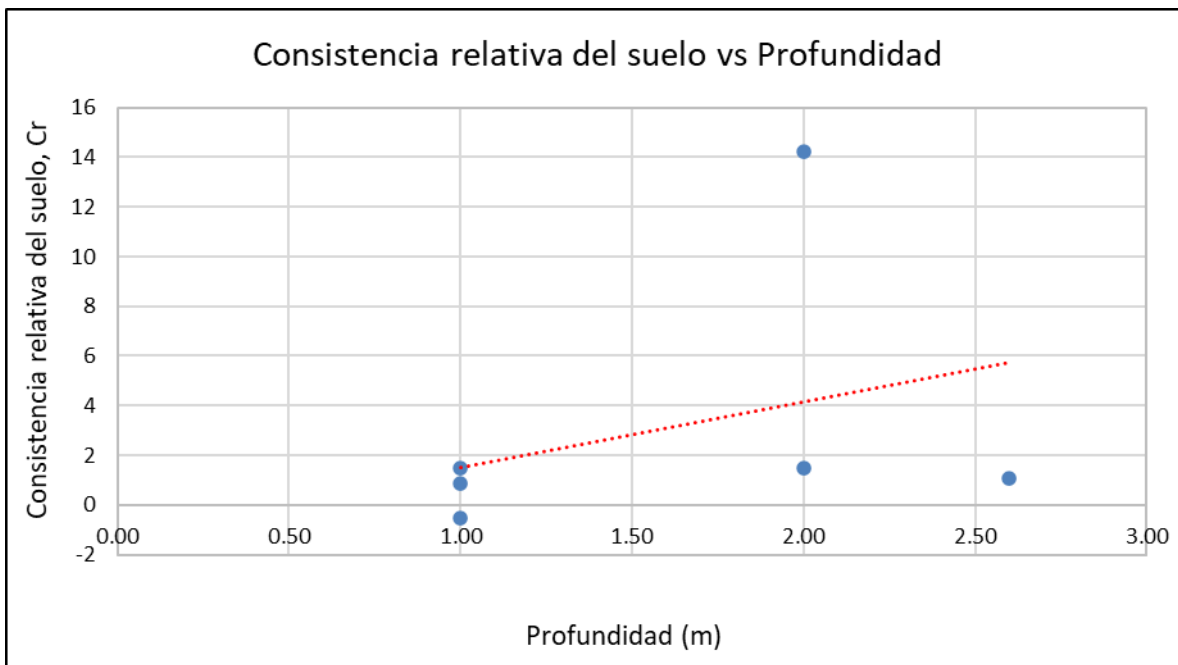


Figura 14. Variación de la consistencia relativa del suelo con la profundidad.



Según los valores de consistencia relativa, el suelo puede estar dentro de las siguientes condiciones:

- 0.00 < Cr < 0.25 Suelo muy blando
- 0.25 < Cr < 0.50 Suelo Blando
- 0.50 < Cr < 0.75 Suelo de consistencia media
- 0.75 < Cr < 1.00 Suelo de consistencia rígida

Para nuestro caso, la línea de tendencia de la **Figura 14** muestra un Cr para el suelo mayor a 1.00, lo que corresponde a un suelo de consistencia rígida, sobreconsolidado, esto controla las deformaciones por consolidación esperando solo deformaciones del tipo elástico inmediatas ocurridas básicamente durante la etapa de construcción de la edificación.

7.3. EXPANSIÓN Y PERMEABILIDAD DEL SUELO

Los suelos a nivel superficial presentan un potencial de cambio volumétrico BAJO. No se esperan mayores problemas a este respecto siempre y cuando se realicen las adecuadas medidas de drenaje y se controlen las filtraciones de agua al suelo de cimentación.

Según los resultados de los límites de consistencia, estos suelos presentan un potencial de *cambio volumétrico* “BAJO”, tal como lo establece la **Tabla 3**, ya que en los ensayos de laboratorio los valores de índice de plasticidad tienen un promedio de 2.55% y el límite líquido un promedio de 18.58%.

Tabla 3. Potencial de Expansión del Suelo (NSR-10 Tabla H.9.1-1)

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

La estructura predominantemente areno limosa del suelo es algo impermeable, sin embargo, se pueden presentar fisuras por contracción que incrementan la permeabilidad del suelo favoreciendo de manera indirecta la infiltración de aguas lluvias. La permeabilidad del suelo en este sector se puede considerar con un valor de coeficiente de permeabilidad (k) en 1×10^{-6} m/s respecto al rango de la **Figura 15**.

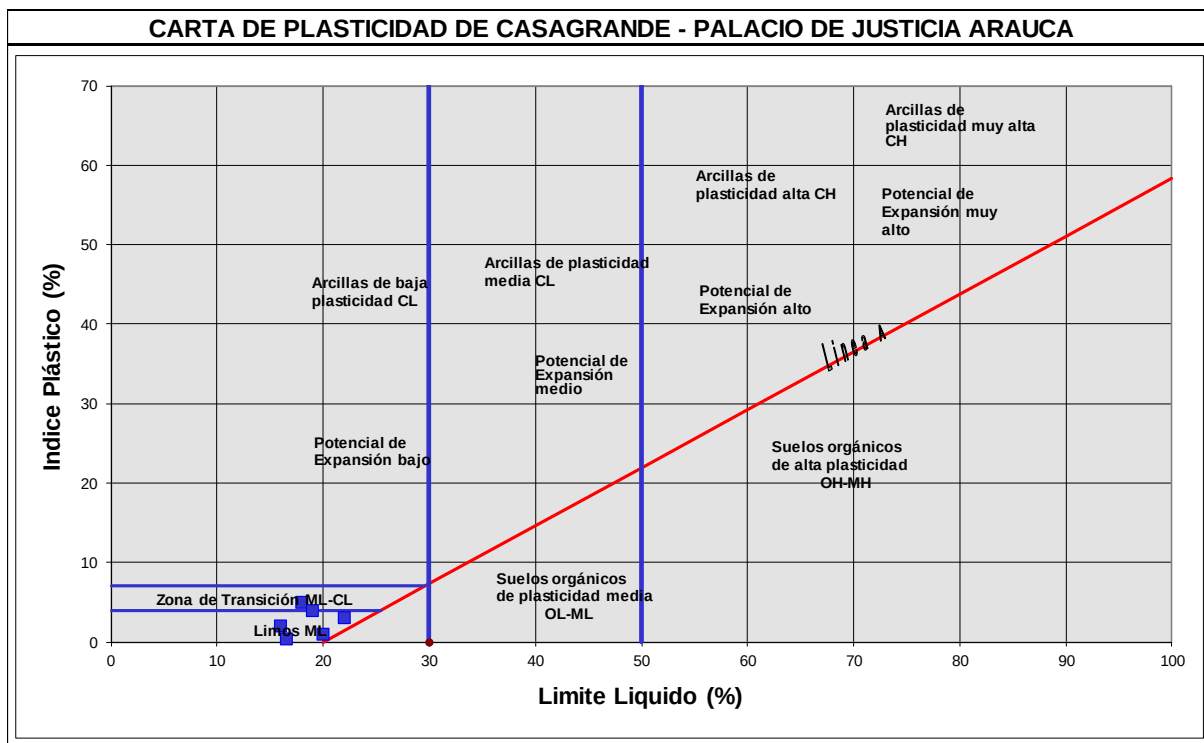




Figura 15. Coeficiente de Permeabilidad (k), según el tipo de Suelo.



Figura 16. Carta de plasticidad para los sondeos geotécnicos



7.4. EMPUJE DE TIERRAS

Para efectos del empuje de tierras considerar los siguientes parámetros:

- Coeficiente de empuje activo Rankine, $K_a=0.40$
- Densidad: 1.90 Ton/m^3
- Coeficiente de empuje dinámico: 0.45

7.5. CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN NSR-10

De acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, los suelos son clasificados de la siguiente forma:

Tabla 4. Clasificación de suelos de acuerdo con la NSR-10.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u$
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: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ($H > 3 \text{ m}$ para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.5 \text{ m}$ con Índice de Plasticidad $IP > 75$) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ($H > 36 \text{ m}$)	

Fuente: NSR-10. Tabla A.2.4-1 Clasificación de los perfiles de suelo

Los suelos encontrados durante la exploración geotécnica se pueden clasificar como **Perfil Tipo D**, que corresponde a **perfiles de suelos rígidos con valores de N_{spt} entre 15 a 50 golpes/pie y velocidad de onda cortante entre 180 a 360m/s.**



8. ANALISIS DE CIMENTACION

8.1. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA Y DEFORMACIONES

Cimentación Tipo: Zapatas de 2.00x2.00m aisladas con viga de amarre entre zapata y zapata (se presenta cuadro complementario con valores de capacidad de carga admisible para cimientos de B variable entre 1.5 a 3.0 y Df variable entre 2.0 a 3.0m)

Profundidad de Cimentación: 2.50m en el nivel de arenas limosas

Capacidad de carga admisible: 35 Ton/m²

Asentamiento elástico inmediato: 2.5cm

Perfil de suelos según NSR10: D

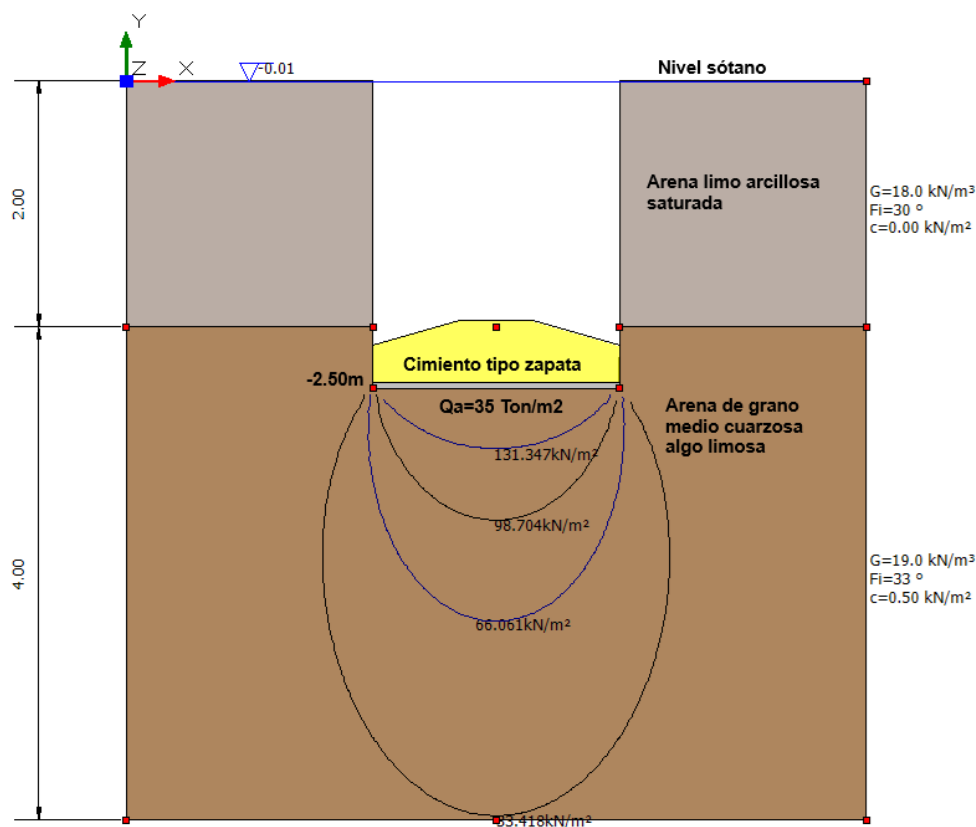
Nivel freático: El nivel freático coincide con el nivel del sótano.

Empuje Activo Ka: 0.33

Densidad: 18 KN/m³

Módulo de reacción del suelo: 5 kg/cm³

Figura 17. Esquema cimentación tipo



Variación de valores de capacidad de Carga (Qa en Ton/m2)

Dimension del cimiento	Df = 3.0 m	Df = 2.5m	Df = 2.0m
1.5 x 1.5 m	37.5	33.0	28.5
2.0 x 2.0 m	40.0	35.0	30.0
2.5 x 2.5 m	42.0	36.5	32.0

MAIN PARAMETERS

Normative	TITULO H (NSR10)
Foundation width	2.0 m
Foundation length	2.0 m
Depth of bearing surface	2.5 m
Embedded height	2.5 m
GWT depth	0.01

SOIL STRATIGRAPHY

Layer thickness [m]	Unit weight [kN/m³]	Saturated unit weight [kN/m³]	Angle of friction [°]	Cohesion [kN/m²]	Undrained cohesion [kN/m²]	Elastic modulus [kN/m²]	Oedometric modulus [kN/m²]	Poisson	Index of primary consolidation [cmq/s]	Index of secondary compression	Description
2.0	18.0	19.0	30.0	0.0	0.0	5000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4.0	19.0	20.0	33.0	0.5	0.0	10000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

Design loads acting on foundation

Nr.	Combination name	Design normal stress [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Type
1	A1+M1+R1	350.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Design
2	A2+M2+R2	350.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Design

Earthquake + Partial coef. soil geotechnical parameters + Resistances

Nr	Seismic correction	Tangent to angle of shearing resistance angle	Effective cohesion	Undrained cohesion	Unit weight in foundation	Overburden unit weight	Red. Coef. Vertical bearing capacity	Red. Coef. Horizontal bearing capacity
1	No	1	1	1	1	1	1	1
2	No	1	1	1	1	1	1	1

FOUNDATION BEARING CAPACITY COMBINATION... A1+M1+R1

Author: TERZAGHI (1955)



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraucaconsultores@gmail.com - ixtanglobalingenieria@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89

Bearing capacity [Qult]	1051.8 kN/m ²
Design resistance[Rd]	1051.8 kN/m ²
Pressure [Ed]	350.0 kN/m ²
Safety factor [Fs=Qult/Ed]	3.01
Verification conditions [Ed<=Rd]	Verified

BOWLE'S SUBGRADE COEFFICIENT (1982)
Costante di Winkler 42071.84 kN/m³

A1+M1+R1

Author: HANSEN (1970) (Drained conditions)

GEOTECHNICAL PARAMETERS

Unit weight	19.0 kN/m ³
Saturated unit weight	20.0 kN/m ³
Angle of friction	33.0 °
Cohesion	0.5 kN/m ²

Factor [Nq]	26.09
Factor [Nc]	38.64
Factor [Ng]	24.44
Form factor [Sc]	1.68
Depth factor [Dc]	1.36
Load inclination factor [Ic]	1.0
Slope inclination factor [Gc]	1.0
Base inclination factor [Bc]	1.0
Form factor [Sq]	1.65
Depth factor [Dq]	1.24
Load inclination factor [Iq]	1.0
Slope inclination factor [Gq]	1.0
Base inclination factor [Bq]	1.0
Form factor [Sg]	0.6
Depth factor [Dg]	1.0
Load inclination factor [Ig]	1.0
Slope inclination factor [Gg]	1.0
Base inclination factor [Bg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zq]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zc]	1.0

Bearing capacity	1452.64 kN/m ²
Design resistance	1452.64 kN/m ²

Verification conditions [Ed<=Rd] Verified



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraUCAconsultores@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89

- ixtanglobalingenieria@gmail.com



Author: TERZAGHI (1955) (Drained conditions)

=====

GEOTECHNICAL PARAMETERS

=====

Unit weight	19.0 kN/m ³
Saturated unit weight	20.0 kN/m ³
Angle of friction	33.0 °
Cohesion	0.5 kN/m ²

Factor [Nq]	32.23
Factor [Nc]	48.09
Factor [Ng]	31.99
Form factor [Sc]	1.3
Form factor [Sg]	0.8
Inertial factor of seismic correction [zq]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zc]	1.0

Bearing capacity	1051.8 kN/m ²
Design resistance	1051.8 kN/m ²

Verification conditions [Ed<=Rd] Verified

=====

Author: MEYERHOF (1963) (Drained conditions)

=====

GEOTECHNICAL PARAMETERS

=====

Unit weight	19.0 kN/m ³
Saturated unit weight	20.0 kN/m ³
Angle of friction	33.0 °
Cohesion	0.5 kN/m ²

Factor [Nq]	26.09
Factor [Nc]	38.64
Factor [Ng]	26.17
Form factor [Sc]	1.68
Depth factor [Dc]	1.46
Load inclination factor [Ic]	1.0
Form factor [Sq]	1.34
Depth factor [Dq]	1.23
Load inclination factor [Iq]	1.0
Form factor [Sg]	1.34
Depth factor [Dg]	1.23
Load inclination factor [Ig]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zq]	1.0



Inertial factor of seismic correction [zg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zc]	1.0
=====	
Bearing capacity	1500.0 kN/m ²
Design resistance	1500.0 kN/m ²
Verification conditions [Ed<=Rd]	Verified
=====	

Author: VESIC (1975) (Drained conditions)

=====

GEOTECHNICAL PARAMETERS

=====

Unit weight	19.0 kN/m ³
Saturated unit weight	20.0 kN/m ³
Angle of friction	33.0 °
Cohesion	0.5 kN/m ²
=====	
Factor [Nq]	26.09
Factor [Nc]	38.64
Factor [Ng]	35.19
Form factor [Sc]	1.68
Depth factor [Dc]	1.25
Load inclination factor [Ic]	1.0
Slope inclination factor [Gc]	1.0
Base inclination factor [Bc]	1.0
Form factor [Sq]	1.65
Depth factor [Dq]	1.24
Load inclination factor [Iq]	1.0
Slope inclination factor [Gq]	1.0
Base inclination factor [Bq]	1.0
Form factor [Sg]	0.6
Depth factor [Dg]	1.0
Load inclination factor [Ig]	1.0
Slope inclination factor [Gg]	1.0
Base inclination factor [Bg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zq]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zc]	1.0
=====	
Bearing capacity	1514.87 kN/m ²
Design resistance	1514.87 kN/m ²
Verification conditions [Ed<=Rd]	Verified
=====	



Author: Brinch - Hansen 1970 (Drained conditions)

=====

GEOTECHNICAL PARAMETERS

=====

Unit weight	19.0 kN/m ³
Saturated unit weight	20.0 kN/m ³
Angle of friction	33.0 °
Cohesion	0.5 kN/m ²

=====

Factor [Nq]	26.09
Factor [Nc]	38.64
Factor [Ng]	32.59
Form factor [Sc]	1.57
Depth factor [Dc]	1.25
Load inclination factor [Ic]	1.0
Slope inclination factor [Gc]	1.0
Base inclination factor [Bc]	1.0
Form factor [Sq]	1.54
Depth factor [Dq]	1.24
Load inclination factor [Iq]	1.0
Slope inclination factor [Gq]	1.0
Base inclination factor [Bq]	1.0
Form factor [Sg]	0.7
Depth factor [Dg]	1.0
Load inclination factor [Ig]	1.0
Slope inclination factor [Gg]	1.0
Base inclination factor [Bg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zq]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zc]	1.0

=====

Bearing capacity	1449.59 kN/m ²
Design resistance	1449.59 kN/m ²

Verification conditions [Ed<=Rd] Verified

=====

A2+M2+R2

Author: HANSEN (1970) (Drained conditions)

=====

GEOTECHNICAL PARAMETERS

=====

Unit weight	19.0 kN/m ³
Saturated unit weight	20.0 kN/m ³
Angle of friction	33.0 °
Cohesion	0.5 kN/m ²

=====

Factor [Nq]	26.09
-------------	-------



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraucaconsultores@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89

- ixtanglobalingenieria@gmail.com

Factor [Nc]	38.64
Factor [Ng]	24.44
Form factor [Sc]	1.68
Depth factor [Dc]	1.36
Load inclination factor [Ic]	1.0
Slope inclination factor [Gc]	1.0
Base inclination factor [Bc]	1.0
Form factor [Sq]	1.65
Depth factor [Dq]	1.24
Load inclination factor [Iq]	1.0
Slope inclination factor [Gq]	1.0
Base inclination factor [Bq]	1.0
Form factor [Sg]	0.6
Depth factor [Dg]	1.0
Load inclination factor [Ig]	1.0
Slope inclination factor [Gg]	1.0
Base inclination factor [Bg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zq]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zc]	1.0

Bearing capacity	1452.64 kN/m ²
Design resistance	1452.64 kN/m ²

Verification conditions [Ed≤Rd] Verified

Author: TERZAGHI (1955) (Drained conditions)

GEOTECHNICAL PARAMETERS

Unit weight	19.0 kN/m ³
Saturated unit weight	20.0 kN/m ³
Angle of friction	33.0 °
Cohesion	0.5 kN/m ²

Factor [Nq]	32.23
Factor [Nc]	48.09
Factor [Ng]	31.99
Form factor [Sc]	1.3
Form factor [Sg]	0.8
Inertial factor of seismic correction [zq]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zc]	1.0

Bearing capacity	1051.8 kN/m ²
Design resistance	1051.8 kN/m ²



Verification conditions [Ed<=Rd] Verified

Author: MEYERHOF (1963) (Drained conditions)

GEOTECHNICAL PARAMETERS

Unit weight	19.0 kN/m ³
Saturated unit weight	20.0 kN/m ³
Angle of friction	33.0 °
Cohesion	0.5 kN/m ²

Factor [Nq]	26.09
Factor [Nc]	38.64
Factor [Ng]	26.17
Form factor [Sc]	1.68
Depth factor [Dc]	1.46
Load inclination factor [Ic]	1.0
Form factor [Sq]	1.34
Depth factor [Dq]	1.23
Load inclination factor [Iq]	1.0
Form factor [Sg]	1.34
Depth factor [Dg]	1.23
Load inclination factor [Ig]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zq]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zc]	1.0

Bearing capacity	1500.0 kN/m ²
Design resistance	1500.0 kN/m ²

Verification conditions [Ed<=Rd] Verified

Author: VESIC (1975) (Drained conditions)

GEOTECHNICAL PARAMETERS

Unit weight	19.0 kN/m ³
Saturated unit weight	20.0 kN/m ³
Angle of friction	33.0 °
Cohesion	0.5 kN/m ²

Factor [Nq]	26.09
Factor [Nc]	38.64
Factor [Ng]	35.19
Form factor [Sc]	1.68



Depth factor [Dc]	1.25
Load inclination factor [Ic]	1.0
Slope inclination factor [Gc]	1.0
Base inclination factor [Bc]	1.0
Form factor [Sq]	1.65
Depth factor [Dq]	1.24
Load inclination factor [Iq]	1.0
Slope inclination factor [Gq]	1.0
Base inclination factor [Bq]	1.0
Form factor [Sg]	0.6
Depth factor [Dg]	1.0
Load inclination factor [Ig]	1.0
Slope inclination factor [Gg]	1.0
Base inclination factor [Bg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zq]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zc]	1.0
=====	
Bearing capacity	1514.87 kN/m ²
Design resistance	1514.87 kN/m ²
Verification conditions [Ed<=Rd]	Verified
=====	

Author: Brinch - Hansen 1970 (Drained conditions)

=====

GEOTECHNICAL PARAMETERS

=====

Unit weight	19.0 kN/m ³
Saturated unit weight	20.0 kN/m ³
Angle of friction	33.0 °
Cohesion	0.5 kN/m ²
=====	
Factor [Nq]	26.09
Factor [Nc]	38.64
Factor [Ng]	32.59
Form factor [Sc]	1.57
Depth factor [Dc]	1.25
Load inclination factor [Ic]	1.0
Slope inclination factor [Gc]	1.0
Base inclination factor [Bc]	1.0
Form factor [Sq]	1.54
Depth factor [Dq]	1.24
Load inclination factor [Iq]	1.0
Slope inclination factor [Gq]	1.0
Base inclination factor [Bq]	1.0
Form factor [Sg]	0.7
Depth factor [Dg]	1.0



Load inclination factor [Ig]	1.0
Slope inclination factor [Gg]	1.0
Base inclination factor [Bg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zq]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zg]	1.0
Inertial factor of seismic correction [zc]	1.0
=====	
Bearing capacity	1449.59 kN/m ²
Design resistance	1449.59 kN/m ²
=====	
Verification conditions [Ed<=Rd]	Verified
=====	

ELASTIC SETTLEMENT

=====	
Design normal stress	350.0 kN/m ²
Layer thickness	3.0 m
Rock substrate depth	3.0 m
Elastic modulus	10000.0 kN/m ²
Poisson's ratio	0.35
=====	
Influence coefficient I1	0.36
=====	
Influence coefficient I2	0.05
Influence coefficient Is	0.39
=====	
Settlement at foundation centre	25.53 mm
=====	
Influence coefficient I1	0.22
Influence coefficient I2	0.07
Influence coefficient Is	0.26
Settlement at edge	8.57 mm
=====	



9. LIMITACIONES

1. Las recomendaciones presentadas en este estudio han resultado del trabajo desarrollado en campo y en laboratorio. Al momento de la inspección de campo, no se observaron situaciones en la edificación que pueden inducir deformaciones por asentamientos del terreno.
2. EL alcance de este estudio corresponde a un análisis de la edificación existente, proyectando un método de exploración menos invasivo debido a la funcionalidad actual de la edificación. Este método se pretende llegar a una profundidad máxima de exploración de 6m, de tal forma de poder brindar información para el análisis estructural en cuanto a la capacidad portante del suelo.



10.ANEXO 1. RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO

 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL								
	CÓDIGO: JOT-LB-F60	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018						
PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES UBICACIÓN: MUNICIPIO DE ARAUCA FECHA: 5/02/2025									
SONDEO N°	MUESTRA N°	PROFUNDIDAD (m)	RECIPIENTE N°	PESO EN GRAMOS					% HUMEDAD
				RECIPIENTE	RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	RECIPIENTE + SUELO SECO	AGUA	SUELO SECO	
SONDEO 1	M1	0.37 - 1.00	69	95.40	845.00	717.00	128.0	621.6	20.59
SONDEO 1	M2	1.00 - 2.00	18	105.20	601.00	522.00	79.0	416.8	18.95
SONDEO 2	M1	0.40 - 1.00	240	118.20	691.00	614.00	77.0	495.8	15.53
SONDEO 2	M2	1.00 - 2.00	30	95.10	650.00	567.00	83.0	471.9	17.59
SONDEO 2	M3	2.00 - 2.60	31	95.90	869.00	746.00	123.0	650.1	18.92
SONDEO 2	M4	2.60 - 3.50	14	103.90	727.00	624.00	103.0	520.1	19.80
SONDEO 2	M5	3.50 - 4.00	15	105.40	756.00	644.00	112.0	538.6	20.79
SONDEO 3	M1	0.40 - 1.00	40	96.10	710.00	639.00	71.0	542.9	13.08
SONDEO 3	M2	1.00 - 2.00	37	94.30	623.00	566.00	57.0	471.7	12.08
SONDEO 3	M3	2.00 - 2.50	33	95.40	796.00	717.00	79.0	621.6	12.71
SONDEO 3	M4	2.50 - 3.10	12	93.60	567.00	490.00	77.0	396.4	19.42
SONDEO 3	M5	3.10 - 5.00	11	91.80	500.00	423.00	77.0	331.2	23.25
OBSERVACIONES:									
ELABORÓ: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO APROBÓ: ING. MSc. JOSE OMAR TORRES									

PÁG. 1 / 1



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraucaconsultores@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89

ixtanglobalingenieria@gmail.com



ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos		ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS																																																																																																							
CÓDIGO: JOT-LB-F55		VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018																																																																																																						
SITUACION: SONDEO 1	Peso Total: 621.3 grs	Descripción: Arena limoarcillosa																																																																																																							
MUESTRA : 0,37-1,00m	Pasa No 4 597.9 grs	LL : 18.0 USC : SM-SC																																																																																																							
	Fracción Fina : 100.0 grs	IP : 5.0 AASHO : A-4 (2)																																																																																																							
<table border="1"><thead><tr><th>GRAVAS</th><th>ARENA</th><th>LIMO Y/O ARCILLA</th></tr></thead><tbody><tr><td colspan="3"> CURVA GRANULOMETRICA Porcentaje que pasa Diámetro de la Partícula en mm </td></tr></tbody></table>		GRAVAS	ARENA	LIMO Y/O ARCILLA	CURVA GRANULOMETRICA Porcentaje que pasa Diámetro de la Partícula en mm			<table border="1"><thead><tr><th>Tamiz</th><th>Peso Ret.</th><th>% Ret. indiv.</th><th>% Ret.</th><th>% Pasa</th></tr></thead><tbody><tr><td>3"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2 - 1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1 - 1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3/4"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr><tr><td>1/2"</td><td>19.3</td><td>3.1</td><td>3.1</td><td>96.9</td></tr><tr><td>3/8"</td><td>1.5</td><td>0.2</td><td>3.3</td><td>96.7</td></tr><tr><td>No. 4</td><td>2.6</td><td>0.4</td><td>3.8</td><td>96.2</td></tr><tr><td>No. 10</td><td>1.3</td><td>1.3</td><td>5.0</td><td>95.0</td></tr><tr><td>No. 40</td><td>8.5</td><td>8.2</td><td>13.2</td><td>86.8</td></tr><tr><td>No. 60</td><td>21.7</td><td>20.9</td><td>34.1</td><td>65.9</td></tr><tr><td>No. 100</td><td>9.7</td><td>9.3</td><td>43.4</td><td>56.6</td></tr><tr><td>No. 200</td><td>12.0</td><td>11.5</td><td>55.0</td><td>45.0</td></tr><tr><td>Fondo</td><td>46.8</td><td>45.0</td><td>100.0</td><td>0.0</td></tr><tr><td colspan="2">Cu=</td><td colspan="2">Gravas</td><td>3.8</td></tr><tr><td colspan="2">Cc=</td><td colspan="2">Arenas</td><td>51.2</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">Finos</td><td>45.0</td></tr></tbody></table>			Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv.	% Ret.	% Pasa	3"					2 - 1/2"					2"					1 - 1/2"					1"					3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0	1/2"	19.3	3.1	3.1	96.9	3/8"	1.5	0.2	3.3	96.7	No. 4	2.6	0.4	3.8	96.2	No. 10	1.3	1.3	5.0	95.0	No. 40	8.5	8.2	13.2	86.8	No. 60	21.7	20.9	34.1	65.9	No. 100	9.7	9.3	43.4	56.6	No. 200	12.0	11.5	55.0	45.0	Fondo	46.8	45.0	100.0	0.0	Cu=		Gravas		3.8	Cc=		Arenas		51.2			Finos		45.0
GRAVAS	ARENA	LIMO Y/O ARCILLA																																																																																																							
CURVA GRANULOMETRICA Porcentaje que pasa Diámetro de la Partícula en mm																																																																																																									
Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv.	% Ret.	% Pasa																																																																																																					
3"																																																																																																									
2 - 1/2"																																																																																																									
2"																																																																																																									
1 - 1/2"																																																																																																									
1"																																																																																																									
3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0																																																																																																					
1/2"	19.3	3.1	3.1	96.9																																																																																																					
3/8"	1.5	0.2	3.3	96.7																																																																																																					
No. 4	2.6	0.4	3.8	96.2																																																																																																					
No. 10	1.3	1.3	5.0	95.0																																																																																																					
No. 40	8.5	8.2	13.2	86.8																																																																																																					
No. 60	21.7	20.9	34.1	65.9																																																																																																					
No. 100	9.7	9.3	43.4	56.6																																																																																																					
No. 200	12.0	11.5	55.0	45.0																																																																																																					
Fondo	46.8	45.0	100.0	0.0																																																																																																					
Cu=		Gravas		3.8																																																																																																					
Cc=		Arenas		51.2																																																																																																					
		Finos		45.0																																																																																																					
PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ:																																																																																																							
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.																																																																																																							
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025																																																																																																								

PÁG. 1 / 1



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraucaconsultores@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89

ixtanglobalingenieria@gmail.com

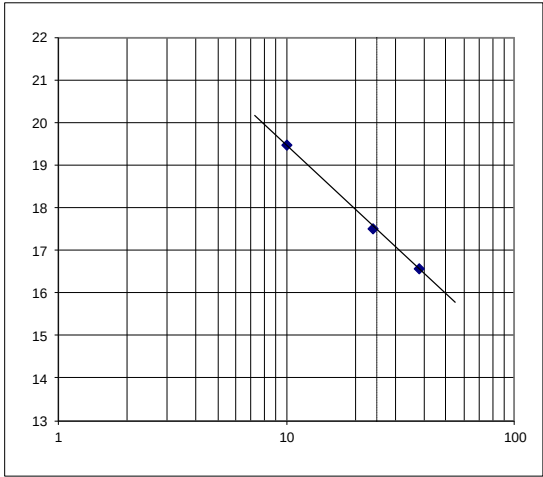
 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoria en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	CÓDIGO: JOT-LB-F61	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION: SONDEO 1
DESCRIPCION : Arena limoarcillosa
MUESTRA: 0,37-1,00m

LIMITE LIQUIDO					GRADACION	
No. de golpes	38	24	10			
Recipiente N°	314	8	317			
Peso Recip. (g)	14.60	15.40	14.80			
P1	64.49	61.70	65.10			
P2	57.40	54.80	56.90			
% Humedad	16.57	17.51	19.48			

LIMITE PLASTICO				RESULTADOS	
Recipiente N°	185	119			
Peso Recip. (g)	14.50	15.30			
P1	46.40	44.14			
P2	42.70	40.80			
% Humedad	13.12	13.10			

LIMITE LIQUIDO



Nro. de golpes

CLASIFICACION DEL SUELO

INDICE DE GRUPO -2 %

A.A.S.H.O. A-4

U.S.C.S. SM-SC

OBSERVACIONES

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025	

PAG. 1 / 1



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraucaconsultores@gmail.com - ixtanglobalingenieria@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89

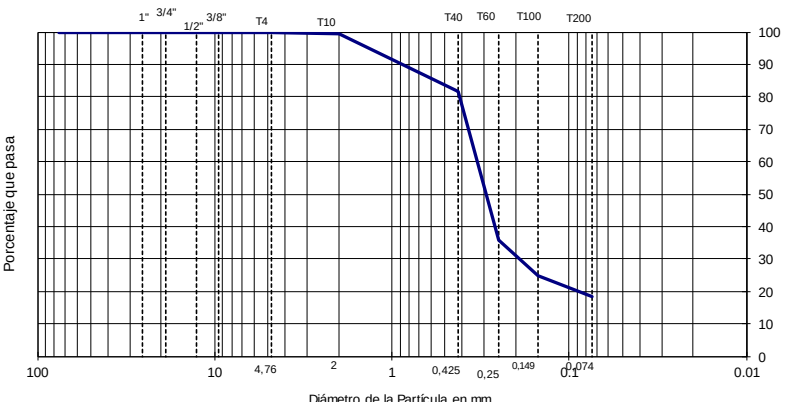


	ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
	CÓDIGO: JOT-LB-F55	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION:	SONDEO 1	Peso Total:	416.8 grs	Descripción: Arena limosa LL : NL USC : SM IP : NP AASHTO : A-2-4 0
MUESTRA :	M2 (1,00-2,00m)	Pasa No 4	416.5 grs	
		Fracción Fina :	100.0 grs	

GRAVAS	ARENA	LIMO Y/O ARCILLA
--------	-------	------------------

CURVA GRANULOMETRICA



Porcentaje que pasa

Diámetro de la Partícula en mm

Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv.	% Ret.	% Pasa
3"				
2 - 1/2"				
2"				
1 - 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0
No. 4	0.3	0.1	0.1	99.9
No. 10	0.6	0.6	0.7	99.3
No. 40	17.9	17.9	18.6	81.4
No. 60	45.5	45.5	64.0	36.0
No. 100	11.1	11.1	75.1	24.9
No. 200	6.7	6.7	81.8	18.2
Fondo	18.2	18.2	100.0	0.0
Cu=	Gravas		0.1	
Cc=	Arenas		81.7	
	Finos		18.2	

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025	



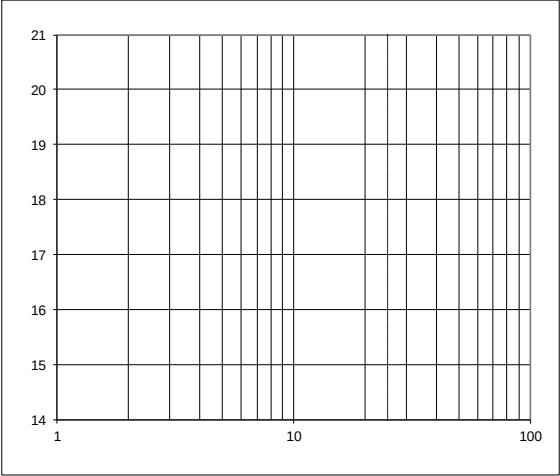
 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	CÓDIGO: JOT-LB-F61	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION: SONDEO 1
DESCRIPCION : Arena limosa
MUESTRA: M2 (1,00-2,00m)

LIMITE LIQUIDO						GRADACION	
No. de golpes						Grava	0.1
Recipiente N°						Arena	81.7
Peso Recip. (g)						Finos	18.2
P1							
P2							
% Humedad	NL	NL	NL	NL	NL		

LIMITE PLASTICO					RESULTADOS	
Recipiente N°					LIMITE LIQUIDO	NL %
Peso Recip. (g)					LIMITE PLASTICO	NP %
P1					INDICE DE PLASTICIDAD	NP %
P2						
% Humedad	NP	NP	NP	NP		

LIMITE LIQUIDO



Nro. de golpes

CLASIFICACION DEL SUELO

INDICE DE GRUPO 0

A.A.S.H.O. A-2-4

U.S.C.S. SM

OBSERVACIONES

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025	



ING. JOSE OMAR TORRES MSc.

Consultoría en Geotecnia y Pavimentos

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CÓDIGO: JOT-LB-F55

VERSIÓN: 02

FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION: SONDEO 2

MUESTRA : 0,40-1,00m

Peso Total: 495.8 grs

Pasa No 4 495.1 grs

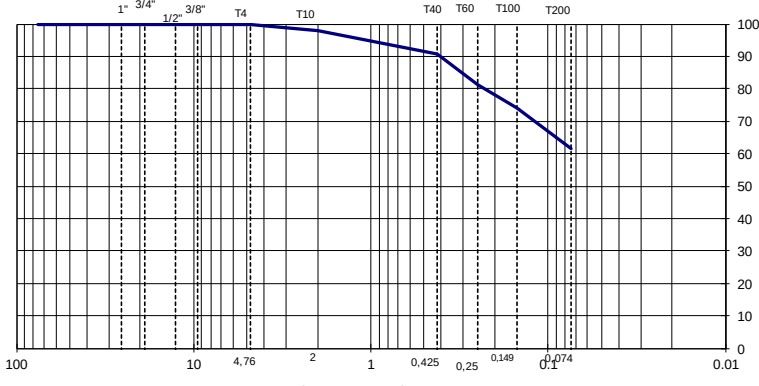
Fracción Fina : 100.0 grs

GRAVAS

ARENA

LIMO Y/O ARCILLA

CURVA GRANULOMETRICA



Descripción:

Limo arcillo arenoso

LL : 19.0 USC : ML-CL

IP : 4.0 AASHO : A-4 (5)

Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv,	% Ret.	% Pasa
3"				
2 - 1/2"				
2"				
1 - 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0
No. 4	0.7	0.1	0.1	99.9
No. 10	2.1	2.1	2.2	97.8
No. 40	7.0	7.0	9.2	90.8
No. 60	9.7	9.7	18.9	81.1
No. 100	7.0	7.0	25.9	74.1
No. 200	12.6	12.6	38.5	61.5
Fondo	61.6	61.5	100.0	0.0

Cu=

Cc=

Gravas 0.1

Arenas 38.3

Finos 61.5

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA

SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES

UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA

LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO

FECHA: 5/02/2025

APROBÓ:

ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.

 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoria en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	CÓDIGO: JOT-LB-F61	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION: SONDEO 2
DESCRIPCION : Limo arcillo arenoso
MUESTRA: 0,40-1,00m

LIMITE LIQUIDO						GRADACION	
No. de golpes	40	24	9			Grava	0.1
Recipiente N°	255	123	255			Arena	38.3
Peso Recip. (g)	15.60	15.10	15.50			Finos	61.5
P1	63.44	65.87	66.30				
P2	56.40	58.00	57.60				
% Humedad	17.25	18.34	20.67				

LIMITE PLASTICO			
Recipiente N°	228	215	
Peso Recip. (g)	14.70	15.10	
P1	45.90	44.00	
P2	41.80	40.20	
% Humedad	15.13	15.14	

RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO 19.00 %

LIMITE PLASTICO 15.00 %

INDICE DE PLASTICIDAD 4.00 %

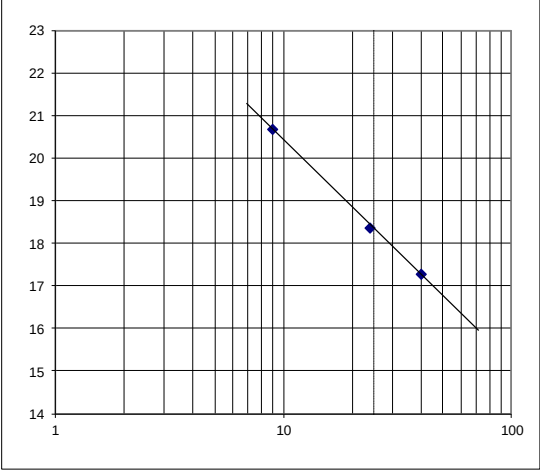
CLASIFICACION DEL SUELO

INDICE DE GRUPO -5

A.A.S.H.O. A-4

U.S.C.S. ML-CL

LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025	

PAG. 1 / 1



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



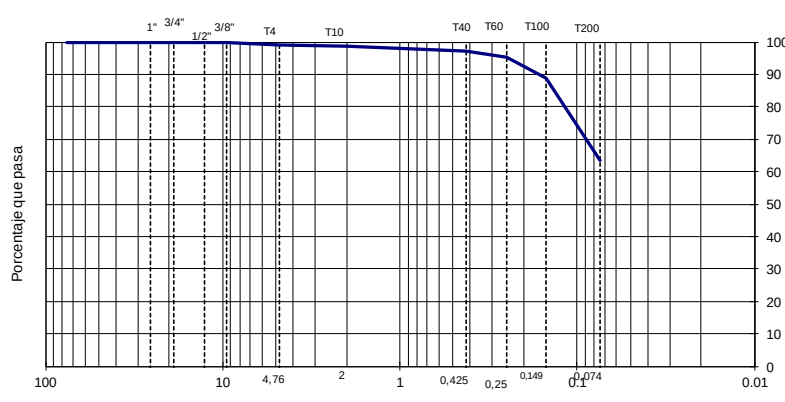
utaraucaconsultores@gmail.com - ixtanglobalingenieria@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89

ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos		ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS																																																																																		
CÓDIGO: JOT-LB-F55		VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018																																																																																	
SITUACION:	SONDEO 2	Peso Total:	471.9 grs																																																																																	
MUESTRA :	1,00-2,00m	Pasa No 4	468.2 grs																																																																																	
		Fracción Fina :	100.0 grs																																																																																	
GRAVAS ARENA LIMO Y/O ARCILLA																																																																																				
CURVA GRANULOMETRICA 			Descripción: Limo arenoso LL : 22.0 USC : ML IP : 3.0 AASHO : A-4 (6) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamiz</th> <th>Peso Ret.</th> <th>% Ret. indiv.</th> <th>% Ret.</th> <th>% Pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2 - 1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1 - 1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>3.7</td><td>0.8</td><td>0.8</td><td>99.2</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>0.4</td><td>0.4</td><td>1.2</td><td>98.8</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>1.6</td><td>1.6</td><td>2.8</td><td>97.2</td></tr> <tr><td>No. 60</td><td>2.0</td><td>2.0</td><td>4.8</td><td>95.2</td></tr> <tr><td>No. 100</td><td>6.6</td><td>6.5</td><td>11.3</td><td>88.7</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>25.4</td><td>25.2</td><td>36.5</td><td>63.5</td></tr> <tr><td>Fondo</td><td>64.0</td><td>63.5</td><td>100.0</td><td>0.0</td></tr> </tbody> </table> Cu= 0.8 Cc= 35.7 Finos 63.5		Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv.	% Ret.	% Pasa	3"					2 - 1/2"					2"					1 - 1/2"					1"					3/4"					1/2"					3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	No. 4	3.7	0.8	0.8	99.2	No. 10	0.4	0.4	1.2	98.8	No. 40	1.6	1.6	2.8	97.2	No. 60	2.0	2.0	4.8	95.2	No. 100	6.6	6.5	11.3	88.7	No. 200	25.4	25.2	36.5	63.5	Fondo	64.0	63.5	100.0	0.0
Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv.	% Ret.	% Pasa																																																																																
3"																																																																																				
2 - 1/2"																																																																																				
2"																																																																																				
1 - 1/2"																																																																																				
1"																																																																																				
3/4"																																																																																				
1/2"																																																																																				
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0																																																																																
No. 4	3.7	0.8	0.8	99.2																																																																																
No. 10	0.4	0.4	1.2	98.8																																																																																
No. 40	1.6	1.6	2.8	97.2																																																																																
No. 60	2.0	2.0	4.8	95.2																																																																																
No. 100	6.6	6.5	11.3	88.7																																																																																
No. 200	25.4	25.2	36.5	63.5																																																																																
Fondo	64.0	63.5	100.0	0.0																																																																																
PROYECTO:			PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA																																																																																	
SOLICITANTE:		UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN:	MUNICIPIO ARAUCA																																																																																
LABORATORISTA:		TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA:	5/02/2025																																																																																
			APROBÓ:																																																																																	
			ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.																																																																																	



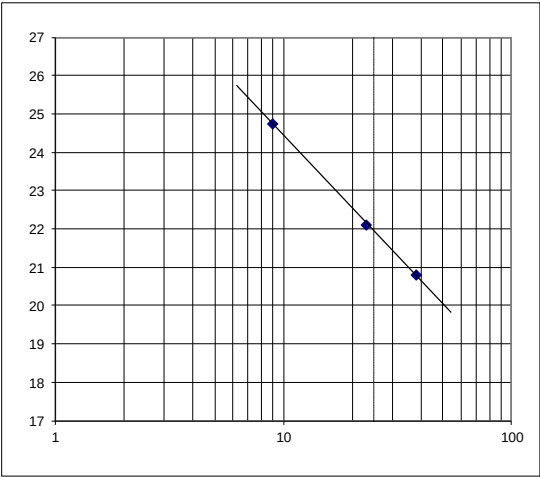
 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoria en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	CÓDIGO: JOT-LB-F61	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION: SONDEO 2
DESCRIPCION : Limo arenoso
MUESTRA: 1,00-2,00m

LIMITE LIQUIDO						GRADACION	
No. de golpes	38	23	9			Grava	0.8
Recipiente N°	292	183	191			Arena	35.7
Peso Recip. (g)	15.00	14.60	13.60			Finos	63.5
P1	61.38	60.02	62.00				
P2	53.40	51.80	52.40				
% Humedad	20.78	22.10	24.74				

LIMITE PLASTICO				RESULTADOS	
Recipiente N°	73	190			
Peso Recip. (g)	15.40	14.70			
P1	39.70	37.81			
P2	35.90	34.20			
% Humedad	18.54	18.51			

LIMITE LIQUIDO



Nro. de golpes

CLASIFICACION DEL SUELO

INDICE DE GRUPO -6

A.A.S.H.O. A-4

U.S.C.S. ML

OBSERVACIONES

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025	

PAG. 1 / 1



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraucaconsultores@gmail.com - ixtanglobalingenieria@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89



ING. JOSE OMAR TORRES MSc.

Consultoría en Geotecnia y Pavimentos

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CÓDIGO: JOT-LB-F55

VERSIÓN: 02

FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION: SONDEO 2

MUESTRA : 2,00-2,60m

Peso Total: 650.1 grs

Pasa No 4 650.1 grs

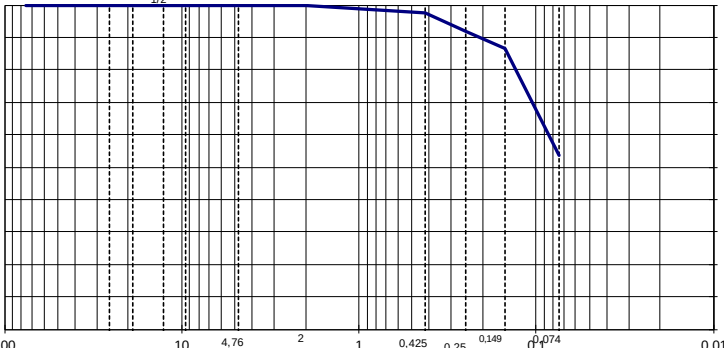
Fracción Fina : 100.0 grs

GRAVAS

ARENA

LIMO Y/O ARCILLA

CURVA GRANULOMETRICA



Descripción:

Limo arenoso

LL : 20.0 USC : ML

IP : 1.0 AASHO : A-4 (4)

Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv,	% Ret.	% Pasa
3"				
2 - 1/2"				
2"				
1 - 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No. 4	0.0	0.0	0.0	100.0
No. 10	0.2	0.2	0.2	99.8
No. 40	2.2	2.2	2.4	97.6
No. 60	5.6	5.6	8.0	92.0
No. 100	5.3	5.3	13.3	86.7
No. 200	33.0	33.0	46.3	53.7
Fondo	53.7	53.7	100.0	0.0

Cu=

Cc=

Gravas

Arenas

Finos

0.0

46.3

53.7

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA

SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES

UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA

LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO

FECHA: 5/02/2025

APROBÓ:

ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.

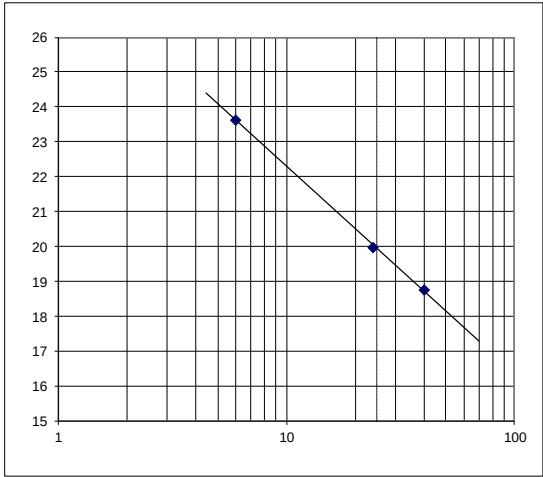
 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoria en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	CÓDIGO: JOT-LB-F61	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION: SONDEO 2
DESCRIPCION : Limo arenoso
MUESTRA: 2,00-2,60m

LIMITE LIQUIDO						GRADACION	
No. de golpes	40	24	6			Grava	0.0
Recipiente N°	117	181	208			Arena	46.3
Peso Recip. (g)	14.70	15.00	15.40			Finos	53.7
P1	59.71	61.06	64.10				
P2	52.60	53.40	54.80				
% Humedad	18.76	19.95	23.60				

LIMITE PLASTICO				RESULTADOS	
Recipiente N°	273	103			
Peso Recip. (g)	14.30	14.20			
P1	43.30	43.55			
P2	38.80	39.00			
% Humedad	18.37	18.35			

LIMITE LIQUIDO



Nro. de golpes

CLASIFICACION DEL SUELO

INDICE DE GRUPO -4

A.A.S.H.O. A-4

U.S.C.S. ML

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025	

PAG. 1 / 1



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraucaconsultores@gmail.com - ixtanglobalingenieria@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89

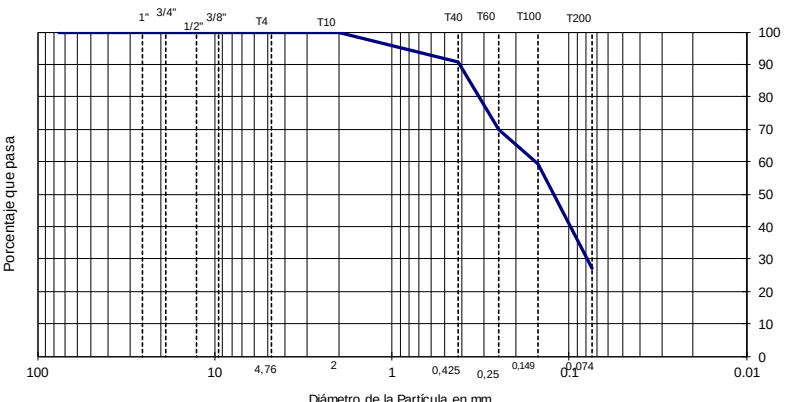


	ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
	CÓDIGO: JOT-LB-F55	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION:	SONDEO 2	Peso Total:	520.1 grs	Descripción: Arena limosa LL : NL USC : SM IP : NP AASHO : A-2-4 0
MUESTRA :	2,60-3,50m	Pasa No 4	520.1 grs	
		Fracción Fina :	100.0 grs	

GRAVAS	ARENA	LIMO Y/O ARCILLA
--------	-------	------------------

CURVA GRANULOMETRICA



Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv.	% Ret.	% Pasa
3"				
2 - 1/2"				
2"				
1 - 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No. 4	0.0	0.0	0.0	100.0
No. 10	0.0	0.0	0.0	100.0
No. 40	9.1	9.1	9.1	90.9
No. 60	21.0	21.0	30.1	69.9
No. 100	10.8	10.8	40.9	59.1
No. 200	32.2	32.2	73.1	26.9
Fondo	26.9	26.9	100.0	0.0
Cu=	Gravas		0.0	
Cc=	Arenas		73.1	
	Finos		26.9	

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ:	
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN:	MUNICIPIO ARAUCA	ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA:	5/02/2025	



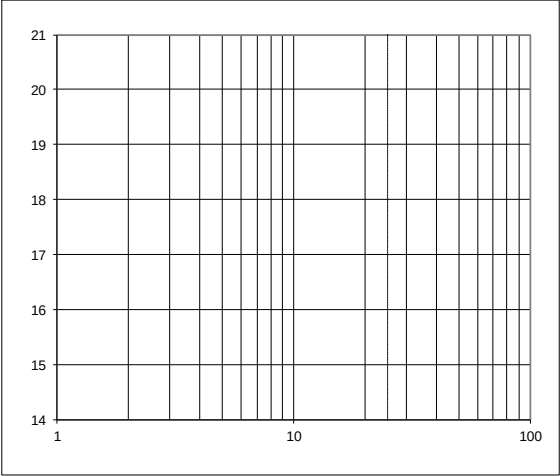
 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	CÓDIGO: JOT-LB-F61	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION: SONDEO 2
DESCRIPCION : Arena limosa
MUESTRA: 2,60-3,50m

LIMITE LIQUIDO						GRADACION	
No. de golpes						Grava	0.0
Recipiente N°						Arena	73.1
Peso Recip. (g)						Finos	26.9
P1							
P2							
% Humedad	NL	NL	NL	NL	NL		

LIMITE PLASTICO					RESULTADOS	
Recipiente N°					LIMITE LIQUIDO	NL %
Peso Recip. (g)					LIMITE PLASTICO	NP %
P1					INDICE DE PLASTICIDAD	NP %
P2						
% Humedad	NP	NP	NP	NP		

LIMITE LIQUIDO



Nro. de golpes

CLASIFICACION DEL SUELO

INDICE DE GRUPO 0

A.A.S.H.O. A-2-4

U.S.C.S. SM

OBSERVACIONES

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025	



ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos		ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS				
CÓDIGO: JOT-LB-F55		VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018			
SITUACION: SONDEO 2	Peso Total: 538.6 grs	Descripción:				
MUESTRA : 3,50-4,00m	Pasa No 4 538.0 grs	Arenas con un poco de fino limoso				
	Fracción Fina : 100.0 grs	LL : NL USC : SP-SM				
GRAVAS ARENA LIMO Y/O ARCILLA		IP : NP	AASHO : A-3 0			
CURVA GRANULOMETRICA Porcentaje que pasa Diámetro de la Partícula en mm		Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv.	% Ret.	% Pasa
		3"				
		2 - 1/2"				
		2"				
		1 - 1/2"				
		1"				
		3/4"				
		1/2"				
		3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0
		No. 4	0.6	0.1	0.1	99.9
		No. 10	0.0	0.0	0.1	99.9
		No. 40	16.8	16.8	16.9	83.1
		No. 60	51.3	51.2	68.1	31.9
		No. 100	13.6	13.6	81.7	18.3
		No. 200	8.4	8.4	90.1	9.9
Fondo	9.9	9.9	100.0	0.0		
Cu= 4.48		Gravas		0.1		
Cc= 2.17		Arenas		90.0		
		Finos		9.9		

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ:	
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025		



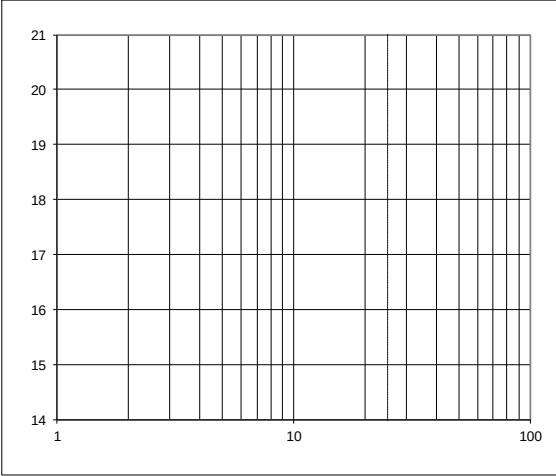
 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	CÓDIGO: JOT-LB-F61	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION: SONDEO 2
DESCRIPCION : Arena con un poco de fino limoso
MUESTRA: 3,50-4,00m

LIMITE LIQUIDO						GRADACION	
No. de golpes						Grava	0.1
Recipiente N°						Arena	90.0
Peso Recip. (g)						Finos	9.9
P1							
P2							
% Humedad	NL	NL	NL	NL	NL		

LIMITE PLASTICO					RESULTADOS	
Recipiente N°					LIMITE LIQUIDO	NL %
Peso Recip. (g)					LIMITE PLASTICO	NP %
P1					INDICE DE PLASTICIDAD	NP %
P2						
% Humedad	NP	NP	NP	NP		

LIMITE LIQUIDO



Nro. de golpes

CLASIFICACION DEL SUELO

INDICE DE GRUPO 0

A.A.S.H.O. A-3

U.S.C.S. SP-SM

OBSERVACIONES

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025	



ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos		ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS																																																																																	
CÓDIGO: JOT-LB-F55		VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018																																																																																
SITUACION: SONDEO 3	Peso Total: 542.9 grs	Descripción:																																																																																	
MUESTRA : 0,40-1,00m	Pasa No 4 539.7 grs	Arena limosa																																																																																	
	Fracción Fina : 100.0 grs	LL : 16.0 USC : SM																																																																																	
<table border="1"><tr><td>GRAVAS</td><td>ARENA</td><td>LIMO Y/O ARCILLA</td></tr></table>		GRAVAS	ARENA	LIMO Y/O ARCILLA	IP : 2.0 AASHO : A-4 (1)																																																																														
GRAVAS	ARENA	LIMO Y/O ARCILLA																																																																																	
CURVA GRANULOMETRICA Porcentaje que pasa Diámetro de la Partícula en mm		<table border="1"><thead><tr><th>Tamiz</th><th>Peso Ret.</th><th>% Ret. indiv.</th><th>% Ret.</th><th>% Pasa</th></tr></thead><tbody><tr><td>3"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2 - 1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1 - 1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3/4"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3/8"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr><tr><td>No. 4</td><td>3.2</td><td>0.6</td><td>0.6</td><td>99.4</td></tr><tr><td>No. 10</td><td>0.3</td><td>0.3</td><td>0.9</td><td>99.1</td></tr><tr><td>No. 40</td><td>12.6</td><td>12.5</td><td>13.4</td><td>86.6</td></tr><tr><td>No. 60</td><td>19.9</td><td>19.8</td><td>33.2</td><td>66.8</td></tr><tr><td>No. 100</td><td>10.6</td><td>10.5</td><td>43.7</td><td>56.3</td></tr><tr><td>No. 200</td><td>14.1</td><td>14.0</td><td>57.8</td><td>42.2</td></tr><tr><td>Fondo</td><td>42.5</td><td>42.2</td><td>100.0</td><td>0.0</td></tr></tbody></table>	Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv.	% Ret.	% Pasa	3"					2 - 1/2"					2"					1 - 1/2"					1"					3/4"					1/2"					3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	No. 4	3.2	0.6	0.6	99.4	No. 10	0.3	0.3	0.9	99.1	No. 40	12.6	12.5	13.4	86.6	No. 60	19.9	19.8	33.2	66.8	No. 100	10.6	10.5	43.7	56.3	No. 200	14.1	14.0	57.8	42.2	Fondo	42.5	42.2	100.0	0.0	
		Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv.	% Ret.	% Pasa																																																																													
		3"																																																																																	
		2 - 1/2"																																																																																	
		2"																																																																																	
		1 - 1/2"																																																																																	
		1"																																																																																	
		3/4"																																																																																	
		1/2"																																																																																	
		3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0																																																																													
		No. 4	3.2	0.6	0.6	99.4																																																																													
		No. 10	0.3	0.3	0.9	99.1																																																																													
		No. 40	12.6	12.5	13.4	86.6																																																																													
		No. 60	19.9	19.8	33.2	66.8																																																																													
		No. 100	10.6	10.5	43.7	56.3																																																																													
No. 200	14.1	14.0	57.8	42.2																																																																															
Fondo	42.5	42.2	100.0	0.0																																																																															
Cu=		Gravas 0.6																																																																																	
Cc=		Arenas 57.2																																																																																	
		Finos 42.2																																																																																	
PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ:																																																																																	
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.																																																																																	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025																																																																																		



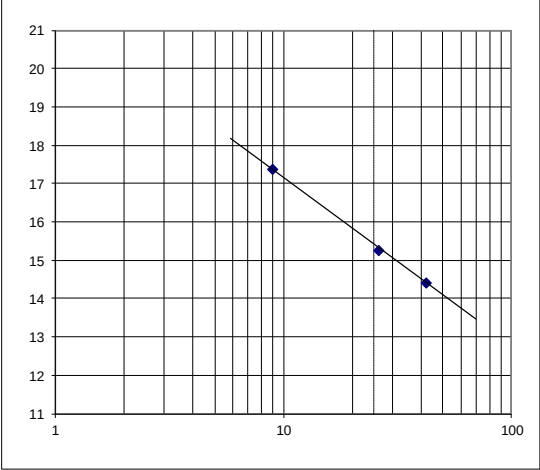
 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoria en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	CÓDIGO: JOT-LB-F61	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION: SONDEO 3
DESCRIPCION : Arena limosa
MUESTRA: 0,40-1,00m

LIMITE LIQUIDO					GRADACION	
No. de golpes	42	26	9			
Recipiente N°	7	165	222			
Peso Recip. (g)	15.40	14.60	14.60			
P1	68.49	67.62	70.70			
P2	61.80	60.60	62.40			
% Humedad	14.42	15.26	17.36			

LIMITE PLASTICO				RESULTADOS	
Recipiente N°	227	281			
Peso Recip. (g)	14.30	15.20			
P1	46.70	43.75			
P2	42.90	40.40			
% Humedad	13.29	13.29			

LIMITE LIQUIDO



Nro. de golpes

CLASIFICACION DEL SUELO

INDICE DE GRUPO -1

A.A.S.H.O. A-4

U.S.C.S. SM

OBSERVACIONES

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025	

PAG. 1 / 1



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraucaconsultores@gmail.com - ixtanglobalingenieria@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89



ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos		ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS																																																																																																	
CÓDIGO: JOT-LB-F55		VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018																																																																																																
SITUACION: SONDEO 3	Peso Total: 471.7 grs	Descripción:																																																																																																	
MUESTRA : 1,00-2,00m	Pasa No 4 452.2 grs	Arena limosa																																																																																																	
	Fracción Fina : 100.0 grs	LL : 16.5 USC : SM																																																																																																	
<table border="1"><tr><td>GRAVAS</td><td>ARENA</td><td>LIMO Y/O ARCILLA</td></tr></table>		GRAVAS	ARENA	LIMO Y/O ARCILLA	IP : 0.3 AASHO : A-2-4 0																																																																																														
GRAVAS	ARENA	LIMO Y/O ARCILLA																																																																																																	
CURVA GRANULOMETRICA Porcentaje que pasa Diámetro de la Partícula en mm		<table border="1"><thead><tr><th>Tamiz</th><th>Peso Ret.</th><th>% Ret. indiv.</th><th>% Ret.</th><th>% Pasa</th></tr></thead><tbody><tr><td>3"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2 - 1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1 - 1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3/4"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1/2"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td></tr><tr><td>3/8"</td><td>1.1</td><td>0.2</td><td>0.2</td><td>99.8</td></tr><tr><td>No. 4</td><td>18.4</td><td>3.9</td><td>4.1</td><td>95.9</td></tr><tr><td>No. 10</td><td>0.6</td><td>0.6</td><td>4.7</td><td>95.3</td></tr><tr><td>No. 40</td><td>14.2</td><td>13.6</td><td>18.3</td><td>81.7</td></tr><tr><td>No. 60</td><td>20.6</td><td>19.7</td><td>38.1</td><td>61.9</td></tr><tr><td>No. 100</td><td>10.8</td><td>10.4</td><td>48.4</td><td>51.6</td></tr><tr><td>No. 200</td><td>21.6</td><td>20.7</td><td>69.1</td><td>30.9</td></tr><tr><td>Fondo</td><td>32.2</td><td>30.9</td><td>100.0</td><td>0.0</td></tr><tr><td colspan="2">Cu=</td><td colspan="2">Gravas</td><td>4.1</td></tr><tr><td colspan="2">Cc=</td><td colspan="2">Arenas</td><td>65.0</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">Finos</td><td>30.9</td></tr></tbody></table>			Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv.	% Ret.	% Pasa	3"					2 - 1/2"					2"					1 - 1/2"					1"					3/4"					1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	3/8"	1.1	0.2	0.2	99.8	No. 4	18.4	3.9	4.1	95.9	No. 10	0.6	0.6	4.7	95.3	No. 40	14.2	13.6	18.3	81.7	No. 60	20.6	19.7	38.1	61.9	No. 100	10.8	10.4	48.4	51.6	No. 200	21.6	20.7	69.1	30.9	Fondo	32.2	30.9	100.0	0.0	Cu=		Gravas		4.1	Cc=		Arenas		65.0			Finos		30.9
Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv.	% Ret.	% Pasa																																																																																															
3"																																																																																																			
2 - 1/2"																																																																																																			
2"																																																																																																			
1 - 1/2"																																																																																																			
1"																																																																																																			
3/4"																																																																																																			
1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0																																																																																															
3/8"	1.1	0.2	0.2	99.8																																																																																															
No. 4	18.4	3.9	4.1	95.9																																																																																															
No. 10	0.6	0.6	4.7	95.3																																																																																															
No. 40	14.2	13.6	18.3	81.7																																																																																															
No. 60	20.6	19.7	38.1	61.9																																																																																															
No. 100	10.8	10.4	48.4	51.6																																																																																															
No. 200	21.6	20.7	69.1	30.9																																																																																															
Fondo	32.2	30.9	100.0	0.0																																																																																															
Cu=		Gravas		4.1																																																																																															
Cc=		Arenas		65.0																																																																																															
		Finos		30.9																																																																																															
PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ:																																																																																																	
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.																																																																																																	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025																																																																																																		

PÁG. 1 / 1



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraUCAconsultores@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89

ixtanglobalingenieria@gmail.com

 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoria en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	CÓDIGO: JOT-LB-F61	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

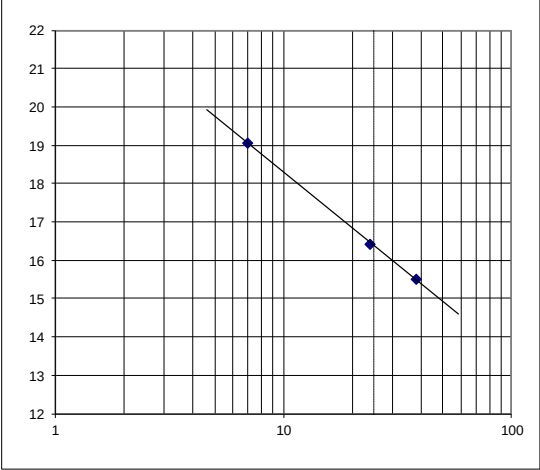
SITUACION: SONDEO 3
DESCRIPCION : Arena limosa
MUESTRA: 1,00-2,00m

LIMITE LIQUIDO					GRADACION	
No. de golpes	38	24	7			
Recipiente N°	105	18	259			
Peso Recip. (g)	13.70	14.50	14.80			
P1	57.94	59.20	62.30			
P2	52.00	52.90	54.70			
% Humedad	15.51	16.41	19.05			

GRADACION	
Grava	4.1
Arena	65.0
Finos	30.9

LIMITE PLASTICO			
Recipiente N°	256	254	
Peso Recip. (g)	14.50	15.20	
P1	43.90	42.85	
P2	39.80	39.00	
% Humedad	16.21	16.18	

LIMITE LIQUIDO



Nro. de golpes

RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO 16.50 %

LIMITE PLASTICO 16.19 %

INDICE DE PLASTICIDAD 0.31 %

CLASIFICACION DEL SUELO

INDICE DE GRUPO 0

A.A.S.H.O. A-2-4

U.S.C.S. SM

OBSERVACIONES

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025	

PAG. 1 / 1



AV 6 # 7-65 PRADOS DEL ESTE - CUCUTA, COL



utaraucaconsultores@gmail.com - ixtanglobalingenieria@gmail.com



607 549 88 26



316 721 54 89

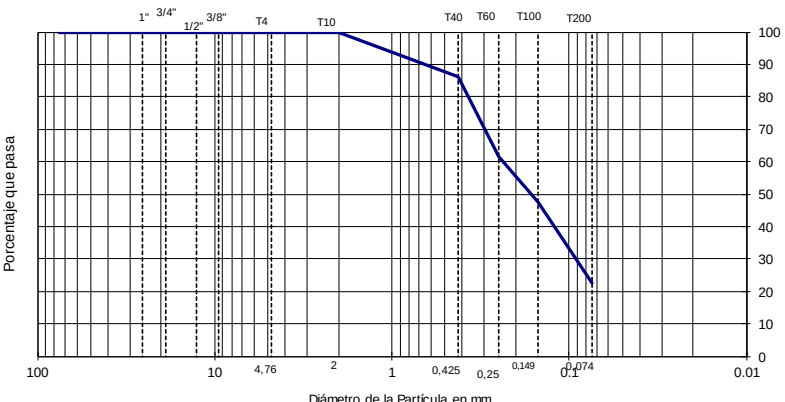


 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
	CÓDIGO: JOT-LB-F55	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION:	SONDEO 3	Peso Total:	621.6 grs	Descripción: Arena limosa LL : NL USC : SM IP : NP AASHO : A-2-4 0
MUESTRA :	2,00-2,50m	Pasa No 4	621.6 grs	
		Fracción Fina :	100.0 grs	

GRAVAS	ARENA	LIMO Y/O ARCILLA
--------	-------	------------------

CURVA GRANULOMETRICA



Porcentaje que pasa

Diámetro de la Partícula en mm

Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv.	% Ret.	% Pasa
3"				
2 - 1/2"				
2"				
1 - 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0
No. 4	0.0	0.0	0.0	100.0
No. 10	0.3	0.3	0.3	99.7
No. 40	13.7	13.7	14.0	86.0
No. 60	24.4	24.4	38.4	61.6
No. 100	14.2	14.2	52.6	47.4
No. 200	24.8	24.8	77.4	22.6
Fondo	22.6	22.6	100.0	0.0
Cu=	Gravas		0.0	
Cc=	Arenas		77.4	
	Finos		22.6	

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025	



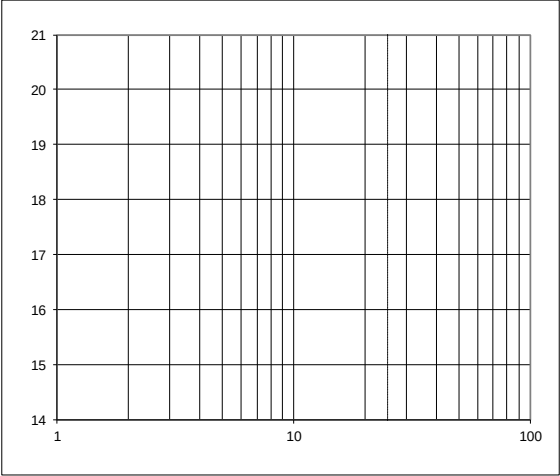
 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	CÓDIGO: JOT-LB-F61	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION: SONDEO 3
DESCRIPCION : Arena limosa
MUESTRA: 2,00-2,50m

LIMITE LIQUIDO						GRADACION	
No. de golpes						Grava	0.0
Recipiente N°						Arena	77.4
Peso Recip. (g)						Finos	22.6
P1							
P2							
% Humedad	NL	NL	NL	NL	NL		

LIMITE PLASTICO					RESULTADOS	
Recipiente N°					LIMITE LIQUIDO	NL %
Peso Recip. (g)					LIMITE PLASTICO	NP %
P1					INDICE DE PLASTICIDAD	NP %
P2						
% Humedad	NP	NP	NP	NP		

LIMITE LIQUIDO



Nro. de golpes

CLASIFICACION DEL SUELO

INDICE DE GRUPO 0

A.A.S.H.O. A-2-4

U.S.C.S. SM

OBSERVACIONES

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025	

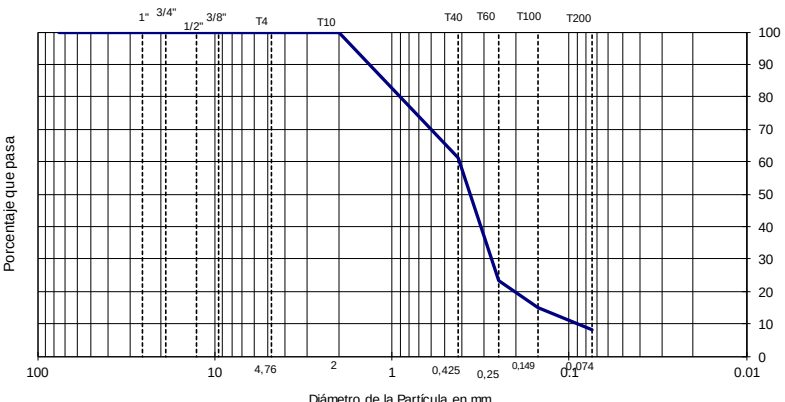


 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
	CÓDIGO: JOT-LB-F55	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION:	SONDEO 3	Peso Total:	396.4 grs	Descripción: Arena con un poco de fino limoso LL : NL USC : SP-SM IP : NP AASHO : A-3 0
MUESTRA :	2,50-3,10m	Pasa No 4	396.0 grs	
		Fracción Fina :	100.0 grs	

GRAVAS	ARENA	LIMO Y/O ARCILLA
--------	-------	------------------

CURVA GRANULOMETRICA



Porcentaje que pasa

Diámetro de la Partícula en mm

Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv.	% Ret.	% Pasa
3"				
2 - 1/2"				
2"				
1 - 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0
No. 4	0.4	0.1	0.1	99.9
No. 10	0.2	0.2	0.3	99.7
No. 40	38.5	38.5	38.8	61.2
No. 60	37.9	37.9	76.6	23.4
No. 100	8.5	8.5	85.1	14.9
No. 200	6.6	6.6	91.7	8.3
Fondo	8.3	8.3	100.0	0.0
Cu=	4.71	Gravas		0.1
Cc=	2.03	Arenas		91.6
		Finos		8.3

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ:	
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN:	MUNICIPIO ARAUCA	ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA:	5/02/2025	



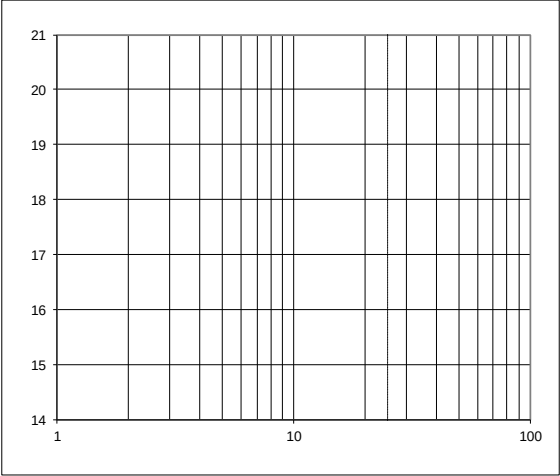
 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	CÓDIGO: JOT-LB-F61	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION: SONDEO 3
DESCRIPCION : Arena con un poco de fino limoso
MUESTRA: 2,50-3,10m

LIMITE LIQUIDO						GRADACION	
No. de golpes						Grava	0.1
Recipiente N°						Arena	91.6
Peso Recip. (g)						Finos	8.3
P1							
P2							
% Humedad	NL	NL	NL	NL	NL		

LIMITE PLASTICO					RESULTADOS	
Recipiente N°					LIMITE LIQUIDO	NL %
Peso Recip. (g)					LIMITE PLASTICO	NP %
P1					INDICE DE PLASTICIDAD	NP %
P2						
% Humedad	NP	NP	NP	NP		

LIMITE LIQUIDO



Nro. de golpes

CLASIFICACION DEL SUELO

INDICE DE GRUPO 0

A.A.S.H.O. A-3

U.S.C.S. SP-SM

OBSERVACIONES

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025	



ING. JOSE OMAR TORRES MSc.
Consultoria en
Geotecnia y Pavimentos

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CÓDIGO: JOT-LB-F55

VERSIÓN: 02

FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION: SONDEO 3

MUESTRA : 3,10-5,00m

Peso Total: 331.2 grs

Pasa No 4 331.2 grs

Fracción Fina : 100.0 grs

Descripción:

Arena con un poco de fino limoso

LL : NL USC : SP

IP : NP AASHO : A-3 0

Tamiz	Peso Ret.	% Ret. indiv.	% Ret.	% Pasa
3"				
2 - 1/2"				
2"				
1 - 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
No. 4	0.0	0.0	0.0	100.0
No. 10	0.1	0.1	0.1	99.9
No. 40	42.5	42.5	42.6	57.4
No. 60	43.7	43.7	86.3	13.7
No. 100	6.6	6.6	92.9	7.1
No. 200	3.2	3.2	96.1	3.9
Fondo	3.9	3.9	100.0	0.0

Cu= 2.50

Cc= 1.06

Gravas

Arenas

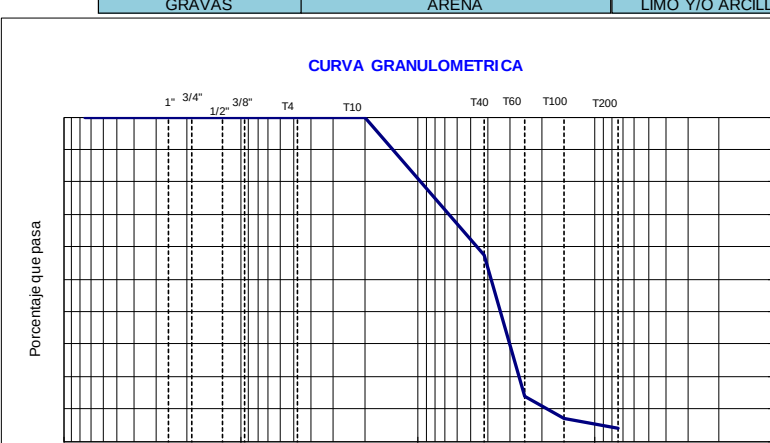
Finos

0.0

96.1

3.9

CURVA GRANULOMETRICA



Porcentaje que pasa

100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0

100 10 4.76 2 1 0.425 0.25 0.149 0.075 0.01

1" 3/4" 1/2" 3/8" T4 T10 T40 T60 T100 T200

Díámetro de la Partícula en mm

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA				APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES		UBICACIÓN:	MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO		FECHA:	5/02/2025	

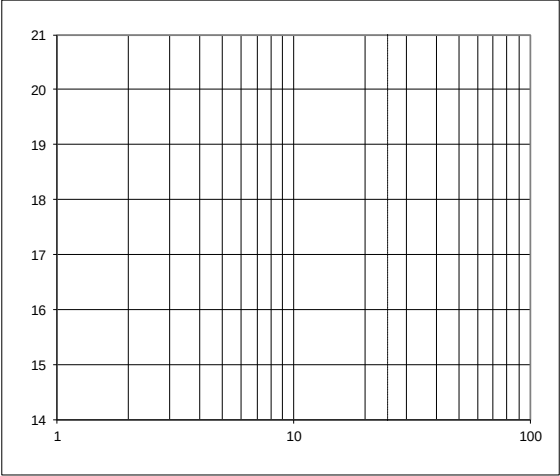
 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	CÓDIGO: JOT-LB-F61	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

SITUACION: SONDEO 3
DESCRIPCION : Arena con un poco de fino limoso
MUESTRA: 3,10-5,00m

LIMITE LIQUIDO						GRADACION	
No. de golpes						Grava	0.0
Recipiente N°						Arena	96.1
Peso Recip. (g)						Finos	3.9
P1							
P2							
% Humedad	NL	NL	NL	NL	NL		

LIMITE PLASTICO					RESULTADOS	
Recipiente N°					LIMITE LIQUIDO	NL %
Peso Recip. (g)					LIMITE PLASTICO	NP %
P1					INDICE DE PLASTICIDAD	NP %
P2						
% Humedad	NP	NP	NP	NP		

LIMITE LIQUIDO



Nro. de golpes

CLASIFICACION DEL SUELO

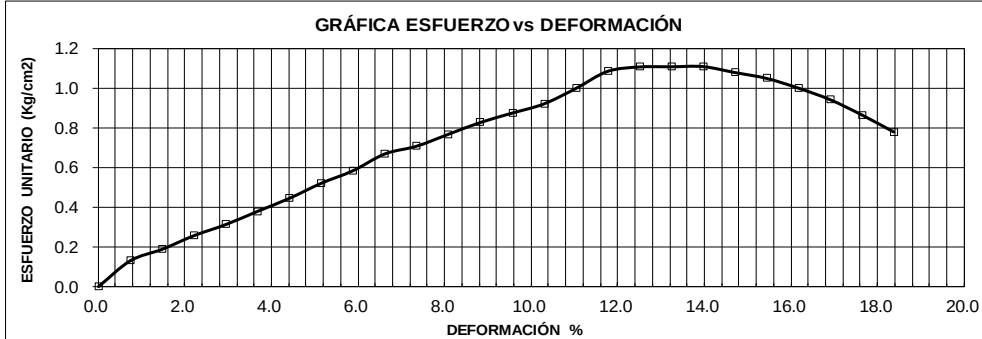
INDICE DE GRUPO 0

A.A.S.H.O. A-3

U.S.C.S. SP

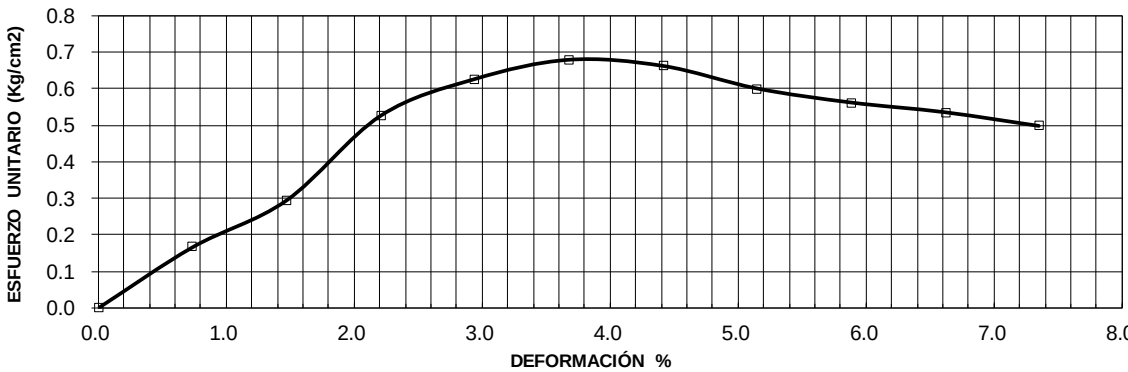
OBSERVACIONES

PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA		APROBÓ: ING. MSC. JOSE OMAR TORRES P.
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA	
LABORATORISTA: TEC. JOSE TORRES ACEVEDO	FECHA: 5/02/2025	

ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos		ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA EN ARCILLA						
CÓDIGO: JOT-LB-F70		VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018					
Basado en la Norma I.N.V.E - 152 -2013								
PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA								
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES			UBICACIÓN: MUNICIPIO DE ARAUCA					
SONDEO: 2			PROGRESIVA: N.A.					
FECHA: 7/02/2025			PROFUNDIDAD: (0.40-1.00m)					
DIAMETRO INICIAL (cm) : 3.300 AREA INICIAL Ao (cm ²) : 8.553 ALTURA INICIAL Lo (cm) : 6.800 VOLUMEN INICIAL (cm ³) : 58.160 PESO HUMEDO INICIAL (gr): 121.600 PESO SECO EN HORNO (gr): 105.254				PESO AGUA CONTENIDA (grs): 16.346 % HUMEDAD : 15.530 PESO UNITARIO HUM (grs/cm ³): 2.091 PESO UNIT. SECO (grs/cm ³): 1.810 FACTOR ANILLO : CELDA				
				IMAGEN DE LA FALLA 				
LECTURA DIAL DE CARGA (KN)	CAMBIO EN ALTURA		E	1 - E	ÁREA CORREGIDA A	CARGA (KG)	ESFUERZO UNITARIO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN AXIAL (%)
	MM	CM						
0.011	0.500	0.0500	0.0074	0.9926	8.6163	1.1220	0.1302	0.74
0.016	1.000	0.1000	0.0147	0.9853	8.6806	1.6320	0.1880	1.47
0.022	1.500	0.1500	0.0221	0.9779	8.7459	2.2440	0.2566	2.21
0.027	2.000	0.2000	0.0294	0.9706	8.8122	2.7540	0.3125	2.94
0.033	2.500	0.2500	0.0368	0.9632	8.8794	3.3660	0.3791	3.68
0.039	3.000	0.3000	0.0441	0.9559	8.9477	3.9780	0.4446	4.41
0.046	3.500	0.3500	0.0515	0.9485	9.0171	4.6920	0.5203	5.15
0.052	4.000	0.4000	0.0588	0.9412	9.0875	5.3040	0.5837	5.88
0.060	4.500	0.4500	0.0662	0.9338	9.1591	6.1200	0.6682	6.62
0.064	5.000	0.5000	0.0735	0.9265	9.2318	6.5280	0.7071	7.35
0.070	5.500	0.5500	0.0809	0.9191	9.3056	7.1400	0.7673	8.09
0.076	6.000	0.6000	0.0882	0.9118	9.3807	7.7520	0.8264	8.82
0.081	6.500	0.6500	0.0956	0.9044	9.4570	8.2620	0.8736	9.56
0.086	7.000	0.7000	0.1029	0.8971	9.5345	8.7720	0.9200	10.29
0.094	7.500	0.7500	0.1103	0.8897	9.6133	9.5880	0.9974	11.03
0.103	8.000	0.8000	0.1176	0.8824	9.6934	10.5060	1.0838	11.76
0.106	8.500	0.8500	0.1250	0.8750	9.7748	10.8120	1.1061	12.50
0.107	9.000	0.9000	0.1324	0.8676	9.8577	10.9140	1.1072	13.24
0.108	9.500	0.9500	0.1397	0.8603	9.9419	11.0160	1.1080	13.97
0.106	10.000	1.0000	0.1471	0.8529	10.0276	10.8120	1.0782	14.71
0.104	10.500	1.0500	0.1544	0.8456	10.1148	10.6080	1.0488	15.44
0.100	11.000	1.1000	0.1618	0.8382	10.2036	10.2000	0.9997	16.18
0.095	11.500	1.1500	0.1691	0.8309	10.2939	9.6900	0.9413	16.91
0.088	12.000	1.2000	0.1765	0.8235	10.3858	8.9760	0.8643	17.65
0.080	12.500	1.2500	0.1838	0.8162	10.4793	8.1600	0.7787	18.38
GRÁFICA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN 								
ESFUERZO MÁXIMO: 1.11 Kg/cm ²								
OBSERVACIONES :								
ELABORÓ: ING. KATHERINE ANAYA APROBÓ: ING. MSc. JOSE OMAR TORRES								

 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA EN ARCILLA							
	CÓDIGO: JOT-LB-F70	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018					
Basado en la Norma I.N.V.E - 152 -2013								
PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA								
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES				UBICACIÓN: MUNICIPIO DE ARAUCA				
SONDEO: 2				PROGRESIVA: N.A.				
FECHA: 7/02/2025				PROFUNDIDAD: (1.00-2.00m)				
DIAMETRO INICIAL (cm) : 3.300 AREA INICIAL Ao (cm ²) : 8.553 ALTURA INICIAL Lo (cm) : 6.800 VOLUMEN INICIAL (cm ³) : 58.160 PESO HUMEDO INICIAL (gr): 116.900 PESO SECO EN HORNO (gr): 99.415							PESO AGUA CONTENIDA (grs): 17.485 % HUMEDAD : 17.588 PESO UNITARIO HUM (grs/cm ³): 2.010 PESO UNIT. SECO (grs/cm ³): 1.709 FACTOR ANILLO : CELDA	
							IMAGEN DE LA FALLA 	
LECTURA DIAL DE CARGA (KN)	CAMBIO EN ALTURA		E	1 - E	ÁREA CORREGIDA	CARGA (KG)	ESFUERZO UNITARIO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN AXIAL (%)
	MM	CM						
							0.00	0.00
0.014	0.500	0.0500	0.0074	0.9926	8.6163	1.4280	0.1657	0.74
0.025	1.000	0.1000	0.0147	0.9853	8.6806	2.5500	0.2938	1.47
0.045	1.500	0.1500	0.0221	0.9779	8.7459	4.5900	0.5248	2.21
0.054	2.000	0.2000	0.0294	0.9706	8.8122	5.5080	0.6250	2.94
0.059	2.500	0.2500	0.0368	0.9632	8.8794	6.0180	0.6777	3.68
0.058	3.000	0.3000	0.0441	0.9559	8.9477	5.9160	0.6612	4.41
0.053	3.500	0.3500	0.0515	0.9485	9.0171	5.4060	0.5995	5.15
0.050	4.000	0.4000	0.0588	0.9412	9.0875	5.1000	0.5612	5.88
0.048	4.500	0.4500	0.0662	0.9338	9.1591	4.8960	0.5346	6.62
0.045	5.000	0.5000	0.0735	0.9265	9.2318	4.5900	0.4972	7.35

GRÁFICA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN

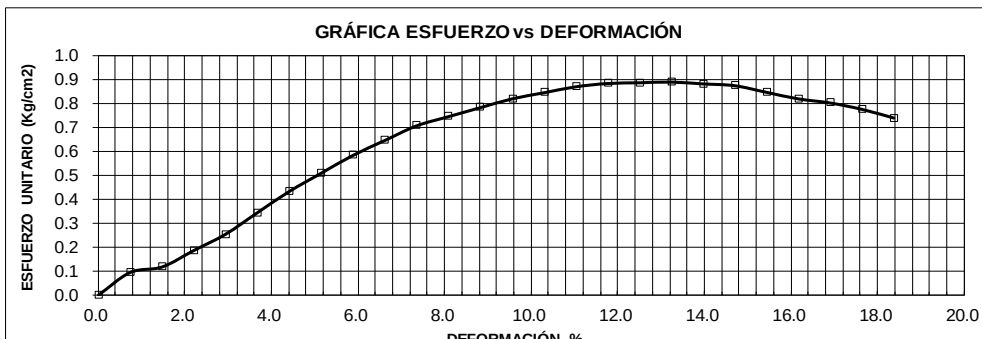


ESFUERZO MÁXIMO: 0.68 Kg/cm²

OBSERVACIONES :

ELABORÓ: ING. KATHERINE ANAYA **APROBÓ:** ING. MSc. JOSE OMAR TORRES



ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos		ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA EN ARCILLA						
CÓDIGO: JOT-LB-F70		VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018					
Basado en la Norma I.N.V.E - 152 -2013								
PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA								
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES			UBICACIÓN: MUNICIPIO DE ARAUCA					
SONDEO: 3			PROGRESIVA: N.A.					
FECHA: 7/02/2025			PROFUNDIDAD: (0.40-1.00m)					
DIAMETRO INICIAL (cm) : 3.300 AREA INICIAL Ao (cm ²) : 8.553 ALTURA INICIAL Lo (cm) : 6.800 VOLUMEN INICIAL (cm ³) : 58.160 PESO HUMEDO INICIAL (gr): 120.200 PESO SECO EN HORNO (gr): 106.298				PESO AGUA CONTENIDA (grs): 13.902 % HUMEDAD : 13.078 PESO UNITARIO HUM (grs/cm ³): 2.067 PESO UNIT. SECO (grs/cm ³): 1.828 FACTOR ANILLO : CELDA				
				IMAGEN DE LA FALLA 				
LECTURA DIAL DE CARGA (KN)	CAMBIO EN ALTURA		E	1 - E	ÁREA CORREGIDA A	CARGA (KG)	ESFUERZO UNITARIO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN AXIAL (%)
	MM	CM						
							0.00	0.00
0.008	0.500	0.0500	0.0074	0.9926	8.6163	0.8160	0.0947	0.74
0.010	1.000	0.1000	0.0147	0.9853	8.6806	1.0200	0.1175	1.47
0.016	1.500	0.1500	0.0221	0.9779	8.7459	1.6320	0.1866	2.21
0.022	2.000	0.2000	0.0294	0.9706	8.8122	2.2440	0.2546	2.94
0.030	2.500	0.2500	0.0368	0.9632	8.8794	3.0600	0.3446	3.68
0.038	3.000	0.3000	0.0441	0.9559	8.9477	3.8760	0.4332	4.41
0.045	3.500	0.3500	0.0515	0.9485	9.0171	4.5900	0.5090	5.15
0.052	4.000	0.4000	0.0588	0.9412	9.0875	5.3040	0.5837	5.88
0.058	4.500	0.4500	0.0662	0.9338	9.1591	5.9160	0.6459	6.62
0.064	5.000	0.5000	0.0735	0.9265	9.2318	6.5280	0.7071	7.35
0.068	5.500	0.5500	0.0809	0.9191	9.3056	6.9360	0.7454	8.09
0.072	6.000	0.6000	0.0882	0.9118	9.3807	7.3440	0.7829	8.82
0.076	6.500	0.6500	0.0956	0.9044	9.4570	7.7520	0.8197	9.56
0.079	7.000	0.7000	0.1029	0.8971	9.5345	8.0580	0.8451	10.29
0.082	7.500	0.7500	0.1103	0.8897	9.6133	8.3640	0.8700	11.03
0.084	8.000	0.8000	0.1176	0.8824	9.6934	8.5680	0.8839	11.76
0.085	8.500	0.8500	0.1250	0.8750	9.7748	8.6700	0.8870	12.50
0.086	9.000	0.9000	0.1324	0.8676	9.8577	8.7720	0.8899	13.24
0.086	9.500	0.9500	0.1397	0.8603	9.9419	8.7720	0.8823	13.97
0.086	10.000	1.0000	0.1471	0.8529	10.0276	8.7720	0.8748	14.71
0.084	10.500	1.0500	0.1544	0.8456	10.1148	8.5680	0.8471	15.44
0.082	11.000	1.1000	0.1618	0.8382	10.2036	8.3640	0.8197	16.18
0.081	11.500	1.1500	0.1691	0.8309	10.2939	8.2620	0.8026	16.91
0.079	12.000	1.2000	0.1765	0.8235	10.3858	8.0580	0.7759	17.65
0.076	12.500	1.2500	0.1838	0.8162	10.4793	7.7520	0.7397	18.38
GRÁFICA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN 								
ESFUERZO MÁXIMO: 0.89 Kg/cm ²								
OBSERVACIONES :								
ELABORÓ: ING. KATHERINE ANAYA APROBÓ: ING. MSc. JOSE OMAR TORRES								



[illegible]

[illegible]

[illegible]

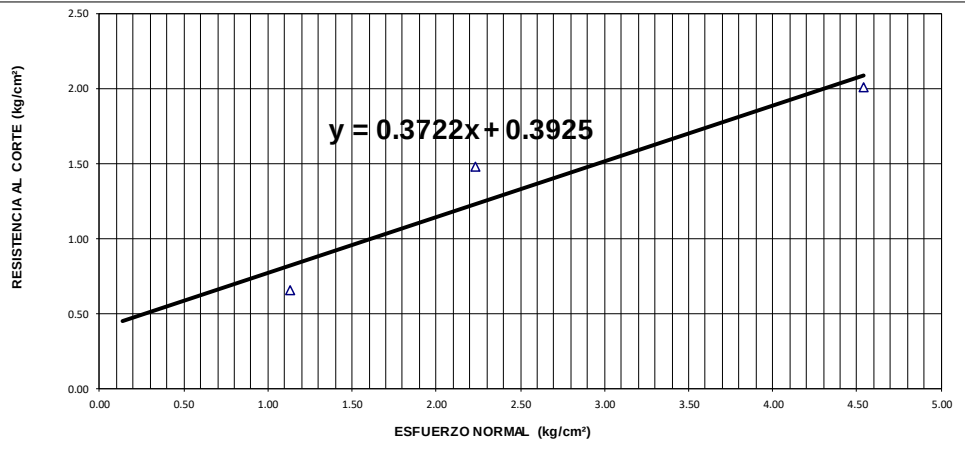
 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO		
	CÓDIGO: JOT-LB-F63	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

Basado en la Norma I.N.V.E-154 -2013

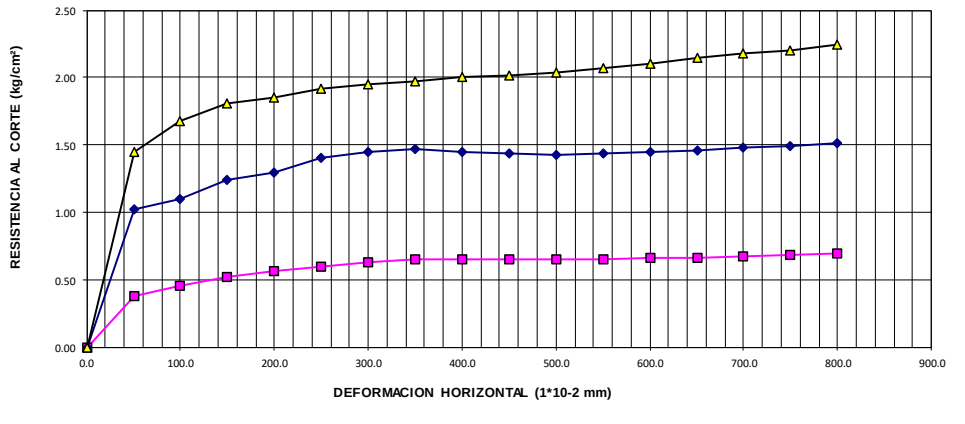
PROYECTO:	PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA	
SOLICITANTE:	UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA
OBJETO:	ENSAYO	SONDEO: 2
PROFUNDIDAD:	M2 (1.00-2.00m)	MUESTRA: M2 (1.00-2.00m)
		FECHA: 17/02/2025

	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm²)	ESFUERZO NORMAL (kg/cm²)	PESO UNITARIO HUMEDO (t/m³)	PESO UNITARIO SECO (t/m³)	HUMEDAD NATURAL(%)	VELOCIDAD DEL CORTE (pul/min)
PRIMER ENSAYO	0.65	1.13	2.03	1.72	17.59	0.0020
SEGUNDO ENSAYO	1.47	2.24	2.03	1.73	17.59	0.0020
TERCER ENSAYO	2.00	4.54	2.02	1.72	17.59	0.0020

COHESION (kg/cm²) 0.39
ANGULO DE FRICCION 20.4 grados



$y = 0.3722x + 0.3925$



OBSERVACIONES:

ELABORÓ: ING. KATHERINE ANAYA

APROBÓ: ING. MSc. JOSE OMAR TORRES

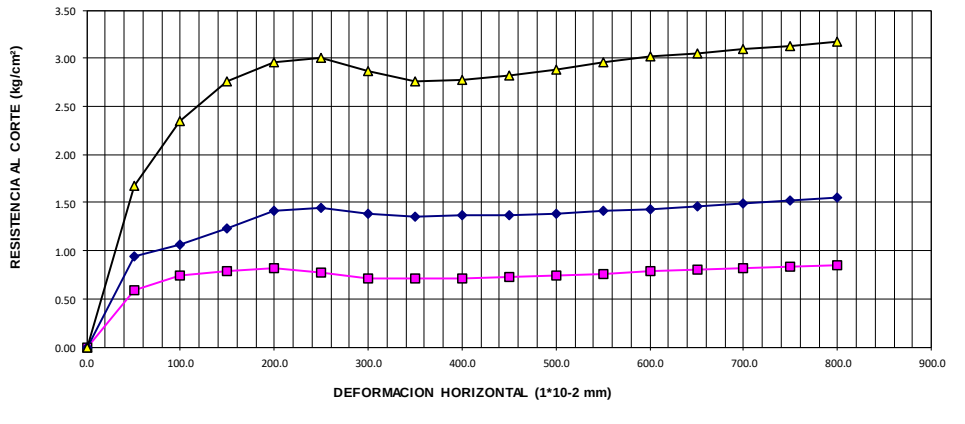
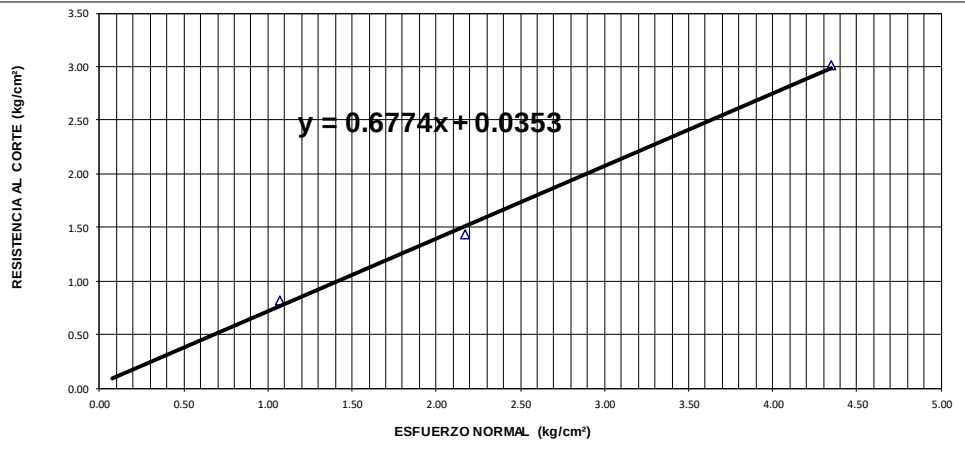


[illegible]

[illegible]

[illegible]



 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos		ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO																														
CÓDIGO: JOT-LB-F63		VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018																													
Basado en la Norma I.N.V.E-154 -2013																																
PROYECTO:	PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA																															
SOLICITANTE:	UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES		UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA																													
OBJETO:	ENSAYO	SONDEO: 2	MUESTRA: M3 (2.00-2.60m)																													
PROFUNDIDAD:	M3 (2.00-2.60m)		FECHA: 17/02/2025																													
<table border="1"><thead><tr><th></th><th>ESFUERZO CORTANTE (k/cm²)</th><th>ESFUERZO NORMAL (k/cm²)</th><th>PESO UNITARIO HUMEDO (t/m³)</th><th>PESO UNITARIO SECO (t/m³)</th><th>HUMEDAD NATURAL(%)</th><th>VELOCIDAD DEL CORTE (pul/min)</th></tr></thead><tbody><tr><td>PRIMER ENSAYO</td><td>0.81</td><td>1.07</td><td>2.03</td><td>1.71</td><td>18.92</td><td>0.0020</td></tr><tr><td>SEGUNDO ENSAYO</td><td>1.44</td><td>2.18</td><td>2.03</td><td>1.71</td><td>18.92</td><td>0.0020</td></tr><tr><td>TERCER ENSAYO</td><td>3.01</td><td>4.35</td><td>2.04</td><td>1.71</td><td>18.92</td><td>0.0020</td></tr></tbody></table> COHESION (kg/cm²) 0.04 ANGULO DE FRICCION 34.1 grados 						ESFUERZO CORTANTE (k/cm²)	ESFUERZO NORMAL (k/cm²)	PESO UNITARIO HUMEDO (t/m³)	PESO UNITARIO SECO (t/m³)	HUMEDAD NATURAL(%)	VELOCIDAD DEL CORTE (pul/min)	PRIMER ENSAYO	0.81	1.07	2.03	1.71	18.92	0.0020	SEGUNDO ENSAYO	1.44	2.18	2.03	1.71	18.92	0.0020	TERCER ENSAYO	3.01	4.35	2.04	1.71	18.92	0.0020
	ESFUERZO CORTANTE (k/cm²)	ESFUERZO NORMAL (k/cm²)	PESO UNITARIO HUMEDO (t/m³)	PESO UNITARIO SECO (t/m³)	HUMEDAD NATURAL(%)	VELOCIDAD DEL CORTE (pul/min)																										
PRIMER ENSAYO	0.81	1.07	2.03	1.71	18.92	0.0020																										
SEGUNDO ENSAYO	1.44	2.18	2.03	1.71	18.92	0.0020																										
TERCER ENSAYO	3.01	4.35	2.04	1.71	18.92	0.0020																										

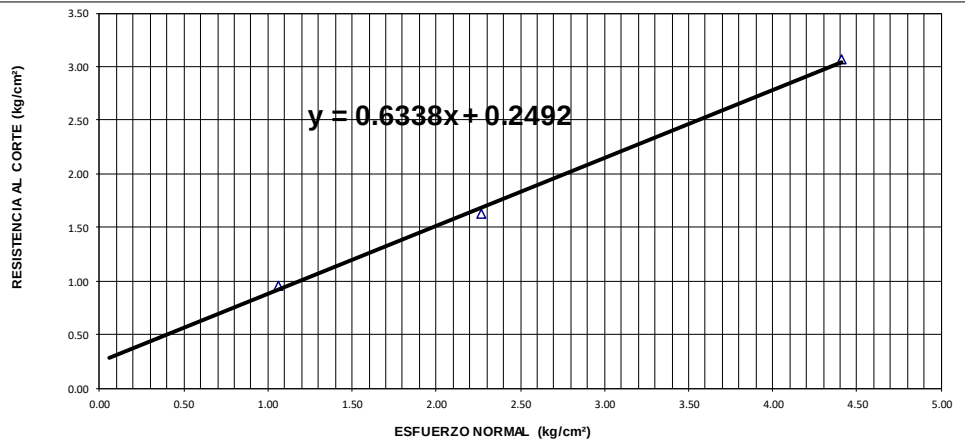
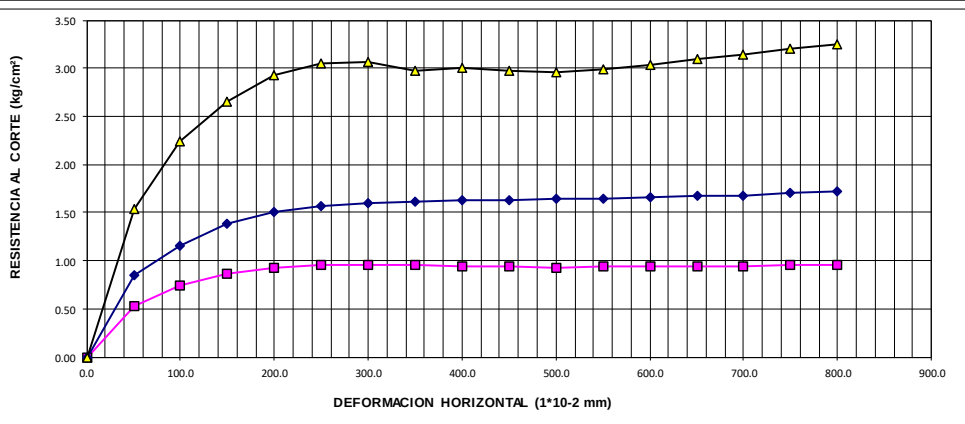


PÁG. 1 / 3

[illegible]

[illegible]



 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos		ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO																														
CÓDIGO: JOT-LB-F63		VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018																													
Basado en la Norma I.N.V.E-154 -2013																																
PROYECTO: PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA																																
SOLICITANTE: UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES			UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA																													
OBJETO: ENSAYO		SONDEO: 3	MUESTRA: M1 (0.40-1.00m)																													
PROFUNDIDAD: M1 (0.40-1.00m)		FECHA: 17/02/2025																														
	<table border="1"><thead><tr><th></th><th>ESFUERZO CORTANTE (k/cm²)</th><th>ESFUERZO NORMAL (k/cm²)</th><th>PESO UNITARIO HUMEDO (t/m³)</th><th>PESO UNITARIO SECO (t/m³)</th><th>HUMEDAD NATURAL(%)</th><th>VELOCIDAD DEL CORTE (pul/min)</th></tr></thead><tbody><tr><td>PRIMER ENSAYO</td><td>0.96</td><td>1.06</td><td>2.10</td><td>1.86</td><td>13.08</td><td>0.0020</td></tr><tr><td>SEGUNDO ENSAYO</td><td>1.63</td><td>2.27</td><td>2.10</td><td>1.86</td><td>13.08</td><td>0.0020</td></tr><tr><td>TERCER ENSAYO</td><td>3.07</td><td>4.41</td><td>2.10</td><td>1.86</td><td>13.08</td><td>0.0020</td></tr></tbody></table>		ESFUERZO CORTANTE (k/cm²)	ESFUERZO NORMAL (k/cm²)	PESO UNITARIO HUMEDO (t/m³)	PESO UNITARIO SECO (t/m³)	HUMEDAD NATURAL(%)	VELOCIDAD DEL CORTE (pul/min)	PRIMER ENSAYO	0.96	1.06	2.10	1.86	13.08	0.0020	SEGUNDO ENSAYO	1.63	2.27	2.10	1.86	13.08	0.0020	TERCER ENSAYO	3.07	4.41	2.10	1.86	13.08	0.0020			
	ESFUERZO CORTANTE (k/cm²)	ESFUERZO NORMAL (k/cm²)	PESO UNITARIO HUMEDO (t/m³)	PESO UNITARIO SECO (t/m³)	HUMEDAD NATURAL(%)	VELOCIDAD DEL CORTE (pul/min)																										
PRIMER ENSAYO	0.96	1.06	2.10	1.86	13.08	0.0020																										
SEGUNDO ENSAYO	1.63	2.27	2.10	1.86	13.08	0.0020																										
TERCER ENSAYO	3.07	4.41	2.10	1.86	13.08	0.0020																										
COHESION (kg/cm²) 0.25																																
ANGULO DE FRICCION 32.4 grados																																
																																
																																
OBSERVACIONES:																																
ELABORÓ: ING. KATHERINE ANAYA																																
APROBÓ: ING. MSc. JOSE OMAR TORRES																																

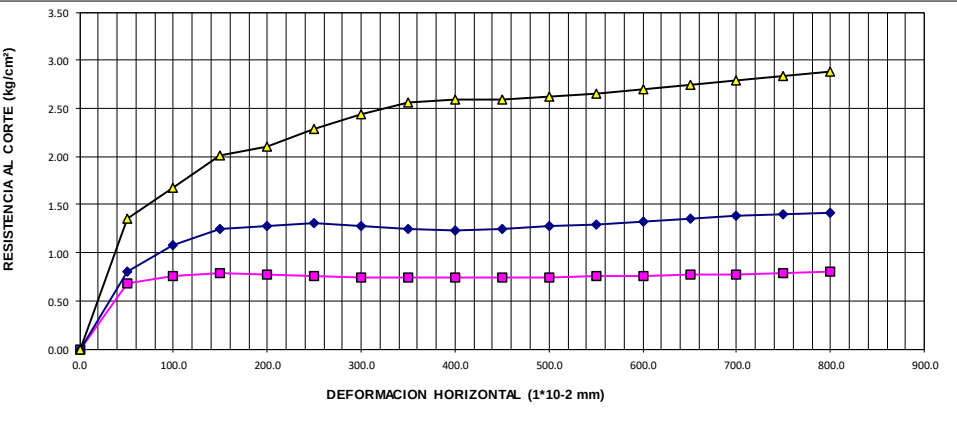
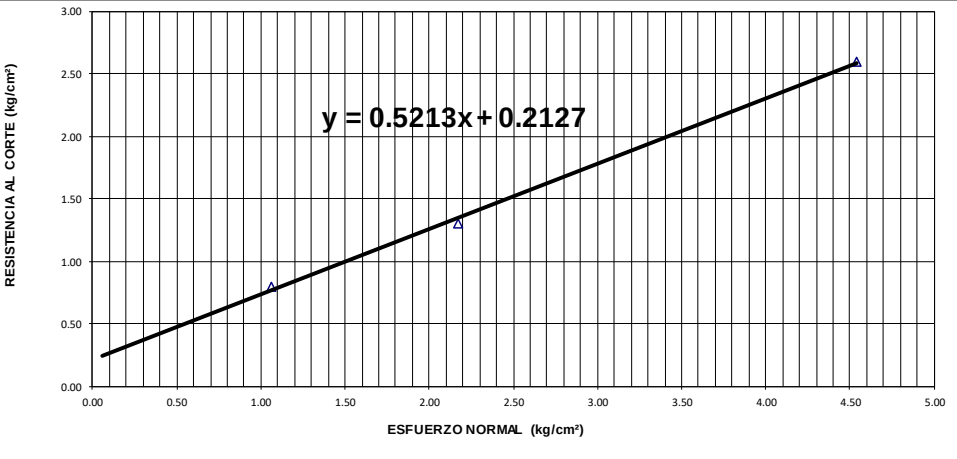


[illegible]

[illegible]

[illegible]



 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos		ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO																														
CÓDIGO: JOT-LB-F63		VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018																													
Basado en la Norma I.N.V.E-154 -2013																																
PROYECTO:	PALACIO DE JUSTICIA ARAUCA																															
SOLICITANTE:	UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES		UBICACIÓN: MUNICIPIO ARAUCA																													
OBJETO:	ENSAYO	SONDEO: 3	MUESTRA: M2 (1.00-2.00m)																													
PROFUNDIDAD:	M2 (1.00-2.00m)		FECHA: 17/02/2025																													
<table border="1"><thead><tr><th></th><th>ESFUERZO CORTANTE (k/cm²)</th><th>ESFUERZO NORMAL (k/cm²)</th><th>PESO UNITARIO HUMEDO (t/m³)</th><th>PESO UNITARIO SECO (t/m³)</th><th>HUMEDAD NATURAL(%)</th><th>VELOCIDAD DEL CORTE (pul/min)</th></tr></thead><tbody><tr><td>PRIMER ENSAYO</td><td>0.79</td><td>1.06</td><td>2.04</td><td>1.82</td><td>12.08</td><td>0.0020</td></tr><tr><td>SEGUNDO ENSAYO</td><td>1.30</td><td>2.18</td><td>2.04</td><td>1.82</td><td>12.08</td><td>0.0020</td></tr><tr><td>TERCER ENSAYO</td><td>2.59</td><td>4.54</td><td>2.06</td><td>1.84</td><td>12.08</td><td>0.0020</td></tr></tbody></table> COHESION (kg/cm²) 0.21 ANGULO DE FRICCION 27.5 grados 						ESFUERZO CORTANTE (k/cm²)	ESFUERZO NORMAL (k/cm²)	PESO UNITARIO HUMEDO (t/m³)	PESO UNITARIO SECO (t/m³)	HUMEDAD NATURAL(%)	VELOCIDAD DEL CORTE (pul/min)	PRIMER ENSAYO	0.79	1.06	2.04	1.82	12.08	0.0020	SEGUNDO ENSAYO	1.30	2.18	2.04	1.82	12.08	0.0020	TERCER ENSAYO	2.59	4.54	2.06	1.84	12.08	0.0020
	ESFUERZO CORTANTE (k/cm²)	ESFUERZO NORMAL (k/cm²)	PESO UNITARIO HUMEDO (t/m³)	PESO UNITARIO SECO (t/m³)	HUMEDAD NATURAL(%)	VELOCIDAD DEL CORTE (pul/min)																										
PRIMER ENSAYO	0.79	1.06	2.04	1.82	12.08	0.0020																										
SEGUNDO ENSAYO	1.30	2.18	2.04	1.82	12.08	0.0020																										
TERCER ENSAYO	2.59	4.54	2.06	1.84	12.08	0.0020																										



[illegible]

[illegible]

[illegible]

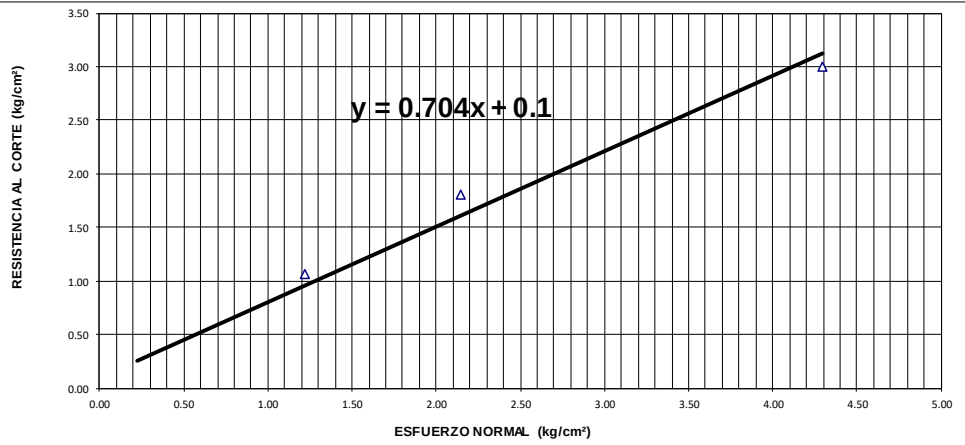
 ING. JOSE OMAR TORRES MSc. Consultoría en Geotecnia y Pavimentos	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO		
	CÓDIGO: JOT-LB-F63	VERSIÓN: 02	FECHA DE REVISIÓN: 04/10/2018

Basado en la Norma I.N.V.E-154 -2013

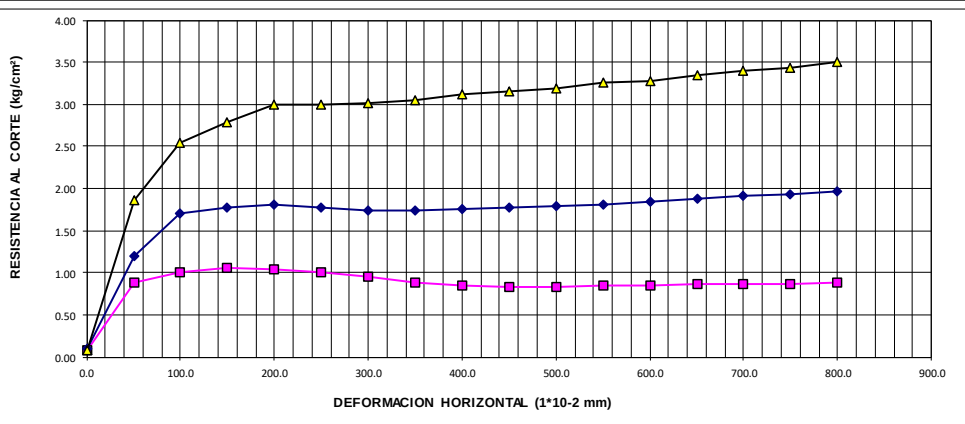
PROYECTO:	PALACIO DE JUSTICIA DE ARAUCA	
SOLICITANTE:	UNION TEMPORAL ARAUCA CONSULTORES	UBICACIÓN: MUNICIPIO DE ARAUCA
OBJETO:	ESTUDIO SUELOS	SONDEO: 3
PROFUNDIDAD:	3.50-5.00m	MUESTRA: BARRENO
		FECHA: 19/02/2025

	ESFUERZO CORTANTE (k/cm²)	ESFUERZO NORMAL (k/cm²)	PESO UNITARIO HUMEDO (t/m³)	PESO UNITARIO SECO (t/m³)	HUMEDAD NATURAL(%)	VELOCIDAD DEL CORTE (pul/min)
PRIMER ENSAYO	1.06	1.22	1.98	1.92	3.24	0.0008
SEGUNDO ENSAYO	1.80	2.15	1.84	1.78	3.24	0.0008
TERCER ENSAYO	3.00	4.29	2.04	1.98	3.24	0.0008

COHESION (kg/cm²) 0.10
ANGULO DE FRICCIÓN 35.1 grados



$y = 0.704x + 0.1$



OBSERVACIONES:

ELABORÓ: ING.KATHERINE ANAYA	APROBÓ: ING. MSc. JOSE OMAR TORRES
-------------------------------------	---



11. ANEXO 2. MEMORIA DE CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA Y ASIENTOS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Design loads acting on foundation

Nr.	Combina tion name	Design normal stress (kN/m ²)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	Hx (kN)	Hy (kN)	Type	
1	A1+M1+ R1	420	0	0	0	0	0	Design	
2	A2+M2+ R2	420	0	0	0	0	0	Design	

Earthquake + Partial coef. soil geotechnical parameters + Resistances

Nr.	Seismic correctio n (None)	Tangent to angle of shearing resistanc e angle	Effective cohesion	Undraine d cohesion	Unit weight in foundatio n	Overburd en unit weight	Red. Coef. Vertical bearing capacity	Red. Coef. Horizont al bearing capacity	
1	no	1	1	1	1	1	1	1	
2	no	1	1	1	1	1	1	1	

Vertical bearing capacity

Combina tion name	Author	Bearing capacity [Qult] (kN/m ²)	Design resistanc e [Rd] (kN/m ²)	Pressure [Ed] (kN/m ²)	Safety factor [Fs=Qult /Ed]	Verificati on condition s [Ed<Rd]	Failure type	Subgrade reaction constant (kN/m ³)	
A1+M1+ R1									
	HANSE N (1970)	1755.37	1755.37	420.00	4.18	Verified	* General shear mechanis m; Ir=261.5 53; Icrit=95. 192	70214.75	
*	TERZA GHI (1955)	1281.27	1281.27	420.00	3.05	Verified	* General shear mechanis	51250.84	





							m; Ir=261.5 53; Icrit=95. 192		
	MEYER HOF (1963)	1815.00	1815.00	420.00	4.32	Verified	* General shear mechanis m; Ir=261.5 53; Icrit=95. 192	72600.09	
	VESIC (1975)	1834.11	1834.11	420.00	4.37	Verified	* General shear mechanis m; Ir=261.5 53; Icrit=95. 192	73364.45	
	Brinch - Hansen 1970	1756.30	1756.30	420.00	4.18	Verified	* General shear mechanis m; Ir=261.5 53; Icrit=95. 192	70252.06	
A2+M2+ R2									
	HANSE N (1970)	1755.37	1755.37	420.00	4.18	Verified	* General shear mechanis m; Ir=261.5 53; Icrit=95. 192	70214.75	
	TERZA GHI	1281.27	1281.27	420.00	3.05	Verified	* General	51250.84	



	(1955)						shear mechanis m; Ir=261.5 53; Icrit=95. 192		
	MEYER HOF (1963)	1815.00	1815.00	420.00	4.32	Verified	* General shear mechanis m; Ir=261.5 53; Icrit=95. 192	72600.09	
	VESIC (1975)	1834.11	1834.11	420.00	4.37	Verified	* General shear mechanis m; Ir=261.5 53; Icrit=95. 192	73364.45	
	Brinch - Hansen 1970	1756.30	1756.30	420.00	4.18	Verified	* General shear mechanis m; Ir=261.5 53; Icrit=95. 192	70252.06	



Design loads acting on foundation

Nr.	Combina tion name	Design normal stress (kN/m ²)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	Hx (kN)	Hy (kN)	Type	
1	A1+M1+ R1	365	0	0	0	0	0	Design	
2	A2+M2+ R2	365	0	0	0	0	0	Design	

Earthquake + Partial coef. soil geotechnical parameters + Resistances

Nr.	Seismic correctio n (None)	Tangent to angle of shearing resistanc e angle	Effective cohesion	Undraine d cohesion	Unit weight in foundatio n	Overburd en unit weight	Red. Coef. Vertical bearing capacity	Red. Coef. Horizont al bearing capacity	
1	no	1	1	1	1	1	1	1	
2	no	1	1	1	1	1	1	1	

Vertical bearing capacity

Combina tion name	Author	Bearing capacity [Qult] (kN/m ²)	Design resistanc e [Rd] (kN/m ²)	Pressure [Ed] (kN/m ²)	Safety factor [Fs=Qult /Ed]	Verificati on condition s [Ed<Rd]	Failure type	Subgrade reaction constant (kN/m ³)	
A1+M1+ R1									
	HANSE N (1970)	1519.75	1519.75	365.00	4.16	Verified	* General shear mechanis m; Ir=316.3 17; Icrit=95. 192	60789.98	
*	TERZA GHI (1955)	1117.01	1117.01	365.00	3.06	Verified	* General shear mechanis m; Ir=316.3	44680.45	



							17; Icrit=95. 192		
	MEYER HOF (1963)	1548.38	1548.38	365.00	4.24	Verified	* General shear mechanis m; Ir=316.3 17; Icrit=95. 192	61935.37	
	VESIC (1975)	1598.01	1598.01	365.00	4.38	Verified	* General shear mechanis m; Ir=316.3 17; Icrit=95. 192	63920.43	
	Brinch - Hansen 1970	1535.20	1535.20	365.00	4.21	Verified	* General shear mechanis m; Ir=316.3 17; Icrit=95. 192	61407.85	
A2+M2+ R2									
	HANSE N (1970)	1519.75	1519.75	365.00	4.16	Verified	* General shear mechanis m; Ir=316.3 17; Icrit=95. 192	60789.98	
	TERZA GHI (1955)	1117.01	1117.01	365.00	3.06	Verified	* General shear mechanis	44680.45	





							m; Ir=316.3 17; Icrit=95. 192		
	MEYER HOF (1963)	1548.38	1548.38	365.00	4.24	Verified	* General shear mechanis m; Ir=316.3 17; Icrit=95. 192	61935.37	
	VESIC (1975)	1598.01	1598.01	365.00	4.38	Verified	* General shear mechanis m; Ir=316.3 17; Icrit=95. 192	63920.43	
	Brinch - Hansen 1970	1535.20	1535.20	365.00	4.21	Verified	* General shear mechanis m; Ir=316.3 17; Icrit=95. 192	61407.85	





Design loads acting on foundation

Nr.	Combina tion name	Design normal stress (kN/m ²)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	Hx (kN)	Hy (kN)	Type	
1	A1+M1+ R1	320	0	0	0	0	0	Design	
2	A2+M2+ R2	320	0	0	0	0	0	Design	

Earthquake + Partial coef. soil geotechnical parameters + Resistances

Nr.	Seismic correctio n (None)	Tangent to angle of shearing resistanc e angle	Effective cohesion	Undraine d cohesion	Unit weight in foundatio n	Overburd en unit weight	Red. Coef. Vertical bearing capacity	Red. Coef. Horizont al bearing capacity	
1	no	1	1	1	1	1	1	1	
2	no	1	1	1	1	1	1	1	

Vertical bearing capacity

Combina tion name	Author	Bearing capacity [Qult] (kN/m ²)	Design resistanc e [Rd] (kN/m ²)	Pressure [Ed] (kN/m ²)	Safety factor [Fs=Qult /Ed]	Verificati on condition s [Ed<Rd]	Failure type	Subgrade reaction constant (kN/m ³)	
A1+M1+ R1									
	HANSE N (1970)	1195.93	1195.93	320.00	3.74	Verified	* General shear mechanis m; Ir=400.0 9; Icrit=95. 192	47837.26	
*	TERZA GHI (1955)	952.75	952.75	320.00	2.98	Verified	* General shear mechanis m; Ir=400.0 9; Icrit=95.	38110.07	



							192		
	MEYER HOF (1963)	1294.89	1294.89	320.00	4.05	Verified	* General shear mechanis m; Ir=400.0 9; Icrit=95. 192	51795.43	
	VESIC (1975)	1274.97	1274.97	320.00	3.98	Verified	* General shear mechanis m; Ir=400.0 9; Icrit=95. 192	50998.77	
	Brinch - Hansen 1970	1232.68	1232.68	320.00	3.85	Verified	* General shear mechanis m; Ir=400.0 9; Icrit=95. 192	49307.07	
A2+M2+ R2									
	HANSE N (1970)	1195.93	1195.93	320.00	3.74	Verified	* General shear mechanis m; Ir=400.0 9; Icrit=95. 192	47837.26	
	TERZA GHI (1955)	952.75	952.75	320.00	2.98	Verified	* General shear mechanis m; Ir=400.0	38110.07	





							9; Icrit=95. 192		
	MEYER HOF (1963)	1294.89	1294.89	320.00	4.05	Verified	* General shear mechanis m; Ir=400.0 9; Icrit=95. 192	51795.43	
	VESIC (1975)	1274.97	1274.97	320.00	3.98	Verified	* General shear mechanis m; Ir=400.0 9; Icrit=95. 192	50998.77	
	Brinch - Hansen 1970	1232.68	1232.68	320.00	3.85	Verified	* General shear mechanis m; Ir=400.0 9; Icrit=95. 192	49307.07	



CARGA ÚLTIMA DE CIMENTACIONES SOBRE EL TERRENO

La carga última de una cimentación superficial se puede definir como el valor máximo de la carga con el cual en ningún punto del subsuelo se alcanza la condición de rotura (método de Frolich), o también como aquel valor de carga, mayor que el anterior, con el cual el fenómeno de rotura se extiende a un amplio volumen del suelo (método de Prandtl y sucesivos).

Prandtl ha estudiado el problema de la rotura de un semiespacio elástico por efecto de una carga aplicada sobre su superficie con referencia al acero, caracterizando la resistencia a la rotura con una ley del tipo:

$$\tau = c + \sigma \times \operatorname{tg} \varphi \quad \text{válida también para suelos.}$$

Las hipótesis y las condiciones dictadas por Prandtl son las siguientes:

- Material carente de peso y por lo tanto $\gamma=0$
- Comportamiento rígido - plástico
- Resistencia a la rotura del material expresada con la relación $\tau=c + \sigma \times \operatorname{tg} \varphi$
- Carga uniforme, vertical y aplicada en una franja de longitud infinita y de ancho $2b$ (estado de deformación plana)
- Tensiones tangenciales nulas al contacto entre la franja de carga y la superficie límite del semiespacio.

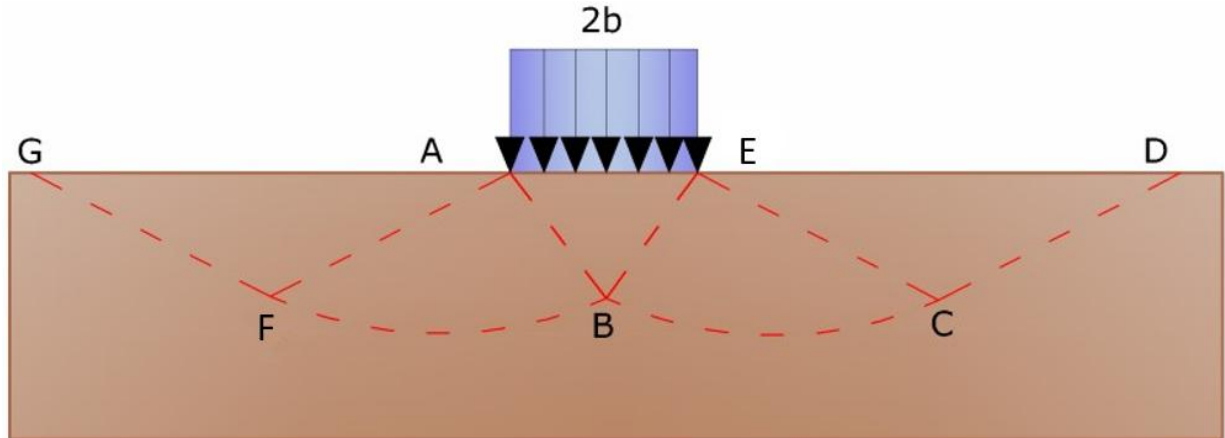
En el acto de la rotura se verifica la plasticidad del material contenido entre la superficie límite del semiespacio y la superficie $GFBCD$.

En el triángulo AEB la rotura se da según dos familias de segmentos rectilíneos e inclinados en $45^\circ + \varphi/2$ con respecto al horizontal.

En las zonas ABF y EBC la rotura se produce a lo largo de dos familias de líneas, una constituida por segmentos rectilíneos que pasan respectivamente por los puntos A y E y la otra por arcos de familias de espirales logarítmicas.

Los polos de éstas son los puntos A y E . En los triángulos AFG y ECD la rotura se da en segmentos inclinados en $\pm(45^\circ + \varphi/2)$ con respecto a la vertical.





Mecanismo de rotura de Prandtl

Identificado así el volumen de terreno que experimenta rotura con la carga última, ésta se puede calcular escribiendo la condición de equilibrio entre las fuerzas que actúan en cualquier volumen de terreno delimitado bajo cualquiera de las superficies de deslizamiento.

Se llega por lo tanto a una ecuación $q = B \times c$, donde el coeficiente B depende solo del ángulo de rozamiento ϕ del terreno.

$$B = \cot g \phi \left[e^{\pi g \phi} \operatorname{tg}^2 (45^\circ + \phi / 2) - 1 \right]$$

Para $\phi = 0$ el coeficiente B es igual a 5.14, por lo tanto $q = 5.14 \times c$.

En el otro caso particular de terreno sin cohesión ($c=0$, $\gamma \neq 0$) resulta $q=0$. Según la teoría de **Prandtl**, no sería entonces posible aplicar ninguna carga en la superficie límite de un terreno incoherente.

Si bien no se puede aplicar prácticamente, en esta teoría se han basado todas las investigaciones y los métodos de cálculo sucesivos.

En efecto **Caquot** se puso en las mismas condiciones de Prandtl, a excepción del hecho que la franja de carga no se aplica sobre la superficie límite del semiespacio, sino a una profundidad h, con $h \leq 2b$; el terreno comprendido entre la superficie y la profundidad h tiene las siguientes características: $\gamma \neq 0$, $\phi = 0$, $c = 0$ es decir un medio dotado de peso pero sin resistencia.



Resolviendo las ecuaciones de equilibrio se llega a la expresión:

$$q = A \times \gamma_1 + B \times c$$

que de seguro es un paso adelante con respecto a Prandtl, pero que aún no refleja la realidad.

Método de Terzaghi (1955)

Terzaghi, prosiguiendo el estudio de Caquot, ha aportado algunos cambios para tener en cuenta las características efectivas de toda la obra de cimentación - terreno.

Bajo la acción de la carga transmitida por la cimentación, el terreno que se encuentra en contacto con la cimentación misma tiende a irse lateralmente, pero resulta impedido por las resistencias tangenciales que se desarrollan entre la cimentación y el terreno. Esto comporta un cambio del estado tensional en el terreno puesto directamente por debajo de la cimentación; para tenerlo en cuenta, **Terzaghi** asigna a los lados AB y EB de la cuña de Prandtl una inclinación ψ respecto a la horizontal, seleccionando el valor de ψ en función de las características mecánicas del terreno al contacto terreno-obra de cimentación.

De esta manera se supera la hipótesis $\gamma_2 = 0$ para el terreno por debajo de la cimentación admitiendo que las superficies de rotura quedan inalteradas, la expresión de la carga última entonces es:

$$q = A \times \gamma \times h + B \times c + C \times \gamma \times b$$

Donde C es un coeficiente que resulta función del ángulo de rozamiento interno ϕ del terreno puesto por debajo del nivel de cimentación y del ángulo ϕ antes definido; b es la semianchura de la franja.

Además, basándose en datos experimentales, **Terzaghi** pasa del problema plano al problema espacial introduciendo algunos factores de forma.

Una sucesiva contribución sobre el efectivo comportamiento del terreno ha sido aportada por **Terzaghi**.

En el método de Prandtl se da la hipótesis de un comportamiento del terreno rígido-plástico, en cambio **Terzaghi** admite este comportamiento en los terrenos muy compactos.

En éstos, de hecho, la curva cargas-asentamientos presenta un primer tracto rectilíneo,



seguido por un breve tracto curvilíneo (comportamiento elástico-plástico); la rotura es instantánea y el valor de la carga límite resulta claramente individuado (rotura general). En un terreno muy suelto en cambio la relación cargas-asentamientos presenta un tramo curvilíneo acentuado desde las cargas más bajas por efecto de una rotura progresiva del terreno (rotura local). Como consecuencia la individualización de la carga límite no es tan clara y evidente como en el caso de los terrenos compactos.

Para los terrenos muy sueltos, Terzaghi aconseja tener en consideración la carga última; el valor que se calcula con la fórmula anterior pero introduciendo valores reducidos de las características mecánicas del terreno y precisamente:

$$tg\phi_{rid} = 2/3 \times tg\phi \text{ e } c_{rid} = 2/3 \times c$$

Haciendo explícitos los coeficientes de la fórmula anterior, la fórmula de Terzaghi se puede escribir así:

$$q_{ult} = c \times N_c \times s_c + \gamma \times D \times N_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times s_\gamma$$

Donde:

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

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

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

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

Fórmula de Meyerhof (1963)

Meyerhof propuso una fórmula para calcular la carga última parecida a la de Terzaghi. Las diferencias consisten en la introducción de nuevos coeficientes de forma.

Introdujo un coeficiente s_q que multiplica el factor N_q , factores de profundidad d_i y de pendencia i_j para el caso en que la carga transmitida a la cimentación sea inclinada en la vertical.



Los valores de los coeficientes N se obtuvieron de Meyerhof suponiendo varios arcos de prueba BF (v. mecanismo Prandtl), mientras que el corte a lo largo de los planos AF tenía valores aproximados.

A continuación se presentan los factores de forma tomados de Meyerhof, junto con la expresión de la fórmula.

Carga vertical:

$$q_{ult} = c \times N_c \times s_c \times d_c + \gamma \times D \times N_q \times s_q \times d_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times s_\gamma \times d_\gamma$$

Carga inclinada:

$$q_{ult} = c \times N_c \times i_c \times d_c + \gamma \times D \times N_q \times i_q \times d_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times i_\gamma \times d_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi \tan^2 (45 + \varphi / 2)}$$

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

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\varphi)$$

Factor de forma:

$$s_c = 1 + 0.2k_p \frac{B}{L} \quad \text{para } \varphi > 10$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1k_p \frac{B}{L} \quad \text{para } \varphi = 0$$

Factor de profundidad:

$$d_c = 1 + 0.2\sqrt{k_p} \frac{D}{B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1\sqrt{k_p} \frac{D}{B} \quad \text{para } \varphi > 10$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{para } \varphi = 0$$

inclinación:



$$i_c = i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{\phi}\right)^2 \quad \text{para } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{para } \phi = 0$$

Donde:

- $K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$;
- θ = Inclinación de la resultante en la vertical.

Fórmula de Hansen (1970)

Es una extensión ulterior de la fórmula de *Meyerhof*; las extensiones consisten en la introducción de b_i que tiene en cuenta la eventual inclinación en la horizontal del nivel de cimentación y un factor g_i para terreno en pendiente.

La fórmula de Hansen vale para cualquier relación D/B , ya sean cimentaciones superficiales o profundas; sin embargo el mismo autor introdujo algunos coeficientes para poder interpretar mejor el comportamiento real de la cimentación; sin éstos, de hecho, se tendría un aumento demasiado fuerte de la carga última con la profundidad.

Para valores de $D/B < 1$:

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$$

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

Para valores $D/B > 1$:

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

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

En el caso $\phi = 0$

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



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

Factor de forma:

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

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

$$s_c = 1 \quad \text{para cimentaciones continuas}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$$

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

Factores de inclinación de la carga

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta / 450)H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta > 0)$$

Factores de inclinación del terreno (cimentación sobre talud):

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$$

Factores de inclinación del nivel de cimentación (base inclinada)



$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = \exp(-2\eta \tan \varphi)$$

$$b_q = \exp(-2.7\eta \tan \varphi)$$

Fórmula de Vesic (1975)

La fórmula de Vesic es análoga a la fórmula de Hansen, con N_q y N_c como en la fórmula de Meyerhof y N_γ como se indica a continuación:

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \times \tan(\varphi)$$

Los factores de forma y de profundidad que aparecen en las fórmulas del cálculo de la capacidad portante son iguales a los propuestos por Hansen; en cambio se dan algunas diferencias en los factores de inclinación de la carga, del terreno (cimentación en talud) y del plano de cimentación (base inclinada).

Fórmula Brinch-Hansen (EC 7 - EC 8)

Para que una cimentación pueda resistir la carga de proyecto en seguridad con respecto a la rotura general, para todas las combinaciones de carga relativas al ELU (Estado límite último), se debe dar la siguiente desigualdad:

donde: V_d es la carga de proyecto al ELU, normal en la base de la cimentación, que incluye también el peso de la cimentación misma; mientras R_d es la carga última de proyecto de la cimentación con respecto a las cargas normales, teniendo en cuenta también el efecto de cargas inclinadas o excéntricas.

En la evaluación analítica de la carga última de proyecto R_d se deben considerar las situaciones a corto y a largo plazo en los terrenos de grano fino.

La carga última de proyecto en condiciones no drenadas se calcula como:

$$R/A' = (2 + \pi) c_u s_c i_c + q$$

Donde:



- $A' = B' L'$ área de la cimentación efectiva de proyecto, entendida, en caso de carga excéntrica, como el área reducida en cuyo centro se aplica la resultante de la carga;
- c_u : cohesión no drenada;
- q : presión litostática total en el plano de cimentación;
- s_c : factor de forma;
- $s_c = 1 + 0,2 (B'/L')$: para cimentaciones rectangulares;
- $s_c = 1,2$: para cimentaciones cuadradas o circulares;
- i_c : factor de corrección de la inclinación de la carga debida a una carga H .

$$i_c = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - H/A' c_u} \right)$$

En condiciones drenadas la carga última de proyecto se calcula como sigue:

$$R/A' = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

Donde:

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

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

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

Factores de forma

$$s_q = 1 + (B'/L') \tan \phi' \text{ para forma rectangular}$$

$$s_q = 1 + \tan \phi' \text{ para forma cuadrada o circular}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3(B'/L') \text{ para forma rectangular}$$

$$s_\gamma = 0,7 \text{ para forma cuadrada o circular}$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) \text{ para forma rectangular, cuadrada o circular.}$$

Factores inclinación resultante debido a una carga horizontal H



$$i_q = [1 - H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \phi')]^m$$

$$i_\gamma = [1 - H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \phi')]^{m+1}$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

Donde:

$$m = m_B = \frac{\left[2 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \right]}{\left[1 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \right]} \quad \text{con } H/B'$$

$$m = m_L = \frac{\left[2 + \left(\frac{L'}{B'} \right) \right]}{\left[1 + \left(\frac{L'}{B'} \right) \right]} \quad \text{con } H/L'$$

Además de los factores correctivos de la tabla anterior, se consideran los complementarios de la profundidad del plano de cimentación y de la inclinación y de la inclinación del plano de cimentación y del plano terreno (Hansen).

Método de Richards et. al

Richards, Helm y Budhu (1993) desarrollaron un procedimiento que permite, en condiciones sísmicas, calcular ya sea la carga última que los asientos derivados y por ende verificar ambos estados límite (último y de daño). El cálculo de la carga última se obtiene mediante una simple extensión del problema de la carga última al caso de la presencia de fuerzas de inercia en el terreno de cimentación debidas al sismo, mientras la estimación de los asientos se obtiene haciendo referencia a Newmark (Apéndice H de "*Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica*"—Associazione Geotecnica Italiana/"Aspectos geotécnicos del proyecto en zona sísmica"—Asociación Geotécnica Italiana). Los autores han alargado el trinomio de la fórmula de la carga última:

$$q_L = N_q \cdot q + N_c \cdot c + 0.5 N_\gamma \cdot \gamma \cdot B$$

Donde los factores de capacidad de carga se calculan con las siguientes fórmulas:

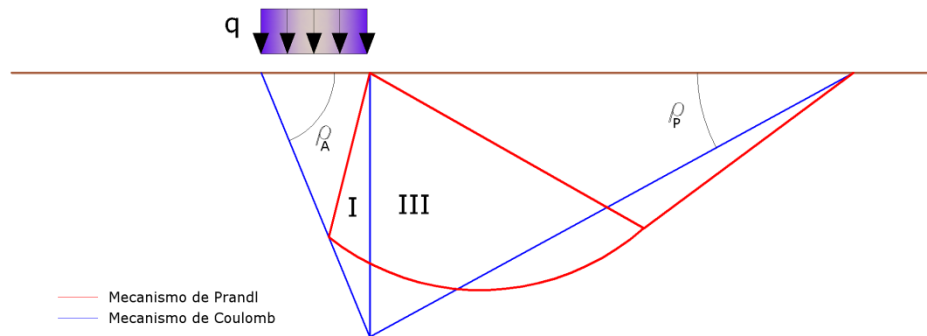
$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\phi)$$



$$N_q = \frac{K_{pE}}{K_{AE}}$$

$$N_\gamma = \left(\frac{K_{pE}}{K_{AE}} - 1 \right) \cdot \tan(\rho_{AE})$$

Examinando con el enfoque de equilibrio límite un mecanismo a la Coulomb y teniendo en cuenta las fuerzas de inercia agentes en el volumen de terreno a rotura. De hecho, en campo estático, el clásico mecanismo de Prandtl se puede aproximar, como se muestra en la siguiente figura, eliminando la zona de transición (abanico de Prandtl) y reduciéndola a la línea AC, que viene vista como una pared ideal en equilibrio bajo la acción del empuje activo y del empuje pasivo que recibe de las cuñas I y III:



Esquema de cálculo de la carga última (qL)

Los autores han extraído las expresiones de los ángulos ρ_A y ρ_P que definen las zonas de empuje activo y pasivo y de los coeficientes de empuje activo y pasivo K_A y K_P en función del ángulo de rozamiento interno φ del terreno y del ángulo de rozamiento d terreno – pared ideal:

$$\rho_A = \varphi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan(\varphi) \cdot (\tan(\varphi) \cdot \cot(\varphi)) \cdot (1 + \tan(\delta) \cdot \cot(\varphi))} - \tan(\varphi)}{1 + \tan(\delta) \cdot (\tan(\varphi) + \cot(\varphi))} \right\}$$

$$\rho_P = -\varphi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan(\varphi) \cdot (\tan(\varphi) \cdot \cot(\varphi)) \cdot (1 + \tan(\delta) \cdot \cot(\varphi))} + \tan(\varphi)}{1 + \tan(\delta) \cdot (\tan(\varphi) + \cot(\varphi))} \right\}$$



$$K_A = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(\delta)}} \right\}^2}$$

$$K_P = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(\delta)}} \right\}^2}$$

Es de observar que el empleo de las fórmulas anteriores asumiendo $\phi=0.5\delta$, conduce a valores de coeficientes de carga última muy cercanos a los basados en un análisis a la Prandtl. Por lo tanto Richards et. Al. extendieron la aplicación del mecanismo de Coulomb al caso sísmico, teniendo en cuenta las fuerzas de inercia agentes en el volumen de terreno a rotura. Tales fuerzas de masa, debidas a aceleraciones k_h g y k_v g, agentes respectivamente en dirección horizontal y vertical, son a su vez iguales a $k_h \gamma$ e $k_v \gamma$. Se obtienen así las extensiones de las expresiones de ρ_a y ρ_p , además de K_A y K_P , respectivamente indicadas como ρ_{AE} y ρ_{PE} y como K_{AE} y K_{PE} para denotar las condiciones sísmicas:

$$\rho_{AE} = (\varphi - \vartheta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1 + \tan^2(\varphi - \vartheta)) \cdot [1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot \cot(\varphi - \vartheta)]} - \tan(\varphi - \vartheta)}{1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot (\tan(\varphi - \vartheta) + \cot(\varphi - \vartheta))} \right\}$$

$$\rho_{PE} = -(\varphi - \vartheta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1 + \tan^2(\varphi - \vartheta)) \cdot [1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot \cot(\varphi - \vartheta)]} - \tan(\varphi - \vartheta)}{1 + \tan(\delta + \vartheta) \cdot (\tan(\varphi - \vartheta) + \cot(\varphi - \vartheta))} \right\}$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi - \vartheta)}{\cos(\vartheta) \cdot \cos(\delta + \vartheta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \vartheta)}{\cos(\delta + \vartheta)}} \right\}^2}$$

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\varphi - \vartheta)}{\cos(\vartheta) \cdot \cos(\delta + \vartheta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \vartheta)}{\cos(\delta + \vartheta)}} \right\}^2}$$

Los valores de N_q y N_γ se determinan también valiéndose de las fórmulas precedentes, empleando obviamente las expresiones de los ángulos ρ_{AE} y ρ_{PE} y de los coeficientes K_{AE} y K_{PE} relativas al caso sísmico. En tales expresiones aparece el ángulo θ definido como:



$$\tan(\theta) = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

En la siguiente tabla se muestran los factores de capacidad de carga calculados para los siguientes valores de los parámetros:

$$- \phi = 30^\circ \delta = 15^\circ$$

Para diferentes valores de los coeficientes de empuje sísmico:

kh/(1-kv)	Nq	N _γ	Nc
0	16.51037	23.75643	26.86476
0.087	13.11944	15.88906	20.9915
0.176	9.851541	9.465466	15.33132
0.268	7.297657	5.357472	10.90786
0.364	5.122904	2.604404	7.141079
0.466	3.216145	0.879102	3.838476
0.577	1.066982	1.103E-03	0.1160159

Tabla de los Factores de capacidad de carga para $\phi=30^\circ$

Check limit load (SLU)

The vertical bearing capacity of the foundation soil is verified according to the theory of limit states using the following inequality:

$$\sigma \leq \frac{R_d}{\gamma_{RV}}$$

or based on the factor of safety as:

$$\frac{R_d}{\sigma} \geq SF_v$$

where:

- σ : extreme design contact stress at the footing bottom;
- R_d : design bearing capacity of foundation soil γ_{RV} -coefficient of vertical bearing capacity of foundation;
- SF_v -safety factor for vertical bearing capacity.



Extreme design contact stress at the footing bottom is assumed the form:

$$\sigma = \frac{V}{A_{ef}}$$

where:

- V: extreme design vertical force;
- A_{ef} : effective area of foundation

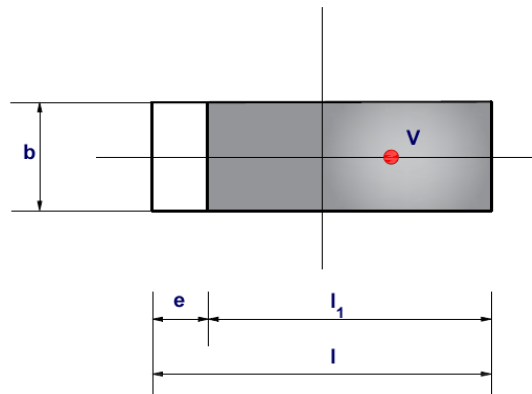
Effective Area

When solving the problem of eccentrically loaded foundations the program offers two options to deal with an effective dimension of the foundation area:

- a rectangular shape of effective area is assumed;
- circular shape of effective area is assumed.

Rectangular shape

A simplified solution is used in such cases. In case of axial eccentricity (bending moment acts in one plane only) the analysis assumes a uniform distribution of contact stress σ applied only over a portion of the foundation l_1 , which is less by twice the eccentricity e compared to the total length l .



Determination of effective area in case of axial eccentricity



An effective area ($b \cdot l_1$) is assumed to compute the contact stress, so that we have:

$$\sigma = \frac{V}{b \cdot (l - 2e)}$$

In case of a general eccentric load (foundation is loaded by the vertical force V and by bending moments M_1 and M_2 the load is replaced by a single force with given eccentricities:

$$e_1 = \frac{M_1}{V}$$

$$e_2 = \frac{M_2}{V}$$

The size of effective area follows from the condition that the force V must act eccentrically:

$$A_{ef} = b_{ef} \cdot l_{ef} = (l - 2e_1) \cdot (b - 2e_2)$$

Circular shape

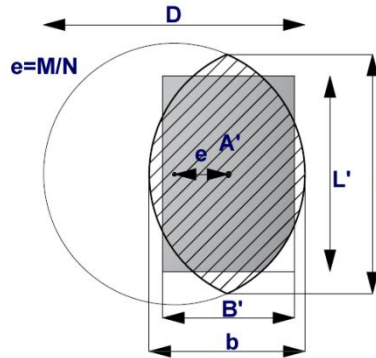
A circular foundation subjected to a vertical load applied with an eccentricity $e = Md/Nd$ can be regarded as an equivalent fictitious foundation with a centrally applied load (Figure), as suggested by Meyerhof (1953) and Vesic (1973). In this case, the area of the fictitious foundation, A' , can be calculated as:

$$A' = \frac{D^2}{2} \left(\arccos \frac{2e}{D} - \frac{2e}{D} \sqrt{1 - \left(\frac{2e}{D} \right)^2} \right)$$

The aspect ratio of the equivalent rectangular area can also be approximated as the ratio of the line lengths b to l , as shown in Figure that is,

$$\frac{B}{L'} = \frac{b}{l} = \sqrt{\frac{D - 2e}{D + 2e}}$$





Método de cálculo de las dimensiones equivalentes de una cimentación sometida a carga no baricéntrica

Verificación del deslizamiento

De acuerdo con los criterios de cálculo en ELU, se debe comprobar la estabilidad de una zapata aislada con respecto al colapso por deslizamiento y al colapso por rotura general. Con el primero, la resistencia se estima como la suma de un componente debido a la adhesión más otro debido al rozamiento cimentación-terreno; la resistencia lateral derivada del empuje pasivo del terreno se puede tener en cuenta como un porcentaje cuyo valor será indicado por el usuario. La resistencia de cálculo por rozamiento y adhesión se calcula mediante la expresión:

$$F_{Rd} = N_{sd} \tan \delta + c_a A'$$

Donde:

- N_{sd} = valor de cálculo de la fuerza vertical;
- δ = ángulo de resistencia al corte en la base de la cimentación;
- c_a = adhesión zapata -terreno;
- A' = área de la cimentación efectiva, entendida, en caso de cargas excéntricas, como área reducida al centro de la cual se aplica el resultado.

CARGA LÍMITE DE CIMENTACIÓN EN ROCA

Para valorar la capacidad de carga admisible de las rocas se deben tener en cuenta algunos parámetros significativos como las características geológicas, el tipo y calidad de roca, medida con RQD. En la capacidad portante de las rocas se utilizan normalmente factores



de seguridad muy altos y legados de todas maneras al valor del coeficiente RQD: por ejemplo, para una roca con RQD igual al máximo de 0.75 el factor de seguridad varía entre 6 y 10. Para determinar la capacidad de carga de una roca se pueden usar las fórmulas de Terzaghi, usando ángulo de rozamiento y cohesión de la roca, o las propuestas por Stagg y **Zienkiewicz** (1968) donde los coeficientes de la fórmula de la capacidad portante valen:

$$N_q = \tan^6 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = 5 \tan^4 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = N_q + 1$$

Con tales coeficientes se usan los factores de forma utilizados en la fórmula de Terzaghi. La capacidad de carga última calculada es de todas formas función del coeficiente RQD según la siguiente expresión:

$$q' = q_{ult} (RQD)^2$$

Si el sondeo en roca no suministra piezas intactas (RQD tiende a 0), la roca se trata como un terreno, estimando mejor los parámetros c y ϕ .

FACTORES DE CORRECCIÓN SÍSMICA (PAOLUCCI & PECKER)

Para tener en cuenta los efectos inerciales del sisma en la determinación del q_{lim} se introducen los factores de corrección z :

$$z_q = \left(1 - \frac{k_h}{\tan \phi} \right)^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,32 \cdot k_h$$

$$z_\gamma = z_q$$

Donde k_h es el coeficiente sísmico horizontal

ASIENTOS ELÁSTICOS

Los asentamientos de una cimentación rectangular de dimensiones $B \times L$ puesta en la superficie de un semiespacio elástico se pueden calcular con base en una ecuación basada en la teoría de la elasticidad (Timoshenko e Goodier (1951)):



$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_s} \left(I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2 \right) I_F \quad (1)$$

Donde:

- q_0 = Intensidad de la presión de contacto;
- B' = Mínima dimensión del área reactiva;
- E e μ = Parámetros elásticos del terreno;
- I_i = Coeficientes de influencia dependientes de: L'/B' , espesor del estrato H , coeficiente de Poisson μ , profundidad del nivel de cimentación D ;

Los coeficientes I_1 y I_2 se pueden calcular utilizando las ecuaciones de *Steinbrenner* (1934) (V. Bowles), en función de la relación L'/B' y H/B , utilizando $B'=B/2$ y $L'=L/2$ para los coeficientes relativos al centro y $B'=B$ y $L'=L$ para los coeficientes relativos al borde.

El coeficiente de influencia I_F deriva de las ecuaciones de *Fox* (1948), que indican el asiento se reduce con la profundidad en función del coeficiente de *Poisson* y de la relación L/B .

Para simplificar la ecuación (1) se introduce el coeficiente I_S :

$$I_S = I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2$$

El asentamiento del estrato de espesor H vale:

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_s} I_S I_F$$

Para aproximar mejor los asientos se subdivide la base de apoyo de manera que el punto se encuentre en correspondencia con un ángulo externo común a varios rectángulos. En práctica se multiplica por un factor igual a 4 para el cálculo de los asentamientos en el centro y por un factor igual a 1 para los asentamientos en el borde.

En el cálculo de los asientos se considera una profundidad del bulbo tensiones igual a $5B$, si el substrato rocoso se encuentra a una profundidad mayor. A tal propósito se



considera substrato rocoso el estrato que tiene un valor de E igual a 10 veces el del estrato que está por encima.

El módulo elástico para terrenos estratificados se calcula como promedio ponderado de los módulos elásticos de los estratos interesados en el asiento inmediato.

ASIENTOS EDMÉTRICOS

El cálculo de los asientos con el método edométrico permite valorar un asiento de consolidación de tipo unidimensional, producto de las tensiones inducidas por una carga aplicada en condiciones de expansión lateral impedida. Por lo tanto la estimación efectuada con este método se debe considerar como empírica, en vez de teórica.

Sin embargo la simplicidad de uso y la facilidad de controlar la influencia de los varios parámetros que intervienen en el cálculo, lo hacen un método muy difuso.

El procedimiento edométrico en el cálculo de los asientos pasa esencialmente a través de dos fases:

- a) El cálculo de las tensiones verticales inducidas a las diferentes profundidades con la aplicación de la teoría de la elasticidad;
- b) La valoración de los parámetros de compresibilidad con la prueba edométrica.

En referencia a los resultados de la prueba edométrica, el asentamiento se valora como:

$$\Delta H = H_0 \cdot RR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

Si se trata de un terreno súper consolidado ($OCR > 1$), o sea si el incremento de tensión debido a la aplicación de la carga no hace superar la presión de preconsolidación σ'_p ($\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v < \sigma'_p$).

Si en cambio el terreno es consolidado normal ($\sigma'_{v0} = \sigma'_p$) las deformaciones se dan en el tracto de compresión y el asiento se valora como:

$$\Delta H = H_0 \cdot CR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

Donde:

- RR : Relación de recompresión;
- CR Relación de compresión;
- H_0 espesor inicial del estrato;



- σ'_{v0} tensión vertical eficaz antes de la aplicación de la carga;
- $\Delta\sigma_v$ incremento de tensión vertical debido a la aplicación de la carga.

Como alternativa a los parámetros RR y CR se hace referencia al módulo edométrico M ; pero en tal caso se debe seleccionar oportunamente el valor del módulo a utilizar, teniendo en cuenta el intervalo tensional ($\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v$) significativo para el problema en examen.

Para la aplicación correcta de este tipo de método es necesario:

- la subdivisión de los estratos compresibles en una serie de pequeños estratos de modesto espesor (< 2.00 m);
- la estimación del módulo edométrico en el ámbito de cada estrato;
- el cálculo del asiento como suma de las contribuciones para cada pequeño estrato.

Muchos usan las expresiones antes indicadas para el cálculo del asentamiento de consolidación tanto para las arcillas como para las arenas de granulometría de fina a media, porque el módulo de elasticidad usado viene tomado directamente de pruebas de consolidación. Sin embargo, para terrenos con grano más grueso las dimensiones de las pruebas edométricas son poco significativas del comportamiento global del estrato y, para las arenas, es preferible utilizar pruebas penetrométricas estáticas y dinámicas.

Asiento secundario

El asiento secundario se calcula con referencia a la relación:

$$\Delta H_s = H_c \cdot C_\alpha \cdot \log \frac{T}{T_{100}}$$

Donde:

- H_c es la altura del estrato en fase de consolidación;
- C_α es el coeficiente de consolidación secundaria como pendiente en el tracto secundario de la curva *asiento-logaritmo tiempo*;
- T tiempo en que se desea el asiento secundario;
- T_{100} tiempo necesario para terminar el proceso de consolidación primaria.

ASIENTOS DE SCHMERTMANN

Un método alternativo para calcular los asientos es el propuesto por Schmertmann (1970), el cual ha correlaciona la variación del bulbo tensiones a la deformación. Schmertmann por lo tanto propone considerar un diagrama de las deformaciones de forma triangular



donde la profundidad a la cual se tienen deformaciones significativas se toma como igual a $4B$, en el caso de cimentaciones corridas, para cimentaciones cuadradas o circulares es igual a $2B$.

Según este acercamiento el asiento se expresa con la siguiente ecuación:

$$w = C_1 \cdot C_2 \cdot \Delta q \cdot \sum \frac{I_z \cdot \Delta z}{E}$$

En la cual:

- Δq : representa la carga neta aplicada a la cimentación;
- I_z : es un factor de deformación cuyo valor es nulo a la profundidad de $2B$, para cimentaciones circulares o cuadradas, y a profundidad $4B$, para cimentaciones corridas (lineales).

El valor máximo de I_z se verifica a una profundidad respectivamente igual a:

- $B/2$ para cimentaciones circulares o cuadradas;
- B para cimentaciones corridas;

y vale:

$$I_{zmax} = 0.5 + 0.1 \cdot \left(\frac{\Delta q}{\sigma'_{vi}} \right)^{0.5}$$

Donde:

- σ'_{vi} : representa la tensión vertical eficaz a la profundidad $B/2$ para cimentaciones circulares o cuadradas, y a profundidad B para cimentaciones corridas;
- E_i : representa el módulo de deformación del terreno correspondiente al estrato **i-ésimo** considerado en el cálculo;
- Δz_i representa el espesor del estrato **i-ésimo**;
- C_1 y C_2 son dos coeficientes correctores.

El módulo E se considera igual a $2.5 q_c$ para cimentaciones circulares o cuadradas e igual a $3.5 q_c$ para cimentaciones corridas. En los casos intermedios, se interpola en función del valor de L/B .

El término q_c que interviene en la determinación de E representa la resistencia a la puntaza obtenida con la prueba CPT.

Las expresiones de los dos coeficientes C_1 y C_2 son:

$$C_1 = 1 - 0.5 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{\Delta q} > 0.5$$

que toma en cuenta la profundidad del plano de cimentación.

$$C_2 = 1 + 0.2 \cdot \log \frac{t}{0.1}$$

que toma en cuenta las deformaciones diferidas en el tiempo por efecto secundario. En la expresión **t** representa el tiempo, expresado en años después de haber terminado la construcción, de acuerdo con el cual se calcula el asentamiento.

ASIENTOS DE BURLAND Y BURBIDGE

Si acaso se dispone de datos obtenidos de pruebas penetrométricas dinámicas para calcular los asentamientos, es posible fiarse del método de Burland y Burbidge (1985), en el cual se correlaciona un índice de compresibilidad I_c al resultado N de la prueba penetrométrica dinámica. La expresión del asiento propuesta por los autores es la siguiente:

$$S = f_s \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma'_{v0} \cdot B^{0.7} \cdot I_c / 3 + (q' - \sigma'_{v0}) \cdot B^{0.7} \cdot I_c \right]$$

Donde:

- q' = presión eficaz bruta;
- σ'_{v0} = tensión vertical eficaz a la cota de impuesto de la cimentación;
- B = ancho de la cimentación;
- I_c = índice de compresibilidad;
- f_s, f_H, f_t = factores correctores que toman en cuenta respectivamente la forma, el espesor del estrato comprensible y el tiempo, para el componente viscoso.

El índice de compresibilidad I_c está legado al valor medio N_{av} de N_{spt} al interno de una profundidad significativa z :

$$I_c = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}}$$



Por cuanto respecta a los valores de N_{spt} a utilizar en el cálculo del valor medio N_{AV} , hay que precisar que los valores se deben corregir para arenas con componentes limosos debajo del nivel freático y $N_{spt} > 15$, según la indicación de Terzaghi y Peck (1948)

$$N_c = 15 + 0.5 (N_{spt} - 15)$$

Donde N_c es el valor correcto a usar en los cálculos.

Para depósitos gravosos arenosos-gravosos el valor corregido es igual a:

$$N_c = 1.25 N_{spt}$$

Las expresiones de los factores correctores f_s , f_H y f_t son respectivamente:

$$f_s = \left(\frac{1.25 \cdot L / B}{L / B + 0.25} \right)^2$$

$$f_H = \frac{H}{z_i} \left(2 - \frac{H}{z_i} \right)$$

$$f_t = \left(1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3} \right)$$

t = tiempo en años > 3 ;

R_3 = constante igual a 0.3 para cargas estáticas y 0.7 para cargas dinámicas;

R = 0.2 en el caso de cargas estáticas y 0.8 para cargas dinámicas.

