

ESTUDIO DE SUELOS PARA EDIFICACIÓN
Norma aplicada: NSR-10

MEJORAMIENTO INSTITUCIONES EDUCATIVAS
I.E SANTA ISABEL
MUNICIPIO DE CURUMANI - CESAR

NATY VANESA RIVERO GALVIS
ING. CIVIL – MSC
CONSULTORA

Versión: 1

AGOSTO DE 2026, VALLEDUPAR (CESAR)

CONTENIDO

Contenido	2
lista de figuras	3
lista de tablas.....	4
1. inTRODUCCIÓN.....	5
2 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL DISEÑO.....	6
3 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	7
4 TRABAJO DE CAMPO	8
5 ENSAYOS DE LABORATORIO.....	11
6 ASPECTOS GEOmorfologicOS.....	12
6.1 GEOLOGIA REGIONAL.....	12
7 PERFIL ESTRATIGRÁFICO	14
8 CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES	15
9 EFECTOS SISMICOS LOCALES	17
10 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CIMENTACIÓN	18
11 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE.....	19
12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	22
BIBLIOGRAFÍA.....	26
registro fotográfico	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. Municipio de Curumani– Dpto del Cesar	7
Figura 5. Numero de golpes N60.....	9
Figura 6. Carta de Casagrande en relación con los tipos de arcillas	11
Figura 7. Comportamiento de falla por hundimiento en suelos arcilloso (Prandtl)	18

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Numero de golpes N_{60} (golpes/pie).....	9
Tabla 2. Valores máximos de asentamientos diferenciales NSR-10	20

1. INTRODUCCIÓN

En este informe se hace un recuento del proceso investigativo llevado a cabo en la zona de influencia del lote donde se proyecta la construcción de un aula educativa en las instalaciones de la **IE. SANTA ISABEL**, edificación de un piso con cubierta en losa, localizada en el Municipio de CURUMANI, Departamento del Cesar. Se hizo una visita de reconocimiento al predio, donde se entrevistó con el rector de la institución y se realizó un trabajo de campo mediante exploraciones en el suelo, esto con el fin de conocer el tipo de suelo base de fundación y su capacidad portante. A continuación se exponen los resultados obtenidos en campo y laboratorio los cuales sirven de base para los análisis de las cimentaciones recomendadas y las demás consideraciones para garantizar un adecuado comportamiento estructural de la cimentación.

2 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL DISEÑO

Los objetivos de este estudio de suelos se describen a continuación:

- Realizar el estudio de suelos con el fin de investigar las características geotécnicas más relevantes y las propiedades mecánicas de los suelos presentes en el área del proyecto.
- Aportar criterios para el diagnóstico de la estabilidad ante cargas proyectadas de los suelos presentes en el área del proyecto.
- Dar recomendaciones sobre el sistema de cimentación más conveniente a aplicar para el proyecto, calculando la capacidad portante de los suelos para la construcción de la edificación.

3 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de Curumaní se encuentra ubicado en la zona de los Valles de los ríos Cesar y Magdalena, donde la precipitación oscila entre 900 y 1500 mm. Los períodos lluviosos ocurren regularmente entre los meses de abril a junio y de agosto a noviembre; el período menos lluvioso tiene lugar en los meses de diciembre a marzo, siendo el más seco enero. El comportamiento de los Índices de aridez es deficitario, es decir, mayor a 0.3, lo cual significa que se presenta déficit de agua en el suelo durante más de seis (6) meses al año.

La institución se localiza en zona corregimental de Santa Isabel. El acceso al sitio es deficiente, en el recorrdio se aprecian puentes en muy mal estado.

La temperatura promedio es de 37° C; llegando a alcanzar 40 grados centígrados. Y tiene dos estaciones lluviosas intercaladas por estaciones secas.



Figura 1. Municipio de Curumani– Dpto del Cesar

4 TRABAJO DE CAMPO

Las actividades en campo se iniciaron con la programación y planeación de los trabajos acordados con el cliente, para la realización de esta actividad se contó con un ingeniero civil de campo, un laboratorista, operadores de equipos de laboratorio y demás personal de apoyo técnico y logístico. En el lote se detectó una (1) unidad de construcción.

Abarcando la totalidad del área en estudio, se ejecutaron tres (3) sondeos a profundidad entre -2,0 m y -6.0 m, desarrollándose ensayo de penetración in-situ en cada uno y a cada metro de profundidad, tomándose muestras de suelo alteradas para ser analizadas en laboratorio, correlacionando con los resultados del ensayo SPT. Lo anterior acorde con el numeral H.3.2 de la norma Colombiana NSR-10. Para realizar toma de muestras alteradas nos apoyamos en la norma I.N.V. E111/22. En el 100% de los sondeos hubo recuperación de muestras para ser analizadas en laboratorio.

Los sondeos No. 1 y 2 se planearon hasta una profundidad de -6.0 m. El sondeo No. 3 se suspendió hasta una profundidad de -2.0 m, garantizando según (H.3.2.5) que más del 50% de los sondeos alcancen la profundidad de la siguiente tabla.

H.3.2.3 — NÚMERO MÍNIMO DE SONDEOS — El número mínimo de sondeos de exploración que deberán efectuarse en el terreno donde se desarrollará el proyecto se definen en la tabla H.3.2-1.

Tabla H.3.2-1
Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción
Categoría de la unidad de construcción

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

Los resultados de la correlación con el ensayo SPT se encuentran en la Tabla 1 y se ilustran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Numero de golpes N_{60} (golpes/pie)

PROF. (m)	NUMERO DE GOLPES/PIE (N_{60})		
	S#1	S#2	S#3
0.70 - 1.00	16	16	15
1.70 - 2.00	17	16	16
2.70 - 3.00	22	25	--
3.70 - 4.00	26	28	
4.70 - 5.00	35	36	
5.70 - 6.00	50	50	

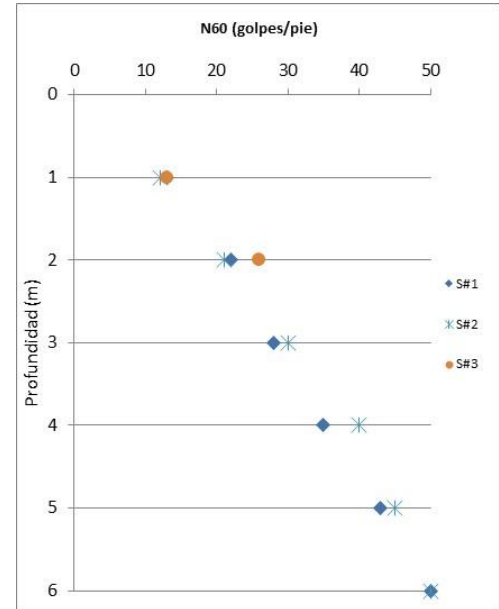


Figura 2. Numero de golpes N_{60}



Figura 3. Localización de las exploraciones en el área de estudio

Las coordenadas de los puntos se encuentran en la Tabla 2:

Tabla 2. Localización de las exploraciones realizadas

EXPLORACIÓN #	LOCALIZACIÓN
Ap#1	9°19'55.22"N 73°29'1.77"O
Sd#1	9°19'54.03"N 73°29'0.01"O
Sd#2	9°19'54.01"N 73°29'0.55"O
Sd#3	9°19'53.93"N 73°29'0.97"O

5 ENSAYOS DE LABORATORIO

A las muestras obtenidas en los sondeos, se les llevaron a cabo ensayos de humedad natural, granulometrías, límite líquido y plástico y peso unitario acorde con las normas INV E-123 INV E-125 INV E-126.

Las actividades del laboratorio ubicado en la ciudad de Valledupar, abarcó todos los ensayos básicos requeridos para identificar en forma acertada y confiable las condiciones actuales del suelo de subrasante. Lo anterior acorde con las normas vigentes del INVIAS, ICONTEC y ASTM. Además cuenta con los certificados de calibración vigentes los cuales han sido validados y parametrizados en forma adecuada.

Los resultados de los ensayos de laboratorio se presentan en el Anexo respectivo.

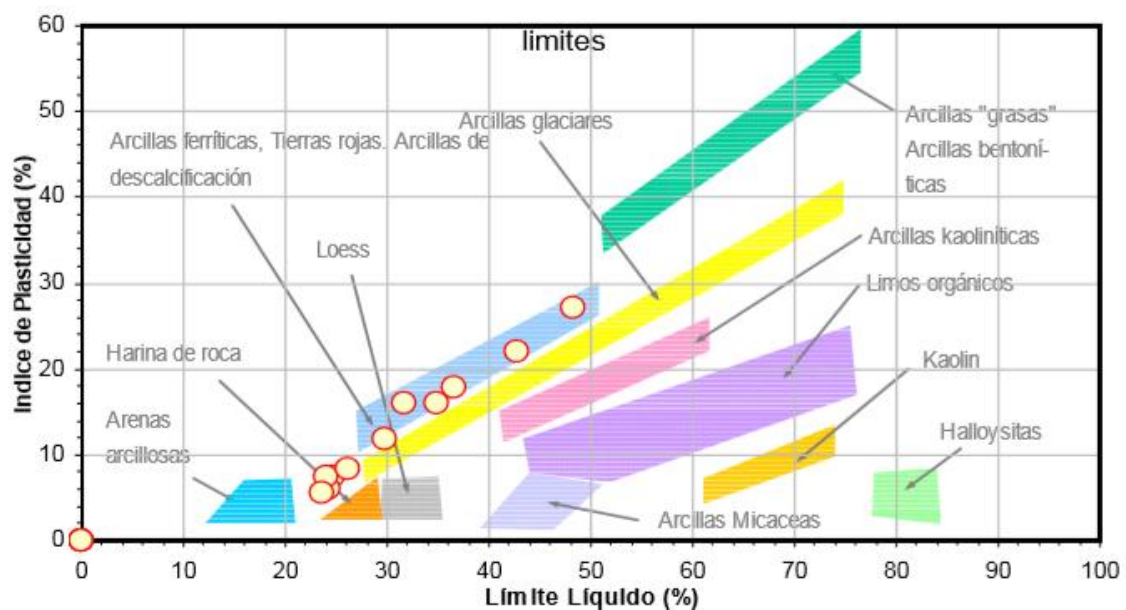


Figura 3. Carta de Casagrande en relación con los tipos de arcillas

6 ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS

6.1 GEOLOGIA REGIONAL

El departamento del Cesar se encuentra subdividido en tres rasgos geológicos y geomorfológicos principales: la Sierra Nevada de Santa Marta, la Serranía del Perijá y la zona norte de la Cordillera Oriental. La SP es una cadena montañosa donde afloran unidades que en general datan desde el Precámbrico hasta el Cuaternario (Wokittel, 1957). Miller, 1962 (Citado por Nova R. et al., 2012) plantea que se encuentra estructuralmente levantada entre las cuencas de Cesar-Ranchería y Maracaibo. La Serranía del Perijá se encuentra ubicada al noroccidente de Suramérica, entre Colombia y Venezuela, está limitada al norte por la Falla de Oca, y al Sur por la Falla Santa Marta- Bucaramanga, allí afloran las rocas desde el Jurásico hasta el Terciario. Para el jurásico, la tectónica global indica una separación de Pangea por la apertura del golfo de México, y la rotación desde el oeste hasta el norte de Suramérica de la Placa Caribe.

La Serranía de Perijá corresponde a un sistema montañoso cuyo proceso de levantamiento inició en el Mioceno. Está constituida por serranías en las que afloran sedimentos cretácicos y rocas cristalinas, que incluyen principalmente rocas Vulcano sedimentarias del Mesozoico y sedimentarias del Paleozoico y Mesozoico.

La historia geológica del sector perteneciente al departamento está enmarcada por el ciclo orogénico Andino. Según García et al., (2005) indica ciclo evolutivo perteneciente a la cuenca Cesar- Ranchería, para la era del Paleozoico comienza con una fase de Margen Pasivo en la que se depositaron sedimentos marinos someros, en ciclos limitados por discordancias, que inician con conglomerados, areniscas y lutitas y culminan con calizas. Las discordancias se asocian a pulsos orogénicos: el primero ocurrido durante el Ordovícico-Silúrico (que metamorfiza la Formación Perijá, y que es correlativo con diferentes unidades en los Andes Suramericanos, desde Mérida hasta Argentina, el otro en el Carbonífero inferior, y el otro en el Pérmico inferior. Todos estos eventos traen consigo el emplazamiento de plutones ácidos en diferentes localidades del norte de Suramérica.

Continuando para el periodo comprendido en el Pérmico Superior- Triásico caracterizado por evento el Margen Comprensivo I en la cual no existe registro sedimentario en la Cuenca Cesar Ranchería, pero sí intensa actividad magmática y metamorfismo de unidades de la

Sierra Nevada de Santa Marta y la Cordillera Central. Este estilo compresivo, el cual se asocia a la orogénesis Hercínica, es el responsable de la formación de Pangea.

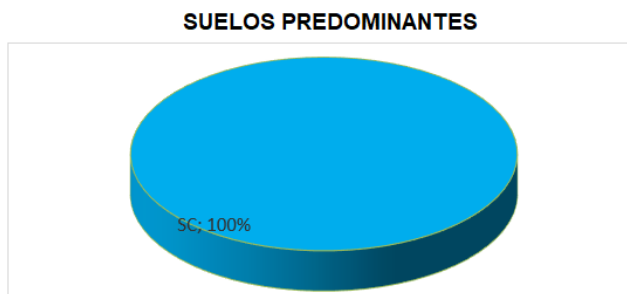
Seguidamente se presenta la fase del RIFT correspondiente al periodo Jurásico Inferior (aproximadamente 200 Ma) se inicia la separación de Pangea. En este periodo se genera en la cuenca un extenso registro vulcano-sedimentario debido a que en el área de Perijá se desarrolla un rift continental. Las fallas de basamento que constituyen el Rift se vuelven zonas de debilidad en etapas compresivas posteriores, y por esto muchas de las estructuras encontradas en la subcuenca Cesar tienen fallas de alto ángulo. Estas características prevalecen hasta finales del Jurásico cuando la extensión es suficiente para generar una dorsal oceánica entre Norteamérica y Suramérica e iniciar condiciones de margen pasivo. Las formaciones del Cretácico basal corresponden al relleno post-rift (formaciones Río Negro y Lagunitas) que se caracterizan por presentar diferencias de espesor considerables, y una clara transición de ambientes continentales a una plataforma estable de carbonatos ocurrida durante el Aptiano.

Para el periodo Aptiano – Maastrichtiano Cooper et al. (1995) asume la creación de la cuenta tras arco durante este periodo que se conectan las cuencas de la esquina noroeste de Suramérica, aunque hacia los Valles de Magdalena y Cesar. que explicaría el magmatismo Albiano-Cenomaniano observado en la Serranía de San Lucas (Clavijo et al., 2008) y Cordillera Central (Ibáñez et al., 2007).

Por último, en la edad Maastrichtiano Tardío-Eoceno se presenta Margen compresivo II Es de anotar que durante el Cretácico la parte norte del Valle Medio del Magdalena y la Cuenca Cesar-Ranchería se encontraban conectadas, pero el Paleoceno (Formación Lisama) se encuentra erosionado en la parte norte del Valle Medio del Magdalena, mientras que en la subcuenca de Cesar se hace muy espeso. Esto implica la presencia de un elemento levantado en la parte norte de la Cordillera Central. En el área de Ranchería, Bayona et al. (2007) explican la presencia de espesos paquetes de la Formación Cerrejón como resultado del basculamiento de la SNSM. En el Suroeste de la Subcuenca de Cesar se observa una serie de fallas inversas de alto ángulo que involucran el basamento Jurásico, tal como lo sugieren las interpretaciones sísmicas de Ujueta (2005) y Mora & García (2006).

7 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Desde el nivel superficial hasta el nivel explorado, el suelo predominante son arenas arcillosas con grava (SC) de plasticidad baja, %Pasa T200 inferiores a 49% y humedad natural menores a 14%, compactación relativa media la cual pasa a compacta a medida que se profundiza en la exploración. A nivel superficial se detectan unos estratos con mayor contenido arcilloso sin salirse de la matriz arenosa predominante en el lote. El bulbo de presiones de la cimentación tiene una profundidad aprox entre 3.0-4.0 m, por lo que se condiera adecuada la exploración realizada hasta -6.0 m.



El nivel freático NO se localizó hasta la profundidad explorada, cabe anotar que, al momento de realizar el trabajo de campo, la zona de influencia del proyecto se encontraba en verano. En épocas de invierno intenso pueden subir fluctuaciones del nivel entre 1.5 y 2.0 m para la condición más crítica. Por lo anterior se puede considerar que no generaría problemas en la cimentación.

De acuerdo con el registro visual de campo y los ensayos de laboratorio, no se aprecia presencia de suelos especiales (licuables, colapsables, expansivos, etc).

Se aclara que al encontrar suelos granulares, no se considera necesario realizar más ensayos de laboratorio (consolidación), ya que los parámetros de resistencia mecánica del suelo son determinados a partir de ensayos realizados in-situ.

Al estar frente a suelos granulares (H 2.5, NSR-10), aplicamos los criterios de densidad relativa correlacionando el ángulo de fricción interna (ϕ) con el valor N60 obtenido del ensayo SPT a partir de las experiencias y recomendaciones dada por Meyerhof, Vesic, el profesor Alvaro Gonzáles (COL) entre otros tratadistas.

8 CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES

- SUELOS EXPANSIVOS

De acuerdo con NSR-10 H.9.1-1, de acuerdo con la plasticidad del suelo presente en la zona, se prevé alto potencial expansivo del mismo.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm ²	Limite liquido LL, en (%)	Limite 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

- SUELOS LICUABLES

La licuación está definida como un proceso de transformación de un material granular desde el estado sólido a un estado líquido como consecuencia del incremento de la presión de poros y una reducción del esfuerzo vertical efectivo (Marcuson, 1978). Este incremento de la presión de poros es inducido por la tendencia de los materiales granulares a compactarse al momento de enfrentarse a deformaciones de corte cíclicas. Este cambio de estado ocurre principalmente en suelos granulares sueltos a moderadamente densos, con pocas condiciones de drenaje, tales como arenas limosas o arenas y gravas en una matriz de sedimentos impermeables. Dentro de las teorías para el cálculo de licuación de suelos, se encuentra la de Youd e Idriss (1997), quienes han realizado una recopilación de las teorías de grandes expertos al nivel mundial y las han actualizado con investigaciones recientes. Dicha teoría consiste en determinar el Factor de Seguridad a partir de la relación entre la resistencia a la licuación (Cyclic Resistance Ratio) y el esfuerzo cíclico generado (Cyclic Stress Ratio CSR), lo cual se multiplica por los factores de escala de magnitud (Magnitude Scaling Factors MSF). De acuerdo con lo anterior, para este suelo de características cohesivas, se considera un potencial de licuación aceptable, con deformaciones mínimas.

FS	Potencial de licuación
> 1,40	Aceptable, deformaciones mínimas
>1,25	Probablemente no hrbá problemas
>0,90	Realizar nuevos estudios

<0,90	Tomar medidas de prevención
-------	-----------------------------

- SUELOS COLAPSABLES

De acuerdo con NSR- H.9.3.3, se utiliza el criterio para identificar este tipo de suelos, cuando el volumen de vacíos iguala la cantidad de agua en el punto de límite líquido. Para conocer esto, se determina el peso unitario crítico a partir de la gravedad específica del suelo, el límite líquido y el peso unitario del agua.

$$\gamma_{\text{dcrit}} = \frac{\gamma_w}{(1 / G_s) + w_L}$$

Luego, se hace la comparación entre el peso unitario crítico y el peso unitario seco del suelo, para así saber si el suelo tiende a ser colapsable o no:

$$\frac{\gamma_d}{\gamma_{\text{dcrit}}} > 1 \text{ el suelo es estable o expansivo, y si}$$

$$\frac{\gamma_d}{\gamma_{\text{dcrit}}} \leq 1 \text{ el suelo es colapsable}$$

De este modo, para un G_s : 2.73, límite líquido de 46% y gamma seco de 1.75 gr/cm³, la relación $\gamma_d/\gamma_c > 1.0$, lo cual descarta la colapsabilidad del suelo.

- ESPECIES DE ARBOLES Y/O VEGETACIÓN PROBLEMÁTICA

Según lo evidenciado en campo y las definiciones del proyecto, Sí se prevé ningún tipo de árbol problemático en las zonas cercanas a la cimentación de los elementos estructurales importantes.

9 EFECTOS SISMICOS LOCALES

Teniéndose en cuenta la localización del proyecto, el tipo de suelo y el uso de éste, de acuerdo con la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo-Resistente (NSR-10), tenemos:

- A_a = Aceleración pico-efectiva, $A_a = 0,15$
- Zona de amenaza sísmica = Intermedia
- Coeficiente $F_a = 1.5$, Coeficiente $F_v = 2.2$
- Coeficiente de importancia = Grupo III. Edificaciones de atención a la comunidad, $I = 1,25$.

Tipo de Perfil del suelo = D

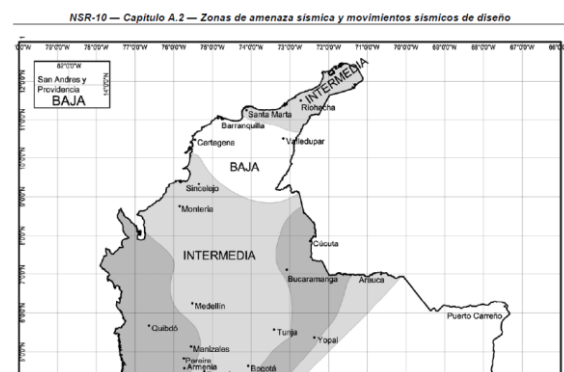
Basados en el procedimiento de clasificación según el artículo A.2.4.5 de la norma NSR-10, se realizan los siguientes pasos para validar el perfil adoptado:

Paso 1: El suelo encontrado no cae dentro de ninguna clasificación de las categorías del perfil de suelo F, ya que no son: suelos licuables, expansivos, dispersivos, turba, arcillas orgánicas, arcillas de muy alta plasticidad ni grandes espesores de arcillas de rigidez mediana a blanda.

Con base en las memorias descriptivas de las planchas geológicas de la zona en estudio, se logra extrapolar hasta los 30 m de profundidad el valor de los 16 golpes/pie, proyectando este mismo valor hasta dicho nivel. Lo anterior teniendo en cuenta la homogeneidad de los suelos en estudio.

Paso 2: El suelo Si clasifica como tipo D, ya que NO hay presencia de arcillas blandas con espesor de 3.0 m o más.

Paso 3: Otro criterio de N_{60} , el perfil de suelo que corresponde es el tipo D, ya que tiene un N promedio de 16 y es superior a 15 referido en la norma.



10 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CIMENTACIÓN

Las zapatas son cimientos superficiales, consisten en un elemento de transición que transmite las cargas de la edificación al subsuelo. Conformen una especie de extensión inferior ensanchada de la columna con el fin de transmitir al suelo la carga en un área mayor. La capacidad de carga última bruta puede ser determinada con la siguiente ecuación:

$$q_u = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i}$$

Un factor de seguridad adecuado debe utilizarse para calcular la capacidad de carga admisible neta. Para cimentaciones superficiales, el factor de seguridad no debe ser inferior a 3.0 bajo carga muerta y carga viva máxima.

Una cimentación puede fallar al momento en que los esfuerzos aplicados superan la resistencia al corte que el suelo ofrece. Sin embargo, antes de la ocurrencia de la falla de corte en el suelo, también es posible que una cimentación se someta a un asentamiento lo suficientemente grande para causar daños en la estructura y hacerla disfuncional para el fin para el que está diseñada. Los asentamientos que se pueden experimentar pueden ser por consolidación (tiempos largos) propios de suelos cohesivos y asentamientos elásticos (inmediatos) experimentados en suelos granulares. (Das, 2013)

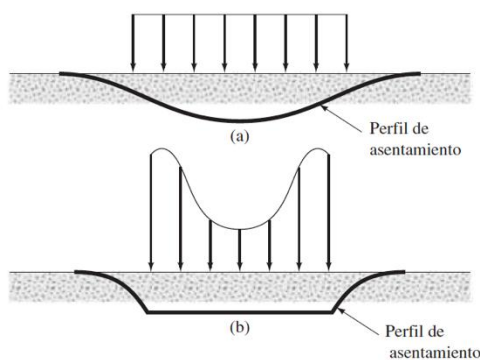


Figura 4. Comportamiento de falla por hundimiento en suelos arcilloso (Prandtl)

Coeficiente de reacción K_s : En el caso de cimentaciones del tipo zapata, se suele recurrir al modelo de Winkler o método del coeficiente de balasto. Este coeficiente K , que nos será facilitado a través del informe geotécnico, expresa una constante de proporcionalidad entre presiones y asientos para cada tipo de terreno: $P \text{ (T/m}^2\text{)} = K \times \delta \text{ (m)}$

11 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

CIMENTACIÓN EN ZAPATA – CARGA MÁXIMA DE SERVICIO COLUMNA = 50 TON

$D_f = 1.5 \text{ m}$
 $N_{60} = 16 \text{ golpes/pie}$
 $\Phi = 30.8^\circ$
 $N.F > 6.0 \text{ m.}$
 $\gamma_1 = 1.49 \text{ T/m}^3$
 $\gamma_2 = 1.49 \text{ T/m}^3$

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

$N_c = 33.2$
 $N_q = 21.1$
 $N_\gamma = 24.9$

FACTORES DE FORMA

$\zeta_c = 1.62$
 $\zeta_q = 1.60$
 $\zeta_\gamma = 0.60$

Aplicando la ecuación de capacidad portante, teniendo en cuenta H.4.2.3 y H.4.8 de la NSR-10, tenemos:

$\sigma_u = 45.3 \text{ Ton/m}^2$
 $\sigma_a = 15.1 \text{ Ton/m}^2$

Se calcula el asentamiento elástico a partir de la formulación de Meyerhof (1965):

$$\sigma_a = \frac{N * \rho}{12} \left(\frac{B + 1}{B} \right)^2 \quad B > 1.20 \text{ m}$$

Donde N es la resistencia a la penetración estándar (golpes/ft), ρ es el asentamiento (in) y B el ancho del cimiento (ft)

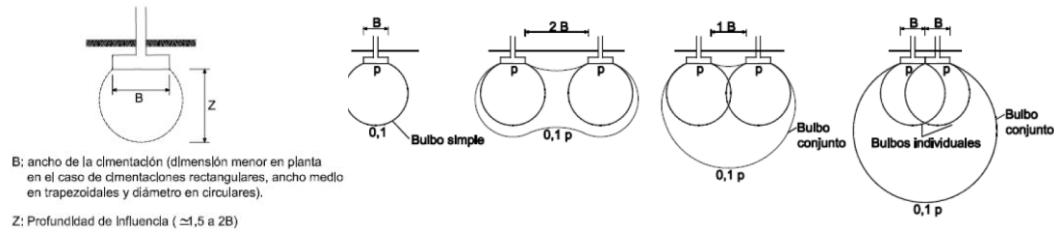
Para lo cual se genera un asentamiento probable de 3.0 cm, (OK)

Esfuerzo aplicado de $15.0 \text{ ton/m}^2 < 15.1 \text{ ton/m}^2$. Para zapatas de 2.2x2.2 m.

EL F.S indirecto resultante es mayor de 3.0 y cumple con H.4.7 de la NSR-10.

Debido a la proximidad de las zapatas, el bulbo de presiones puede aumentar, sin embargo no se considera una situación crítica, debido a que las cargas se consideran de baja magnitud y los

suelos en profundidad mejoran sus propiedades mecánicas (no se prevé suelos blandos a mayores profundidades), por tal motivo no se considera que pueda haber una afectación de la cimentación.



Coefficiente de reacción $K_s = 603 \text{ Ton/m}^3$ (OK para suelo granular)

Acorde con las cargas entre tipos de columnas, su distancia y la homogeneidad del suelo, se prevé que los asentamientos diferenciales estarán dentro de los rangos permitidos por norma que para este caso están cercanos a los 1.6 cm.

Tabla 2. Valores máximos de asentamientos diferenciales NSR-10

Tipo de construcción	Δ_{max}
(a) Edificaciones con muros y acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	$\frac{\ell}{1000}$
(b) Edificaciones con muros de carga en concreto o en mampostería	$\frac{\ell}{500}$
(c) Edificaciones con pórticos en concreto, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	$\frac{\ell}{300}$
(d) Edificaciones en estructura metálica, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	$\frac{\ell}{160}$

Memorias de cálculo para capacidad portante en cimentación superficial.

Acorde con las teorías de resistencia límite del suelo, para el estrato soporte y base de fundación se utiliza la ecuación de Capacidad Portante Admisible que emplea los mecanismos de falla de Prandtl modificada con los factores de capacidad portante, tales como corrección por forma y por profundidad de desplante, establecidos por Meyerhof en 1963, afectando este valor por un F.S de 3.0.

Al tener D/B menor a 4, estamos frente a cimentación superficial con cimientos corridos, donde D = profundidad de desplante de la cimentación y B = ancho del cimiento; así la formulación propuesta dada es la siguiente:

$$q_{ult} = cN_c s_c d_c + \bar{q}N_q s_q d_q + 0.5\gamma B'N_\gamma s_\gamma d_\gamma$$

En esta ecuación:

B' = ancho de la cimentación (diámetro para una cimentación circular)

c = cohesión

q = esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación,

γ = peso específico del suelo,

N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga

i, d, s = Factores de corrección por forma, profundidad e inclinación

Factores por forma:

$$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B}{L}$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B}{L}$$

$$s_q = s_\gamma = 1$$

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

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

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

$$K_p = \tan^2(45 + \varphi/2)$$

Para todo φ

$$\varphi > 10$$

$$\varphi = 10$$

Factores de profundidad:

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

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1\sqrt{K_p} \frac{D}{B}$$

$$s_q = s_\gamma = 1$$

Para todo φ

$$\varphi > 10$$

$$\varphi = 10$$

Factores de inclinación:

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

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

$$i_\gamma = 1$$

Para todo φ

$$\varphi > 0$$

$$\theta > 0 \text{ and } \varphi = 0$$

Para el cálculo de los asentamientos inmediatos, la ecuación utilizada es la siguiente

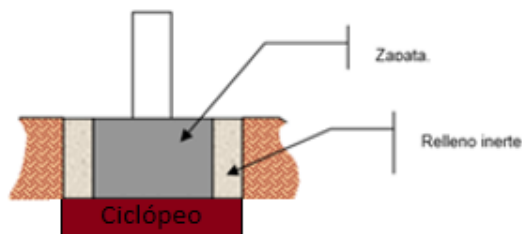
$$\delta = qB \frac{(1-\nu^2)}{E} I_p$$

Esfuerzo actuante (Ton/m ²)	q
Ancho cimiento (m)	B
Relacion Poisson	μ
Factor de forma	I_p
Mod. Elastico Ton/m ²	E
Asentamiento probable (mm)	ρ

12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda para el proyecto tener en cuenta los siguientes aspectos:
 - Red de drenajes que impida la llegada de agua a la cimentación lo cual alterará las propiedades de resistencia mecánica del suelo base de fundación.
 - Diseño urbanístico exterior dispuesto en forma perimetral con pendientes hacia afuera, cunetas exteriores y andenes amplios.
 - Las zonas verdes o similares deberán disponer de un sistema adecuado de drenaje que impida cambios de humedad en el subsuelo.
 - Levantar los niveles topográficos del proyecto con el fin de evitar que las aguas de escorrentía se acumulen.
- ❖ El estrato de arenas de plasticidad baja y una compacidad relativa media presente en el subsuelo a partir del nivel -1.0 m aprox., prevé un comportamiento adecuado de la cimentación en zapata, siguiendo las recomendaciones dadas en este informe.
- ❖ Para un sistema estructural aporticado, se recomienda una cimentación en zapata individual de concreto reforzado, cimentada a un nivel de -1.50 m a partir del terreno existente. Se recomienda una altura de zapata no menor a $H=0.40$ m. Sus dimensiones deben ser el resultado de la evaluación de las cargas de servicio que llegan al subsuelo, la capacidad portante de éste, la cual se fija en $\sigma_a = 15.1 \text{ Ton/m}^2$ (15.1 kg/cm^2) y Coeficiente de reacción $K_s = 603 \text{ Ton/m}^3$.

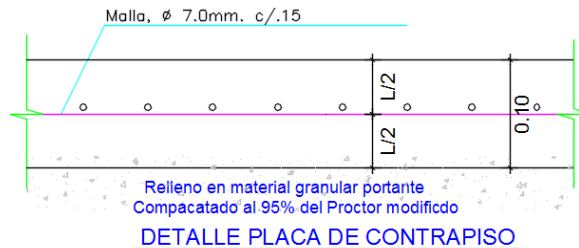
Acorde con las características plásticas del material, se recomienda una sobre excavación adicional a las zapatas y ciclópeo de 0.15 m a cada lado y 0.40 m en el fondo la cual deberá ser rellena por un material grueso granular (camada de triturado) el cual permitirá aislar la zapata y ciclópeo del suelo y minimizar el efecto expansivo. La rigidez de la viga de amarre debe aumentar teniendo en cuenta los posibles movimientos que origine el suelo plástico, el aislamiento y sobreexcavación recomendado también aplica para estas vigas de amarre.



Para rellenos en el proyecto, se recomienda utilizar un material granular tipo subbase, controlado su compactación al 95% del proctor modificado, en capas no mayores de 20 cm y que cumpla además con las siguientes especificaciones técnicas adicionales:

Tamaño máximo: <2"	CBR de laboratorio:	> 40%
% pasa tamiz 1/2": <75%	LL e IP :	NL – NP
% pasa tamiz No 4: <60%	Equiv. De arena	> 25%
% pasa tamiz No 40: <25%	Desgaste Maq Ángeles:	< 40%
% pasa tamiz No 200: <15%	Solides en sulfatos (sodio)	< 10%

- ❖ Se recomienda una plantilla de contrapiso con altura no inferior a 10 cm, apoyada sobre un relleno en material granular de 30 cm de espesor, la cual deberá estar reforzada con el fin de mitigar las cargas impuestas por la actividad educativa del sitio en estudio.



- ❖ Los asentamientos probablemente se causarán durante la etapa constructiva de la estructura, se prevén inmediatos. Sin embargo se deberán chequear durante y después de la obra civil con el fin de o tener inconvenientes con los acabados.
- ❖ Efectos sísmicos locales: Zona de amenaza sísmica Baja; Aceleración pico-efectiva = 0.15; Tipo de Perfil del suelo = D, Coeficientes $F_a = 1.5$, $F_v = 2.2$, Coeficiente de importancia = Grupo III. Edificaciones de atención a la comunidad, Valor coeficiente de importancia $I = 1.25$.
- ❖ El nivel freático NO se localizó hasta la profundidad explorada. Por lo anterior no se prevén inconvenientes por este aspecto durante la excavación de la cimentación.
- ❖ Para la excavación de la cimentación, cuya profundidad es de 1.50 m, se recomienda un corte con maquinaria, dejando un talud adecuado que abarque el mayor espacio disponible sin afectar zonas aledañas, se recomienda una pendiente 0.22:1 (h:v) en condición seca o cero lluvias.

En caso de lluvias durante la excavación, se recomienda instalar una protección perimetral y/o señalizar el borde superior de la excavación, así como instalar señales que indiquen el riesgo de caída en toda la excavación abierta en los sectores de tránsito peatonal. No acumular el material proveniente de las excavaciones sobre el borde de los taludes que no hayan sido previamente definidos como estables y con posibilidad de recibir alguna

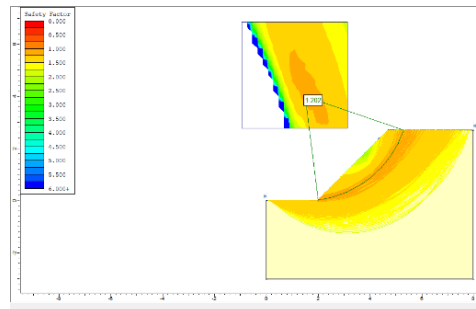
sobrecarga, así como mantener elementos de contención en los bordes de las excavaciones cuando exista riesgo de caída de materiales.

También se recomienda planificar y señalizar las zonas de circulación de maquinaria y de descarga de materiales, instalar una entrada a la obra diferente para maquinaria y personal, usar siempre un señalista en operaciones de carga, descarga o maniobra en los que no se disponga de visibilidad completa por parte del maquinista, dejar una separación suficiente entre los trabajos de maquinaria y personal y no simultanear trabajos de maquinaria con trabajos manuales.

El supervisor a cargo de la excavación deberá efectuar una revisión diaria del borde superior de una excavación cuando ésta no cuente con entibaciones, con el fin de advertir la posible aparición de grietas que pueden indicar alguna posible falla del terreno. Se deben inspeccionar las excavaciones y entibaciones después de una tormenta, un sismo u otro suceso que ponga en peligro los trabajos, y deben aumentarse las protecciones y defensas si fuera necesario. Después de un tiempo prolongado de paralización de la obra, el personal especializado deberá revisar las excavaciones y entibaciones antes de reanudar los trabajos. Es conveniente, además, realizar periódicamente inspecciones y seguimientos a los parámetros de las excavaciones, humedad, desprendimientos y bordes, inspecciones que deberán ser debidamente documentadas y archivadas.

- ❖ Se recomienda que el material sobrante de excavación no sea acopiado en las proximidades de la misma, con el fin de no causar sobreesfuerzos en estas áreas ni en áreas circundantes (vecinas), que puedan generar deslizamientos o movimientos del talud. No se recomienda proyectar zonas de acopio de materiales cerca a las excavaciones ni reutilizar este material para fines de ingeniería.
- ❖ Se requiere de un control topográfico permanente durante la construcción con el fin de realizar un seguimiento continuo y en tiempo real al comportamiento ante cargas y deformaciones.
- ❖ En la etapa constructiva, se recomienda no tener expuestas en forma prolongada las excavaciones; estas deben realizarse en el menor tiempo posible. Las épocas de invierno no son recomendables para acometer este tipo de trabajos. Se debe garantizar que en las tuberías y redes subterráneas no se produzcan fugas que puedan alterar el estado de humedad del subsuelo.
- ❖ Se recomienda implementar un diseño de drenaje antes, durante y después de la construcción de la estructura con el fin de minimizar los efectos de las aguas de escorrentías sobre el suelo base de fundación. Se debe evitar que dichas aguas lleguen a alterar las propiedades de resistencia geomecánica del suelo.

- ❖ La estabilidad de las excavaciones para cimentación de altura menor a 1.0 m presenta un Factor de seguridad mayor a 1.0 con talud 0.22:1 (h:v). El material sobrante de excavaciones no debe almacenarse en las zonas contiguas a esta puesto que generarán sobreesfuerzos en el talud. Tampoco se recomienda almacenar materiales y/o insumos en estas áreas.



- ❖ Se recomienda llevar un estricto control de calidad en la etapa constructiva con el fin de garantizar la calidad de los materiales y el cumplimiento de las recomendaciones hechas en este informe.
- ❖ Las conclusiones y recomendaciones consignadas en el presente informe se basan en los cálculos y análisis realizados con base en la información de los resultados de las exploraciones de campo ejecutadas y resultados de laboratorio disponibles. En caso de encontrar condiciones diferentes a las establecidas en el presente informe o si se prevé un cambio sustancial de la construcción o un aumento de cargas debe informarse para emitir las respectivas recomendaciones geotécnicas.


Naty Vanesa Rivero Galvis
Ingeniera Civil – Magister en Geotecnia
MP 25202-278944 CND
Especialista de la Consultoría

BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento colombiano Sismoresistente NSR-10/NSR-20
- Geotecnia y Cimientos – Jimenez Salas (2011)
- Ingenieria de Fundaciones – Delgado Vargas (2014)
- Fundamentos de ingeniería Geotécnica – Braja Das (2013)

REGISTRO FOTOGRÁFICO







GEOEXPLORACIONES Y DISEÑOS S.A.S
INGENIERIA ESPECIALIZADA EN EXPLORACIONES DE SUELOS Y DISEÑOS GEOTECNICOS

FOR-EO-08
VERSION 5
ENE 19 DE 2015

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

PROYECTO: INSTITUCION EDUCATIVA SANTA ISABEL CTO DE CURUMANI
SOLICITANTE: 0

LOCALIZACION: CURUMANI, CESAR
FECHA: 09/07/2026

SONDEO No. 1

N.F	H (mt)	DESCRIPCION	USC	LL	IP	M #	GRANULOMETRIA										
							2"	11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	4	10	40	200	
	2,0	ARENA ARCILLOSA	SC	36,4	16,1	1	100	100	100	100	100	99	95	93	84	46	
	4,0	ARENA ARCILLOSA	SC	38,2	15,8	2	100	100	100	100	100	100	100	100	97	50	
	6,0	ARENA ARCILLOSA	SC	30,5	10,4	3	100	100	100	100	100	100	95	91	81	45	

INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA

SONDEO No. 2

N.F	H (mt)	DESCRIPCION	USC	LL	IP	M #	GRANULOMETRIA										
							2"	11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	4	10	40	200	
NO SE ENCONTRÓ	2.0	ARENA LIMOSA	SM	NL	NIP	1	100	100	100	100	100	100	99	98	89	35	
	6.0	ARENA ARCILLOSA	SC	39	18,6	2	100	100	100	100	100	100	100	99	96	48	

INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA

SONDEO No. 3

N.F	H (mt)	DESCRIPCION	USC	LL	IP	M #	GRANULOMETRIA										
							2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	4	10	40	200	
	2.0	ARENA ARCILLOSA	SC	38,8	17,6	1	100	100	100	100	100	93	90	87	80	45	

INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA



LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION (INV E-123, 125, 126)

OBRA: INSTITUCION EDUCATIVA SANTA ISABEL CTO DE CURUMANI
SOLICITANTE:
MATERIAL: CURUMANI, CESAR
DESCRIPCIÓN: ARENA ARCILLOSA

Muestra No: 1 Sd#1
Fecha: 09/07/2026
w (%): 3,0
Color: Café P.
Prof (m): 0,0 - 2,0

LIMITE LIQUIDO

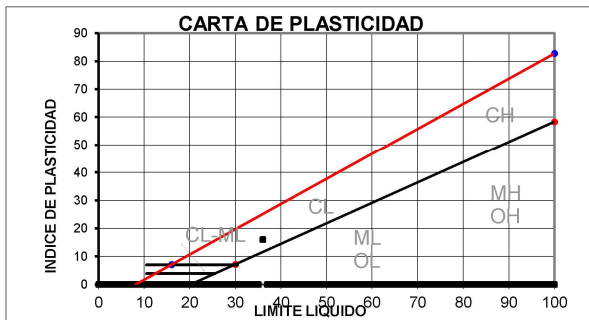
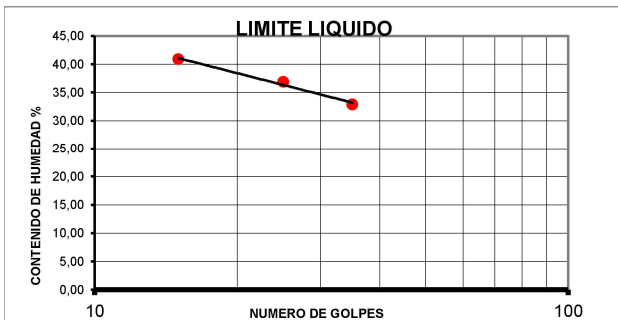
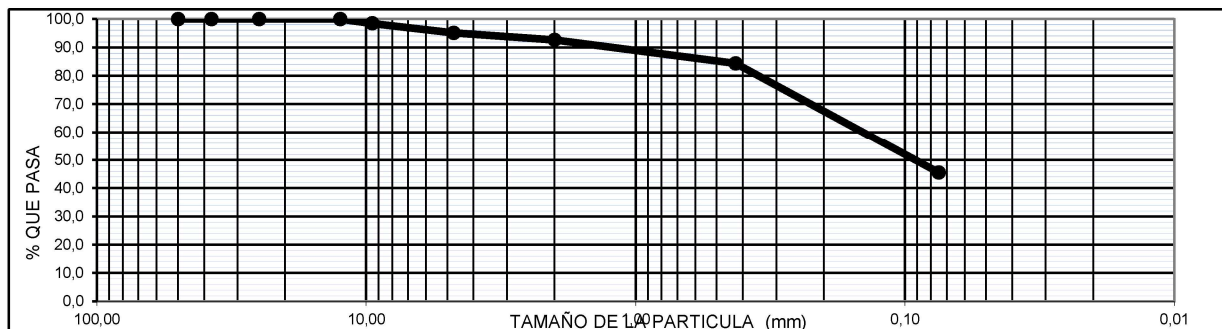
Recipiente No	25	36	15
No de Golpes	35	25	15
P1	30,16	27,10	24,40
P2	24,01	21,25	18,87
P3	5,32	5,40	5,35
% Humedad	32,91	36,91	40,90

LIMITE PLASTICO

Recipiente No	20	51	73
P1	10,89	10,91	10,94
P2	10,00	10,01	10,02
P3	5,45	5,60	5,63
% Humedad	19,56	20,41	20,96

GRADACIÓN

P1 =	969,9	P2 =	527,6
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2"		0,0	100,0
1.1/2"		0,0	100,0
1"		0,0	100,0
3/4"		0,0	100,0
1/2"		0,0	100,0
3/8"	14,2	1,5	98,5
No 4	32,6	3,4	95,2
No 10	23,7	2,4	92,7
No 40	80,9	8,3	84,4
No 200	376,2	38,8	45,6
P-200	442,3	45,6	



C. UNIFORMIDAD **9,4** C. CURVATURA **0,6**
LIMITE LIQUIDO **36,4** INDICE DE GRUPO **4**
LIMITE PLASTICO **20,3** A.A.S.H.TO **A-6**
I. PLASTICIDAD **16,1** U.S.C. **SC**

OBSERVACIONES:

ING. JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA



LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION (INV E-123, 125, 126)

OBRA: INSTITUCION EDUCATIVA SANTA ISABEL CTO DE CURUMANI
SOLICITANTE: 0
MATERIAL: CURUMANI, CESAR
DESCRIPCIÓN: ARENA ARCILLOSA

Muestra No: 2 Sd#1
Fecha: 09/07/2026
w (%): 4,0
Color: A. Café
Prof (m): 2,0 - 4,0

LIMITE LIQUIDO

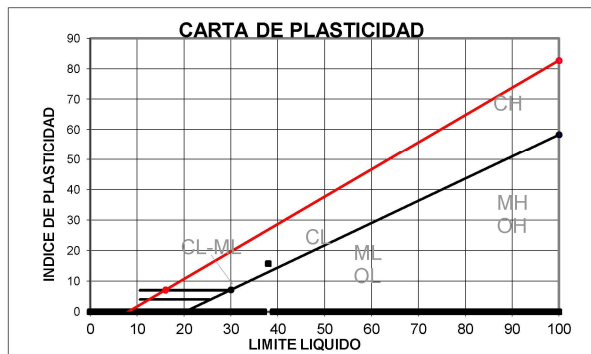
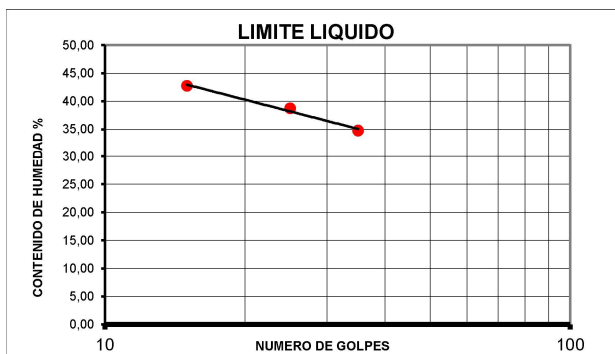
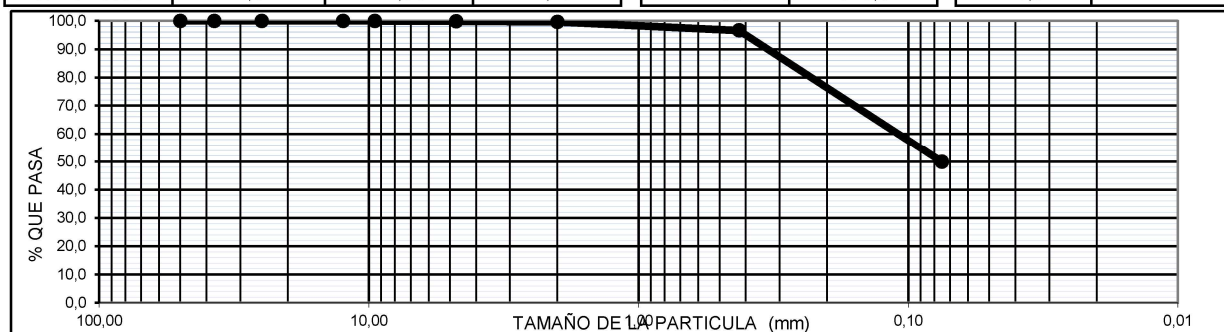
Recipiente No	1	28	35
No de Golpes	35	25	15
P1	30,66	27,50	24,71
P2	24,14	21,30	18,92
P3	5,37	5,30	5,38
% Humedad	34,74	38,75	42,76

GRADACIÓN

P1 = 700,0		P2 = 350,5	
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2"		0,0	100,0
1.1/2"		0,0	100,0
1"		0,0	100,0
3/4"		0,0	100,0
1/2"		0,0	100,0
3/8"		0,0	100,0
No 4	0,4	0,1	99,9
No 10	1,7	0,2	99,7
No 40	21,4	3,1	96,6
No 200	327,0	46,7	49,9
P-200	349,5	49,9	

LIMITE PLASTICO

Recipiente No	10	68	55
P1	10,96	11,00	11,00
P2	10,00	10,01	10,00
P3	5,60	5,63	5,61
% Humedad	21,82	22,60	22,78



C. UNIFORMIDAD **6,4** C. CURVATURA **0,7**
LIMITE LIQUIDO **38,2** INDICE DE GRUPO **5**
LIMITE PLASTICO **22,4** A.A.S.H.TO **A-6**
I. PLASTICIDAD **15,8** U.S.C. **SC**

OBSERVACIONES:

ING. JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA



LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION (INV E-123, 125, 126)

OBRA: INSTITUCION EDUCATIVA SANTA ISABEL CTO DE CURUMANI
SOLICITANTE: 0
MATERIAL: CURUMANI, CESAR
DESCRIPCIÓN: ARENA ARCILLOSA

Muestra No: 3 Sd#1
Fecha: 09/07/2026
w (%): 4,0
Color: Café Rojizo
Prof (m): 4,0 - 6,0

LIMITE LIQUIDO

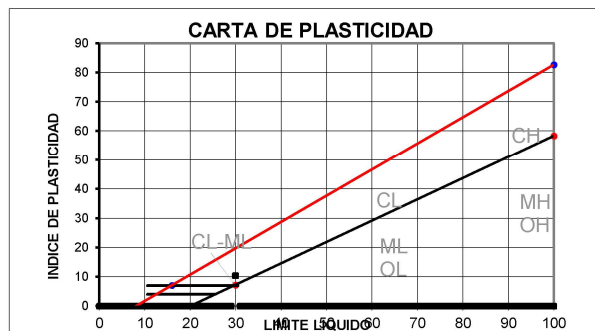
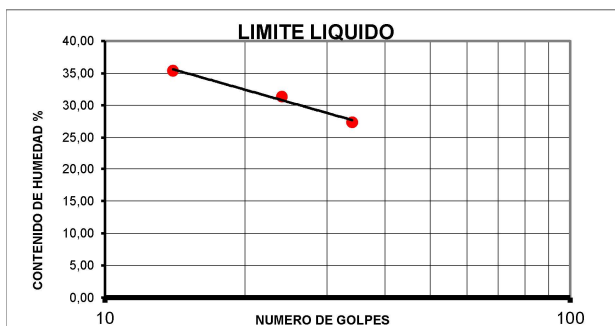
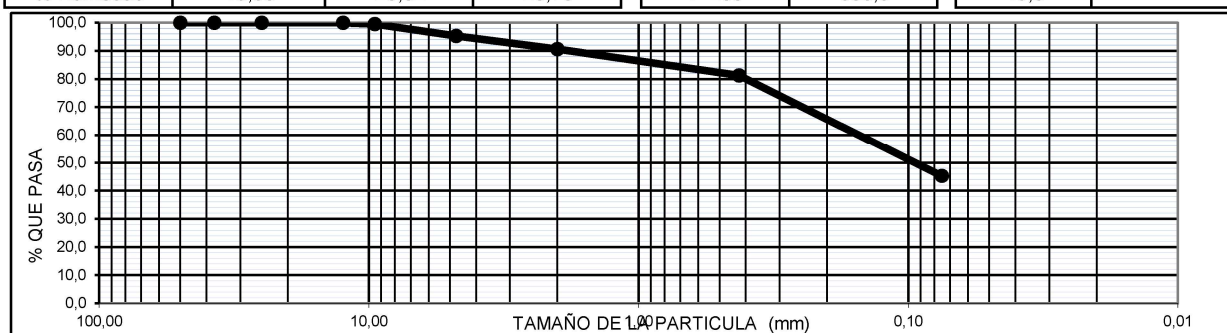
Recipiente No	3	45	26
No de Golpes	34	24	14
P1	29,80	26,97	24,17
P2	24,53	21,80	19,25
P3	5,30	5,34	5,36
% Humedad	27,41	31,41	35,42

GRADACIÓN

P1 = 1515,3		P2 = 828,8	
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2"		0,0	100,0
1.1/2"		0,0	100,0
1"		0,0	100,0
3/4"		0,0	100,0
1/2"		0,0	100,0
3/8"	5,2	0,3	99,7
No 4	65,5	4,3	95,3
No 10	71,7	4,7	90,6
No 40	140,4	9,3	81,3
No 200	546,0	36,0	45,3
P-200	686,5	45,3	

LIMITE PLASTICO

Recipiente No	19	50	63
P1	10,87	10,90	10,91
P2	10,00	10,01	10,00
P3	5,50	5,63	5,62
% Humedad	19,33	20,32	20,78



C. UNIFORMIDAD: **11,1** C. CURVATURA: **0,6**
LIMITE LIQUIDO: **30,5** INDICE DE GRUPO: **2**
LIMITE PLASTICO: **20,1** A.A.S.H.TO: **A-4**
I. PLASTICIDAD: **10,4** U.S.C.: **SC**

OBSERVACIONES:

ING. JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA



LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION (INV E-123, 125, 126)

OBRA: INSTITUCION EDUCATIVA SANTA ISABEL CTO DE CURUMANI
SOLICITANTE: 0
MATERIAL: CURUMANI, CESAR
DESCRIPCIÓN: ARENA LIMOSA

Muestra No: 1 Sd#2
Fecha: 09/07/2026
w (%): 3,0
Color: Gris C.
Prof (m): 0,0 - 2,0

LIMITE LIQUIDO

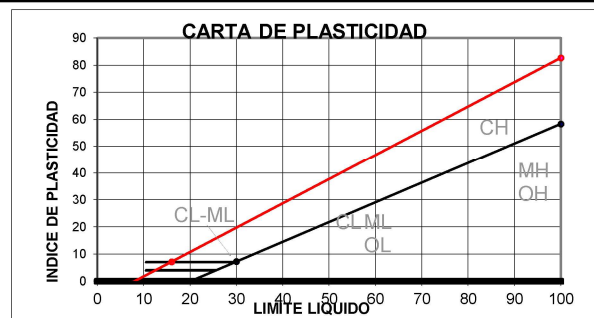
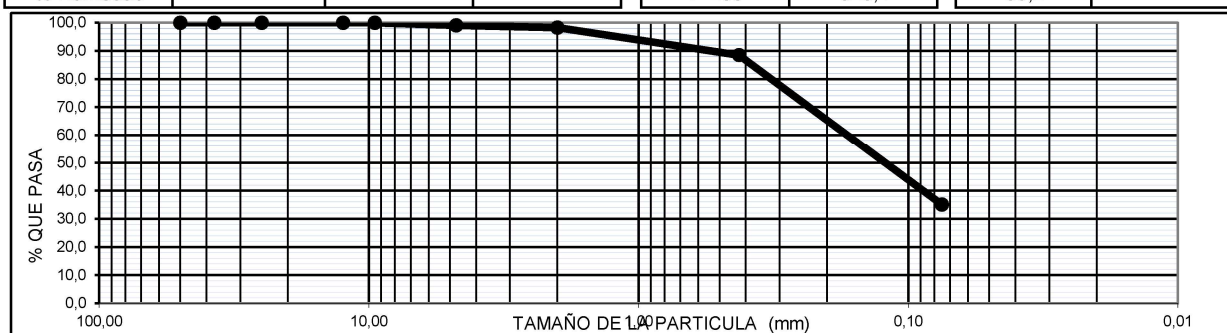
Recipiente No			
No de Golpes			
P1		NL	
P2			
P3			
% Humedad	-	-	-

GRADACIÓN

P1 =	928,1	P2 =	601,7
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2"		0,0	100,0
1.1/2"		0,0	100,0
1"		0,0	100,0
3/4"		0,0	100,0
1/2"		0,0	100,0
3/8"		0,0	100,0
No 4	8,4	0,9	99,1
No 10	7,6	0,8	98,3
No 40	90,0	9,7	88,6
No 200	495,7	53,4	35,2
P-200	326,4	35,2	

LIMITE PLASTICO

Recipiente No			
P1		NP	
P2			
P3			
% Humedad	-	-	-



C. UNIFORMIDAD **5,1** C. CURVATURA **0,7**
LIMITE LIQUIDO **NL** INDICE DE GRUPO **0**
LIMITE PLASTICO **NP** A.A.S.H.TO **A-3**
I. PLASTICIDAD **NIP** U.S.C. **SM**

OBSERVACIONES:

ING. JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA



LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION (INV E-123, 125, 126)

OBRA: INSTITUCION EDUCATIVA SANTA ISABEL CTO DE CURUMANI
SOLICITANTE: 0
MATERIAL: CURUMANI, CESAR
DESCRIPCIÓN: ARENA ARCILLOSA

Muestra No: 2 Sd#2
Fecha: 09/07/2026
w (%): 4,2
Color: A. Café
Prof (m): 2,0 - 6,0

LIMITE LIQUIDO

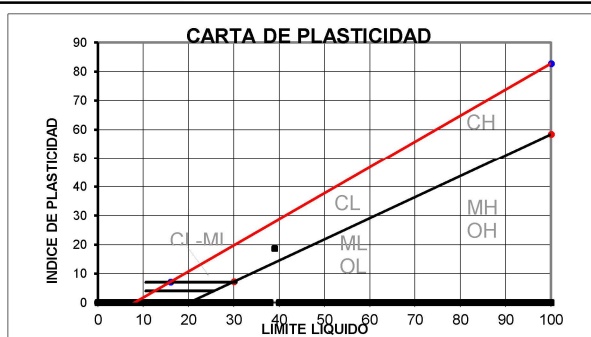
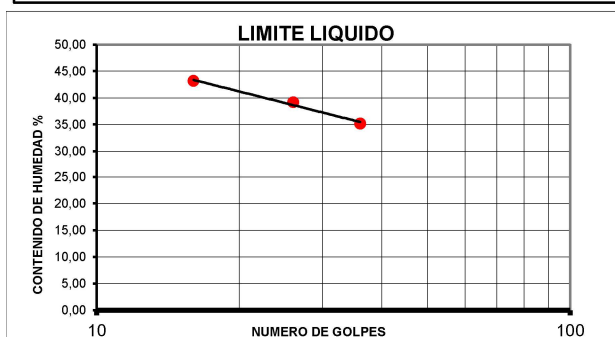
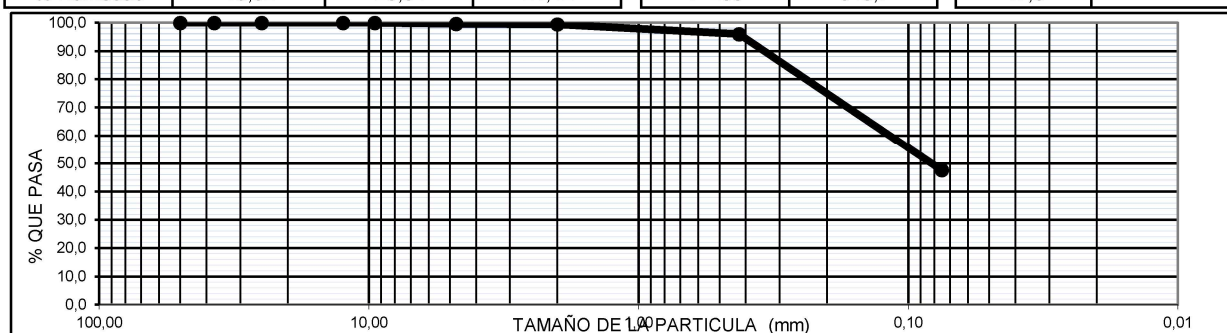
Recipiente No	23	19	56
No de Golpes	36	26	16
P1	30,12	27,41	24,86
P2	23,66	21,20	18,99
P3	5,30	5,35	5,40
% Humedad	35,19	39,18	43,19

GRADACIÓN

P1 =	732,0	P2 =	383,3
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2"		0,0	100,0
1.1/2"		0,0	100,0
1"		0,0	100,0
3/4"		0,0	100,0
1/2"		0,0	100,0
3/8"		0,0	100,0
No 4	2,4	0,3	99,7
No 10	1,6	0,2	99,5
No 40	25,0	3,4	96,0
No 200	354,3	48,4	47,6
P-200	348,7	47,6	

LIMITE PLASTICO

Recipiente No	45	13	64
P1	10,91	10,92	10,94
P2	10,01	10,00	10,00
P3	5,40	5,52	5,55
% Humedad	19,52	20,54	21,12



C. UNIFORMIDAD **6,0** C. CURVATURA **0,7**
LIMITE LIQUIDO **39** INDICE DE GRUPO **5**
LIMITE PLASTICO **20,4** A.A.S.H.TO **A-6**
I. PLASTICIDAD **18,6** U.S.C. **SC**

OBSERVACIONES:

ING. JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA



LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION (INV E-123, 125, 126)

OBRA: INSTITUCION EDUCATIVA SANTA ISABEL CTO DE CURUMANI
SOLICITANTE: 0
MATERIAL: CURUMANI, CESAR
DESCRIPCIÓN: ARENA ARCILLOSA

Muestra No: 1 Sd#3
Fecha: 09/07/2026
w (%): 4,0
Color: Café F.
Prof (m): 0,0 - 2,0

LIMITE LIQUIDO

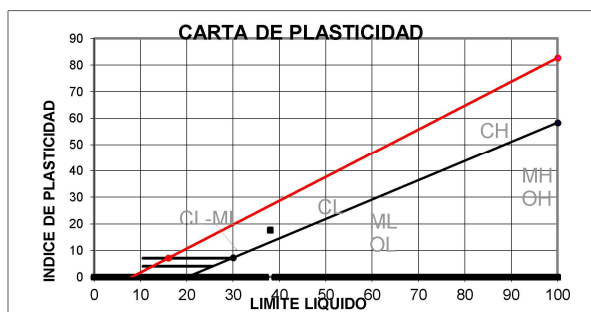
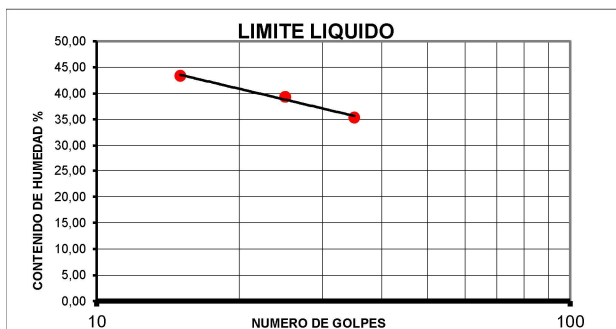
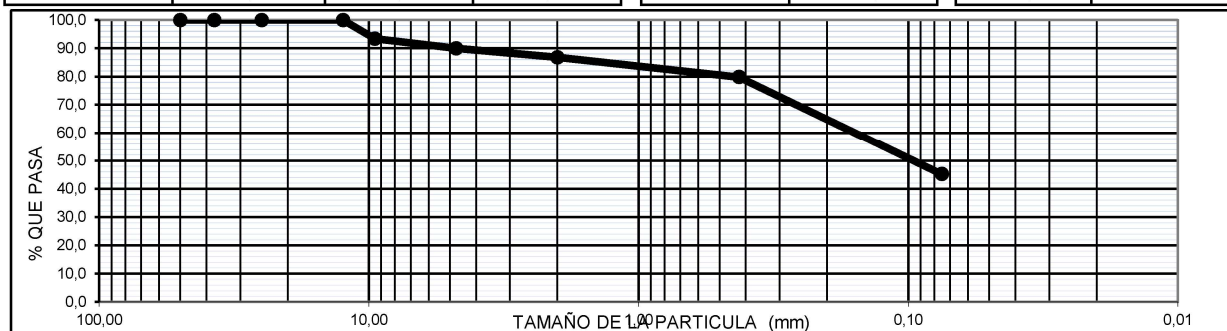
Recipiente No	14	31	4
No de Golpes	35	25	15
P1	30,28	27,33	24,51
P2	23,78	21,15	18,76
P3	5,40	5,45	5,50
% Humedad	35,36	39,36	43,36

GRADACIÓN

P1 =	925,0	P2 =	506,6
TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2"		0,0	100,0
1.1/2"		0,0	100,0
1"		0,0	100,0
3/4"		0,0	100,0
1/2"		0,0	100,0
3/8"	60,7	6,6	93,4
No 4	31,6	3,4	90,0
No 10	29,4	3,2	86,8
No 40	64,8	7,0	79,8
No 200	320,1	34,6	45,2
P-200	418,4	45,2	

LIMITE PLASTICO

Recipiente No	18	59	13
P1	10,90	10,93	10,97
P2	10,01	10,00	10,01
P3	5,61	5,65	5,64
% Humedad	20,23	21,38	21,97



C. UNIFORMIDAD: **12,3** C. CURVATURA: **0,6**
LIMITE LIQUIDO: **38,8** INDICE DE GRUPO: **4**
LIMITE PLASTICO: **21,2** A.A.S.H.TO: **A-6**
I. PLASTICIDAD: **17,6** U.S.C.: **SC**

OBSERVACIONES:

ING. JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA



Figura 3. Localización de las exploraciones en el área de estudio

Las coordenadas de los puntos se encuentran en la Tabla 2:

Tabla 2. Localización de las exploraciones realizadas

EXPLORACIÓN #	LOCALIZACIÓN
Ap#1	9°19'55.22"N 73°29'1.77"O
Sd#1	9°19'54.03"N 73°29'0.01"O
Sd#2	9°19'54.01"N 73°29'0.55"O
Sd#3	9°19'53.93"N 73°29'0.97"O