# ESTUDIO DE SUELOS PARA EDIFICACIÓN
# Norma aplicada: NSR-10

## MEJORAMIENTO INSTITUCIONES EDUCATIVAS
## I.E PROMOSION SOCIAL
### MUNICIPIO DE GAMARRA - 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 ANÁLISIS POTENCIAL DE EXPANSIÓN ..... 23
13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 25
BIBLIOGRAFÍA ..... 29
registro fotográfico ..... 30

# LISTA DE FIGURAS

Figura 2. Municipio de Gamarra – 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 .....22

Tabla 3. Criterios de peligrosidad según Jiménez Salas. .....24

Tabla 4. Criterios de peligrosidad según Chen. .....24

# 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. PROMOSION SOCIAL**, edificación de dos pisos con cubierta liviana, localizada en el Municipio de Gamara, 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

Gamarra es un municipio de Colombia al noroeste del país y sudoeste de departamento del Cesar. Limita al norte con el municipio de La Gloria, al sur y sudeste con Aguachica y al oeste con el departamento de Bolívar.

Está localizada a orillas del río Magdalena y su cabecera municipal está rodeada por complejos cenagosos; se encuentra comunicada por carretera con la troncal de oriente (cabecera municipal de Aguachica) en una distancia de 15 km.

En cuanto a las temperaturas, según los datos acumulados por el IDEAM en estaciones meteorológicas cercanas, la temperatura anual es 30 °C. El mes más caluroso es julio con un promedio de 34°C.

**Figura 1. Municipio de Gamarra – 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. En forma complementaria se realiza extracción de muestras alteradas con barreno manual y toma de muestras inalterada con tubos de pared delgada tipo Shelby. 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 suspendío 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 siguente 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 | 12 | 12 | 13 |
| 1.70 - 2.00 | 13 | 12 | 15 |
| 2.70 - 3.00 | 15 | 15 | - |
| 3.70 - 4.00 | 15 | 16 | |
| 4.70 - 5.00 | 17 | 18 | |
| 5.70 - 6.00 | 50 | 50 | |

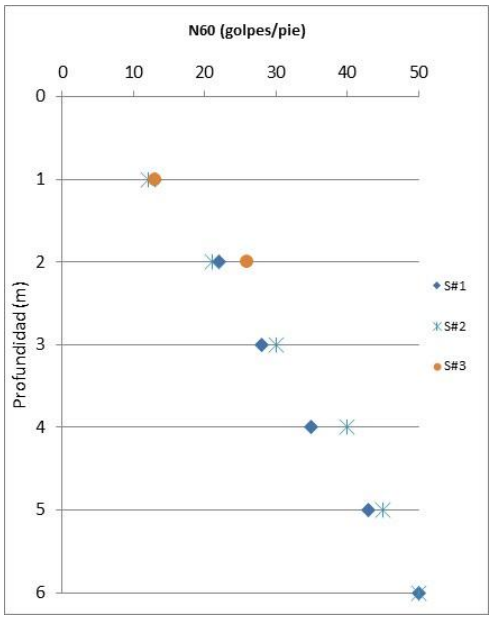



**Figura 2. Numero de golpes N60**

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 |
|---|---|
| Sd#1 | 8°19'44.55"N<br>73°43'42.22"O |
| Sd#2 | 8°19'44.23"N<br>73°43'42.71"O |
| Sd#3 | 8°19'43.80"N<br>73°43'43.00"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.

A las muestras inalteradas se les realizaron ensayos de resistencia a la compresión inconfinada INV E-152.

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.

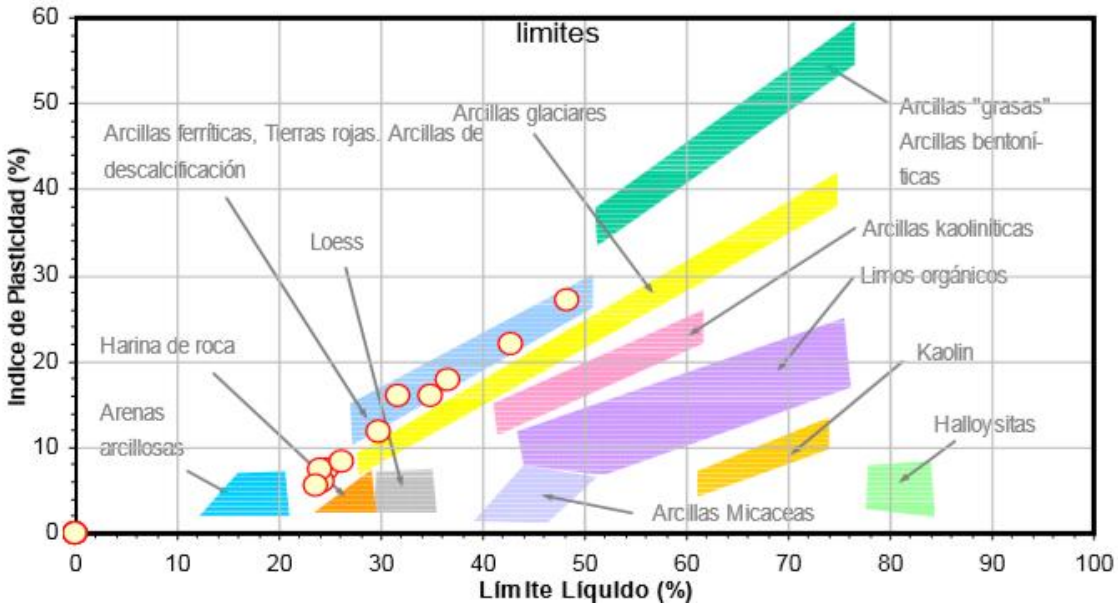



**Figura 3. Carta de Casagrande en relación con los tipos de arcillas**

# 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).

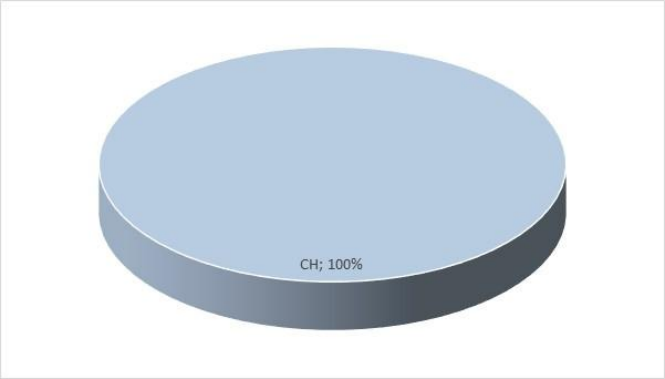
# 7 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Desde el nivel superficial hasta el nivel explorado, el suelo predominante es una arcilla de alta plasticidad (CH) con potencial de expansión alto, de consistencia media a dura a medida que se profundiza en la exploración, contenidos de humedad inferiores a 9% y %Pasa $T_{200}$ cercanos a 60%. A nivel superficial se detecta un material arenoso sin salirse de la matriz arcillosa expansiva presente en el loe.

Debido a la presencia de suelo arcilloso de consistencia alta y en estado seco, se genera Rechazo (N superiores a 50 golpes) en la auscultación a una profundidad de -6.0 m, por tal motivo se suspende la exploración. El bulbo de presiones de la cimentación tiene una profundidad aprox entre 3.0-4.0 m, por lo que se considera 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, se pueden generar oscilaciones del nivel freático. Sin embargo, estas fluctuaciones pueden subir el nivel entre 1.0 y 1.2 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 licuables ni colapsables.

En los anexos se encuentran los perfiles que incluyen las propiedades índice en cada auscultación.

# 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$^2$ | 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 |

- SUELOS LICUABLES

La licuacion 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 teorias 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 Resistence 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.

$$\gamma_{dcrit} = \frac{\gamma_w}{(1/G_s) + w_\ell}$$

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:

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

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

De este modo, para un Gs: 2.75, límite líquido de 51% y gamma seco de 1.79 gr/cm3, la relación $\gamma d/\gamma c > 1.0$, lo cual descarta la colapsabilidad del suelo.

- ESPECIES DE ARBOLES Y/O VEGETACIÓN PROBLEMATICA

Según lo evidenciado en campo y las definiciones del proyecto, SÍ se prevé ningun 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:

- Aa = Aceleración pico-efectiva, Aa = 0,15
- Zona de amenaza sísmica = Intermedia
- Coeficiente Fa = 2.1, Coeficiente Fv = 3.3
- Coeficiente de importancia = Grupo III. Edificaciones de atención a la comunidad, I = 1,25.

Tipo de Perfil del suelo = E

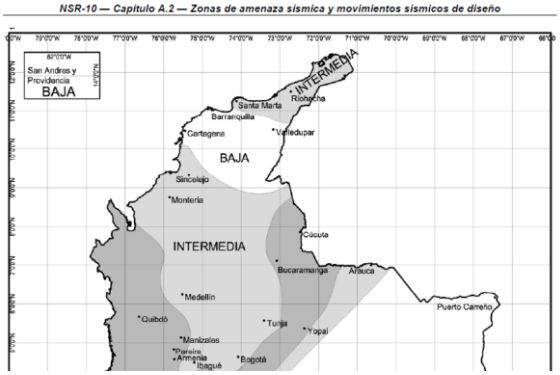
Basados en el procedimiento de clasificación según el artículo A.2.4.5 de la norma NSR-10, se realizan los siguientes pasos para validar el perfile adoptado:

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 14 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 E, ya que 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 E, ya que tiene un N promedio de 14 y es inferior 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. Conforman 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)

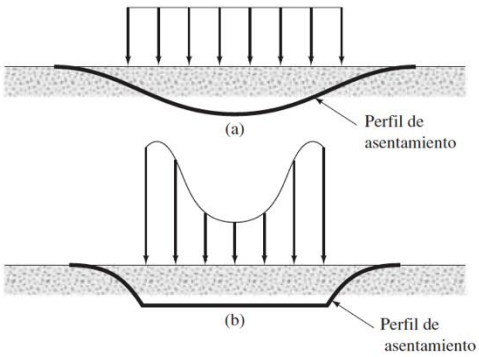



**Figura 4. Comportamiento de falla por hundimiento en suelos arcilloso (Prandtl)**

Coeficiente de reacción Ks: 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 (T/m2) = K x δ(m)

# 11 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

**CIMENTACIÓN EN ZAPATA – CARGA MÁXIMA DE SERVICIO COLUMNA = 25 TON**

$D_f$ = 1.0 m
Qu= 1.21 kg/cm$^2$
N.F >6.0 m.
$\gamma_1$ = 1.49 T/m$^3$
$\gamma_2$ = 1.49 T/m$^3$

**PARÁMETROS GEOTÉCNICOS**
$N_c$ = 5.14
$N_q$ = 1.0
$N\gamma$ = 0.0

**FACTORES DE FORMA**
$\varsigma_C$ = 1.2
$\varsigma_q$ = 1.0
$\varsigma\gamma$ = 0.6

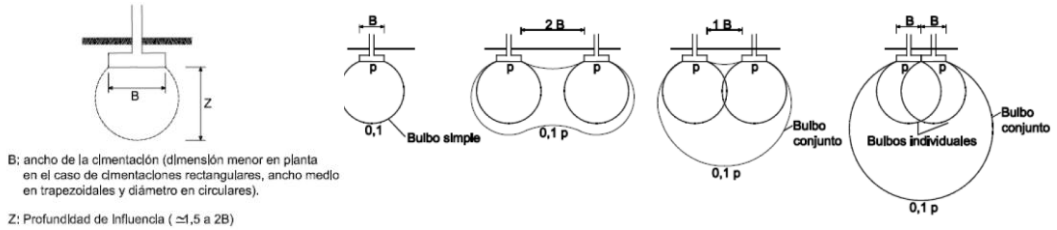
Aplicando la ecuación de capacidad portante, teniendo en cuenta H.4.2.3 y H.4.8 de la NSR-10, tenemos:

$\sigma_u$ = 34.1 Ton/m$^2$
$\sigma_a$ = 11.4 Ton/m$^2$

Esfuerzo aplicado de 9.5 ton/m$^2$<11.4 ton/m$^2$. Para zapatas de 1.9x1.9 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.




Coeficiente de reacción $K_s$= 279 Ton/m$^3$ (OK para suelo cohesivo)

Para el cálculo del asentamiento total, tendrenos en cuenta que un aumento de esfuerzo causado por la construcción de cimientos u otras cargas comprime las capas de suelo. La compresión es causada por: la deformación de partículas de suelo, la reorientación de las partículas de suelo y la expulsión de aire o agua de los espacios vacíos. En general, el asentamiento del suelo causado por la carga puede dividirse en dos amplias categorías:

1. Asentamiento elástico: que es causado por la deformación elástica del suelo seco y de los suelos húmedos y saturados sin ningún cambio en el contenido de humedad, los cálculos de los asentamientos elásticos se basan generalmente en ecuaciones derivadas de la autoridad elasticidad.
2. Asentamientos de consolidación: es el resultado del cambio de volumen en un suelo cohesivo saturado debido a la expulsión de agua intersticial. El asentamiento de consolidación es dependiente del tiempo.

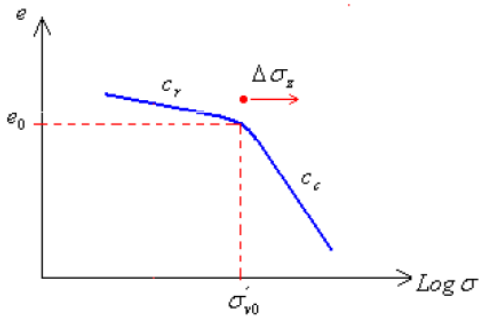
Debido a que la conductividad hidráulica de la arcilla es significativamente menor que la de la arena, el exceso de presión de poros generado por la carga se disipa gradualmente durante un largo período, por lo tanto, el cambio de volumen asociado en la arcilla puede continuar por mucho tiempo después del asentamiento elástico. El asentamiento causado por consolidación en arcilla puede ser varias veces mayor que el asentamiento elástico. (Braja Das, 2013)

| Compression index, $C_c$ | Comments | Source |
|---|---|---|
| $C_c = 0.009(w_L - 10)$ (±30% error) | Clays of moderate $S_t$ | Terzagh |
| $C_c = 0.37(e_o + 0.003w_L + 0.0004w_N - 0.34)$ | 678 data points | Azzouz |
| $C_c = 0.141G_s\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{dry}}\right)^{2.4}$ | All clays | Rendon |
| $C_c = 0.0093w_N$ | 109 data points | Koppul |
| $C_c = -0.0997 + 0.009w_L + 0.0014I_P + 0.0036w_N + 0.1165e_o + 0.0025C_P$ | 109 data points | Koppul |
| $C_c = 0.329[w_N G_s - 0.027w_P + 0.0133I_P(1.192 + C_P/I_P)$ | All inorganic clays | Carrier |
| $C_c = 0.046 + 0.0104I_P$ | Best for $I_P < 50\%$ | Nakase |
| $C_c = 0.00234w_L G_s$ | All inorganic clays | Nagara (198 |
| $C_c = 1.15(e_o - 0.35)$ | All clays | Nishida |
| $C_c = 0.009w_N + 0.005w_L$ | All clays | Koppul |
| $C_c = -0.156 + 0.411e_o + 0.00058w_L$ | 72 data points | Al-Kha (199 |

| Recompression index, $C_r$ | | |
|---|---|---|
| $C_r = 0.000463w_L G_s$ | | Nagaraj and Srinivasa Murthy (1985) |
| $C_r = 0.00194(I_P - 4.6)$ | Best for $I_P < 50\%$ | Nakase et al. (1988) |
| $= 0.05$ to $0.1C_c$ | In desperation | |
| **Secondary compression index, $C_\alpha$** | | |
| $C_\alpha = 0.00168 + 0.00033I_P$ | | Nakase et al. (1988) |
| $= 0.0001w_N$ | | NAFAC DM7.1 p. 7.1-237 |
| $C_\alpha = 0.032C_c$ | $0.025 < C_\alpha < 0.1$ | Mesri and Godlewski (1977) |
| $= 0.06$ to $0.07C_c$ | Peats and organic soil | Mesri (1986) |
| $= 0.015$ to $0.03C_c$ | Sandy clays | Mesri et al. (1990) |

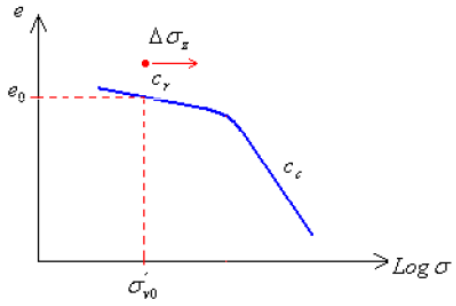
| Tipo de suelo | E [kPa] |
|---|---|
| Gravas | $600(N+6)$ si $N \leqslant 15$<br>$600(N+6)+2000$ si $N > 15$ |
| Arenas saturadas | $250(N+15)$ |
| Arenas limosas | $1800+270N$ si $N \leqslant 15$<br>$7740+135N$ si $N > 15$ |
| Arenas arcillosas | $320(N+15)$ |
| Limos | $300(N+6)$ |
| Arcillas | Arcillas de alta plasticidad $E = 300S_u$<br>Arcilla de baja plasticidad $E = 1000S_u$ |

- SUELO NORMALMENTE CONSOLIDADO.




$$S_1 = \frac{H * c_c}{1+e_0} * Log\left(\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma_z}{\sigma'_0}\right)$$

- SUELO SOBRECONSOLIDADO.




$$S_1 = \frac{H * c_r}{1+e_0} * Log\left(\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma_z}{\sigma'_0}\right)$$

Donde el espesor del estrato compresible es de 6.0 m (H) y los coeficientes de consolidación (Cc, Cr y eo) son determinados a partir de dicho ensayo, reemplazando en la fórmula anterior se tiene un asentamiento de 4.5 cm.

Para el proyecto en estudio, se hace una estimación de asentamientos totales (elásticos + consolidación), teniendo un estimado de las cargas proyectadas y determinando la deformabilidad del suelo mediante correlaciones empíricas de acuerdo a sus propiedades índice, para lo cual se clacula un asentamiento total máximo de 4.5 cm, acorde y en concordancia con la capacidad de soporta ya calcualda para este asentamiento.

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 1.60 cm.

**Tabla 2. Valores máximos de asentamientos diferenciales NSR-10**

| Tipo de construcción | $\Delta_{max}$ |
|---|---|
| **(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 | $\frac{\ell}{160}$ |

# 12 ANÁLISIS POTENCIAL DE EXPANSIÓN

Una problemática relevante y a tener en cuenta es la presencia de suelos arcillosos expansivos, cuya principal característica es la de producir movimientos como consecuencia de hinchamientos y retracciones del subsuelo sobre el cual se apoya la cimentación, debidos a cambios de humedad y que provocan en la mayoría de los casos daños estructurales importantes.

Las arcillas expansivas, pertenecen a un grupo mineralógico muy amplio de materiales de naturaleza química silícea denominados silicatos. Dentro de estos, en función de la distribución de los tetraedros de SiO44 se clasifican sistemáticamente dentro de los Filosilicatos o silicatos laminares. Así, a grandes rasgos y en función del tipo de arcilla, entre lámina y lámina, se emplazarán en mayor o menor medida las moléculas de agua que producirán el hinchamiento.

Desde el punto de vista geotécnico, los suelos plásticos o arcillosos, son aquellos capaces de deformarse sin agrietarse, ni producir rebote elástico, cambiando su consistencia al variar el contenido de agua. En función de los cambios de contenido de humedad se dan diferentes estados físicos, siendo los límites para cada estado de consistencia los conocidos como límites de Atterberg: límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, que son el punto de partida para la estimación de la expansividad de un suelo.

La capacidad expansiva del suelo depende de su naturaleza; si un suelo arcilloso modifica el contenido de humedad, el cambio de volumen puede ser significativo. Tanto por aumento de volumen por mayor tenor de humedad como, al reducir la humedad, suele producirse retracción por desecación.

**Tabla H.9.1-1**
**Clasificación de suelos expansivos**

| 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 |

Los criterios de peligrosidad más aceptados son los siguientes (Tablas 2 y 3):

**Tabla 3. Criterios de peligrosidad según Jiménez Salas.**

| Parámetro | Nula | Marginal | Crítica | Muy crítica |
|---|---|---|---|---|
| Límite líquido LL | <30 | 30-40 | 40-60 | >60 |
| Indice de Plasticidad IP | 0-15 | 10-35> | 20-55 | >45 |
| %<1 µm | <15 | 13-23 | 23-30 | >28 |
| %<0,074 µm | <30 | 30-60 | 60-95 | >90 |
| Índice PVC de Lambe | <2 | 2-4 | 4-6 | >6 |
| Índice de desecación ID | >1 | 0,8-1 | 0,6-0,8 | <0,6 |

**Tabla 4. Criterios de peligrosidad según Chen.**

| % Pasa por Tamiz 200 | Límite líquido | S.P.T. | Expansión Probable % | Presión de Hinchamiento | Grado de expansión |
|---|---|---|---|---|---|
| >95 | >60 | >30 | >10 | >10 | muy alto |
| 60-95 | 40-60 | 20-30 | 3-10 | 2,5-10 | alto |
| 30-60 | 30-40 | 10-20 | 1-5 | 1,5-2,5 | medio |
| <30 | <30 | <10 | <1 | <0,5 | bajo |

Con el fin de minimizar el efecto expansivo, se recomienda el uso de estabilización química con cal, con el fin de mitigar el potencial expansivo en una tasa del 3.0% en peso del suelo seco (Cal hidratada).

El porcentaje anterior es referencial y debe ser confirmado mediante ensayos de laboratorio para el caso de este suelo en particular. Se debe buscar la dosificación óptima que permita minimizar el fenómeno de expansión, como parámetro prioritario, teniendo en cuenta que el propósito que se persigue con la estabilización del suelo con cal es el control de la inestabilidad volumétrica.

Se deben priorizar zapatas para la tranferencia de cargas al suelo con el fin de minimizar los efectos contraproducentes por presión de expansión la cual se considera inferior a 2.0 Ton/m$^2$.

# 13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El estrato de arcilla de alta plasticidad y de consistencia media, con un potencial de expansión alto, presente en el lote, **NO** garantiza estabilidad en la edificación que se proyecta construir, en razón a los movimientos que se producen como consecuencia de contracciones y dilataciones en el subsuelo sobre el cual será apoyada la cimentación, ocasionados por los cambios de humedad en el suelo expansivo.

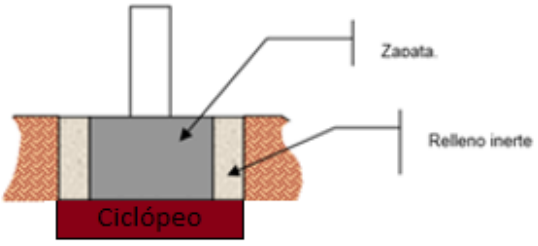
  Los movimientos del subsuelo producen daños estructurales importantes que pueden llegar a inhabilitar la edificación, sin embargo es posible minimizar estos movimientos con la aplicación de medidas adecuadas tanto en el proyecto como en la etapa constructiva, intentando evitar los cambios volumétricos de la arcilla expansiva.

- 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 en forma inadecuada y generen cambios de humedad en los suelos arcillosos expansivos.

- Para un sistema estructural aporticado, se recomienda una cimentación en zapatas cuadradas, amarradas en concreto reforzado con vigas de gran rigidez, cimentada a un nivel de –1.5 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 $\sigma a$ = 11.4 Ton/m$^2$ (1.14 kg/cm$^2$) y Coeficiente de reacción Ks= 279 Ton/m$^3$.

  Debido a la presencia de material arcilloso expansivo en la zona, se recomienda realizar un mejoramiento del suelo base de fundación, removiendo 0.50 m de material arcilloso por debajo de la cimentación y reemplazarlo por concreto ciclópeo.



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 rellenada 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 expansivo, el aislamiento y sobreexcavación recomendado también aplica para estas vigas de amarre.

Se recomienda una adición de cal viva al 3.0% en peso mezclada con el suelo base de fundación en un espesor aprox. de 0.15 m previo a la conformación del triturado. Se debe proyectar sobre el mejoramiento con cal un geotextil de separacion y refuerzo con especificaciones mecánicas tipo BX 760 o similar.

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"

% pasa tamiz ½": <75%

% pasa tamiz No 4: <60%

% pasa tamiz No 40: <25%

% pasa tamiz No 200: <15%

CBR de laboratorio: > 40%

LL e IP : NL – NP

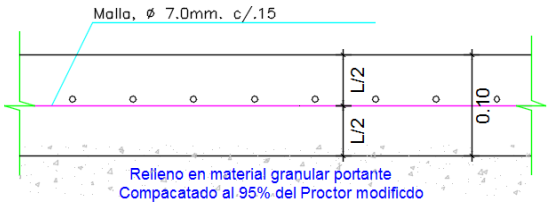
Equiv. De arena > 25%

Desgaste Maq Ángeles: < 40%

Solides en sulfatos (sodio) < 10%

- Los asentamientos totales (elásticos + consolidación) se encuentran cercanos a 4.5 cm. Sin embargo se deberán chequear durante y después de la obra civil con el fin de o tener inconvenientes con los acabados y/o obras falsas.

- Para las losas de contrapiso, se recomienda cortar 0.50 m del suelo existente y remplazarlo por un material que cumpla las especificaciones técnicas como relleno, conformándolo y compactándolo con equipo autopropulsado en capas no mayores de 0.20 m con una densidad mayor al 95% del proctor modificado. La losa de contrapiso debe aislarse totalmente del material expansivo con el fin de minimizar fisuración, la cual debe tener un espesor mayor a 10 cm con refuerzo en ambas direcciones.




DETALLE PLACA DE CONTRAPISO

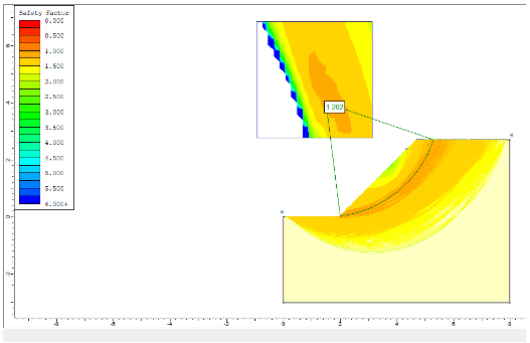
- Efectos sísmicos locales: Zona de amenaza sísmica Intermedia; Aceleración pico-efectiva = 0.15; Tipo de Perfil del suelo = E, Coeficientes Fa = 2.1, Fv= 3.3, Coeficiente de importancia = Grupo III. Edificaciones de atención a la comunidad, Valor coeficiente de importancia I =1.25.

- 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.

- 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 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. El material sobrante de exacavación no podrá ser reutilizado 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.

- La estabilidad de las excavaciones para cimentación de altura menor a 1.5 m presenta un Factor de seguridad temporal mayor a 1.1 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 y en áreas circundantes (vecinas). Tampoco se recomienda almacenar materiales y/o insumos en estas áreas.




- 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.
- 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.

- Para la excavación de la cimentación, cuya profundidad es menor a 2.0 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.

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

REPÚBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

MATRÍCULA PROFESIONAL No.
INGENIERA CIVIL
DE FECHA 18/06/2014
NATY VANESA
C.C. 1020779968
JAVERIANA
PRESIDENTE DEL CONSEJO

VALIDA PARA ESTUDIO DE SUELOS
MEJORAMIENTO INSTITUCIONES EDUCATIVAS
I.E PROMOSION SOCIAL
MUNICIPIO DE GAMARRA - CESAR” AGO 2026

# 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:** I.E PROMOCION SOCIAL GAMARRA CESAR
**SOLICITANTE:** I.E PROMOCION SOCIAL GAMARRA CESAR
**LOCALIZACION:** GAMARRA, CESAR
**FECHA:** 30/06/2026

### 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NO SE ENCONTRÓ | 3,0 | ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD | CL | 29,6 | 10,5 | 1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 98 | 94 | 89 | 81 | 63 |
| | 6,0 | ARCILLA ARENOSA DE ALTA PLASTICIDAD | CH | 50,2 | 28,2 | 2 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 99 | 90 | 61 |

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 | 3,0 | ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD | CH | 53,5 | 30,7 | 1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 98 | 96 | 91 | 85 |
| | 6,0 | ARCILLA ARENOSA DE ALTA PLASTICIDAD | CH | 50,8 | 28,4 | 2 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 97 | 90 | 77 | 61 |

INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA

### SONDEO No. 3

| 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 | ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD | CL | 44,9 | 22,1 | 1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 91 | 88 | 81 | 62 |

INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| OBRA: | I.E PROMOCION SOCIAL GAMARRA CESAR | Muestra No: | 1 Sd#1 |
| SOLICITANTE: | I.E PROMOCION SOCIAL GAMARRA CESAR | Fecha: | 30/06/2026 |
| MATERIAL: | GAMARRA, CESAR | w (%): | 4,0 |
| DESCRIPCIÓN: | ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD | Color: | Café C. |
| | | Prof (m): | 0,0 - 3,0 |

**LIMITE LIQUIDO**

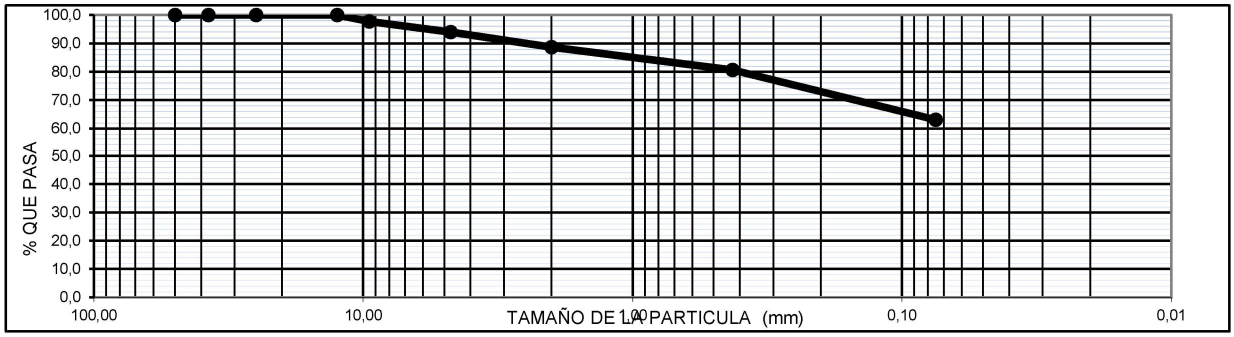
| Recipiente No | 45 | 14-P | 35 |
|---|---|---|---|
| No de Golpes | 35 | 25 | 15 |
| P1 | 30,40 | 27,19 | 24,51 |
| P2 | 25,22 | 22,15 | 19,66 |
| P3 | 5,40 | 5,42 | 5,46 |
| % Humedad | 26,14 | 30,13 | 34,15 |

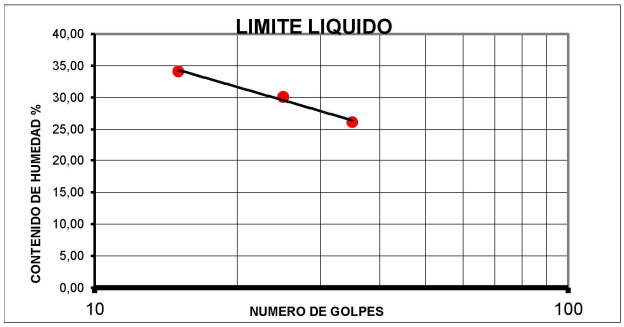
**LIMITE PLASTICO**

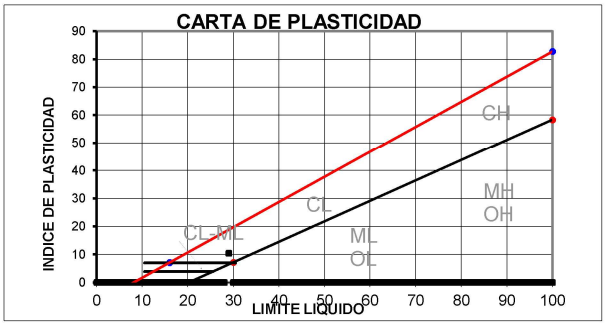
| Recipiente No | 77 | 81 | 90 |
|---|---|---|---|
| P1 | 10,90 | 10,88 | 10,90 |
| P2 | 10,02 | 10,00 | 10,01 |
| P3 | 5,31 | 5,40 | 5,41 |
| % Humedad | 18,68 | 19,13 | 19,35 |

**GRADACIÓN**

| P1 = | 1363,3 | P2 = | 502,6 |
|---|---|---|---|
| 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" | 30,9 | 2,3 | 97,7 |
| No 4 | 51,6 | 3,8 | 93,9 |
| No 10 | 70,4 | 5,2 | 88,8 |
| No 40 | 110,6 | 8,1 | 80,7 |
| No 200 | 239,1 | 17,5 | 63,1 |
| P-200 | 860,7 | 63,1 | |




| | | | |
|---|---|---|---|
| C. UNIFORMIDAD | - | C. CURVATURA | - |
| LIMITE LIQUIDO | 29,6 | INDICE DE GRUPO | 4 |
| LIMITE PLASTICO | 19,1 | A.A.S.H.TO | A-6 |
| I. PLASTICIDAD | 10,5 | U.S.C. | CL |

OBSERVACIONES:

ING. JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| OBRA: | I.E PROMOCION SOCIAL GAMARRA CESAR | Muestra No: | 2 Sd#1 |
| SOLICITANTE: | I.E PROMOCION SOCIAL GAMARRA CESAR | Fecha: | 30/06/2026 |
| MATERIAL: | GAMARRA, CESAR | w (%): | 4,0 |
| DESCRIPCIÓN: | ARCILLA ARENOSA DE ALTA PLASTICIDAD | Color: | Café P. |
| | | Prof (m): | 3,0 - 6,0 |

**LIMITE LIQUIDO**

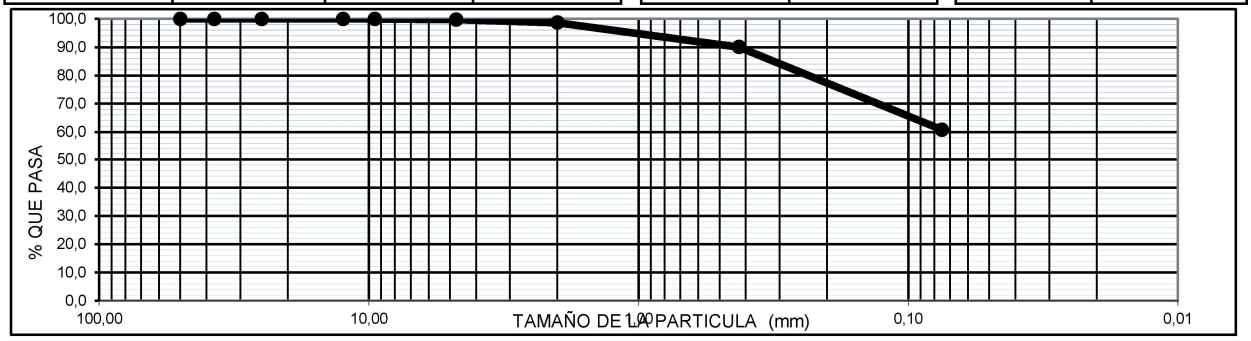
| Recipiente No | 28 | 22 | 3 |
|---|---|---|---|
| No de Golpes | 35 | 25 | 15 |
| P1 | 32,70 | 29,70 | 27,00 |
| P2 | 24,23 | 21,55 | 19,04 |
| P3 | 5,33 | 5,40 | 5,36 |
| % Humedad | 44,81 | 50,46 | 58,19 |

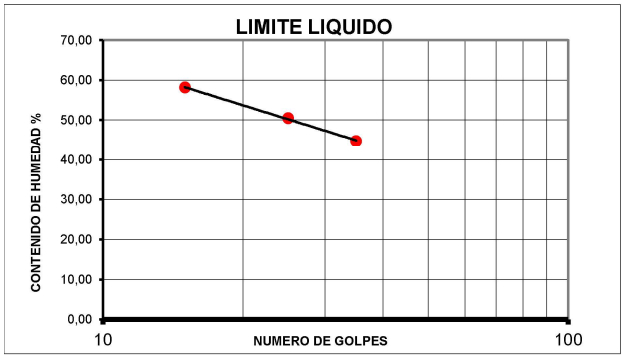
**LIMITE PLASTICO**

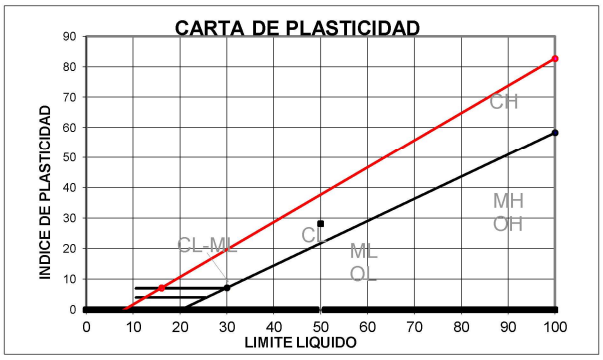
| Recipiente No | 40 | 51 | 60 |
|---|---|---|---|
| P1 | 10,98 | 10,99 | 10,96 |
| P2 | 10,00 | 10,00 | 10,01 |
| P3 | 5,55 | 5,60 | 5,61 |
| % Humedad | 22,02 | 22,50 | 21,59 |

**GRADACIÓN**

| P1 = | 1175,5 | P2 = | 459,6 |
|---|---|---|---|
| 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" | | 0,0 | 100,0 |
| No 4 | 2,9 | 0,2 | 99,8 |
| No 10 | 12,3 | 1,0 | 98,7 |
| No 40 | 101,1 | 8,6 | 90,1 |
| No 200 | 343,3 | 29,2 | 60,9 |
| P-200 | 715,9 | 60,9 | |




| | | | |
|---|---|---|---|
| C. UNIFORMIDAD | - | C. CURVATURA | - |
| LIMITE LIQUIDO | **50,2** | INDICE DE GRUPO | **15** |
| LIMITE PLASTICO | **22** | **A.A.S.H.TO** | **A-7-6** |
| I. PLASTICIDAD | **28,2** | **U.S.C.** | **CH** |

OBSERVACIONES:

ING. JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA

# GEOEXPLORACIONES Y DISEÑOS S.A.S

INGENIERÍA ESPECIALIZADA EN EXPLORACIONES DE SUELOS Y DISEÑOS GEOTECNICOS

FOR-EO-08
VERSION 5
ENE 19 DE 2015

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| OBRA: | I.E PROMOCION SOCIAL GAMARRA CESAR | Muestra No: | 1 Sd#2 |
| SOLICITANTE: | I.E PROMOCION SOCIAL GAMARRA CESAR | Fecha: | 30/06/2026 |
| MATERIAL: | GAMARRA, CESAR | w (%): | 3,0 |
| DESCRIPCIÓN: | ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD | Color: | Café A. |
| | | Prof (m): | 0,0 - 3,0 |

**LIMITE LIQUIDO**

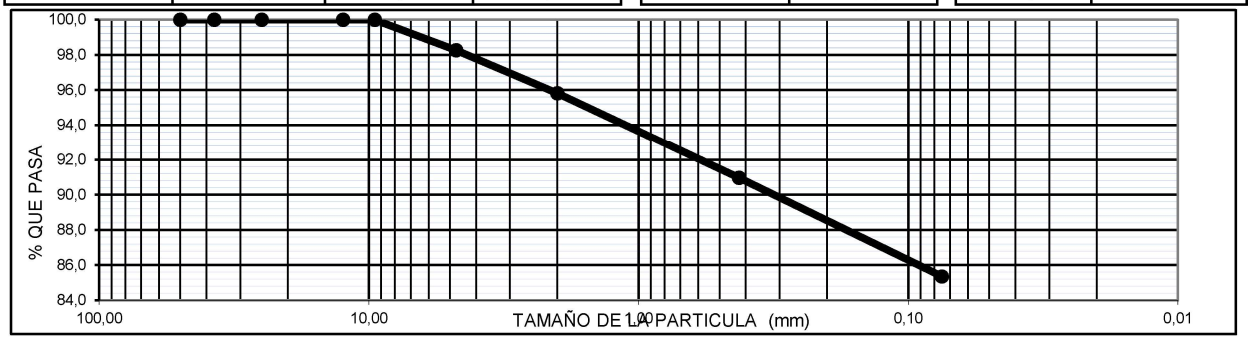
| Recipiente No | 5 | 24 | 32 |
|---|---|---|---|
| No de Golpes | 36 | 26 | 16 |
| P1 | 31,22 | 28,15 | 25,40 |
| P2 | 22,77 | 20,22 | 18,04 |
| P3 | 5,41 | 5,45 | 5,50 |
| % Humedad | 48,68 | 53,69 | 58,69 |

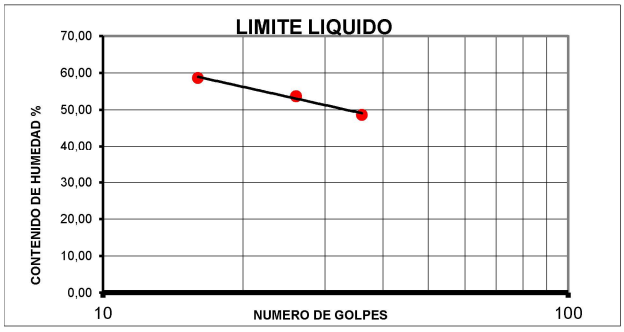
**LIMITE PLASTICO**

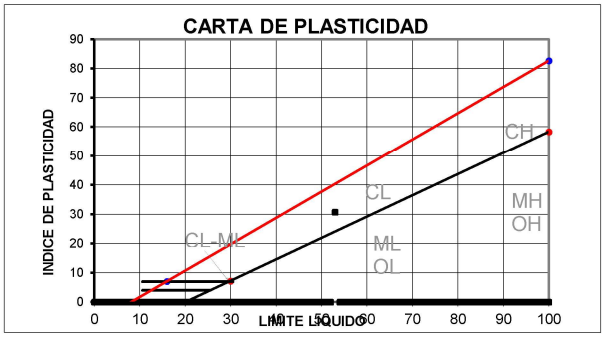
| Recipiente No | 18 | 30 | 69 |
|---|---|---|---|
| P1 | 11,03 | 11,09 | 11,09 |
| P2 | 10,01 | 10,05 | 10,02 |
| P3 | 5,30 | 5,50 | 5,55 |
| % Humedad | 21,66 | 22,86 | 23,94 |

**GRADACIÓN**

| P1 = | 1126,2 | P2 = | 164,8 |
|---|---|---|---|
| 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" | | 0,0 | 100,0 |
| No 4 | 19,4 | 1,7 | 98,3 |
| No 10 | 27,5 | 2,4 | 95,8 |
| No 40 | 54,8 | 4,9 | 91,0 |
| No 200 | 63,1 | 5,6 | 85,4 |
| P-200 | 961,4 | 85,4 | |




| | | | |
|---|---|---|---|
| C. UNIFORMIDAD | - | C. CURVATURA | - |
| LIMITE LIQUIDO | 53,5 | INDICE DE GRUPO | 28 |
| LIMITE PLASTICO | 22,8 | A.A.S.H.TO | A-7-6 |
| I. PLASTICIDAD | 30,7 | U.S.C. | CH |

OBSERVACIONES:

ING. JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA

# GEOEXPLORACIONES Y DISEÑOS S.A.S

INGENIERÍA ESPECIALIZADA EN EXPLORACIONES DE SUELOS Y DISEÑOS GEOTECNICOS

FOR-EO-08
VERSION 5
ENE 19 DE 2015

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| OBRA: | I.E PROMOCION SOCIAL GAMARRA CESAR | Muestra No: | 2 Sd#2 |
| SOLICITANTE: | I.E PROMOCION SOCIAL GAMARRA CESAR | Fecha: | 30/06/2026 |
| MATERIAL: | GAMARRA, CESAR | w (%): | 3,0 |
| DESCRIPCIÓN: | ARCILLA ARENOSA DE ALTA PLASTICIDAD | Color: | Café Olivo |
| | | Prof (m): | 3,0 - 6,0 |

**LIMITE LIQUIDO**

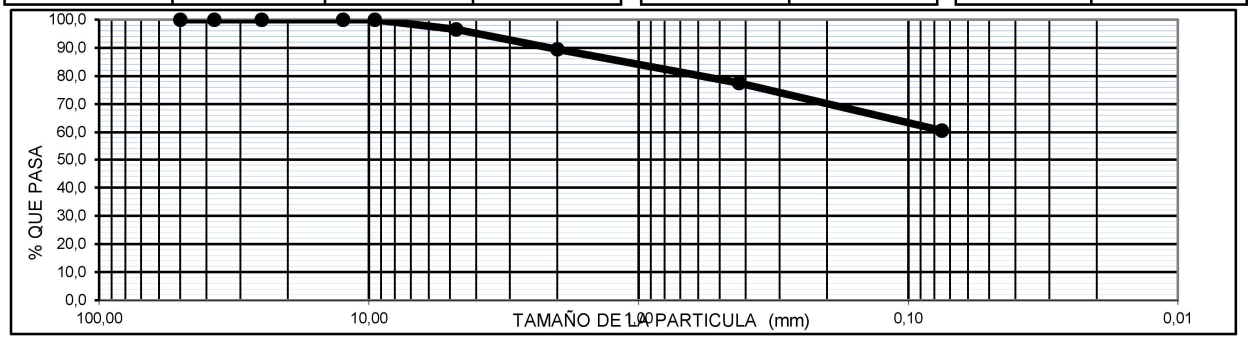
| Recipiente No | 29 | 4 | 31 |
|---|---|---|---|
| No de Golpes | 35 | 25 | 15 |
| P1 | 31,00 | 28,41 | 25,80 |
| P2 | 22,98 | 20,55 | 18,29 |
| P3 | 5,32 | 5,33 | 5,35 |
| % Humedad | 45,41 | 51,64 | 58,04 |

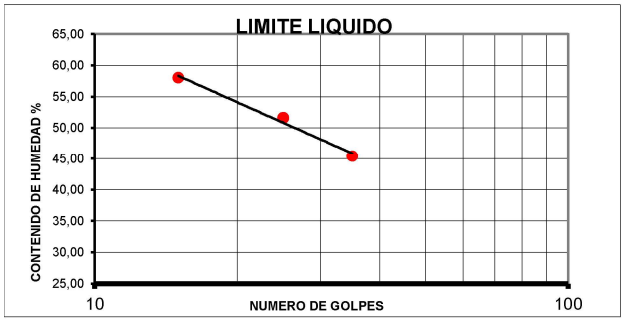
**LIMITE PLASTICO**

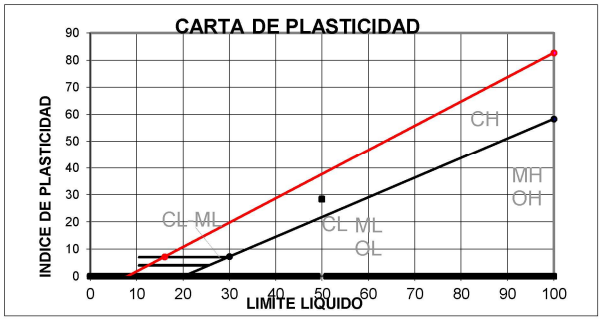
| Recipiente No | 12 | 50 | 61 |
|---|---|---|---|
| P1 | 11,00 | 11,00 | 11,00 |
| P2 | 10,00 | 10,02 | 10,00 |
| P3 | 5,55 | 5,53 | 5,65 |
| % Humedad | 22,47 | 21,83 | 22,99 |

**GRADACIÓN**

| P1 = | 910,6 | P2 = | 358,0 |
|---|---|---|---|
| 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 | 31,6 | 3,5 | 96,5 |
| No 10 | 63,5 | 7,0 | 89,6 |
| No 40 | 110,1 | 12,1 | 77,5 |
| No 200 | 152,8 | 16,8 | 60,7 |
| P-200 | 552,6 | 60,7 | |




| | | | |
|---|---|---|---|
| C. UNIFORMIDAD | - | C. CURVATURA | - |
| LIMITE LIQUIDO | **50,8** | INDICE DE GRUPO | **15** |
| LIMITE PLASTICO | **22,4** | **A.A.S.H.TO** | **A-7-6** |
| I. PLASTICIDAD | **28,4** | **U.S.C.** | **CH** |

OBSERVACIONES:

ING. JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA

Sede operativa: Diagonal 20B No 18B - 63 Local # 2 Barrio Las Delicias - Tel: 3173310685 - Valledupar - Email: administrativo@geoexplolab.com

# GEOEXPLORACIONES Y DISEÑOS S.A.S

INGENIERÍA ESPECIALIZADA EN EXPLORACIONES DE SUELOS Y DISEÑOS GEOTECNICOS

FOR-EO-08
VERSION 5
ENE 19 DE 2015

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| OBRA: | I.E PROMOCION SOCIAL GAMARRA CESAR | Muestra No: | 1 Sd#3 |
| SOLICITANTE: | I.E PROMOCION SOCIAL GAMARRA CESAR | Fecha: | 30/06/2026 |
| MATERIAL: | GAMARRA, CESAR | w (%): | 8,0 |
| DESCRIPCIÓN: | ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD | Color: | Café+A. Palido |
| | | Prof (m): | 0,0 - 2,0 |

**LIMITE LIQUIDO**

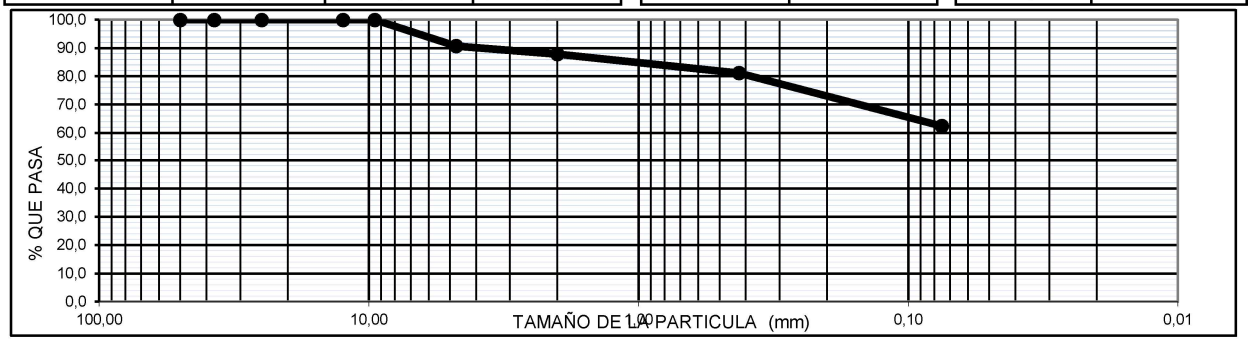
| Recipiente No | 37 | 29 | 46 |
|---|---|---|---|
| No de Golpes | 34 | 24 | 14 |
| P1 | 32,50 | 29,50 | 27,10 |
| P2 | 24,72 | 21,97 | 19,43 |
| P3 | 5,30 | 5,32 | 5,36 |
| % Humedad | 40,06 | 45,23 | 54,51 |

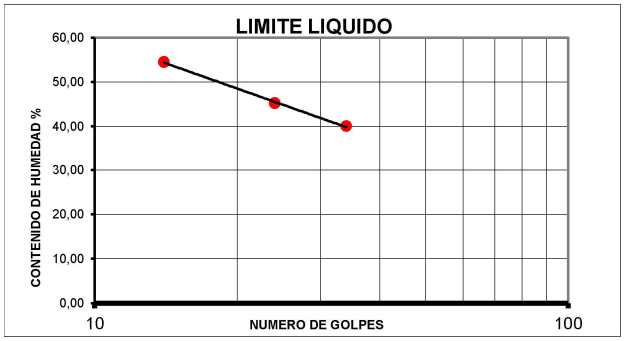
**LIMITE PLASTICO**

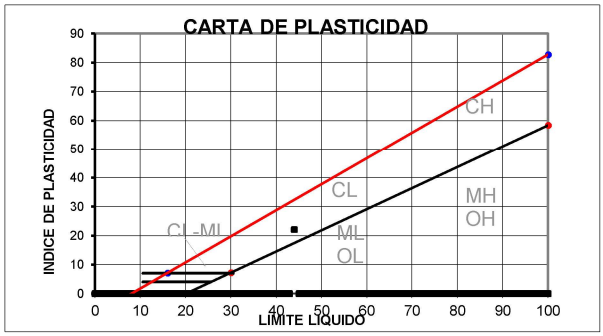
| Recipiente No | 16 | 76 | 20 |
|---|---|---|---|
| P1 | 11,00 | 10,93 | 10,90 |
| P2 | 9,91 | 9,90 | 9,90 |
| P3 | 5,30 | 5,32 | 5,40 |
| % Humedad | 23,64 | 22,49 | 22,22 |

**GRADACIÓN**

| P1 = | 1036,0 | P2 = | 389,1 |
|---|---|---|---|
| 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 | 96,2 | 9,3 | 90,7 |
| No 10 | 29,2 | 2,8 | 87,9 |
| No 40 | 68,8 | 6,6 | 81,3 |
| No 200 | 194,9 | 18,8 | 62,4 |
| P-200 | 646,9 | 62,4 | |




| | | | |
|---|---|---|---|
| C. UNIFORMIDAD | - | C. CURVATURA | - |
| LIMITE LIQUIDO | 44,9 | INDICE DE GRUPO | 12 |
| LIMITE PLASTICO | 22,8 | A.A.S.H.TO | A-7-6 |
| I. PLASTICIDAD | 22,1 | U.S.C. | CL |

OBSERVACIONES:

ING. JEFE DE LABORATORIO

LABORATORISTA

Sede operativa: Diagonal 20B No 18B - 63 Local # 2 Barrio Las Delicias - Tel: 3173310685 - Valledupar - Email: administrativo@geoexplolab.com

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 |
|---|---|
| Sd#1 | 8°19'44.55"N<br>73°43'42.22"O |
| Sd#2 | 8°19'44.23"N<br>73°43'42.71"O |
| Sd#3 | 8°19'43.80"N<br>73°43'43.00"O |