

UNIVERSIDAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DESCARTES

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ENCONTRADO EN PREDIO PARA OFICINAS
PARTICULARES, UBICADO EN AV. LAS GALAXIAS COL. MACTUMATZÁ, TUXTLA
GUTIÉRREZ CHIAPAS

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA

ARRIAGA BEITIA ITZI DULCE ANTONIETA

ASESOR

C. ING. JOSE INOCENTE ESPINOZA VICENTE

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS; SEPTIEMBRE 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE	
I. CAPÍTULO I. NACIMIENTO DE LA CIENCIA DEL SUELO	2
1.1 Morfología del suelo	4
1.2 Designación de los horizontes.	5
II. CAPÍTULO II ZONA DE ESTUDIO	6
2.1 Geografía	6
2.2 Geología regional	7
III. CAPÍTULO III MECÁNICA DE SUELOS	8
3.1 Sistema de clasificación de suelos	8
3.1.1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos "SUCS"	9
3.1.2 Sistema de clasificación AASHTO	15
3.2 Tipos de suelos	17
3.2.1 Suelos cohesivos	17
3.2.2 Suelos Friccionantes	17
3.3 Métodos de exploración	17
3.3.1 Pozo a Cielo Abierto (PCA)	18
3.3.2 Prueba de Penetración Estándar (SPT)	19
3.4 Sondeo Mixto (SM)	22
3.5 Pruebas de laboratorio	24
3.5.1 Secado de muestra	24
3.5.2 Disgregado de muestra	25
3.5.3 Cuarteo de muestra	25
3.6 Límites de Atterberg	25
3.6.1 Límite líquido	26
3.6.2 Límite plástico	27
3.7 Granulometría	28
IV. CAPÍTULO IV RESULTADOS Y EXPERIENCIAS	29
4.1 Descripción del problema en la zona de estudio	29
4.2 Campaña de exploración geotécnica	29
4.3 Sondeos tipo de Pozo a Cielo Abierto (PCA)	29
4.4 Perfil estratigráfico	32
4.5 RESULTADO DE LABORATORIO	36

4.5.1	Análisis granulométrico	36
4.6	Límites de consistencia	43
4.7	CLASIFICACION DE SUELOS	51
V.	CONCLUSIONES	64
VI.	ANEXOS	66
VII.	BIBLIOGRAFÍA	69

INTRODUCCIÓN

La clasificación de suelos es un área que cobra cada vez más importancia en el diseño y construcción de estructuras. Los recientes desarrollos en el campo de la mecánica de suelos han estimulado la necesidad de determinar las propiedades y el comportamiento de los suelos.

La presente tesina asesorada por el Ing. José Inocente Espinoza y elaborada en la Universidad de Ciencia y Tecnología Descartes, tiene como objetivo determinar la clasificación del suelo encontrado en el predio donde se construirán oficinas particulares, ubicado sobre av. Las Galaxias de la col. Mactumatzá, mediante el método de clasificación de suelos "SUCS".

Recientemente, investigadores han examinado los efectos de comportamientos de los suelos, por ello Braja M. Das describe que la ingeniería de suelos es la aplicación de los principios de la mecánica de suelos a problemas prácticos, y la ingeniería geotécnica la define como la rama de la ingeniería civil que enfoca su estudio en las propiedades mecánicas e hidráulicas de suelos y rocas, tanto en superficie como en el subsuelo, (Das, 2015).

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez está en un proceso acelerado de urbanización que ha generado que sus habitantes construyan sus viviendas en zonas inestables, debido a que no se realizan estudios que garanticen la estabilidad de suelo de fundación. La investigación se basó en determinar el tipo de suelo de la zona en estudio, mediante la realización de 4 pozos a cielo abierto para la obtención de muestras y poder generar una clasificación del suelo predominante en esta zona de la ciudad.

La presente tesina tiene como objetivo determinar la clasificación del suelo encontrado en el predio donde se construirán oficinas particulares, ubicado sobre av. Las Galaxias de la col. Mactumatzá, mediante el método de clasificación de suelos "SUCS"

CAPÍTULO I. NACIMIENTO DE LA CIENCIA DEL SUELO

La evidencia reciente sobre el material sugiere que la ingeniería geotécnica como se conoce hoy en día comenzó a principios del siglo XVIII.

En Europa durante el siglo XVIII hubo un gran desarrollo científico sobre descubrimientos del suelo, acerca de sus usos y propiedades; Francia e Inglaterra se enfocaron en el análisis químico y agrícola, mientras que en Alemania usaron las bases existentes de geología para crear una escuela donde se enfocaron en definir y estudiar los suelos.

Una teoría sobre la génesis del suelo de la época indicaba que: “Los suelos se originan por alteración “in situ” de las rocas o por depósito de materiales alterados después del transporte” los integrantes de esta escuela consideran que el suelo es el horizonte superior de las rocas, dando a la palabra horizonte el significado de capa”.¹

En 1880, ya se considera al suelo como una entidad natural, es decir, un cuerpo de la naturaleza, independiente y variante. Se le precisa como un ente complejo, estructurado y dotado de regímenes cíclicos (diarios, mensuales y anuales), que evoluciona en el curso del tiempo y cuyos caracteres están en relación con los factores de diferenciación: rocas, clima, topografía, seres vivos y edad.

En 1886 Vasili Dokuchaev padre de la edafología², evoluciona su concepto de suelo “un cuerpo independiente, ubicado en la parte superficial de las rocas, diferente de la roca madre que, de un modo natural ha experimentado cambios bajo la acción compleja del agua, aire y diferentes clases de organismos vivos y muertos, clima y relieve”. Dokuchaev también menciona que, con la edad, las rocas han sido objeto de procesos, pero este factor no lo emplea en su clasificación.

¹ <http://geotecnia-sor.blogspot.mx/2012/02/historia-de-la-geotecnia-historia-de-la.html>

² EDAFOLOGÍA: Ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea.

En lugar de estudiar aspectos parciales, comenzó por analizar la anatomía del suelo, realizando cortes en el terreno siempre de la misma manera, y estableciendo lo que se llamó perfiles de suelo.

A finales del siglo XX impulsado por las propuestas de otros estudiosos sobre el tema, Milton Whitney propone la creación del “National Soil Survey Program”³ y esto lo reconoce como el pionero en el estudio del suelo, se desarrolló como jefe de la división de suelos agrícolas, supervisando estudios de geografía y química para comprender y administrar la composición de suelos en Estados Unidos.

Del ingeniero químico sueco Albert Atterberg quedan en nuestros días la aportación de los tamaños de las partículas de suelos y las hace suyas la International Society of Soil Science⁴, además de los conceptos de límite líquido e índice de plasticidad.

Mientras que la mecánica de suelos fue desarrollada por Terzaghi (1913), Proctor (1930) y Casagrande (1933).

Karl Von Terzaghi, considerado uno de los mejores ingenieros civiles del siglo XX y padre de la mecánica de suelos, comenzó su carrera dedicando mucho esfuerzo en encontrar un método racional para resolver los problemas relacionados con los suelos y cimentaciones. La coronación de sus esfuerzos se dio en 1925, con la publicación Erdbaumechnik⁵, considerada hoy como el punto de partida de la mecánica de suelos.

“Tomó ideas de ingenieros como Coulomb y Rankine para poder establecer una clasificación para los suelos; Colaboró en la mecánica de rocas, haciendo una calificación Geomecánica para el estudio de túneles con apoyos de acero”⁶

³ Programa Nacional de levantamiento de suelos.

⁴ Sociedad de la Ciencia del Suelo.

⁵ Mecánica de Movimiento de Tierras.

⁶ Artículo de revista GEO-STRATA de la ASCE escrito por el Prof. Richard Goodman.

“Charles E. Kellogg (1936), define al suelo como “un cuerpo natural en equilibrio dinámico con su medio, lo que permite considerar dos tipos de actividades durante la formación de este: destructivas, debidas a la alteración física y química, y constructivas, impulsadas por fuerzas biológicas”. El sistema de clasificación, basado en criterios de zonalidad climática, se mantuvo vigente hasta 1960 y es precursor de la Taxonomía de Suelos”⁷

1.1 Morfología del suelo

“En su libro “Los Factores de Formación del Suelo”, Hans Jenny (1941), considera que el suelo es un sistema cuyo estado puede ser definido por la acción combinada de una serie de variables, definidos previamente por Dokuchaev, a los que se añade el tiempo. De esta manera, la formación de un nuevo suelo se explica al establecerse un gradiente de cualquiera de estas variables, por lo que el número de estados posibles del sistema suelo es prácticamente infinito; su modelo se expresa como la función:

$$S = f(\text{cl}, \text{m}, \text{r}, \text{O}, \text{t}, \dots)$$

En donde S puede representar tanto al suelo en su conjunto como a una propiedad particular del mismo y es una función del clima (cl), material parental (m), relieve o topografía (r), organismos (O), tiempo (t) y factores inespecíficos (...), entre los que incluye a las actividades humanas. Su ecuación y su libro sintetizan el concepto del tiempo y forman un paradigma de la Ciencia del suelo que llega hasta nuestros días.”⁸

“El proceso de formación del suelo comienza con la desintegración de la roca madre que está expuesta en la superficie de la corteza terrestre a partir del rompimiento físico y químico ocasionado por las lluvias, el viento, la exposición al sol y la actividad mecánico-biológica de las raíces de las plantas. En el caso de la actividad biológica, las cianobacterias y los líquenes

⁷ <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/05/24/66311>

⁸ <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/05/24/66311>

son los primeros colonizadores del sustrato rocoso liberan ácidos orgánicos débiles, como el ácido carbónico, que disuelve lentamente la roca madre.

El efecto mecánico del crecimiento de las raíces acelera la ruptura de las rocas, además de que la presencia de las plantas permite una gran actividad de micro y meso organismos y la acumulación de materia orgánica en diferentes estados de descomposición, la cual también contribuye a la formación del suelo.

Aunque el suelo está en constante formación, el proceso es sumamente lento. Se calcula que para tener un centímetro de suelo en la capa superficial son necesarios entre 100 y 400 años, por lo cual se considera que el suelo es un recurso natural no renovable en la escala de tiempo humana”.⁹

1.2 Designación de los horizontes.

“Un horizonte se puede definir como una capa de suelo, aproximadamente paralela a la superficie, con características producidas, por los procesos de formación del suelo”¹⁰

Horizonte H

Formado por acumulaciones de material orgánico depositado sobre la superficie, saturado de agua durante periodos prolongados, a menos que esté drenado artificialmente.

Horizonte O

“Formado por acumulaciones de material orgánico depositado sobre la superficie, que no está saturado de agua más que unos pocos días al año. Se desarrollan en la parte superior de algunos suelos minerales.”¹¹

Horizonte A

⁹ http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf

¹⁰ U.S Soil Conservation Service, 1951

¹¹ FAO UNESCO, Mapa Mundial de Suelos. Pág. 105

Horizonte mineral adyacente a la superficie, presenta material orgánico, tiene una morfología adquirida por la formación del suelo y es más oscuro que los suelos que le subyacen.

Horizonte E

“Capa mineral que presenta una elevada concentración de minerales resistentes en las fracciones arena y limo o aluminio”¹²

Horizonte B

La estructura de la roca está destruida, contiene una concentración de arcilla silicatada, hierro, aluminio o materia orgánica.

Horizonte C

“Se compone de manera parcial de lecho de roca alterado. Existe evidencia de meteorización en esta capa. Aun así, es posible identificar el tipo original de roca de la cual se formó este suelo”¹³

Horizonte R

Se le conoce a este Horizonte como roca madre o roca endurecida, puede tener fisuras, pero no ha sido alterado de manera física o química.

CAPÍTULO II ZONA DE ESTUDIO

2.1 Geografía

“El estado de Chiapas se localiza en el sureste de la República Mexicana, entre las coordenadas geográficas 14° 32’ y 17° 57’ de latitud norte y 90° 22’ y 94° 15’ de longitud

¹² FAO UNESCO, Mapa Mundial de Suelos. Pág. 105

¹³ <https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-conceptos-de-ciencias-de-la-tierra-grados-6-8-en-espanol/section/9.7/primary/lesson/el-perfil-del-suelo-y-sus-horizontes/>

Oeste. Al norte limita con el estado de Tabasco, al Sur con el Océano Pacífico, al Este con la República de Guatemala y al oriente con los estados de Oaxaca y Veracruz.

El municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, forma parte de las regiones fisiográficas de Montañas del Norte, Depresión central y Altos de Chiapas. La altura del relieve varía entre los 300 y los 1,400 mts sobre el nivel del mar. Las principales elevaciones ubicadas dentro del municipio son: los cerros Loma Verde y Mactumatzá.”¹⁴

2.2 Geología regional

“La ciudad de Tuxtla Gutiérrez se encuentra en el flanco meridional del sinclinal. A fines del terciario y principios del cuaternario en el valle de la ciudad se depositaron sedimentos clásticos continentales producto de la erosión de las rocas preexistentes. Los últimos acontecimientos geológicos están representados por los depósitos aluviales que se encuentran a lo largo del río Sabinal que discurre de poniente a oriente hasta desembocar en el Cañón del Sumidero en las cercanías de Tuxtla Gutiérrez.

En el extremo noroeste de la ciudad se presentan calizas, que, de acuerdo con el plano geológico de la región, pertenecen a la Formación Angostura y se extiende también a la zona noreste. Existe una formación terciaria constituida por una serie de areniscas con gravilla y lutitas calcáreas que, probablemente se depositaron en el Eoceno¹⁵ a consecuencia de los levantamientos que ocurrieron en la región y que recubren concordantemente a las calizas.

El contacto entre los depósitos aluviales y los clásticos continentales no está bien definido. En algunos lugares se observan limos con gravilla o areniscas con gravilla; por ejemplo, en el contacto con esta formación y las calizas sobre la carretera a San Fernando, localidad ubicada al noreste de la ciudad.”¹⁶

¹⁴ “Zonificación sísmica de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas” Ordóñez, J. Alejandro

¹⁵ EOCENO: escala temporal geológica que pertenece al periodo y sistema Paleógeno; Comenzó hace unos 56 millones de años y duró 22 millones de años.

¹⁶ “Zonificación sísmica de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez” Alonso, Guillermo et. Al, pág.12

CAPÍTULO III MECÁNICA DE SUELOS

3.1 Sistema de clasificación de suelos

En la Clasificación de Suelos se refiere a la agrupación con un rango de propiedades similares (índice, químicas, físicas y biológicas) a unidades que puedan ser geo-referenciadas y mapeadas. De hecho, los suelos se consideran como un recurso natural mucho más complejo que otros elementos como el aire y el agua.

Braja Das menciona que los suelos con propiedades similares pueden ser clasificados en grupos y subgrupos en función de las características mecánicas y su comportamiento para la ingeniería.

Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar de forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas, sin una descripción detallada.

En la actualidad, dos elaborados sistemas de clasificación que utilizan la distribución granulométrica y la plasticidad de los suelos son comúnmente utilizados para aplicaciones ingenieriles. Se trata del American Association of State Highway Officials (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). En Estados Unidos, el sistema AASHTO es

utilizado principalmente por los departamentos de carreteras estatales y del condado, mientras que los ingenieros geotécnicos normalmente prefieren utilizar el Sistema Unificado. En este capítulo aprenderemos el procedimiento de clasificación de los suelos utilizando el AASHTO y el Sistema Unificado.

3.1.1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos “SUCS”

El Ing. Braja Das describe que la forma original de este sistema fue propuesto por Casagrande en 1948 para su uso en los trabajos de construcción del aeródromo realizado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En colaboración con el U.S. Bureau of Reclamation, este sistema fue revisado en 1952. En la actualidad, es ampliamente utilizado por los ingenieros (Norma ASTM D-2487).

Mediante este método el suelo se clasifica en dos grandes grupos, (Das, 2015):

Primer grupo	Segundo grupo
Suelos de grano grueso que son de grava y arena en estado natural con menos de 50% que pasa a través del tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de G o S. G es para el suelo de grava o grava, y S para la arena o suelo arenoso.	Suelos de grano fino con 50% o más que pasa por el tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de M, que es sinónimo de limo inorgánico, C para la arcilla inorgánica y O para limos orgánicos y arcillas. El símbolo Pt se utiliza para la turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos.

En esta metodología se utiliza los siguientes símbolos para la clasificación de suelos: **W**: bien clasificado, **P**: mal clasificado, **L**: baja plasticidad (límite líquido menor de 50), **H**: alta plasticidad (límite líquido mayor de 50).

A continuación, se presentan la tabla 1 de sistema unificado de clasificación de suelos (basado en el material que pasa por el tamiz núm. 75) y la gráfica de plasticidad se muestra en la figura 1. En las figuras 2 y 3 se muestra el diagrama de flujo para los nombres de grupos de grava y arena del suelo, ASTM.

Así como el diagrama de flujo de nombres de los grupos para limo inorgánico y suelos arcillosos (a) y el diagrama de flujo de nombres de los grupos para limos orgánicos y suelos

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo	
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW	
		Menos de 5% finos ^a	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GP	
		Gravas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	GM	
		Más de 12% finos ^{a,d}	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GC	
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	SW	
		Menos de 5% finos ^b	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SP	
Arenas con finos		$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	SM		
Más de 12% finos ^{b,d}		$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	SC		
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) ^e	CL	
		Orgánico	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) ^e	ML	
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Inorgánico	Límite líquido: secado	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OL	OL
			Límite líquido: no secado		
		Orgánico	Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2)		CH
			Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2)		MH
Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico			Pt	

^aGravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

^bArenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

$$^c C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

^dSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

^eSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

arcillosos.

Tabla 1.- Sistema unificado de clasificación de suelo (basado en el material que pasa por el tamiz núm. 75).

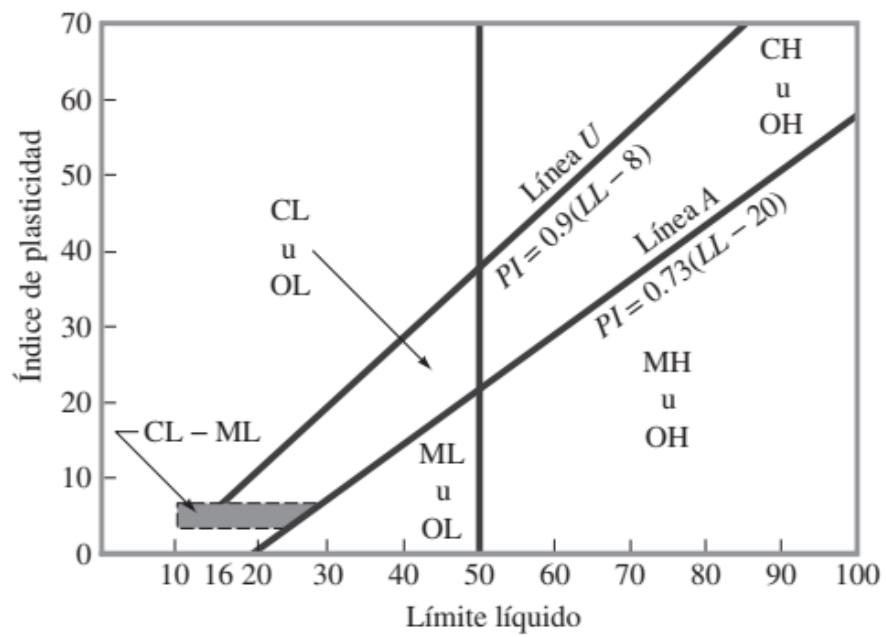


Figura 1.- Gráfica de plasticidad, (Das, 2015).

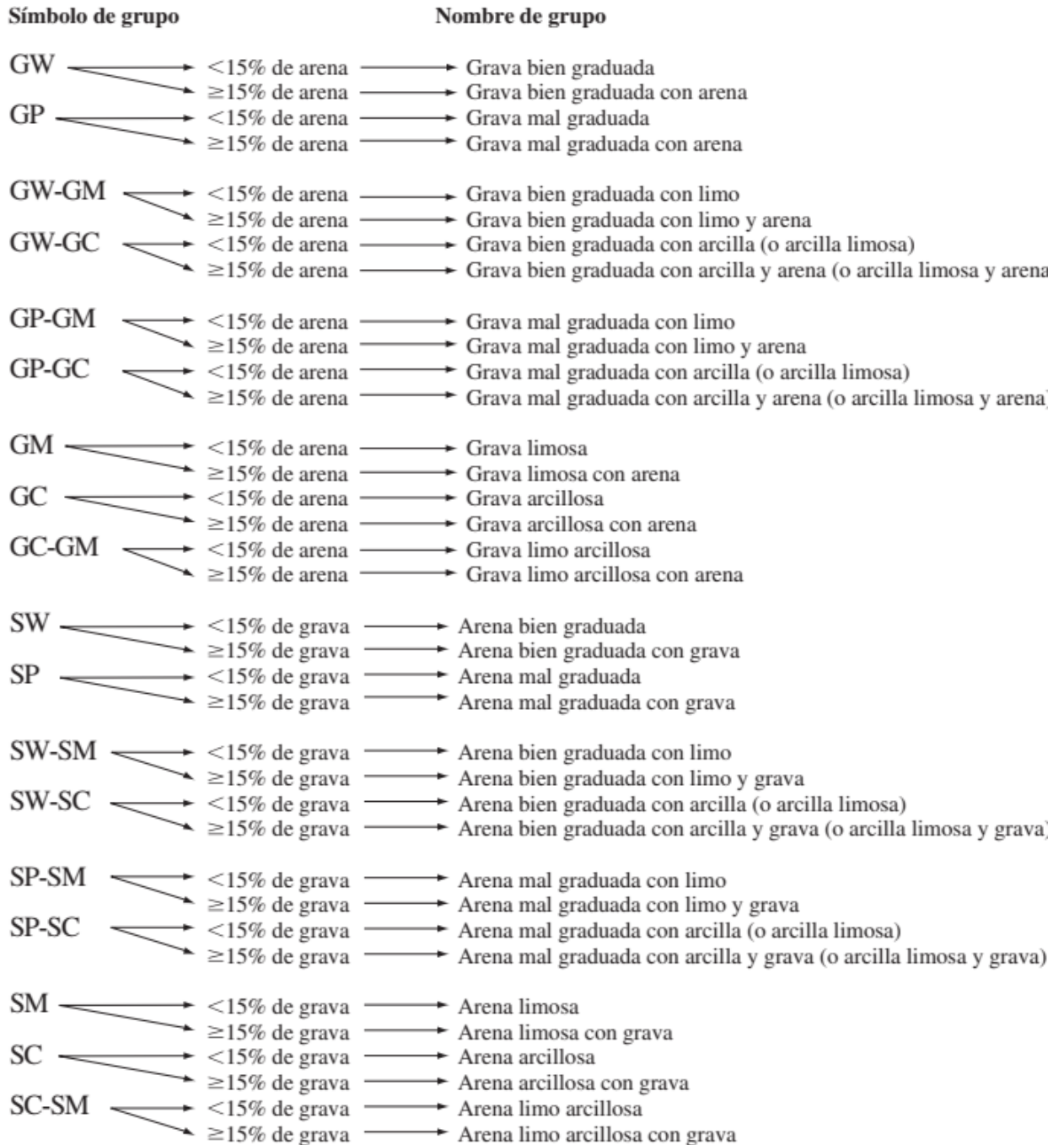


Figura 2.- Diagrama de flujo para los nombres de los grupos de grava y arena del suelo
 (Reproducido con permiso del Libro Anual de Normas ASTM, 2010, copyright ASTM
 International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428).

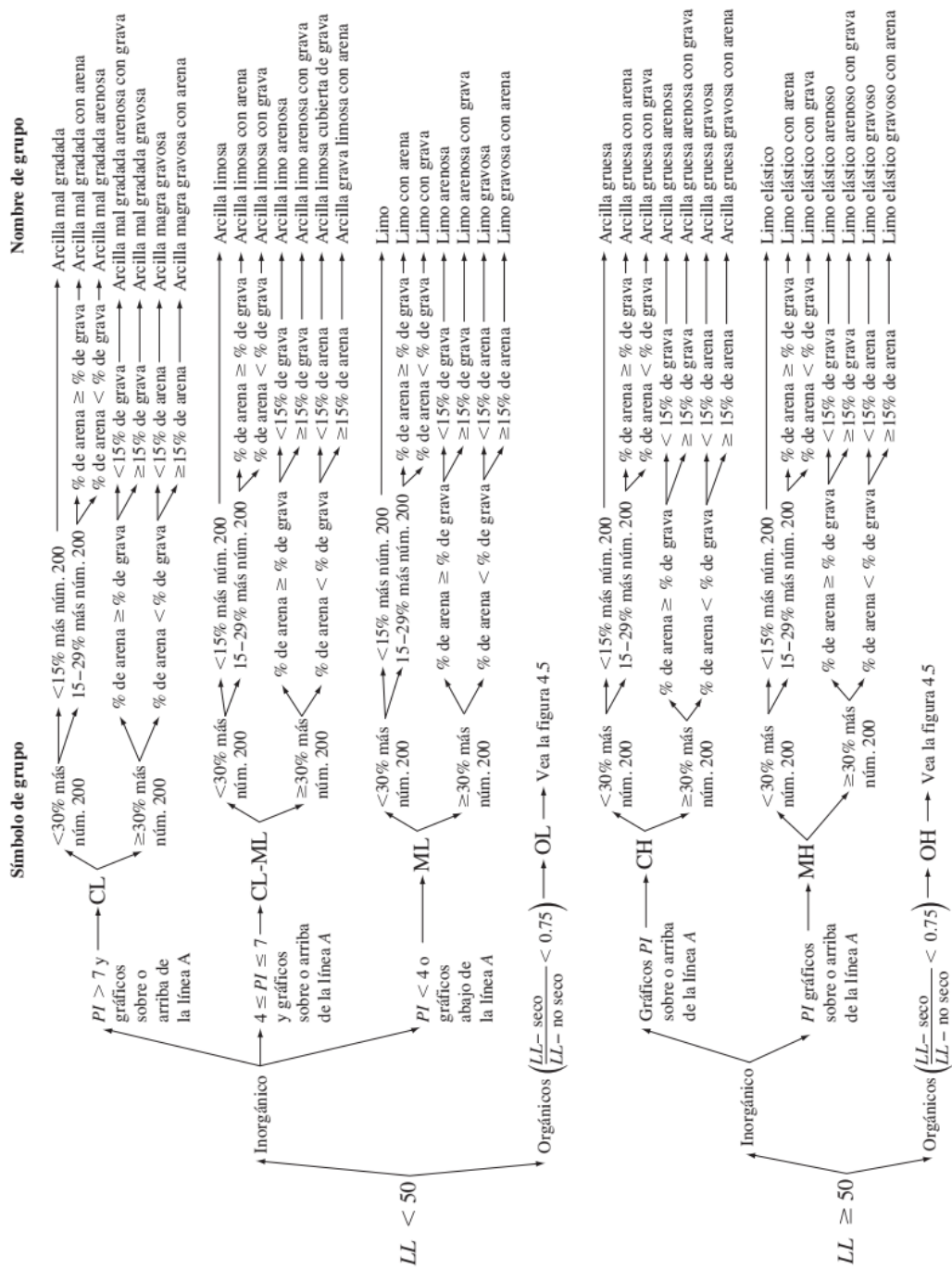


Figura 3 (a).- Diagrama de flujo de nombres de los grupos para limo inorgánico y suelos arcillosos (Reproducido con permiso del Libro Anual de Normas ASTM, 2010, copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428)

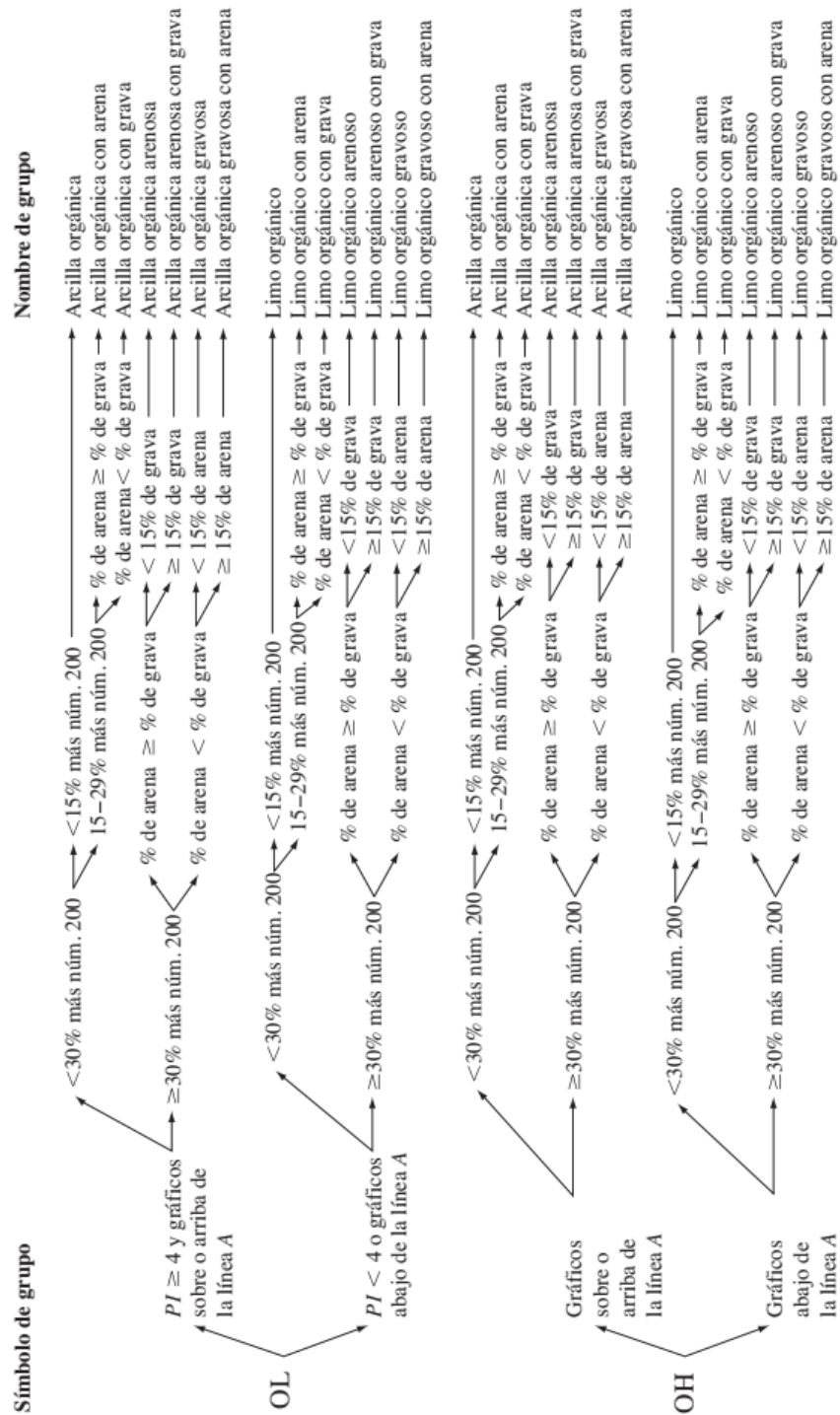


Figura 3 (b).- Diagrama de flujo de nombres de los grupos para limo orgánico y suelos arcillosos (Reproducido con permiso del Libro Anual de Normas ASTM, 2010, copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428)

3.1.2 Sistema de clasificación AASHTO

Este método se desarrolló en 1929, como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. La actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145).

El sistema de clasificación AASHTO utilizado actualmente se muestra en la tabla 2. De acuerdo con este sistema el suelo se clasifica en siete grupos principales: A-1 a A-7. Los suelos que clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz núm. 200. Los suelos donde más de 35% pasa a través del tamiz núm. 200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Éstos son principalmente limo y materiales del tipo de arcilla. El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios, (Das, 2015):

1. Tamaño de grano

Grava: fracción que pasa el tamiz de 75 mm y es retenida en el tamiz núm. 10 (2 mm).

Arena: fracción que pasa el tamiz núm. 10 (2 mm) y es retenida en el tamiz núm. 200 (0.075 mm).

Limo y arcilla: fracción que pasa el tamiz núm. 200

2. Plasticidad: el término limoso se aplica cuando las fracciones finas del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menos. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones finas tienen un índice de plasticidad de 11 o más.

3. Si se encuentran cantos y guijarros (tamaño mayor a 75 mm), se excluyen de la porción de la muestra de suelo en el que se hizo la clasificación. Sin embargo, se registra el porcentaje de este tipo de material.

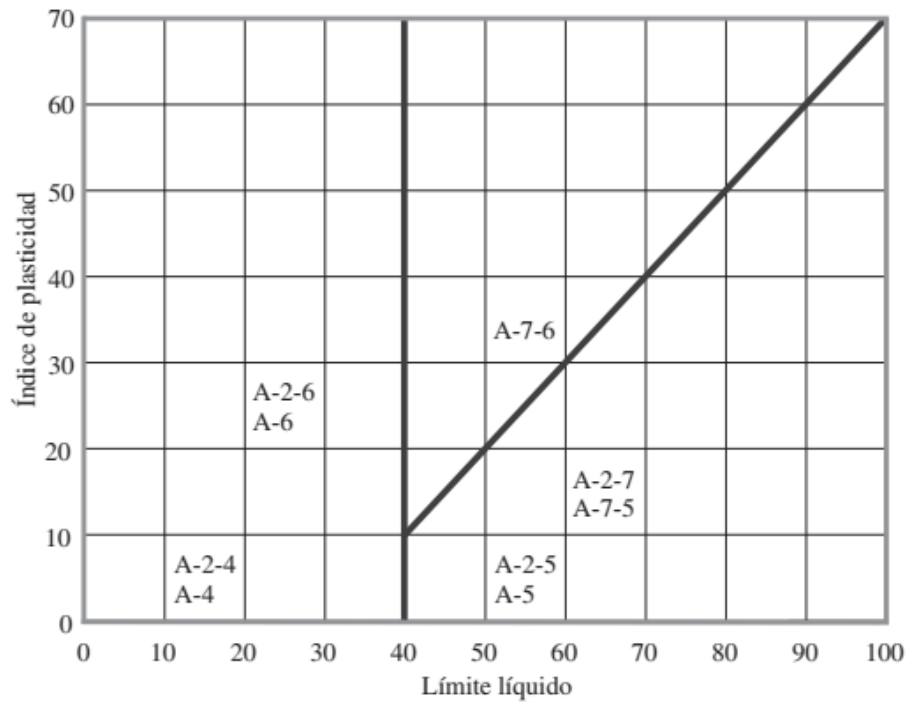


Tabla 2.- Rango del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7

(Das, 2015), menciona que en este método existe un índice de grupo está dado por la siguiente ecuación:

$$IG = (F - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)] 0.01(F - 15) (PI - 10)$$

donde

F = porcentaje pasado por el tamiz núm. 200

LL = límite líquido

PI = índice de plasticidad.

3.2 Tipos de suelos

3.2.1 Suelos cohesivos

Son aquellos en los que existe atracción directa entre sus partículas, o sea en los que existe cohesión. Estos suelos se moldean sin que se desmoronen, como si se tratara de plastilina. En general la mayor parte de sus partículas son microscópicas y con altos contenidos de materia orgánica tales como las arcillas, arcillas limosas y limos orgánicos.¹⁷

3.2.2 Suelos Friccionantes

Son aquellos en los que no existe atracción directa entre sus partículas o la tienen en pequeñas magnitudes. Los suelos no cohesivos son aquellos que al tratar de moldearlos se desmoronan con facilidad tales como arenas, arenas arcillosas o limosas, limos orgánicos, gravas, cantos rodados y la combinación de dos o más de ellos.¹⁸

3.3 Métodos de exploración

El propósito de la exploración del subsuelo es obtener información que ayudará al ingeniero en geotecnia en las siguientes tareas, (Das, 2015):

1. Selección del tipo y la profundidad de la base adecuada para una estructura dada.
2. Evaluación de la capacidad de carga de la cimentación.
3. Estimación del asentamiento probable de una estructura.
4. Determinación de los problemas potenciales de cimentación (por ejemplo, suelo expansivo, suelo colapsable, rellenos sanitarios, y así sucesivamente).
5. Determinación de la ubicación del nivel freático.

¹⁷ Proyecto Arquitectónico en zonas sísmicas. Rojas Contreras, Alejandro. Pág. 81

¹⁸ Proyecto Arquitectónico en zonas sísmicas. Rojas Contreras, Alejandro. Pág. 82

6. Predicción de la presión lateral de tierra sobre estructuras tales como muros de contención, pilotes y cortes apuntalados.

7. Establecimiento de métodos de construcción para condiciones cambiantes del subsuelo.

La exploración geotécnica tiene como propósito obtener información que ayude al Ingeniero en Geotecnia a seleccionar el tipo y profundidad de una cimentación adecuada para una estructura dada, evaluar la capacidad de carga, estimar probables asentamientos, predecir la presión lateral de tierras, entre otros. Dentro de los métodos de exploración más utilizados son los métodos Pozo a Cielo Abierto (PCA) y el método de Sondeo de Penetración Estándar (SPT).

3.3.1 Pozo a Cielo Abierto (PCA)

El método del Pozo a Cielo Abierto (PCA), es un método utilizado para estudios de mecánica de suelos que consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico pueda directamente bajar y examinar los diferentes estratos de suelo en su estado natural. Este método rinde una información correcta del suelo hasta donde se llega, pues permite la inspección visual de los estratos del suelo.

La extracción de la muestra de suelo de pozo a cielo abierto es el tipo de exploración más satisfactorio con el objetivo de tomar muestras de cada estrato, para observar y levantar el perfil estratigráfico de sus paredes.

Este tipo de excavación no se lleva cabo a grandes profundidades por la dificultad del control del flujo de agua bajo el nivel freático.

En estos pozos se pueden tomar muestras alteradas e inalteradas de los diferentes estratos que se hayan encontrado.

Con objeto de elaborar perfiles estratigráficos de los pozos excavados, se toman muestras alteradas en cada estrato y se determinan las propiedades índices de los suelos muestreados, para su posterior clasificación, según el Sistema Único de Clasificación de Suelos, (SUCS).

Las muestras se pueden tomar a medida que progresa la excavación o bien una vez terminada ésta. Para realizar el muestreo se abre una ranura vertical de sección uniforme, de 20 cm de ancho por 15 cm de profundidad y se extrae el material representativo de cada estrato (aproximadamente 15 Kg). El material se puede colocar en costales de tejido cerrado o en bolsas de Polietileno.

Cada muestra debe llevar sujetas dos etiquetas de identificación, una dentro y otra afuera, en las cuales se anota el nombre de la obra, la fecha, el kilometraje y la profundidad a que se tomó la muestra.

A partir del conocimiento de la estratigrafía y con la información de las propiedades índice se debe programar el muestreo inalterado, que sea representativo de cada uno de los estratos de suelo cohesivo que se detecte estas muestras inalteradas se obtienen con muestreador de pared delgada, hincado a presión o labradas manualmente.

Ya obtenidas las muestras y efectuada la clasificación de campo correspondiente, las excavaciones se deben proteger con postes y alambre de púas, con el objeto de evitar el acceso a ellas; cuando se terminan los trabajos se rellenan en su totalidad con material producto de la excavación.

3.3.2 Prueba de Penetración Estándar (SPT)

Este método se emplea en suelos finos, en arenas finas y medias, en mezclas de finos y arenas. Se realiza de manera continua con muestreo alterado o en forma conjunta con muestreo inalterado (sondeos mixtos)¹⁹.

La técnica de la Prueba de Penetración Estándar (SPT) es quizá el procedimiento que rinde mejores resultados en la práctica de Estudios de Mecánica de Suelos y proporciona más información en torno al subsuelo.

¹⁹ http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_7._geotecnia.pdf

El método SPT permite la recuperación de muestras con las cuales se pueden obtener correlaciones de parámetros geotécnicos para el diseño de cimentaciones.

A partir de las pruebas se obtienen los parámetros de resistencia a la penetración estándar y en forma simultánea se efectúa la clasificación de campo, con base en los lineamientos que marca el “Sistema Único de Clasificación de Suelos” (SUCS).

El uso de este método es muy común en la mayoría de las obras de infraestructura y en las de trámite complementario, porque nos determina los principales parámetros mecánicos de los suelos.

La prueba de penetración estándar consiste en hincar el penetrómetro (tubo de acero en cuyo extremo se monta una zapata afilada) de 45 cm, durante su hincado se cuentan los números de golpes que corresponden a cada etapa de 15 cm. La resistencia a la penetración estándar se define como el número de golpes (N), para penetrar los últimos 30 cm. del penetrómetro; los golpes en los primeros 15 se desprecian, ya que se consideran no representativos por la alteración inducida debido a la perforación. En caso de que el número de golpes llegue a 50 y ya no penetre el muestreador, se suspende la prueba. En la operación del martinete (maza metálica de 63.5 kg., dejada caer desde 76 cm de altura) debe vigilarse que su altura de caída sea constante y que el cable de manila tenga un máximo de 3 vueltas en la cabeza de gato del motor, para lograr el efecto de caída libre sin fricción²⁰.

La toma de la primera muestra es a la profundidad deseada, después se limpia el pozo con posteadora hasta la profundidad que permita el azolve. posteriormente se introduce el muestreador nuevamente por medio de las barras de perforación hasta estar en contacto con el fondo. Después de dar los golpes y penetrar los 45 cm, se saca el muestreador y el material retenido es la muestra por trabajar.

Cuando se extrae del muestreador se recomienda escoger como muestra alterada representativa la parte central de la longitud recuperada siempre y cuando sea una muestra uniforme; en el caso de que sean 2 o más materiales se escogerán para muestras cada una de

²⁰ Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Ordóñez, J. Alejandro

ellas, que se introducirán en un frasco de vidrio cerrado herméticamente que debe ser bañado en parafina y brea en la tapadera.

Las correlaciones que surgen entre los suelos friccionantes al realizar la prueba de penetración estándar son las de mayor importancia; permiten relacionar la compacidad, el ángulo de fricción interno y en los suelos cohesivos como las arcillas, nos relaciona la resistencia a la compresión simple con el número de golpes necesarios para que el penetrómetro logre entrar a los 30 cm especificados.

Estas correlaciones han podido efectuarse en suelos donde se pueden obtener muestras inalteradas en las que se les pueda determinar en laboratorio los conceptos anteriores.

Las correlaciones obtenidas de esta prueba con los números de golpes (N) se dan en las siguientes tablas:

NO. DE GOLPES	DENOMINACIÓN	COMPACIDAD RELATIVA
0 - 4	MUY SUELTA	0 - 5
4 - 10	SUELTA	5 - 25
10 - 30	MEDIANAMENTE COMPACTA	25 - 60
30 - 50	COMPACTA	60 - 75
50	MUY COMPACTA	75

Tabla 5.- Compacidad Relativa de las Arenas²¹

²¹ Hunt, 1984

NO. DE GOLPES	DENOMINACION	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (KG/M ²)
2	MUY BLANDA	0.25
2 - 4	BLANDA	0.25 - 0.50
4 - 8	MEDIA	0.50 - 1.0
8 - 15	FIRME	1.0 - 2.0
15 - 30	MUY FIRME	2.0 - 4.0
30	DURA	4.0

Tabla 6.- Consistencia Natural de las Arcillas²²

3.4 Sondeo Mixto (SM)

El también conocido método rotatorio se lleva a cabo cuando un sondeo alcanza una capa de roca más o menos firme o si durante de la perforación las herramientas tropiezan con un bloque grande de naturaleza rocosa, y se imposibilita la penetración.

Cuando un estrato rocoso aparece en la perforación se hace indispensable recurrir al empleo de máquinas perforadoras a rotación, con broca de diamantes o del tipo cáliz.

En las de broca de diamante, en el extremo de la tubería de perforación va colocado un muestreador especial, llamado de “corazón”, en cuyo extremo inferior se adapta una broca de acero duro con incrustaciones de diamante industrial, que facilitan la perforación.

En la de tipo cáliz, los muestreadores son de acero duro y la penetración se facilita por medio de municiones de acero que se echan a través de la tubería hueca hasta la perforación y que actúan como abrasivo. En roca muy fracturada puede existir el peligro de que las municiones se pierdan. Este tipo de perforadoras se han construido con diámetros muy grandes, hasta para hacer perforaciones de 3 m; en estos casos, la máquina penetra en el suelo con la misma broca. La colocación de los diamantes en las brocas depende del tipo de roca a atacar.

²²[http://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Exposiciones%20estudiantes/ENSAYO%20DE%20PENETRACION%20ESTANDAR%20\(SPT\).pdf](http://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Exposiciones%20estudiantes/ENSAYO%20DE%20PENETRACION%20ESTANDAR%20(SPT).pdf)

En rocas duras es recomendable usar brocas con diamantes tanto en la corona como el interior para reducir el diámetro de la muestra, y en el exterior para agrandar la perforación y permitir el paso del muestreador con facilidad. En rocas medianamente duras suele resultar suficiente emplear brocas con inserciones de carburo de tungsteno en la corona. En rocas suaves, del tipo de lutitas, pizarras, etc., basta usar broca de acero duro en diente de sierra.

Una vez definido el lugar donde se realizará el muestreo, se instala el equipo para después comenzar con el hincado de un tramo de tubería de ademe, dejando 30 cm afuera del material para acoplarle una "T" continuando con la perforación; si la roca no se encuentra cerca de la superficie, se instala un trépano y se colocará en primer lugar el barril, después la rima y por último la broca.

Las velocidades de rotación son variables, de acuerdo con el tipo de roca a atacar. En todos los casos, a causa del calor desarrollado por las grandes fricciones producidas por la operación de muestreo, se hace indispensable inyectar agua fría de modo continuo, por medio de una bomba situada en la superficie. También se hace necesario ejercer presión vertical sobre la broca, a fin de facilitar su penetración. El éxito de una maniobra de perforación rotatoria depende fundamentalmente del balance de esos tres factores principales; velocidad de rotación, presión de agua y presión sobre la broca respecto al tipo de roca explorado.

Una vez que el muestreador ha penetrado toda su carrera es preciso desprender la muestra de roca (corazón), que ha ido penetrando en su interior, de la roca matriz. Para ello se han desarrollado diversos métodos técnicos. Por ejemplo, suele resultar apropiado el interrumpir la inyección del agua, lo que hace que el espacio entre la roca y la parte inferior de la muestra se llene de fragmentos de roca, produciendo un empaque apropiado; otras veces un aumento rápido de la velocidad de rotación produce el efecto deseado. Cuando las muestras de roca son muy largas puede introducirse un muestreador especial que reemplace al usado en la perforación; tal muestreador está provisto de aditamentos para cortar y retener la muestra.

Desgraciadamente, con cierta frecuencia ninguno de estos métodos rinde el resultado apetecido y la muestra no es extraída²³.

El equipo de perforación rotatorio usa 4 tipos de diámetros como se aprecia en la siguiente tabla:

BROCA	DIAMETRO EXTERIOR DEL ADEME		DIÁMETRO EXTERIOR DE LA BROCA		DIÁMETRO INTERIOR DE LA BROCA	
	mm	plg	mm	plg	mm	plg
Ex	46	1 13/16	37.5	1 15/32	20.5	27/32
Ax	57	2 1/4	47.5	1 7/8	20.5	13/16
Bx	73	2 7/8	51.58	2 11/32	42	1 21/32
Nx	89	3 1/2	75.5	2 61/64	55	2 5/32

Tabla 7.- Nombres y medidas de las brocas para SM.

3.5 Pruebas de laboratorio

3.5.1 Secado de muestra

El secado tiene por objeto facilitar la disgregación y manejo de las muestras; podrá ser al sol o al horno. En el primer caso, se extiende la muestra en las charolas o sobre una superficie sensiblemente horizontal, lisa y limpia, para que sea fácil recogerla y evitar la pérdida de finos, así como la contaminación con materiales extraños. Cuando se use el horno, deberá controlarse la temperatura de tal modo que esta sea del orden de 60 grados centígrados así también puede realizarse en una estufa de manera lenta y cuidadosa con fuego bajo.

²³ Mecánica de Suelos, Vol.1. Juárez Badillo, Eulalio - Rico Rodríguez, Alfonso.

3.5.2 Disgregado de muestra

El objetivo de la disgregación de las muestras alteradas es llevarlas a un estado semejante al que van a presentar en la obra durante el proceso de construcción, debiendo entrar al juego el criterio del ingeniero para decidir hasta donde se debe llevar a cabo el proceso de disgregación. Para efectuar el proceso se emplea un mazo de madera de 9.5 cm por lado y de 15 cm de altura con un mango saliendo de la cara posterior de la base, y cuyo peso es aproximadamente de 1 kg. Se tamiza el material por una malla No. 4 (4.76 mm) y el retenido se coloca en una charola y se macea, dejando caer el mazo de madera sobre el material de manera vertical y desde una altura de 20 cm, disgregada la muestra retenida por la malla No. 4 se mezcla con la que pasó y se somete al cuarteo²⁴.

3.5.3 Cuarteo de muestra

Se mezcla el material de la muestra disgregada hasta que presente un aspecto homogéneo y se comienza a formar un cono con la pala, dejando que el material se acomode por sí solo procurando que se forme uniformemente. Una vez formado el cono truncado, se encaja la pala en el vértice del cono original haciéndola girar alrededor de su eje, con el fin de desalojar el material hacia la periferia y de dejarlo con una altura de 15 a 20 cm; se divide el material en cuatro partes iguales y por último se separa en una charola 2 muestras de cuadrantes opuestos.

3.6 Límites de Atterberg

Una de las propiedades más notables de las arcillas y algunos limos, es su plasticidad. Esta propiedad puede ser estudiada cuantitativamente por medio de pruebas de laboratorio. Las más útiles de estas, se denominan pruebas de límite líquido y plástico, definidas por el químico sueco Albert Atterberg.

²⁴ Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Crespo Villalaz, Carlos. Pág. 37

3.6.1 Límite líquido

Este límite es el contenido de agua de un suelo, expresado en porcentaje del peso seco, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico de un suelo remodelado o amasado.

Casagrande definió el límite líquido como el contenido de agua al cual un corte estándar de separación, practicado en la muestra de suelo remodelado, de una cuchara ranuradora, se cerrará una distancia de 12.7 mm (1/2 pl.) a 25 golpes de la caída de la copa de Casagrande.

Este método cubre la determinación del límite líquido de un suelo mediante la elaboración de una curva de flujo, resultado de la determinación de tres puntos con la ayuda del Aparato de Casagrande.

3.6.1.1 Procedimiento

1. “Ubique la muestra dentro de un recipiente adecuado que permita mezclarlo con agua.
2. Adicione agua y empiece un proceso de homogenización, de tal forma que el agua se incorpore a la muestra de suelo.
3. Cuando el suelo y el agua formen una masa consistente, ubique una porción en el recipiente del equipo de Casagrande, con la ayuda de la espátula verifique que el nivel de la muestra de suelo no supere el borde del recipiente y que el nivel máximo entre la base del recipiente y el suelo sea de 10 mm. El exceso de suelo retírelo y retórnelo al recipiente donde está realizando la mezcla.
4. Con la ayuda del ranurador, divida el suelo que está en el recipiente del equipo de Casagrande en dos mitades, mediante un movimiento suave a lo largo del diámetro de éste, de atrás hacia la parte frontal. El movimiento debe ser cuidadoso propiciando la construcción de la ranura en un solo movimiento y de manera que esta llegue hasta el fondo, quede limpia y no se dañen los bordes de las mitades de suelo generadas.

5. Una vez hecho el surco o ranura, con la ayuda de la manivela del equipo, damos golpes sin parar a la cuchara a una velocidad de 2 golpes/segundo, hasta que las dos mitades se junten 12 mm. Se debe registrar el número de golpes en los cuales se cerró la ranura.
6. Se remueve del equipo parte de la muestra de suelo, procurando tomarla del sector donde se cerró la ranura. La muestra tomada es llevada a una cápsula, se registra su peso y se somete a secado para determinar su humedad.
7. Este proceso se repite 3 veces, adicionando agua o extendiendo la muestra para someterla a secado, facilitando así la obtención de otros puntos con diferente humedad y número de golpes.”²⁵

3.6.2 Límite plástico

Corresponde a la humedad mínima en que el suelo puede rodarse formando hilos no fragmentados²⁶.

3.6.2.1 Procedimiento

1. “De la fracción de material preparada, se toma una porción de tamaño tal que se pueda formar una pequeña esfera de aproximadamente 12 mm de diámetro, la que se moldea con los dedos para que pierda agua y se manipula sobre la palma de la mano para formar un cilindro.
2. A continuación, el cilindro se hace girar con los dedos de las manos sobre la placa de vidrio para reducir su diámetro hasta que sea aproximadamente de 3mm en toda su longitud. La velocidad de girado será de 60 a 80 ciclos por minuto, entendiéndose por

²⁵ Norma ASTM D4318-00

²⁶ Manual de Laboratorio. Física de Suelos.Forsythe, Warren.Pág. 72

“ciclo” un movimiento de la mano hacia atrás y hacia adelante, hasta volver a la posición de partida.

3. Si al alcanza un diámetro de 3mm el cilindro no se rompe en tres secciones simultáneamente, significa que su contenido de agua es superior al del límite plástico. En tal caso se junta nuevamente el material para formar la pequeña esfera, manipulándola con los dedos para facilitar su pérdida de agua y lograr una distribución uniforme de la misma, repitiendo el procedimiento 1 y 2, hasta que el cilindro se rompa en tres segmentos precisamente en el momento de alcanzar dicho diámetro, el cual se verifica comparándolo contra un alambre de referencia.
4. Inmediatamente se colocan sobre un vidrio de reloj, los fragmentos del cilindro y se determina el contenido de agua en ese material.”²⁷

3.7 Granulometría

Al hacerse las primeras investigaciones de las propiedades de los suelos se pensaba que las propiedades mecánicas de un suelo dependían de las partículas que la forma, según su tamaño, por esta razón se buscaron métodos adecuados para obtener la distribución, aunque se ha creído que con una mayor experiencia es posible saber sus propiedades mecánicas de los suelos a partir de su distribución granulométrica o de la descripción por tamaños.

“La granulometría consiste simplemente en diferenciar los tamaños de partículas componentes de un suelo por medio de un juego de tamices, ordenados de mayor abertura a menor. La distribución de los tamaños de partículas menores que este último tamaño (malla no. 200, diámetro de 0.074mm) requieren de un procedimiento indirecto de distinción para lograrlo, consiste en la velocidad de sedimentación de las partículas finas integradas en una solución, las cuales pueden correlacionar los diámetros y obtener la distribución buscada.”²⁸

²⁷ “M.MMP.1.07/07 Métodos de muestreo y pruebas de materiales. Límites de Consistencia” Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

²⁸ <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/7312/Capitulo2.pdf>

Se dice que en los suelos gruesos el comportamiento hidráulico y mecánico está principalmente definido por la compacidad de los granos y su orientación, características que se destruyen por la manera en que se realiza la prueba de granulometría.

Mientras que, en suelos finos en estado inalterado, las propiedades mecánicas e hidráulicas dependen en tal grado su estructuración e historia geológica que el conocimiento de su granulometría resulta poco útil.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y EXPERIENCIAS

4.1 Descripción del problema en la zona de estudio

La zona de estudio está localizada sobre la Av. Las Galaxias, en la colonia Mactumaczá en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, en el estado de Chiapas. En el sitio de estudio se identificará la clasificación del tipo de suelo, importante para el diseño de cimentaciones del proyecto de: oficinas particulares.

4.2 Campaña de exploración geotécnica

La campaña de exploración geotécnica está constituida por 4 sondeos tipo pozo a cielo abierto (PCA-01, PCA-02, PCA-03, PCA-04). En la campaña se conforma por la extracción de muestras inalterada y alterada para realizar pruebas índices para la clasificación del tipo de suelo. En la siguiente descripción se describe la descripción de campo y su respectivo perfil de campo.

4.3 Sondeos tipo de Pozo a Cielo Abierto (PCA)

El sondeo tipo pozo de penetración estándar (PCA-01), está conformado por una capa superficial de 0.60m constituido por un relleno de arcilla de color café a tono gris con pedacería de escombros, de consistencia suave a media y compresibilidad alta.

Subyace, una capa de 0.90 m de arcilla tipo lutita de color café oscuro a tono gris, de consistencia media y compresibilidad alta. En este sondeo a la profundidad explorada no se detectó nivel de agua freática N.A.F.

El sondeo tipo pozo de penetración estándar (PCA-02), está conformado por una capa de 0.80m constituida por un relleno en estado suelto a base de arcilla de color café a tono gris con caliza alterada (ladrillo, concreto, plástico, etc.), de consistencia suave y compresibilidad alta. Debajo se encuentra una capa de 0.60m de arcilla de color café oscuro a tono gris con presencia de algunas raíces hasta la profundidad de 1.40 m, de consistencia suave a media y compresibilidad alta. Subyace una capa de 1.20 m, de arcilla e color café oscuro con presencia de arcilla tipo lutita, de consistencia media y suave y compresibilidad alta. En este sondeo a la profundidad explorada no se detectó nivel de agua freática N.A.F.

El sondeo tipo pozo de penetración estándar (PCA-03), está constituido por una capa de 0.70 m, de relleno a base de arcilla de color café con arcilla tipo lutita con presencia de boleos y escasos fragmentos pequeños de tabique, de consistencia media a suave y compresibilidad media. Debajo de esta capa se encuentra una arcilla de color negro con arenilla y gravilla de consistencia y compresibilidad medias a alta, con un espesor de 0.50 m. Subyace, una capa de 0.40 m, de arcilla de color café a tono gris y presencia de boleos medianos con caliza alterada, de consistencia media y compresibilidad media. Luego de esta capa se encuentra con un espesor de 0.80 m, caliza alterada con presencia de arcilla tipo lutita de color blanquizo, de consistencia y compresibilidad media. Debajo de esta capa se encuentra arcilla de tipo lutita de color gris con brumos de caliza alterada, de consistencia media y compresibilidad alta, con un espesor de 0.30 m. En este sondeo a la profundidad explorada no se detectó nivel de agua freática N.A.F.

El sondeo tipo pozo de penetración estándar (PCA-04), está constituido por una capa de 0.60 m, relleno a base de arcilla de color café oscuro a tono gris con boleos de consistencia suave a media y compresibilidad media.

Luego, una capa de 0.40 m, de arcilla de color negro de consistencia media y compresibilidad media a alta. Subyace, una capa de 0.50 m, arcilla tipo lutita con intercalados de caliza

alterada de color blanquizco a tono gris. Debajo, una capa de 1.20 m, de arcilla tipo lutita de color café a tono gris, de consistencia media y compresibilidad alta.

4.4 Perfil estratigráfico

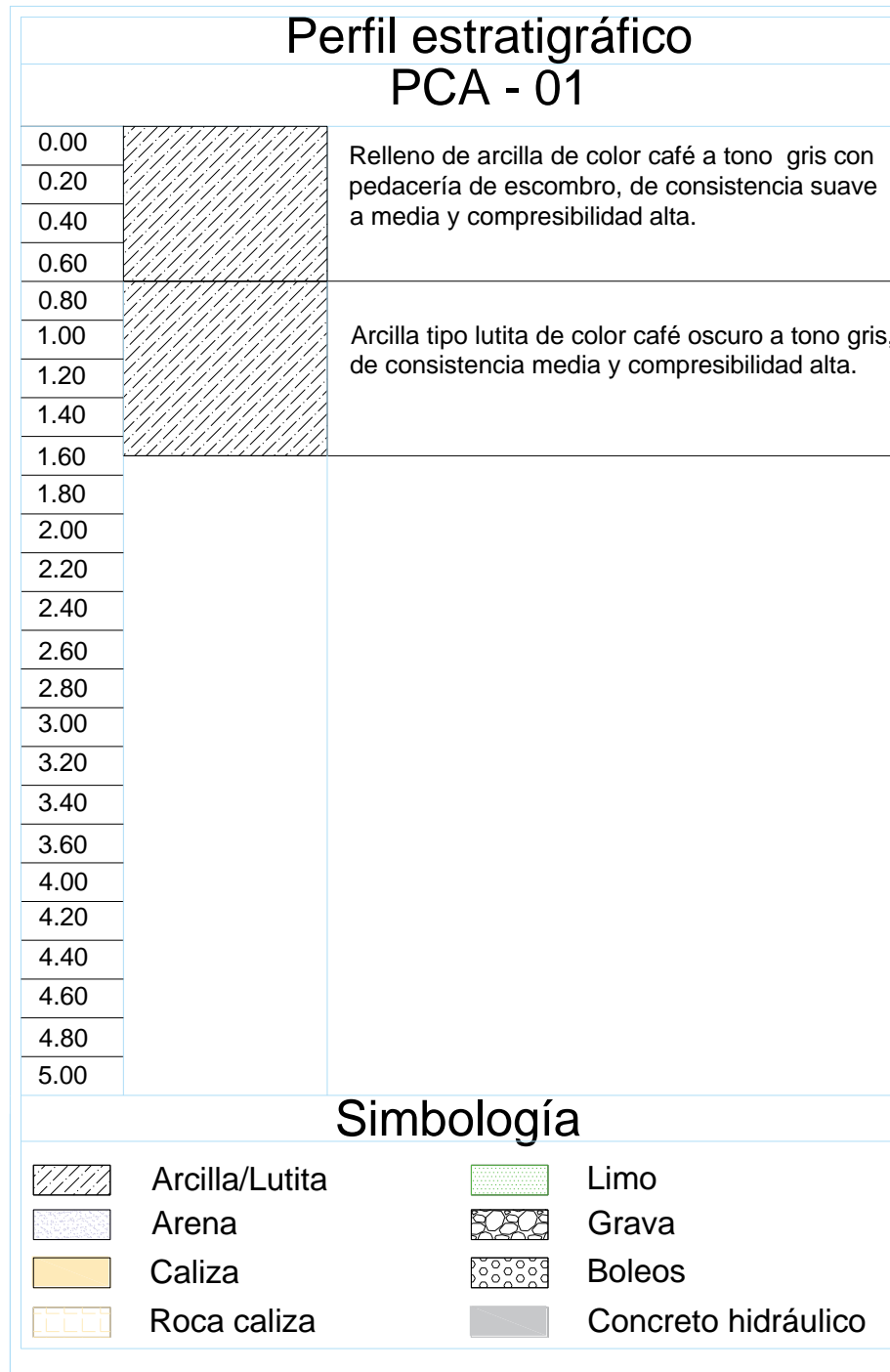


Figura 4.- Perfil estratigráfico de campo del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-01), *Cortesía de Laboratorio SIIES.*

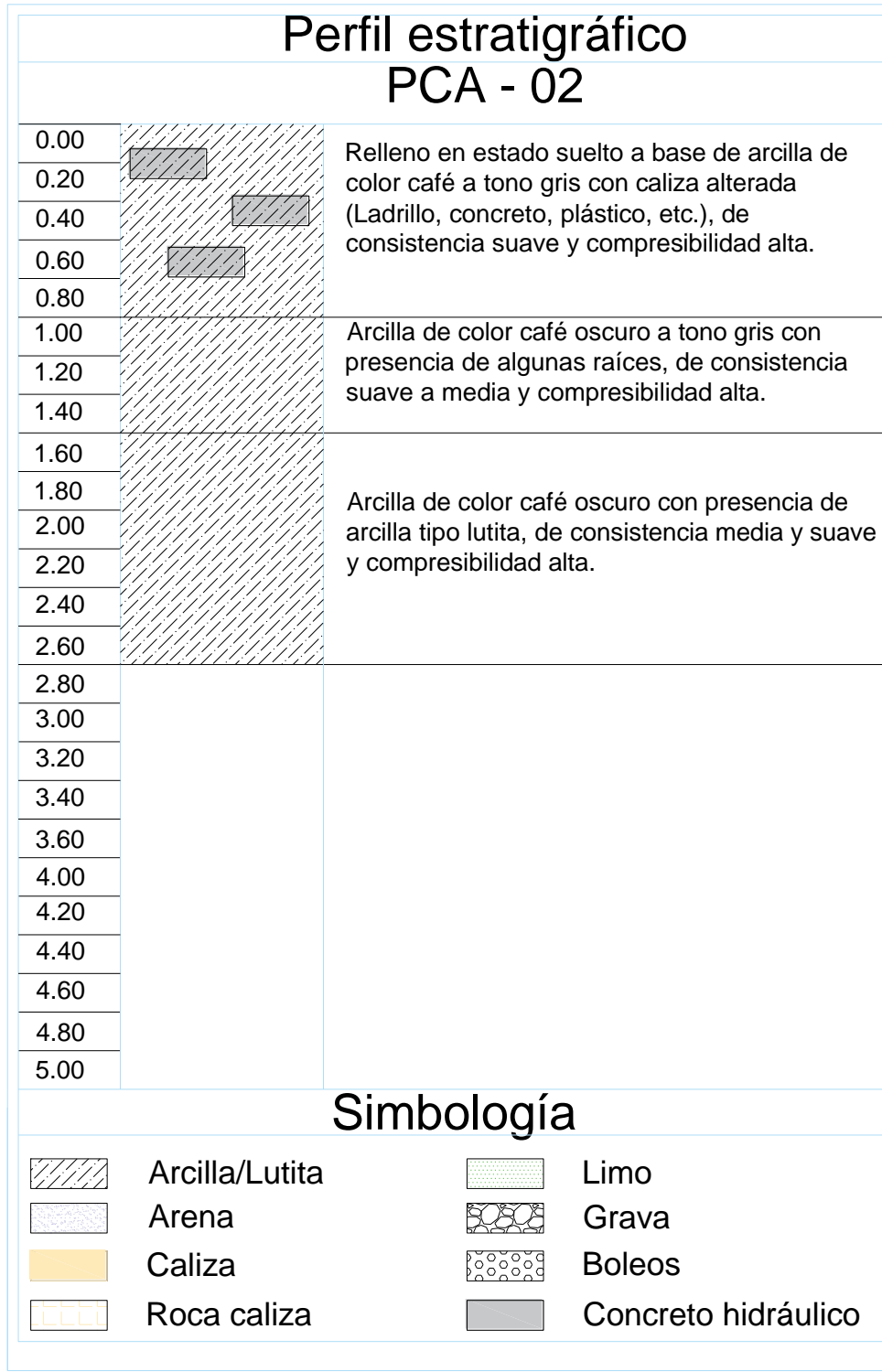


Figura 5.- Perfil estratigráfico de campo del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-02), *Cortesía de Laboratorio SIIES.*

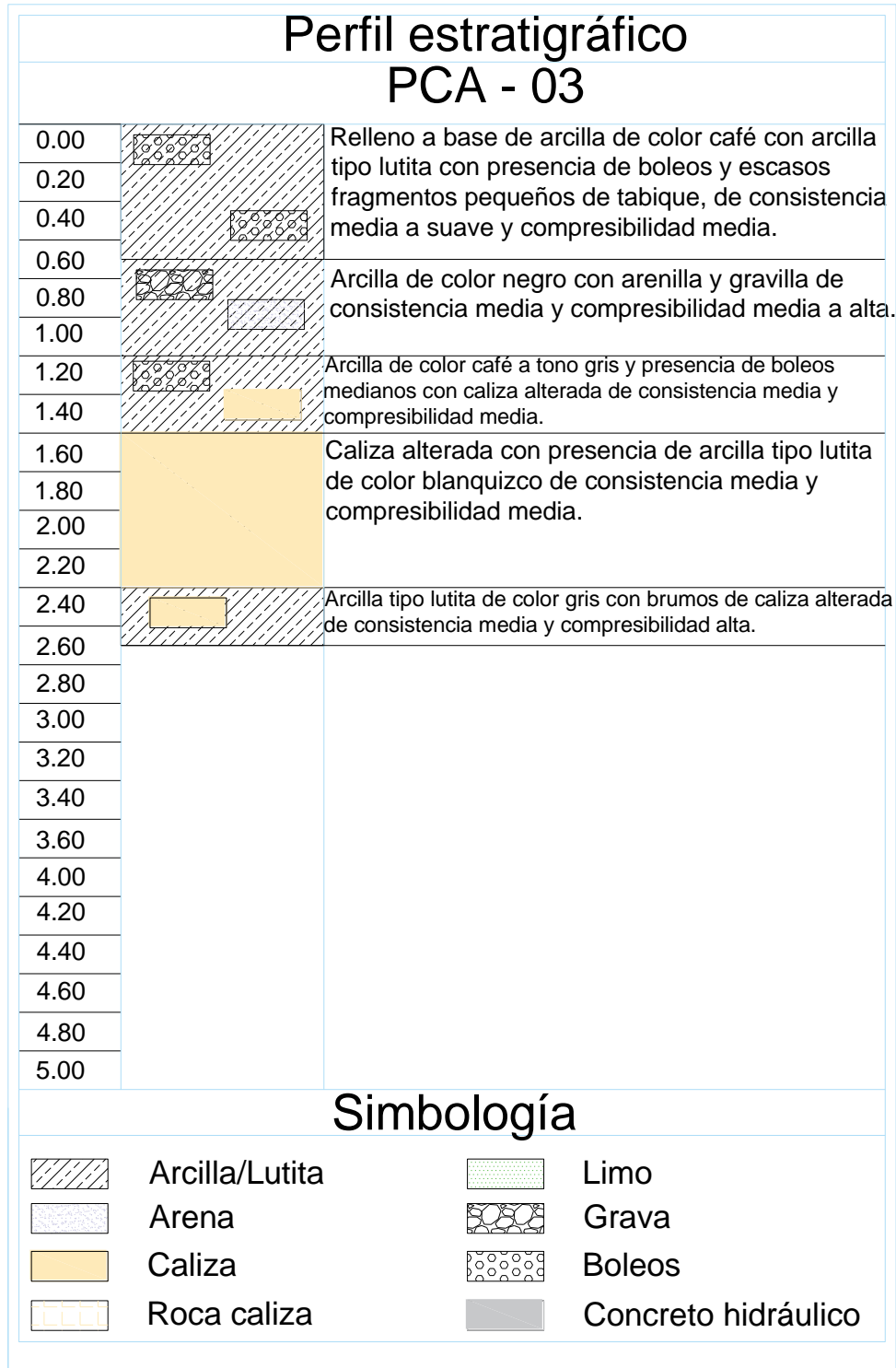


Figura 6.- Perfil estratigráfico de campo del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-03), *Cortesía de Laboratorio SIIES.*

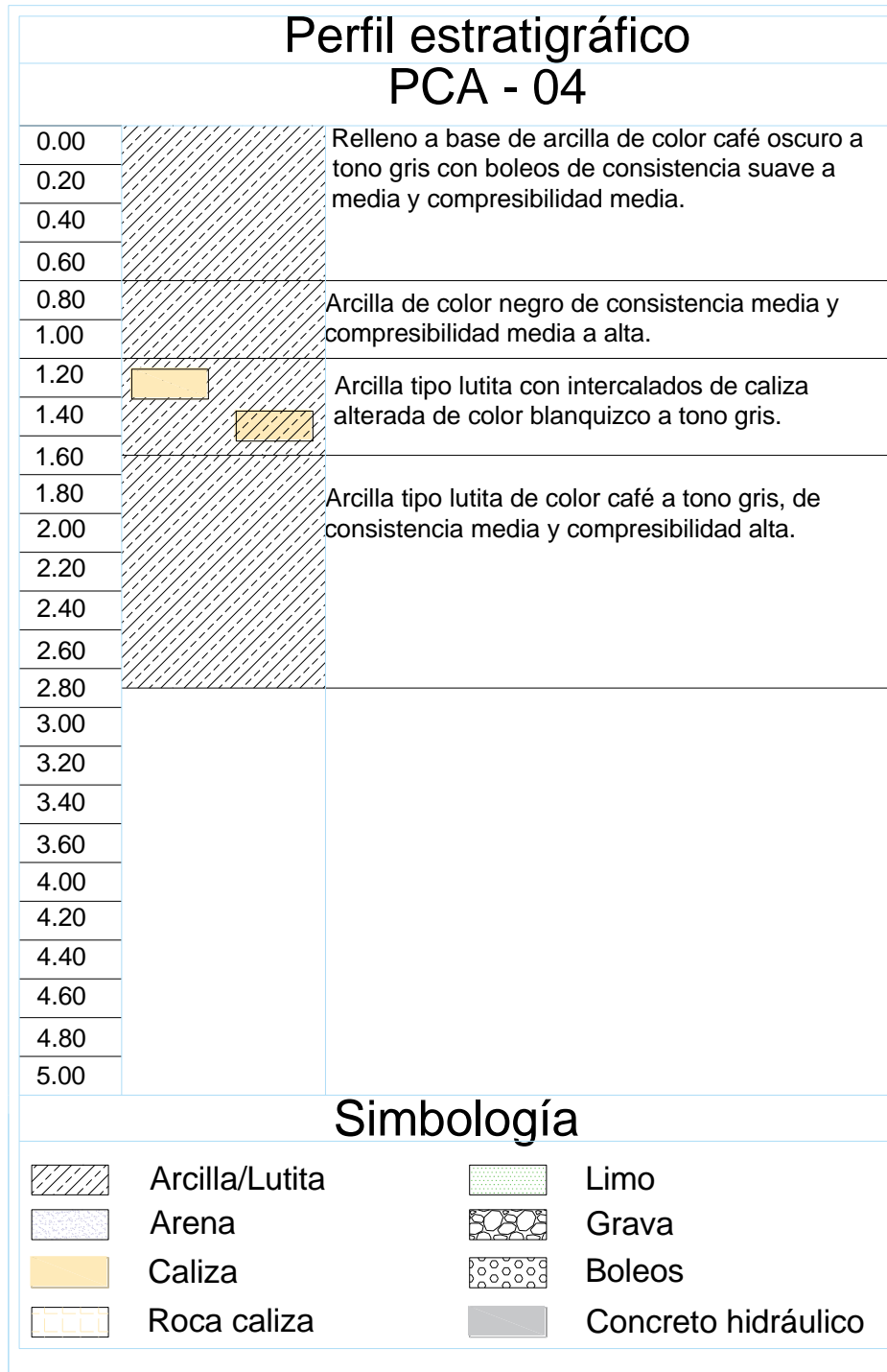


Figura 7.- Perfil estratigráfico de campo del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-04), *Cortesía de Laboratorio SIIES.*

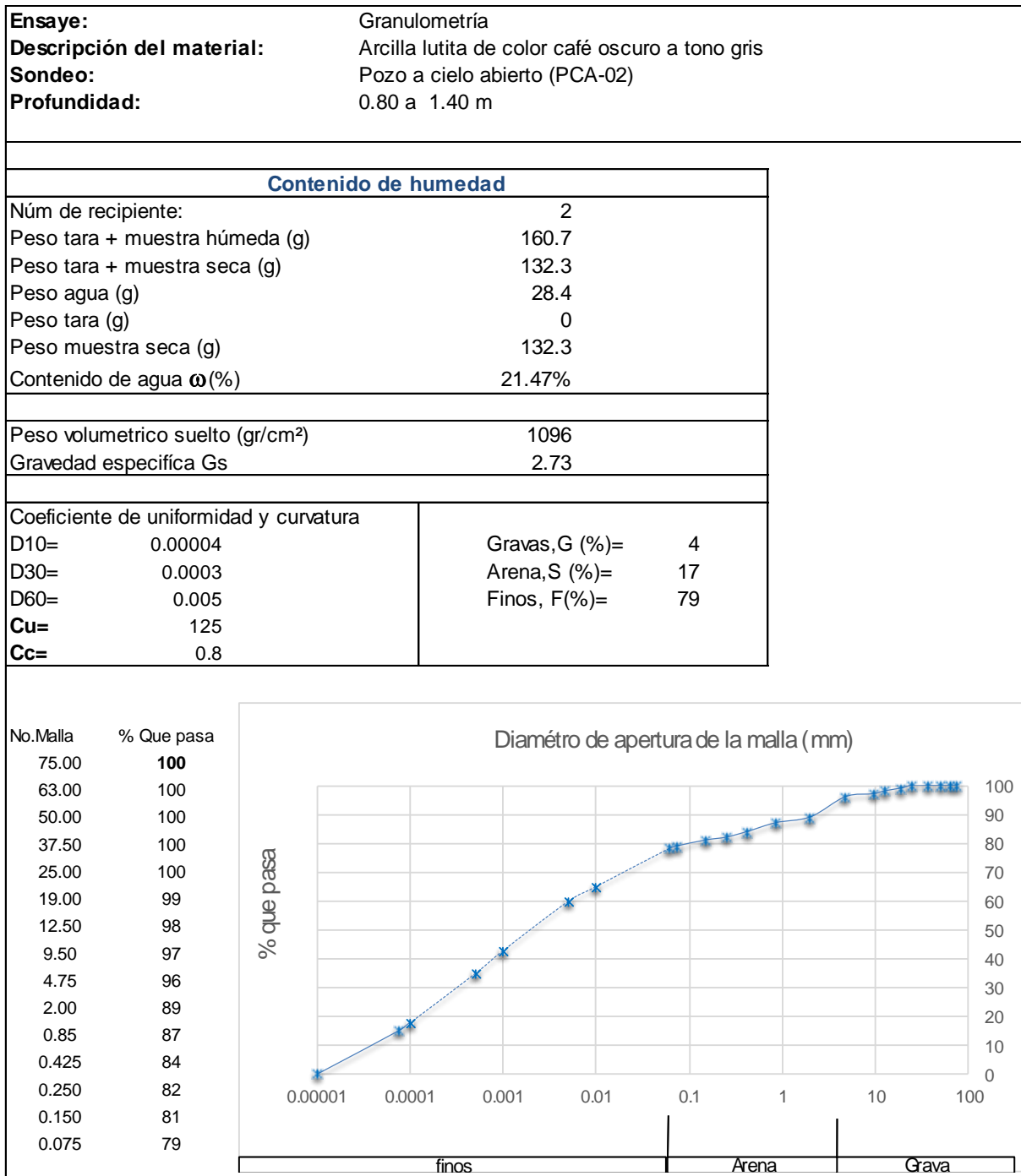


Figura 9.- Análisis granulométrico del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-02), *Cortesía de Laboratorio SIIES.*

Ensayo:	Granulometría
Descripción del material:	Arcilla de color café con arcilla tipo lutita
Sondeo:	Pozo a cielo abierto (PCA-03)
Profundidad:	0.00 a 0.70 m

Contenido de humedad			
Núm de recipiente:		3	
Peso tara + muestra húmeda (g)		226.5	
Peso tara + muestra seca (g)		201.4	
Peso agua (g)		25.1	
Peso tara (g)		0	
Peso muestra seca (g)		201.4	
Contenido de agua ω (%)		12.46%	
Peso volumetrico suelto (gr/cm ³)		1166	
Gravedad específica Gs		2.73	
Coeficiente de uniformidad y curvatura			
D10=	0.000038	Gravas, G (%)=	6
D30=	0.0003	Arena, S (%)=	34
D60=	0.1	Finos, F (%)=	60
Cu=	2631		
Cc=	0.02		

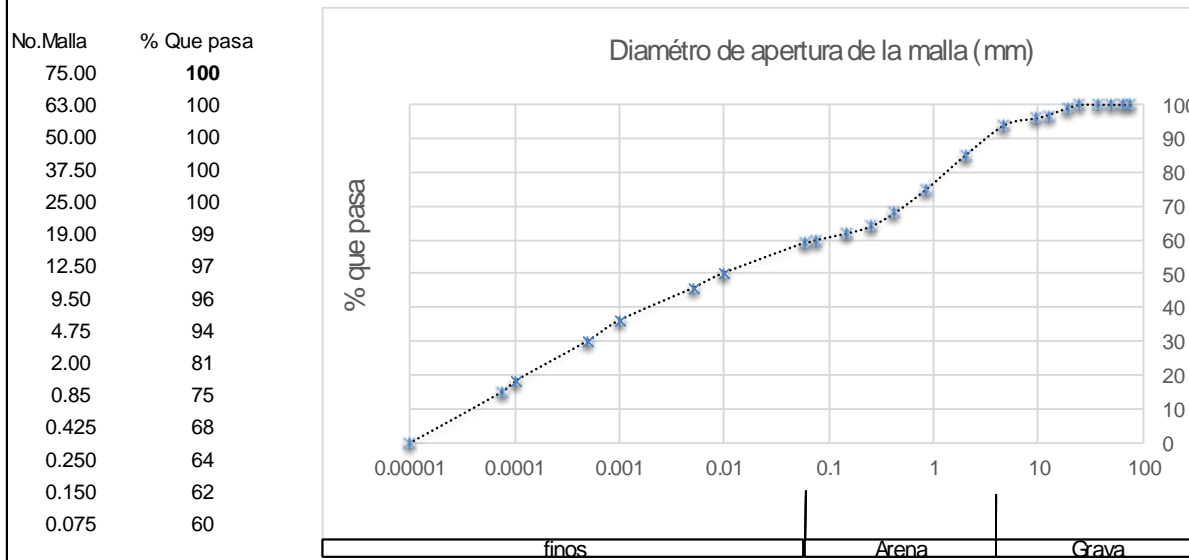


Figura 10.- Análisis granulométrico del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-03), *Cortesía de Laboratorio SIIES.*

Ensayo:	Granulometría
Descripción del material:	Arcilla de color negro con presencia de arenillas
Sondeo:	Pozo a cielo abierto (PCA-03)
Profundidad:	0.70 a 1.20 m

Contenido de humedad	
Núm de recipiente:	4
Peso tara + muestra húmeda (g)	197.2
Peso tara + muestra seca (g)	163.3
Peso agua (g)	33.9
Peso tara (g)	0
Peso muestra seca (g)	163.3
Contenido de agua ω (%)	20.76%
Peso volumetrico suelto (gr/cm ³)	1048
Gravedad específica G _s	2.74
Coeficiente de uniformidad y curvatura	
D10= 0.00004	Gravas, G (%)= 3
D30= 0.0005	Arena, S (%)= 23
D60= 0.01	Finos, F (%)= 74
Cu= 250	
Cc= 0.63	

No. Malla	% Que pasa
75.00	100
63.00	100
50.00	100
37.50	100
25.00	100
19.00	100
12.50	99
9.50	99
4.75	97
2.00	90
0.85	86
0.425	81
0.250	78
0.150	76
0.075	74

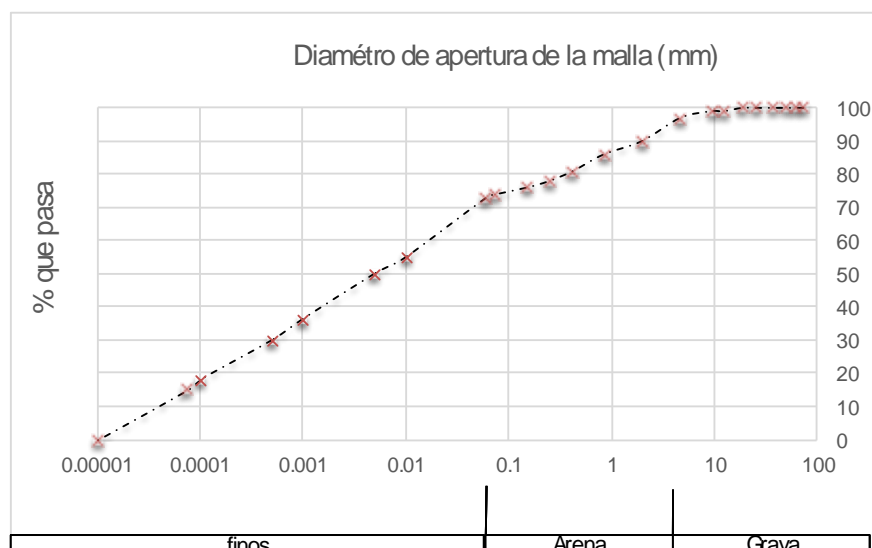


Figura 11.- Análisis granulométrico del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-03), *Cortesía de Laboratorio SIIES.*

Ensaye:	Granulometría
Descripción del material:	Caliza alterada arcillosa de color café e incrustaciones de arcilla lutita
Sondeo:	Pozo a cielo abierto (PCA-03)
Profundidad:	1.60 a 2.30 m

Contenido de humedad	
Núm de recipiente:	5
Peso tara + muestra húmeda (g)	273.8
Peso tara + muestra seca (g)	239.8
Peso agua (g)	34
Peso tara (g)	0
Peso muestra seca (g)	239.8
Contenido de agua ω (%)	14.18%
Peso volumetrico suelto (gr/cm ²)	1278
Gravedad específica Gs	2.7
Coeficiente de uniformidad y curvatura	
D10= 0.00004	Gravas, G (%)= 7
D30= 0.0005	Arena, S (%)= 16
D60= 0.02	Finos, F(%)= 77
Cu = 500	
Cc = 0.31	

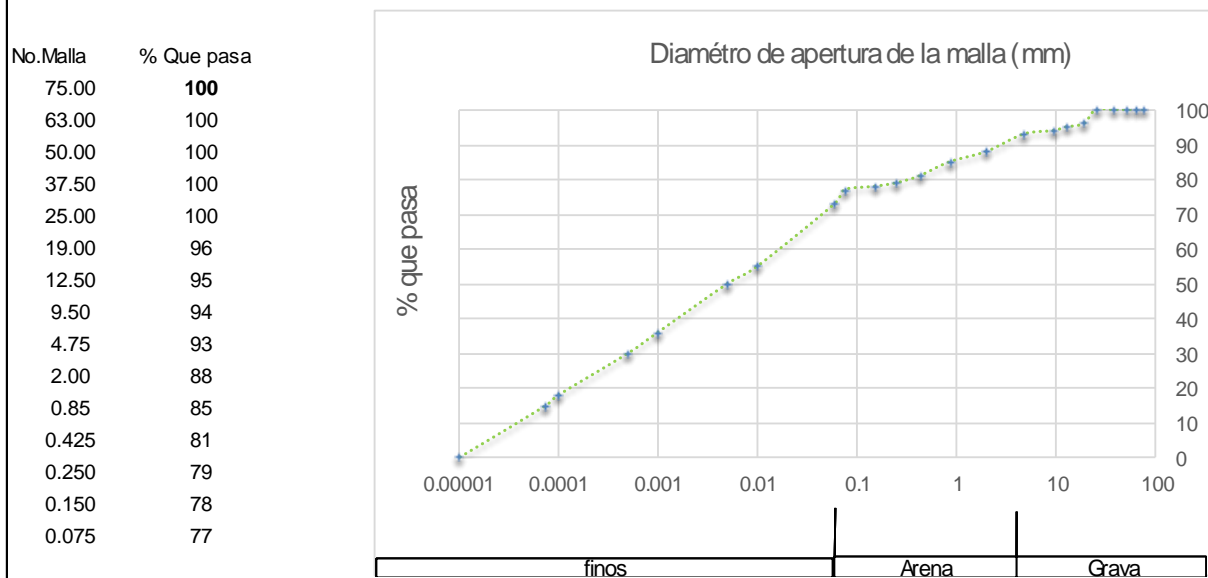


Figura 12.- Análisis granulométrico del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-03), *Cortesía de Laboratorio SIIES.*

Ensaye:	Granulometría
Descripción del material:	Arcilla lutita con incrustaciones de caliza alterada
Sondeo:	Pozo a cielo abierto (PCA-03)
Profundidad:	2.30 a 2.60 m

Contenido de humedad	
Núm de recipiente:	6
Peso tara + muestra húmeda (g)	310
Peso tara + muestra seca (g)	247.2
Peso agua (g)	62.8
Peso tara (g)	0
Peso muestra seca (g)	247.2
Contenido de agua ω (%)	25.40%
Peso volumetrico suelto (gr/cm ²)	1118
Gravedad especifica Gs	2.74
Coeficiente de uniformidad y curvatura	
D10= 0.00004	Gravas, G (%)= 6
D30= 0.0003	Arena, S (%)= 4
D60= 0.004	Finos, F(%)= 90
Cu= 100	
Cc= 0.56	

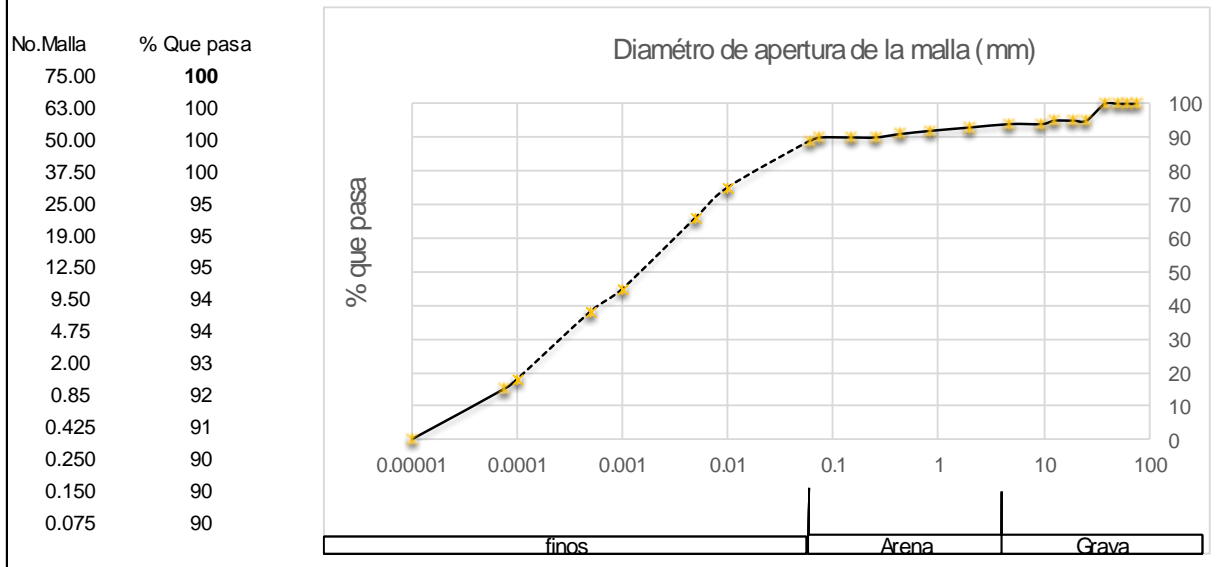


Figura 13.- Análisis granulométrico del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-03), *Cortesía de Laboratorio SIIES.*

Ensaye:	Granulometría
Descripción del material:	Arcilla lutita de color café oscuro con incrustaciones de caliza
Sondeo:	Pozo a cielo abierto (PCA-03)
Profundidad:	1.00 a 1.50 m

Contenido de humedad	
Núm de recipiente:	7
Peso tara + muestra húmeda (g)	146.6
Peso tara + muestra seca (g)	124.6
Peso agua (g)	22
Peso tara (g)	0
Peso muestra seca (g)	124.6
Contenido de agua ω (%)	17.66%
Peso volumetrico suelto (gr/cm ³)	1107
Gravedad específica G _s	2.73
Coeficiente de uniformidad y curvatura	
D ₁₀ = 0.000035	Gravas, G (%)= 0
D ₃₀ = 0.00025	Arena, S (%)= 10
D ₆₀ = 0.0035	Finos, F(%)= 90
Cu = 100	
Cc = 0.51	

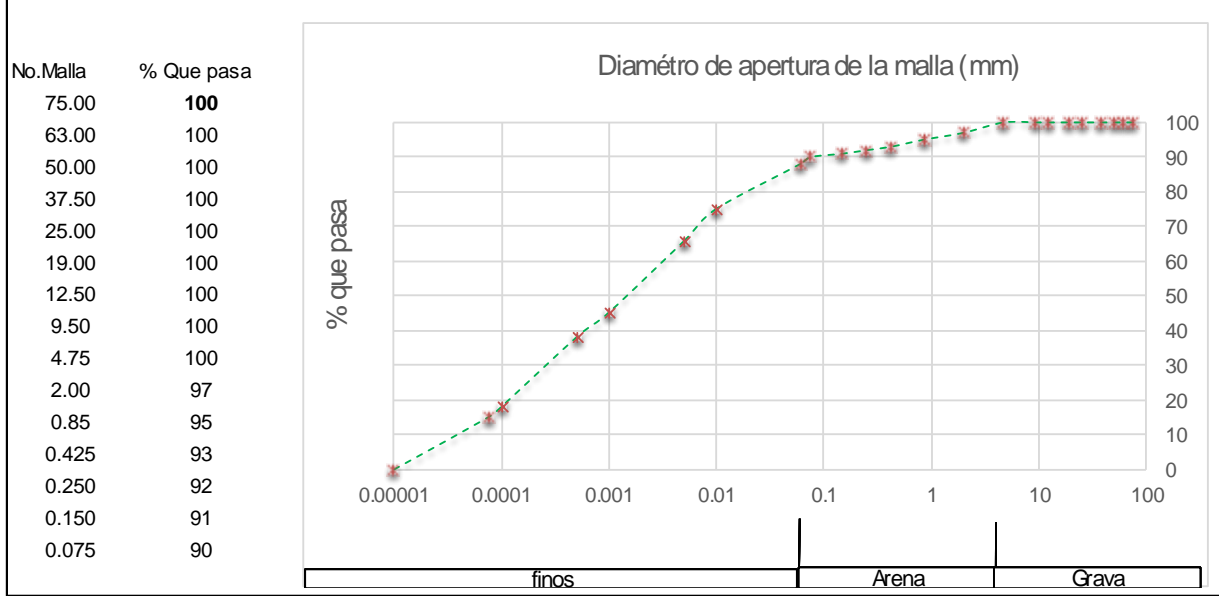


Figura 14.- Análisis granulométrico del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-04), *Cortesía de Laboratorio SIIES*

4.6 Límites de consistencia

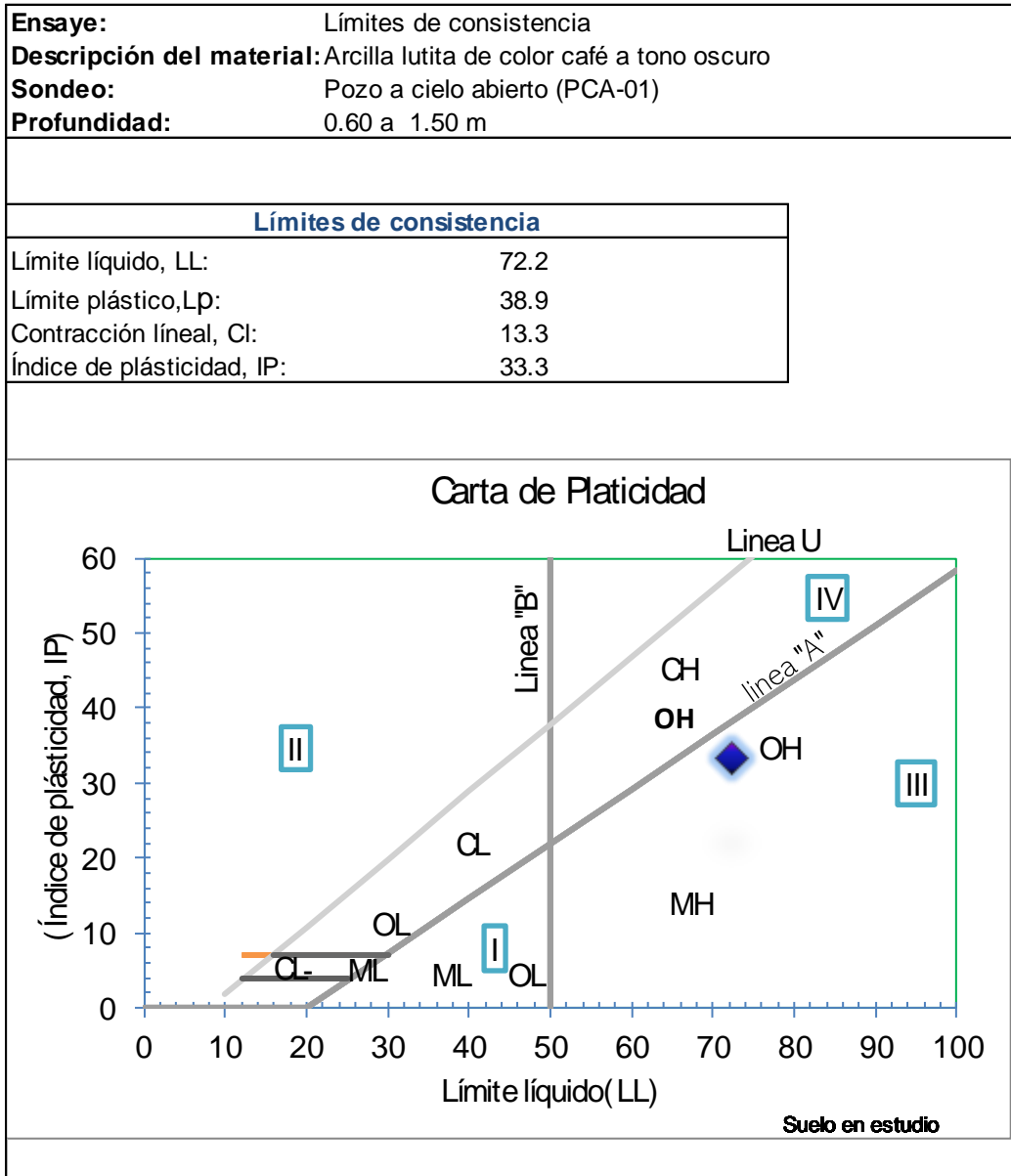


Figura 15.- Límite de consistencia del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-01), *Cortesía de Laboratorio SIIES.*

Ensaye:	Límites de consistencia
Descripción del material:	Arcilla lutita de color café oscuro a tono gris
Sondeo:	Pozo a cielo abierto (PCA-02)
Profundidad:	0.80 a 1.40 m

Límites de consistencia	
Límite líquido, LL:	67.6
Límite plástico, Lp:	29.2
Contracción lineal, Cl:	13.3
Índice de plasticidad, IP:	38.4

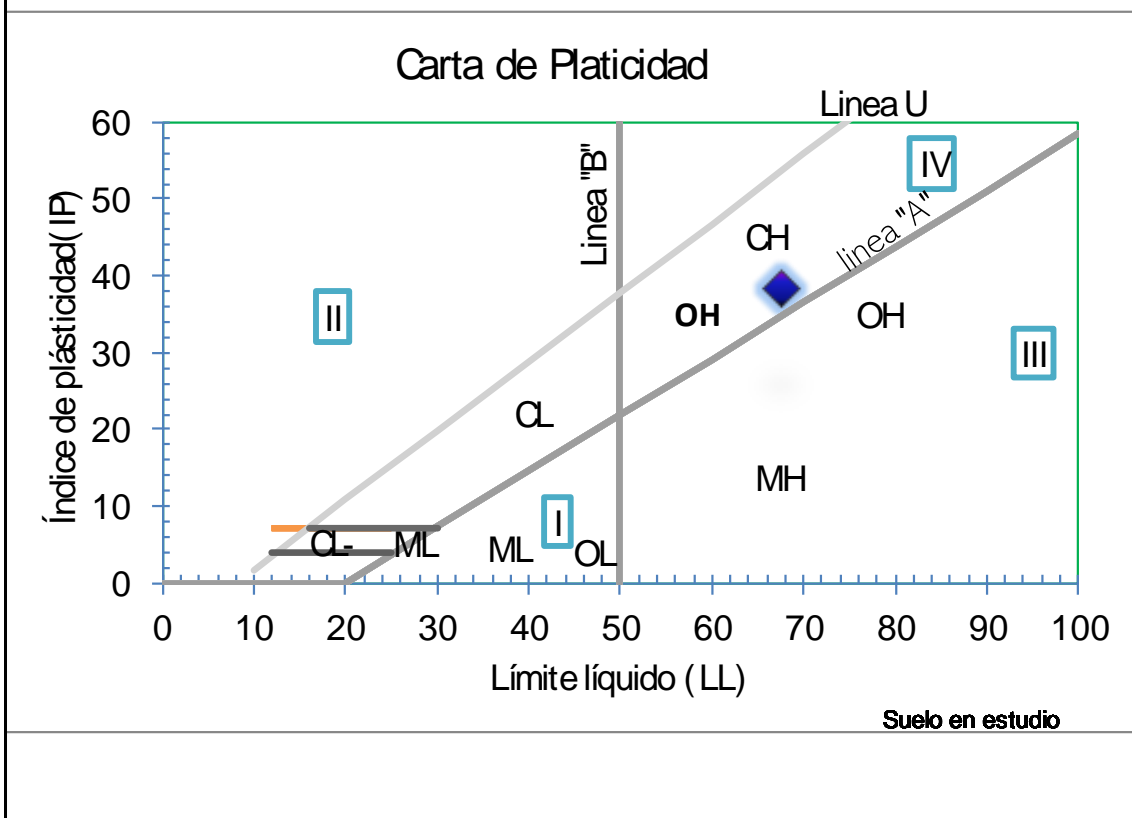


Figura 16.- Límite de consistencia del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-02), *Cortesía de Laboratorio SIIES.*

Ensaye:	Límites de consistencia
Descripción del material:	Arcilla de color café con arcilla tipo lutita
Sondeo:	Pozo a cielo abierto (PCA-03)
Profundidad:	0.00 a 0.70 m

Límites de consistencia	
Límite líquido, LL:	61.9
Límite plástico, Lp:	25
Contracción lineal, Cl:	12.7
Índice de plasticidad, IP:	36.9

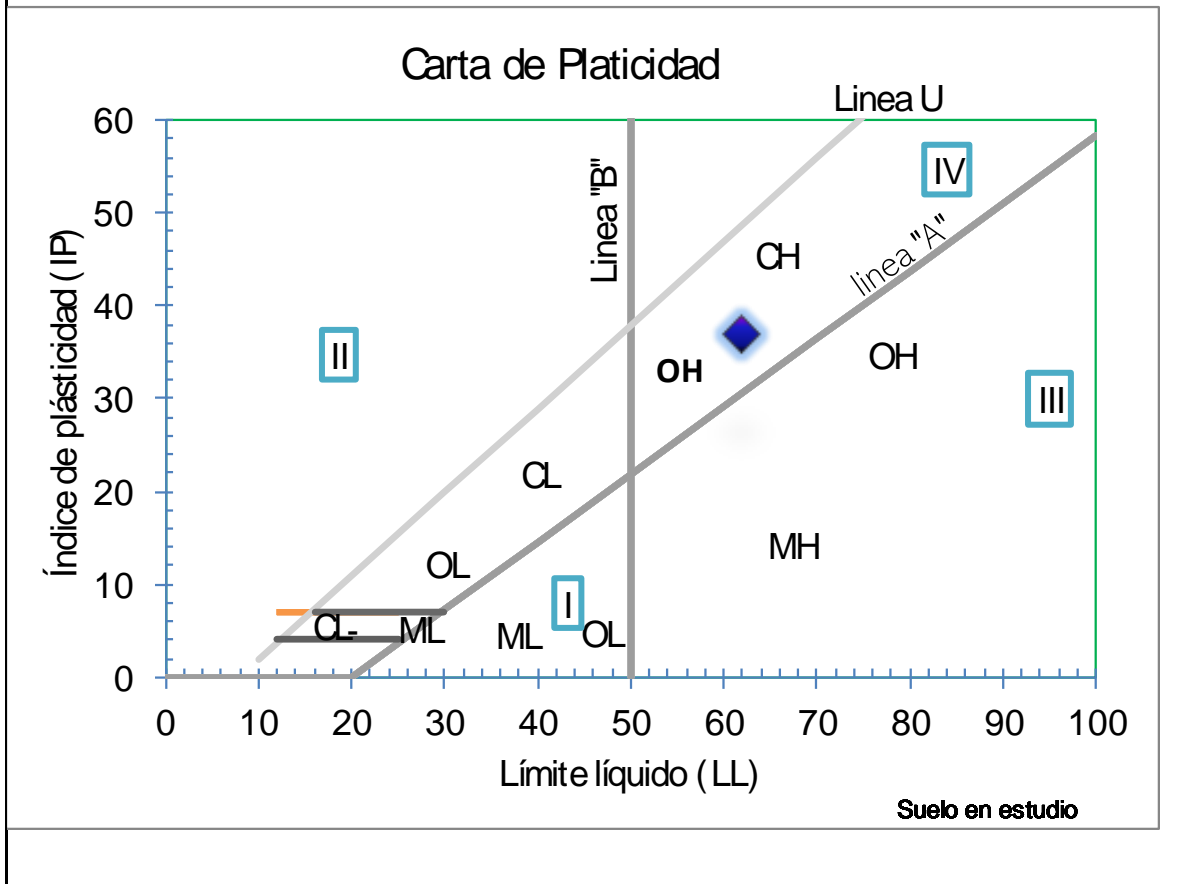


Figura 17.- Límite de consistencia del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-03), *Cortesía de Laboratorio SIIES.*

Ensaye:	Límites de consistencia
Descripción del material:	Arcilla de color negro con presencia de arenillas
Sondeo:	Pozo a cielo abierto (PCA-03)
Profundidad:	0.70 a <u>1.20</u> m

Límites de consistencia	
Límite líquido, LL:	67.8
Límite plástico, Lp:	26.6
Contracción lineal, Cl:	13.9
Índice de plasticidad, IP:	41.2

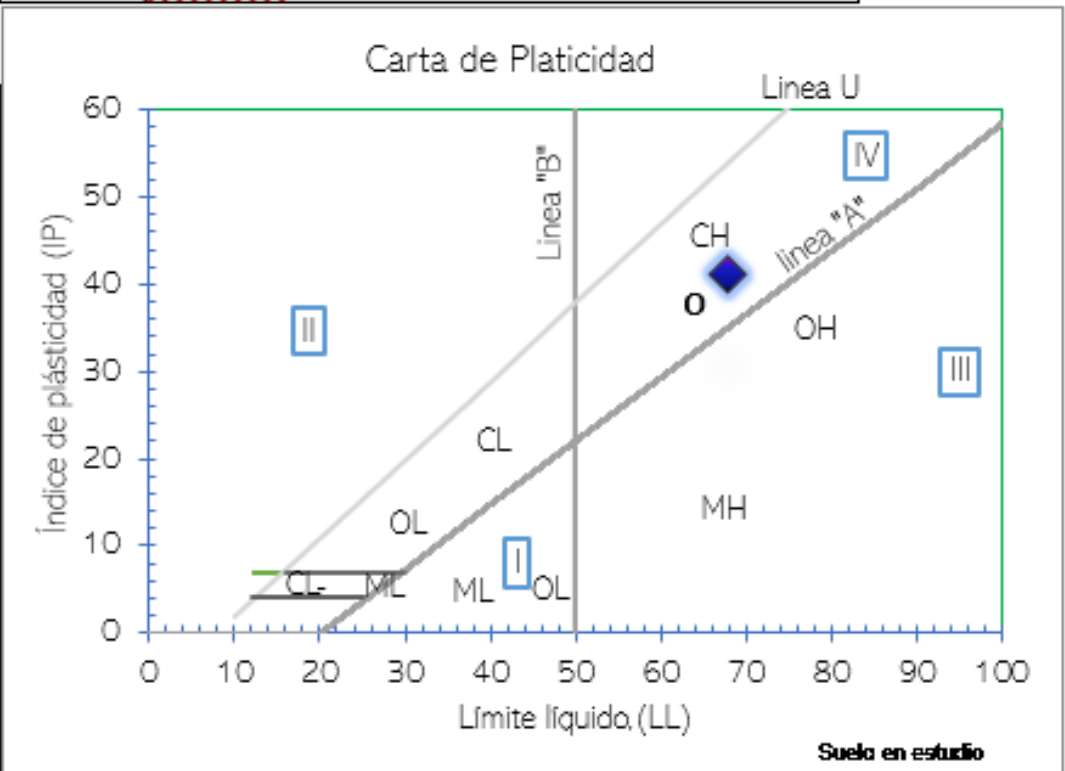


Figura 18.- Límite de consistencia del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-03), *Cortesía de Laboratorio SIIES.*

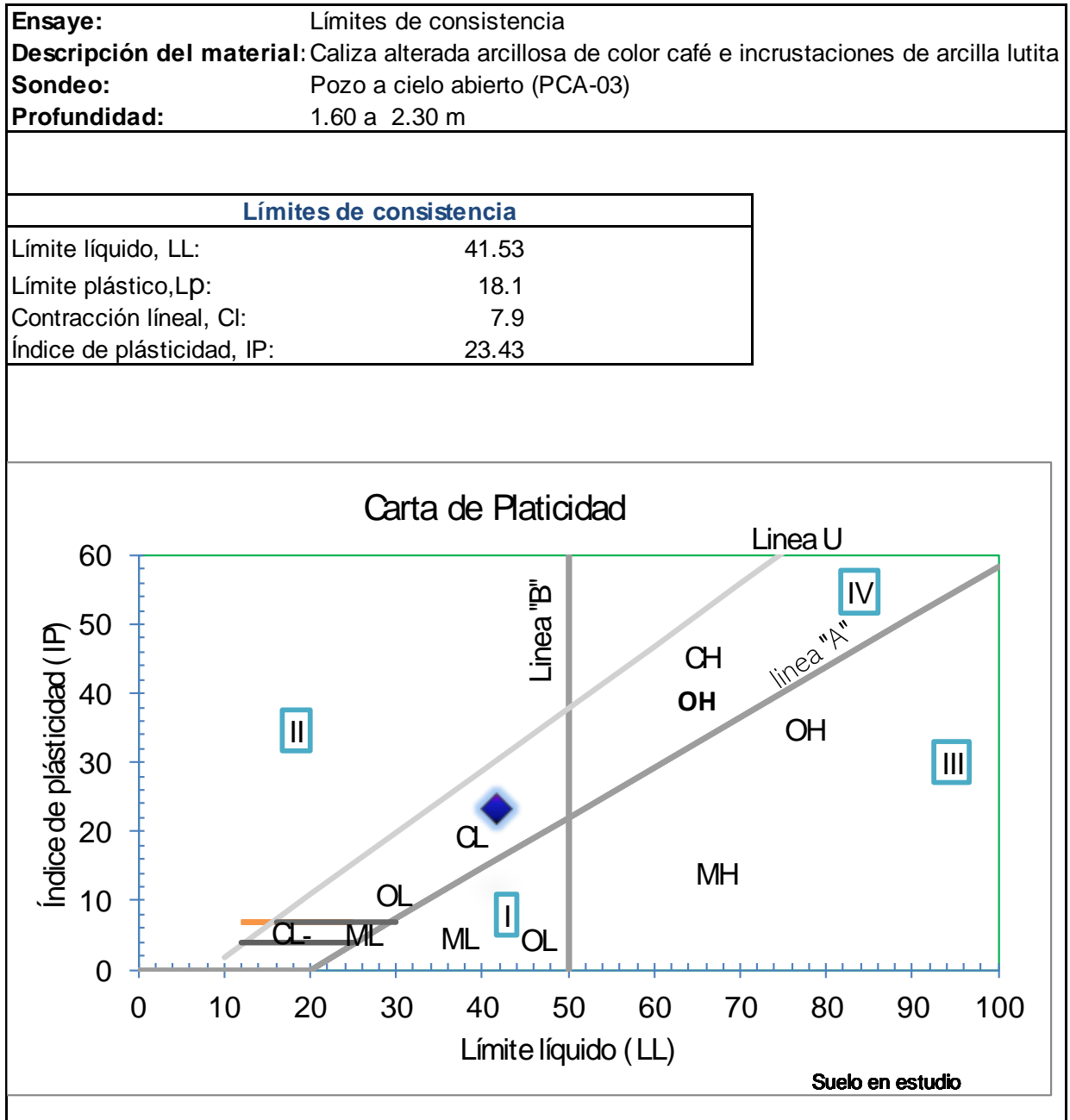


Figura 19.- Límite de consistencia del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-03), Cortesía de Laboratorio SIIES.

Ensaye:	Límites de consistencia
Descripción del material:	Arcilla lutita con incrustaciones de caliza alterada
Sondeo:	Pozo a cielo abierto (PCA-03)
Profundidad:	2.30 a 2.60 m

Límites de consistencia	
Límite líquido, LL:	62.4
Límite plástico, Lp:	23.3
Contracción lineal, Cl:	13.1
Índice de plasticidad, IP:	39.1

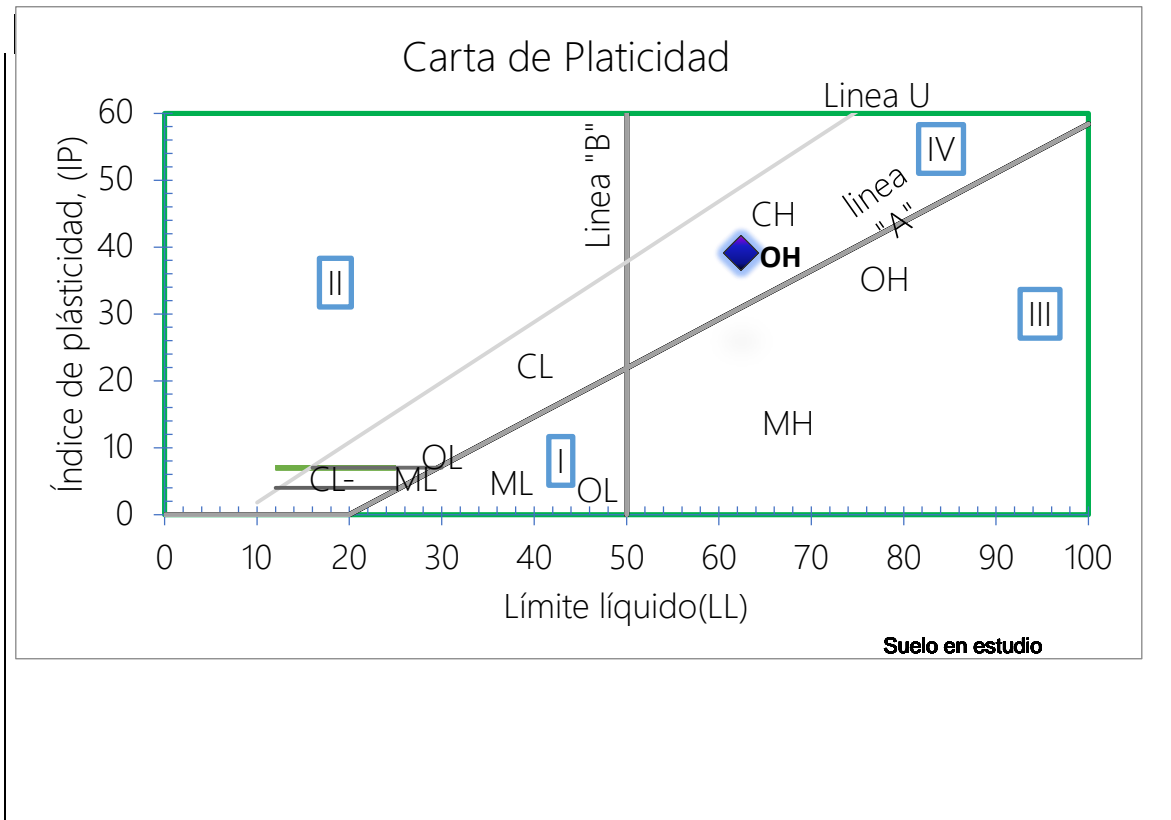


Figura 20.- Límite de consistencia del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-03), Cortesía de Laboratorio SIIES.

Ensaye:	Límites de consistencia
Descripción del material:	Arcilla lutita café oscuro con incrustaciones de caliza
Sondeo:	Pozo a cielo abierto (PCA-04)
Profundidad:	1.00 a 1.50 m

Límites de consistencia	
Límite líquido, LL:	47
Límite plástico, LP:	21
Contracción lineal, Cl:	9
Índice de plasticidad, IP:	26

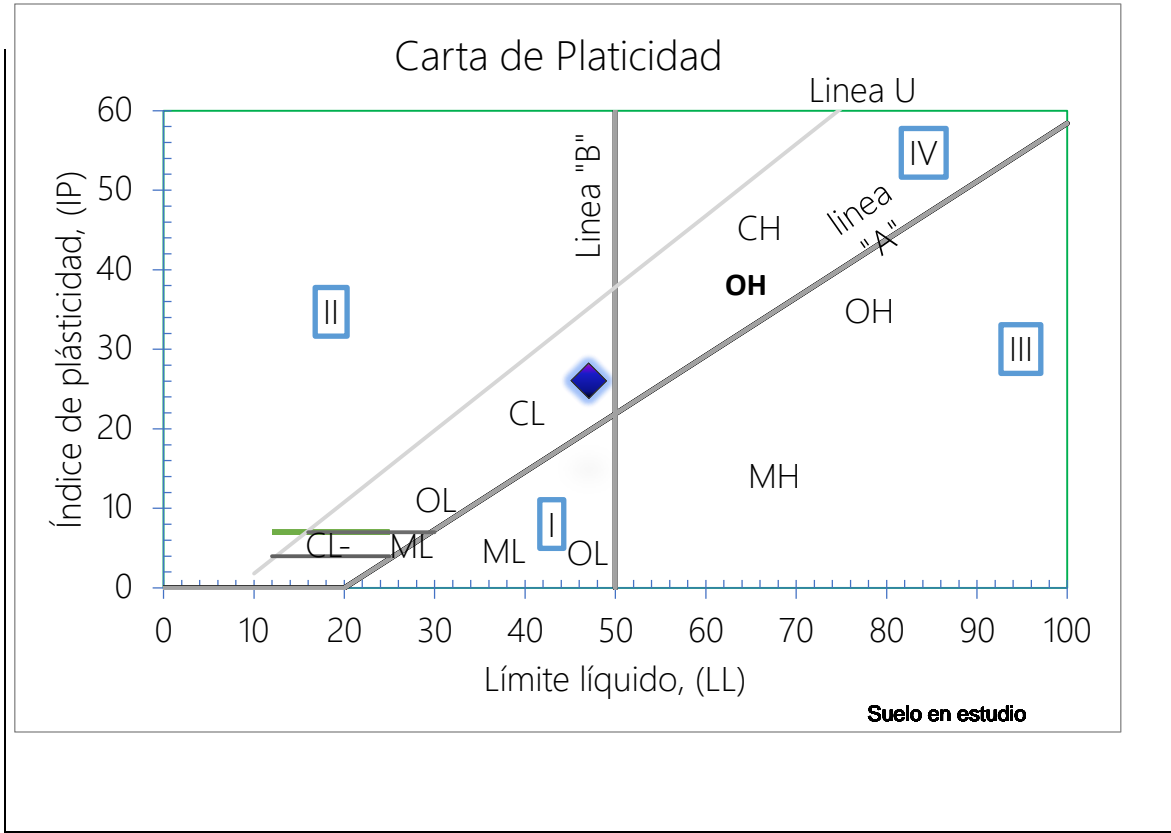


Figura 21.- Límite de consistencia del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-04), Cortesía de Laboratorio SIIES.

4.7 CLASIFICACION DE SUELOS

De acuerdo con los parámetros del sistema de clasificación de suelos (SUCS) se definió la clasificación de suelos respecto a cada estrado de los sondeos realizados. Las figuras 22 y 23 muestran los esquemas de clasificación para suelos gruesos y finos respectivamente, señalada en la norma ASTM D2487.

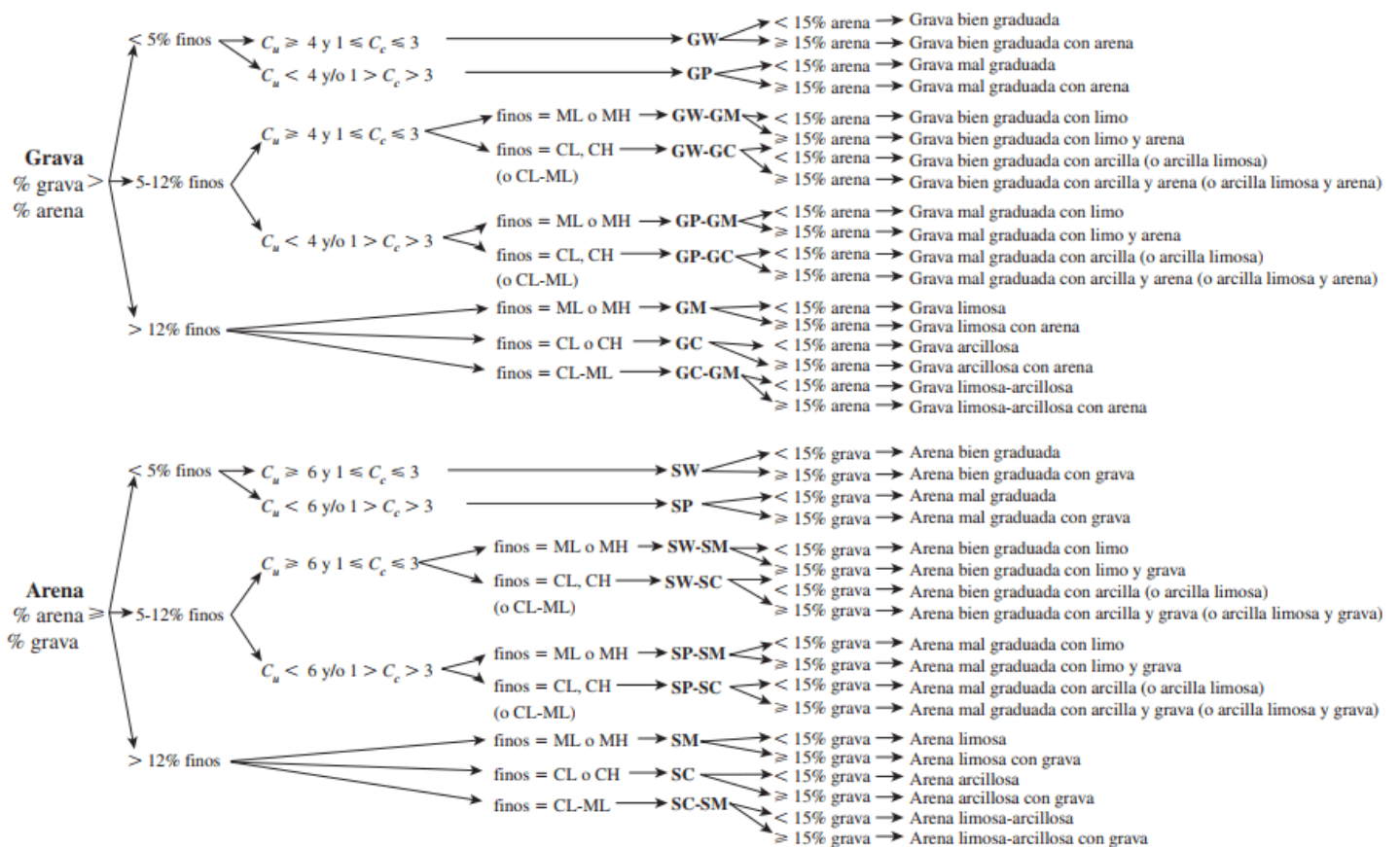


Figura 22.- Esquema de clasificación de suelos (SUCS), señalada en la norma ASTM D2487, para suelos gruesos.

Sondeo P1
Estrato de
1.50
Datos para
clasificación
Grava=2%
Arena=14%
Finos=84%
% Que pas
malla 200:

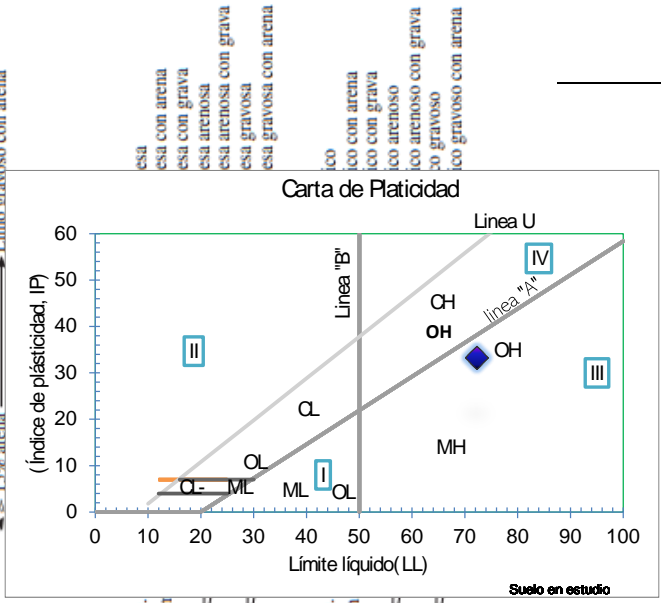
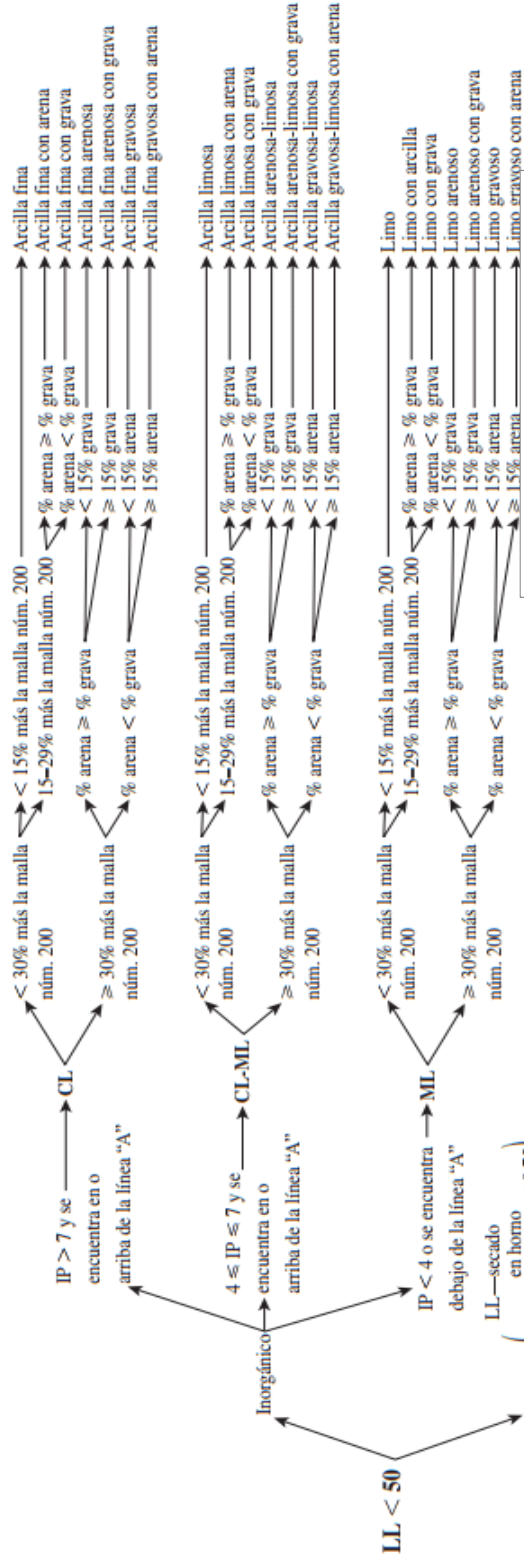
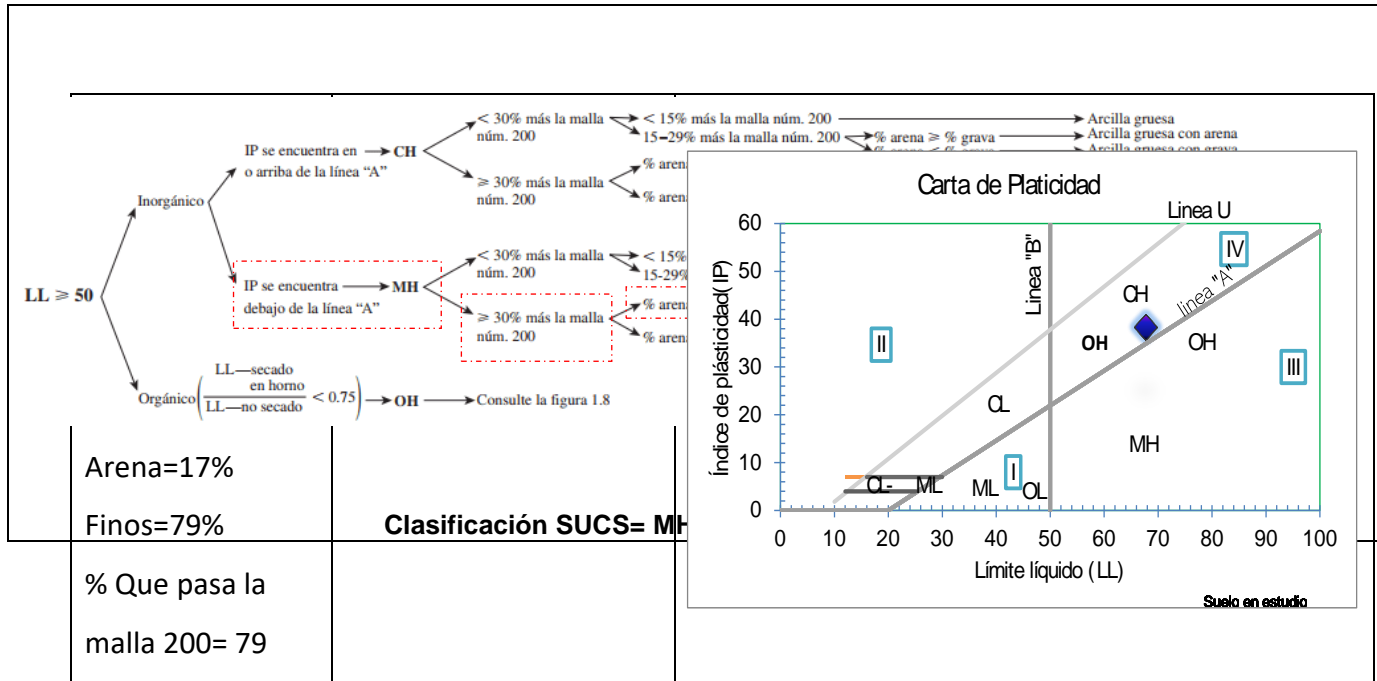
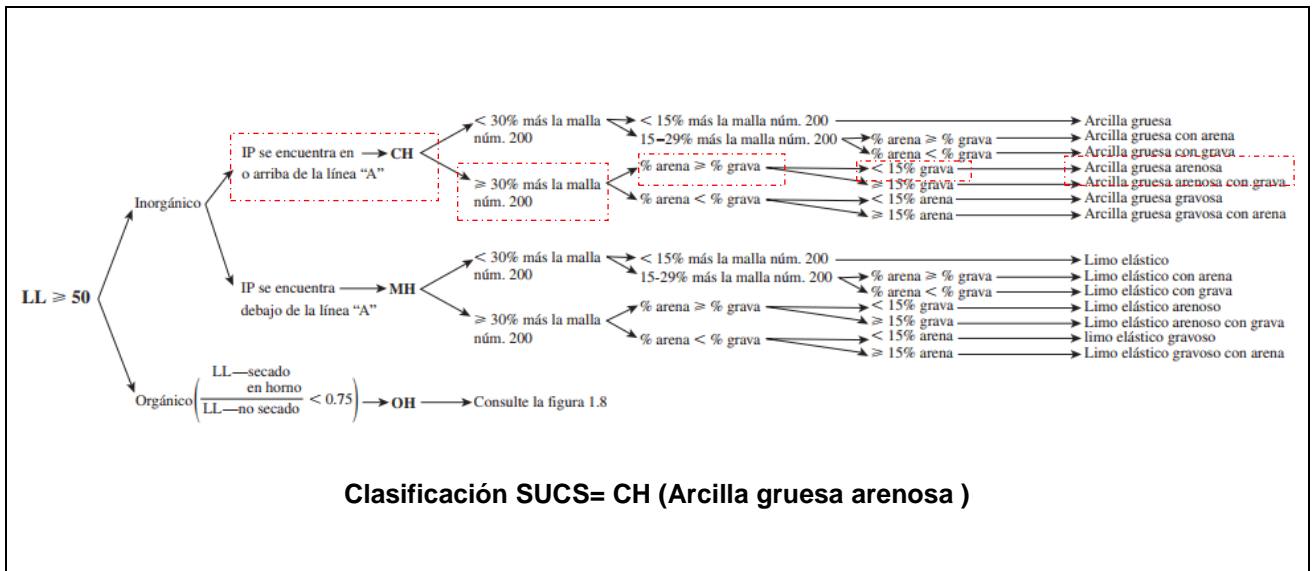


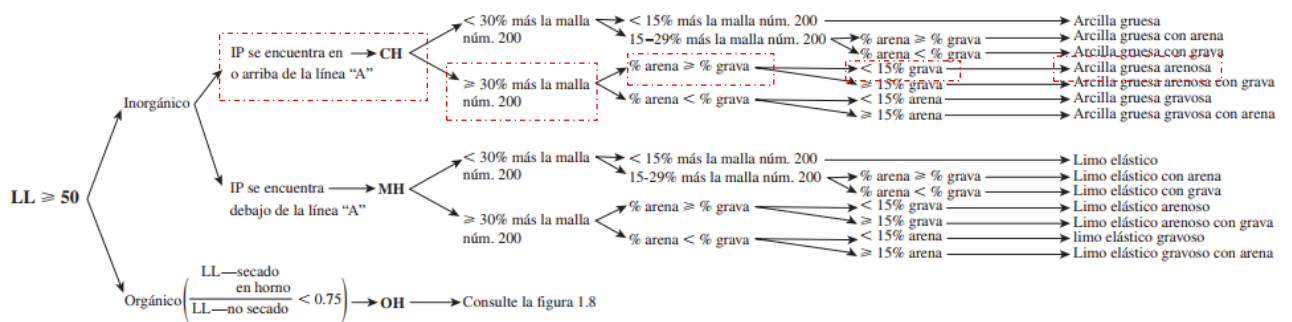
Figura 23.- Esquema de clasificación de suelos (SUCS), señalada en la norma ASTM D2487, para suelos finos.





<p>Sondeo PCA-03</p> <p>Estrato de 0.00 a 0.70 m</p> <p>Datos para su clasificación</p> <p>Grava=6%</p> <p>Arena=34%</p> <p>Finos=60%</p> <p>% Que pasa la</p>	<p>Límite líquido, LL: 61.9</p> <p>Límite plástico, Lp: 25</p> <p>Contracción lineal, Cl: 12.7</p> <p>Índice de plasticidad, IP: 36.9</p>	<p style="text-align: center;">Suelo en estudio</p>
---	---	---

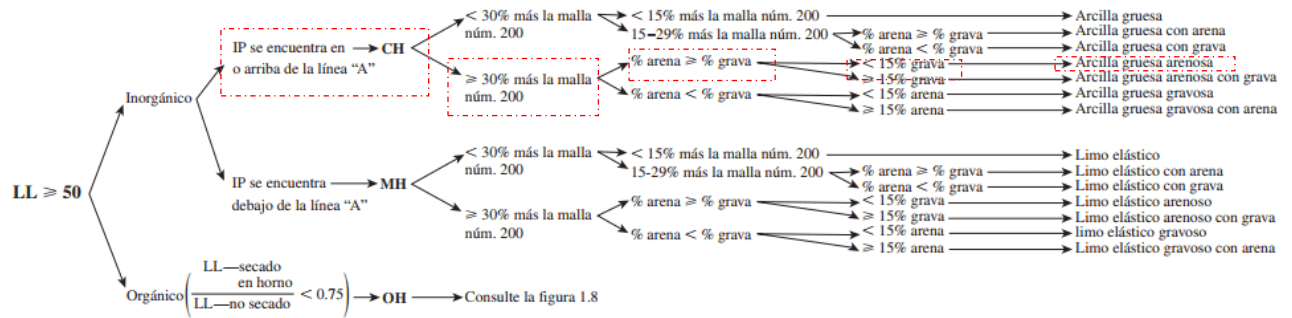
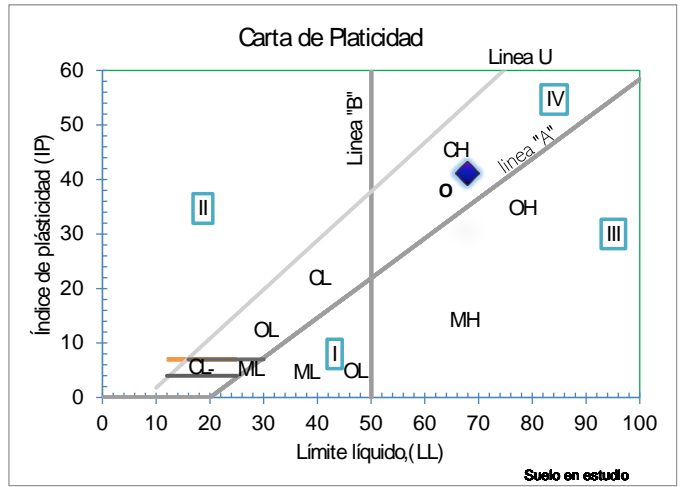
mallas 200 = 60



Clasificación SUCS= CH (Arcilla gruesa arenosa)

Sondeo PCA-03
Estrato de 0.70 a
1.20 m
Datos para su
clasificación
 Grava=3%
 Arena=23%
 Finos=74%
 % Que pasa la
 malla 200= 74

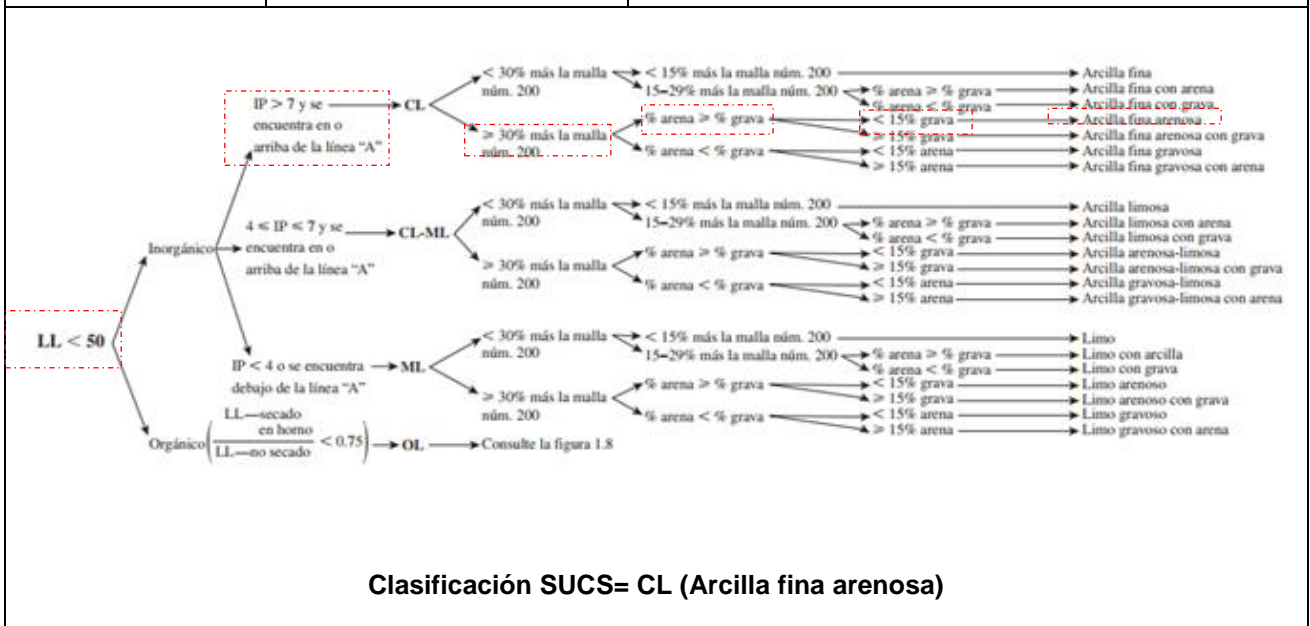
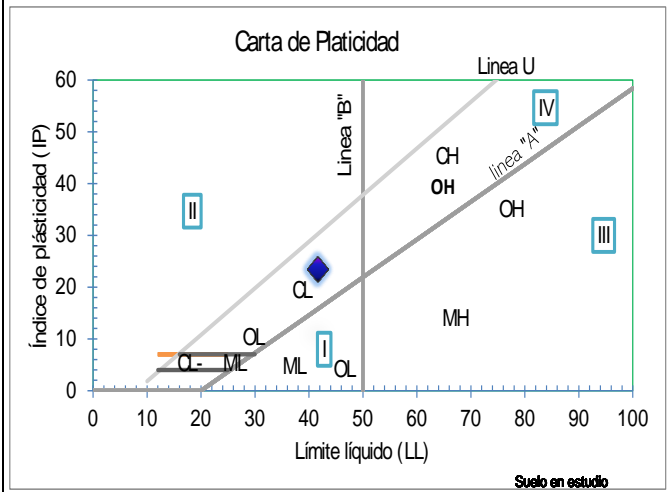
Límite líquido, LL: 67.8
 Límite plástico, Lp: 26.6
 Contracción lineal, Cl:
 13.9
 Índice de plasticidad,
 IP: 41.2



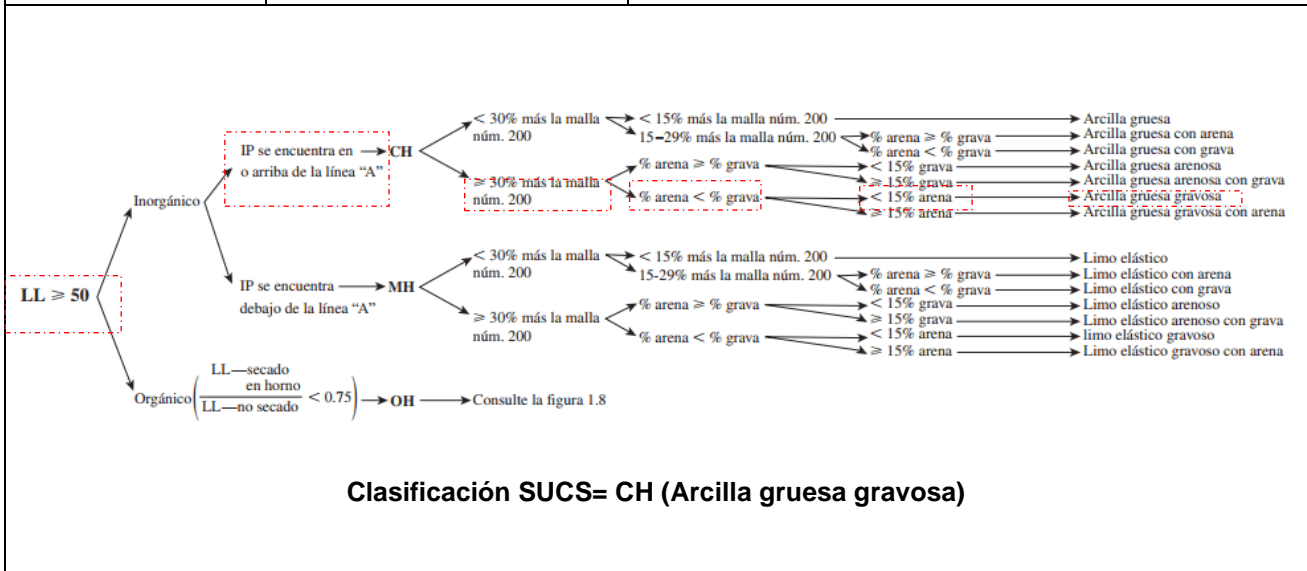
Clasificación SUCS= CH (Arcilla gruesa arenosa)

Sondeo PCA-03
Estrato de 1.60 a 2.30 m
Datos para su clasificación
 Grava=7%
 Arena=16%
 Finos=77%
 % Que pasa la malla 200= 77

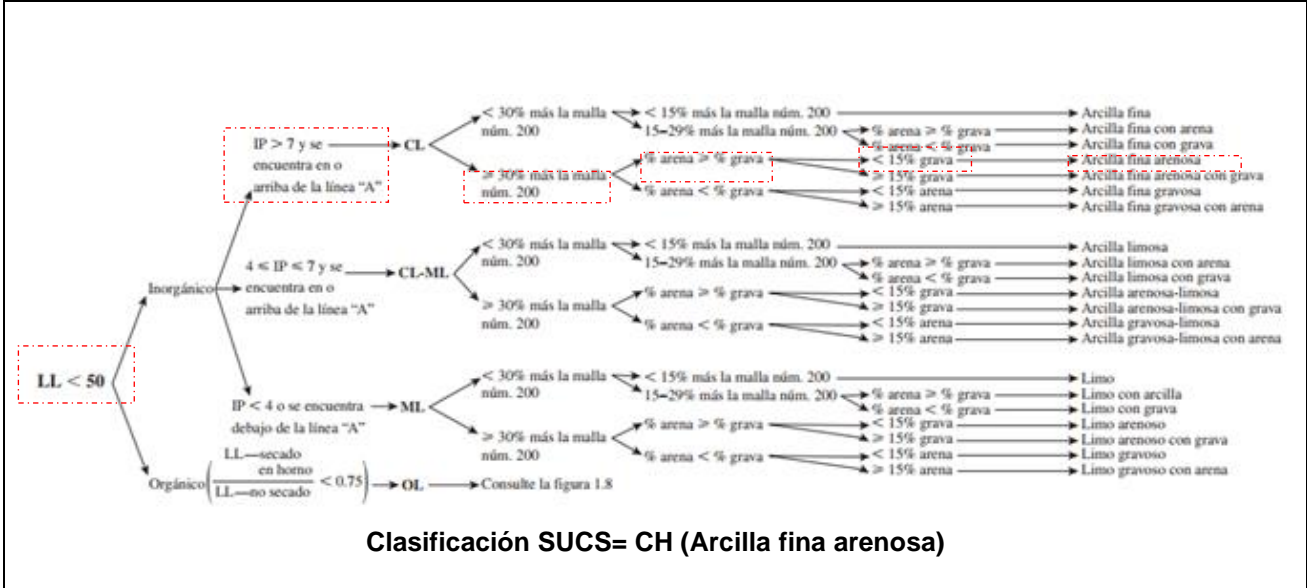
Límite líquido, LL: 41.53
 Límite plástico, Lp: 18.1
 Contracción lineal, Cl: 7.9
 Índice de plasticidad, IP: 23.43



<p>Sondeo PCA-03</p> <p>Estrato de 2.30 a 2.60 m</p> <p>Datos para su clasificación</p> <p>Grava=6%</p> <p>Arena=4%</p> <p>Finos=90%</p> <p>% Que pasa la malla 200= 90</p>	<p>Límite líquido, LL:62.4</p> <p>Límite plástico, Lp: 23.3</p> <p>Contracción lineal, Cl: 13.1</p> <p>Índice de plasticidad, IP: 39.1</p>	
--	--	--



<p>Sondeo PCA-04</p> <p>Estrato de 1.00 a 1.50 m</p> <p>Datos para su clasificación</p> <p>Grava=0%</p> <p>Arena=10%</p> <p>Finos=90%</p> <p>% Que pasa la malla 200= 90</p>	<p>Límite líquido, LL:47</p> <p>Límite plástico, Lp: 21</p> <p>Contracción lineal, Cl: 9</p> <p>Índice de plasticidad, IP: 26</p>	
---	---	--



Conforme a los datos obtenidos de laboratorio se clasificó mediante el sistema de clasificación unificado de suelos "SUCS" cada estrato con la muestra recuperada, ahora se presentan los perfiles estratigráficos de suelos con la clasificación realizada.

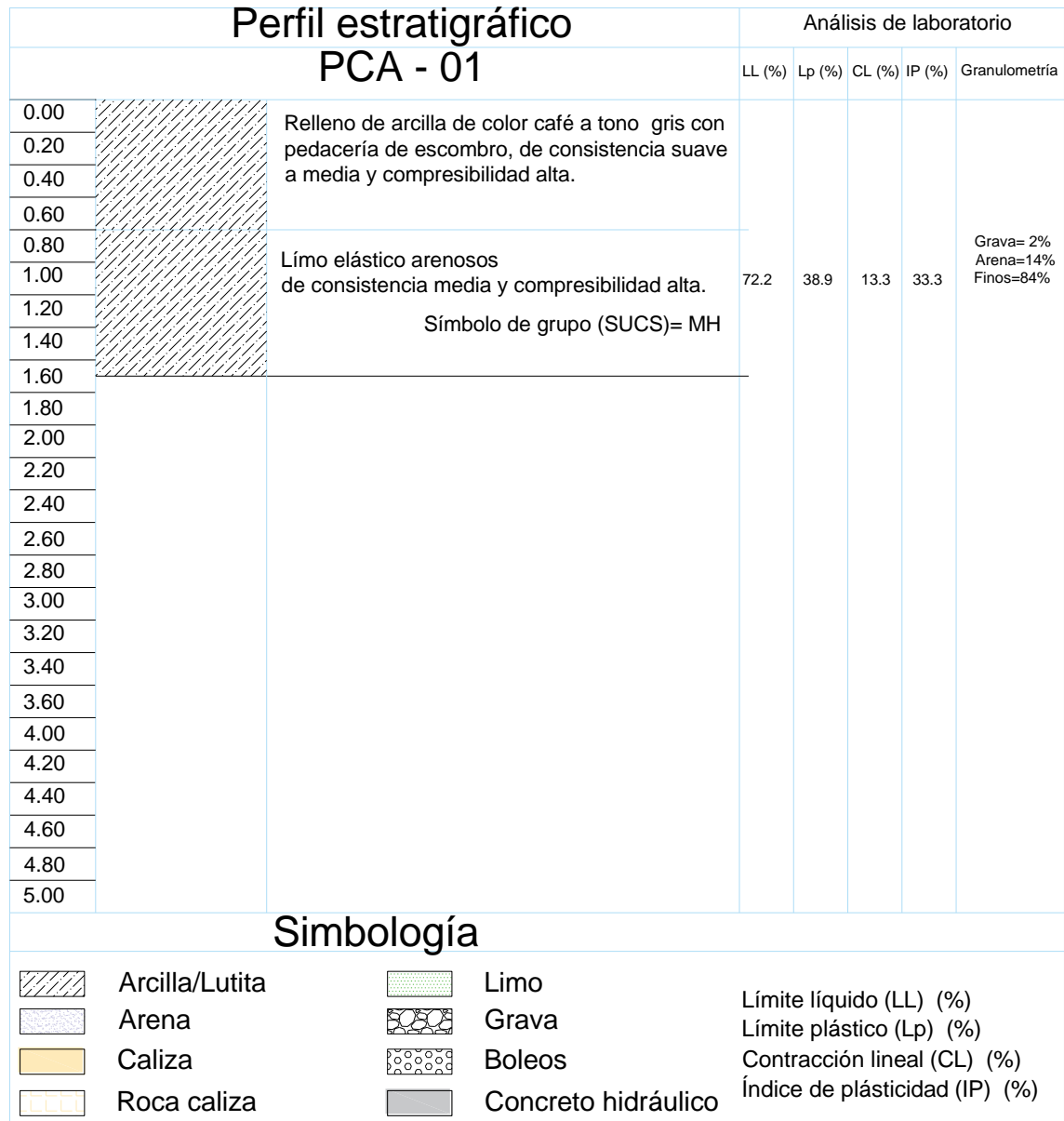


Figura 24.- Perfil estratigráfico con clasificación “SUCS” del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-01), Cortesía de Laboratorio SIIES.

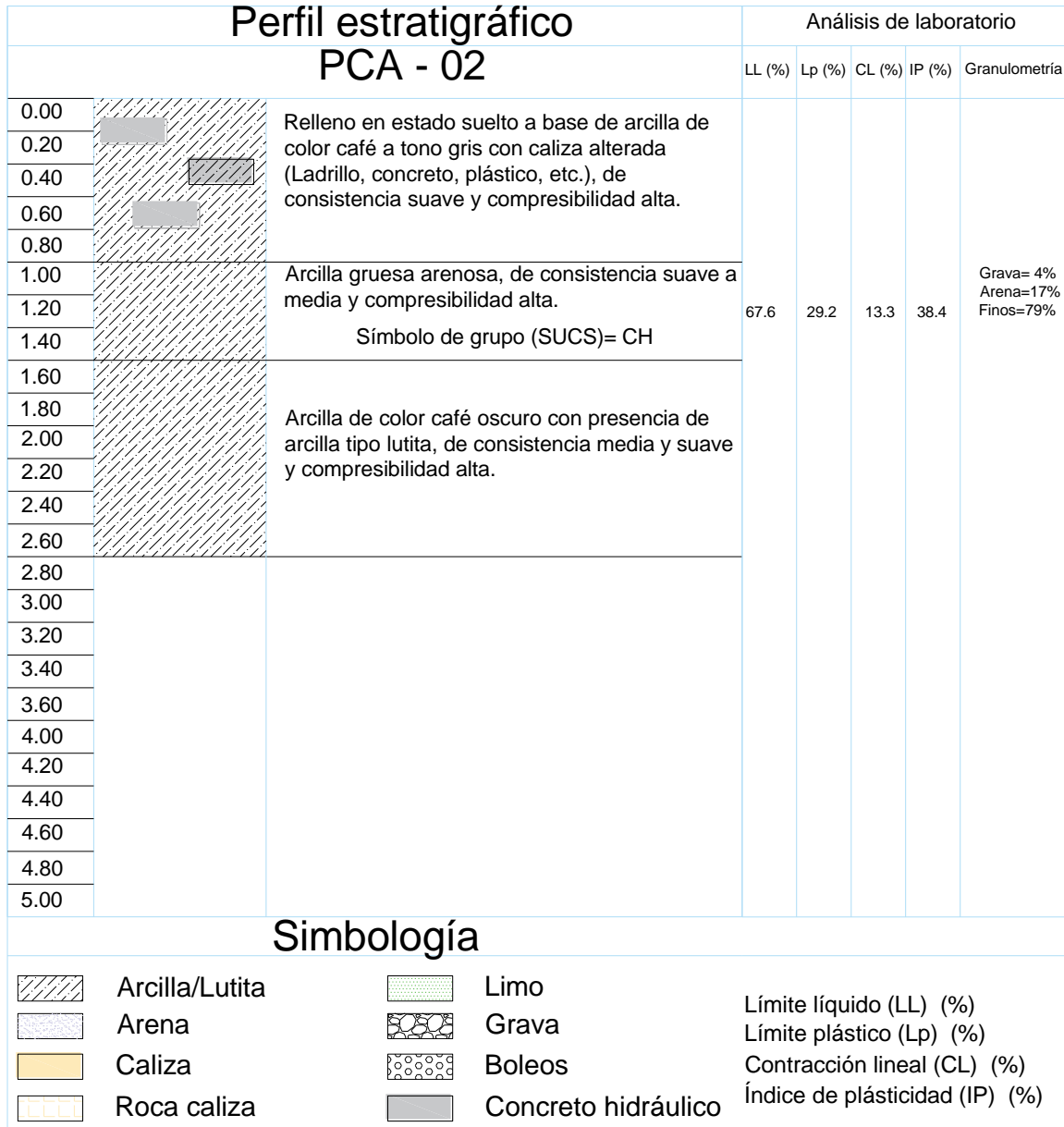


Figura 25.- Perfil estratigráfico con clasificación "SUCS" del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-02), Cortesía de Laboratorio SIIES.

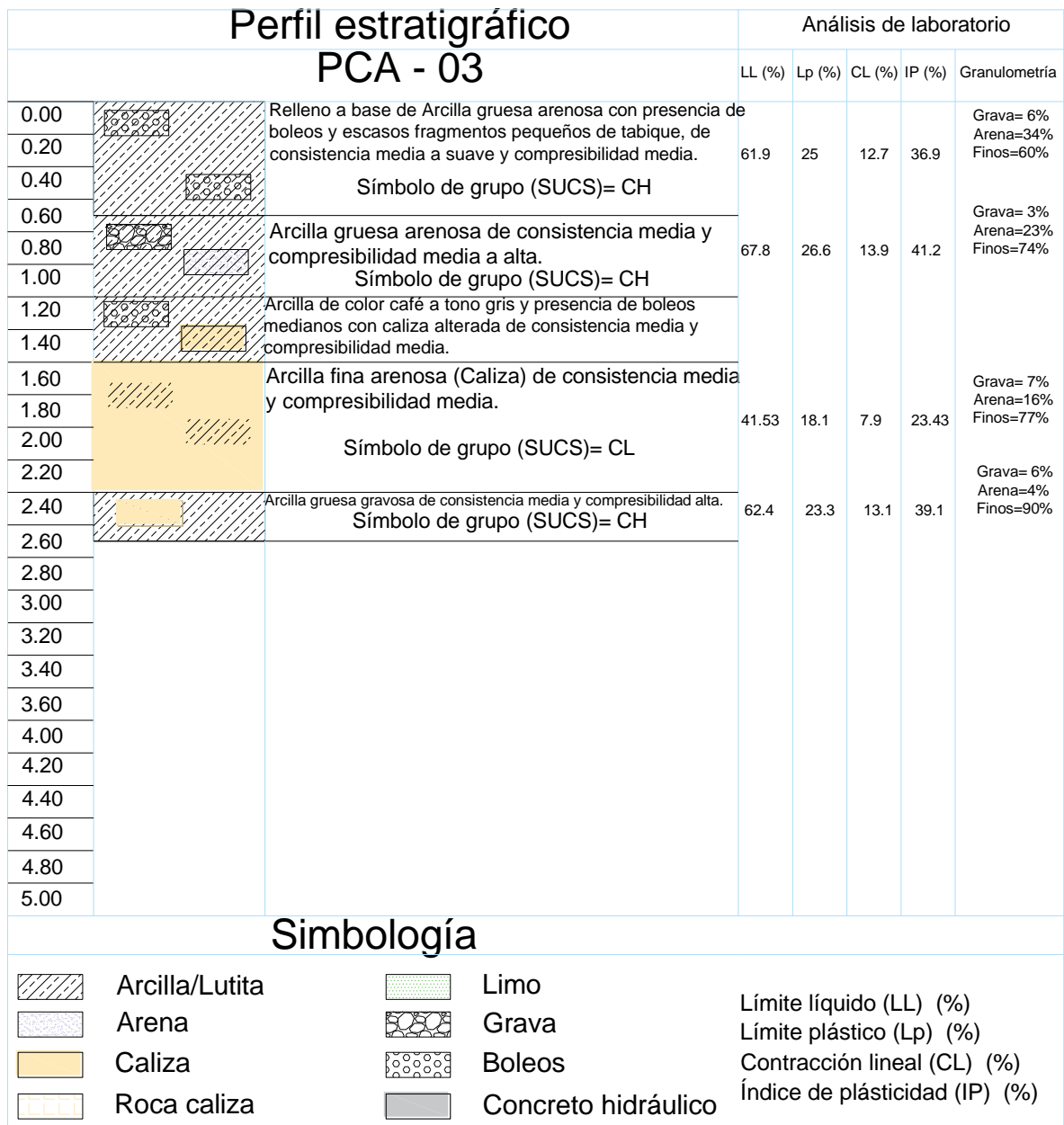


Figura 26.- Perfil estratigráfico con clasificación "SUCS" del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-03), Cortesía de Laboratorio SIIES.

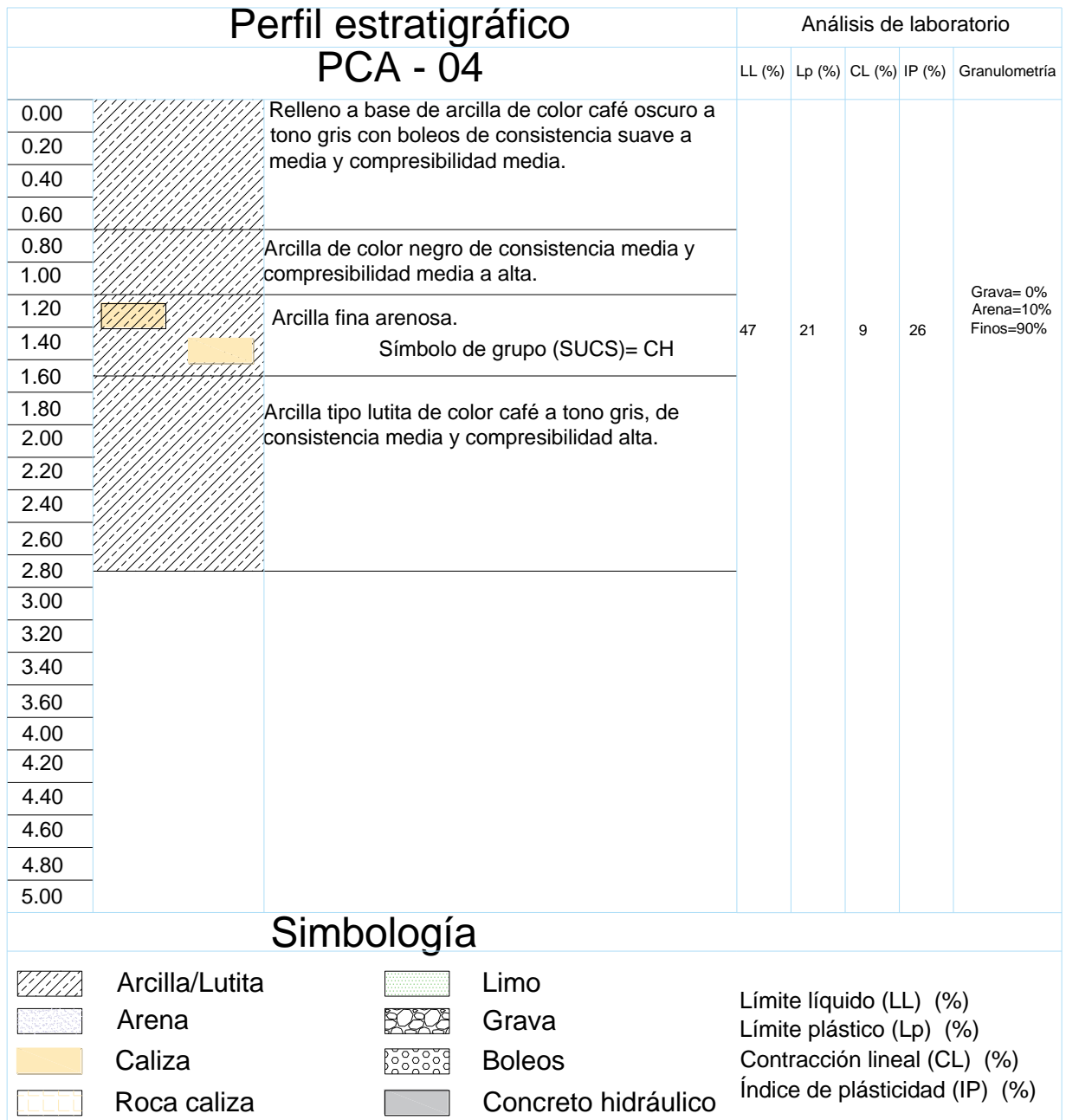


Figura 27.- Perfil estratigráfico con clasificación "SUCS" del sondeo Pozo a Cielo abierto (PCA-04), Cortesía de Laboratorio SIIES.

CONCLUSIONES

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de la clasificación de suelos en los estratos donde se obtuvieron muestras alterada y se generaron pruebas de laboratorio.

- En el sondeo (PCA-01): se encontró un perfil estratigráfico conformado por una capa superficial de relleno de arcilla color café a tono gris con pedacería de escombros, de consistencia suave a media y compresibilidad alta. Subyace, una capa de **limo elástico arenosos** de consistencia media y compresibilidad alta, clasificación **“SUCS” = MH**, este estrato describe valores de **límite líquido de 72.2% y límite plástico de 38.9%, y un contenido granulométrico (Grava:2%, Arena:14%, Finos: 84%)**.
- En el sondeo (PCA-02): está conformado por un perfil estratigráfico conformado por una capa superficial de relleno en estado suelto a base de arcilla de color café a tono gris con caliza alterada (Ladrillo, concreto, plástico, etc.) de consistencia suave y compresibilidad alta. Debajo de esta capa, subyace una capa de **arcilla gruesa arenosa**, de consistencia suave a media y compresibilidad alta, clasificación **“SUCS” = CH**, este estrato describe valores de **límite líquido de 67.6% y límite plástico de 29.2%, y un contenido granulométrico (Grava:4%, Arena:17%, Finos: 79%)**. Finalmente, se encuentra una capa de arcilla de color café oscuro con presencia de arcilla tipo lutita, de consistencia media y suave y compresibilidad alta.
- En el sondeo (PCA-03): En este sondeo se identificó un perfil estratigráfico constituido por un horizonte de relleno a base de **arcilla gruesa arenosa** con presencia de boleas y escasos fragmentos pequeños de tabique, de consistencia media a suave y compresibilidad media, clasificación **“SUCS” = CH**, este estrato describe valores de **límite líquido de 61.9% y límite plástico de 25%, y un contenido granulométrico**

(Grava:6%, Arena:34%, Finos: 60%). Debajo de este horizonte, se encuentra un estrato de arcilla gruesa arenosa de consistencia y compresibilidad media a alta, clasificación "SUCS" = CH, este estrato describe valores de límite líquido de 67.8% y **límite plástico de 26.6%, y un contenido granulométrico (Grava:3%, Arena:23%, Finos: 74%)**. Subyace, una capa de arcilla de color café a tono gris y presencia de boleos medianos con caliza alterada de consistencia media y compresibilidad media. Luego, se encuentra una capa de arcilla fina arenosa (Caliza) de consistencia media y compresibilidad media, clasificación "SUCS" = CL, este estrato describe valores de **límite líquido de 41.53% y límite plástico de 18.1%, y un contenido granulométrico (Grava:7%, Arena:16%, Finos: 77%)**. Finalmente, se localiza un estrato de arcilla gruesa gravosa de consistencia media y compresibilidad alta, clasificación "SUCS" = CH, este estrato describe valores de **límite líquido de 62.4% y límite plástico de 23.3%, y un contenido granulométrico (Grava:6%, Arena:4%, Finos: 90%)**.

- En el sondeo (PCA-04): Este sondeo se describió un perfil estratigráfico constituido por un horizonte de relleno a base de arcilla de color café oscuro a tono gris con boleos de consistencia suave a media y compresibilidad media, Debajo de este horizonte, se encuentra un estrato de arcilla de color negro de consistencia media y compresibilidad media a alta. Luego, se encuentra una capa de arcilla fina arenosa, clasificación "SUCS" = CH, este estrato describe valores de **límite líquido de 47% y límite plástico de 21%, y un contenido granulométrico (Grava:0%, Arena:10%, Finos: 90%)**. Finalmente, se localiza un estrato de arcilla tipo lutita de color café a tono gris de consistencia media y compresibilidad alta.

ANEXOS

En esta sección se presenta la evidencia fotográfica de la campaña de exploración realizada A1 y la localización de los sondeos realizados en la vista en planta del plano A2.

 <p>Vista general de exploración del subsuelo para la realización del proyecto.</p>	 <p>Exploración del subsuelo para la realización del proyecto: “construcción de oficinas.”. Realización del sondeo tipo pozo a cielo abierto (PCA-1).</p>
 <p>Vista de perfil estratigráfico del sondeo tipo pozo a cielo abierto (PCA-1)</p>	 <p>Recuperación de muestra alterada del subsuelo en el sondeo tipo pozo a cielo abierto (PCA-1).</p>

A1.- Evidencia fotográfica



Recuperación de muestra inalterada del subsuelo en el sondeo tipo pozo a cielo abierto (PCA- 02)

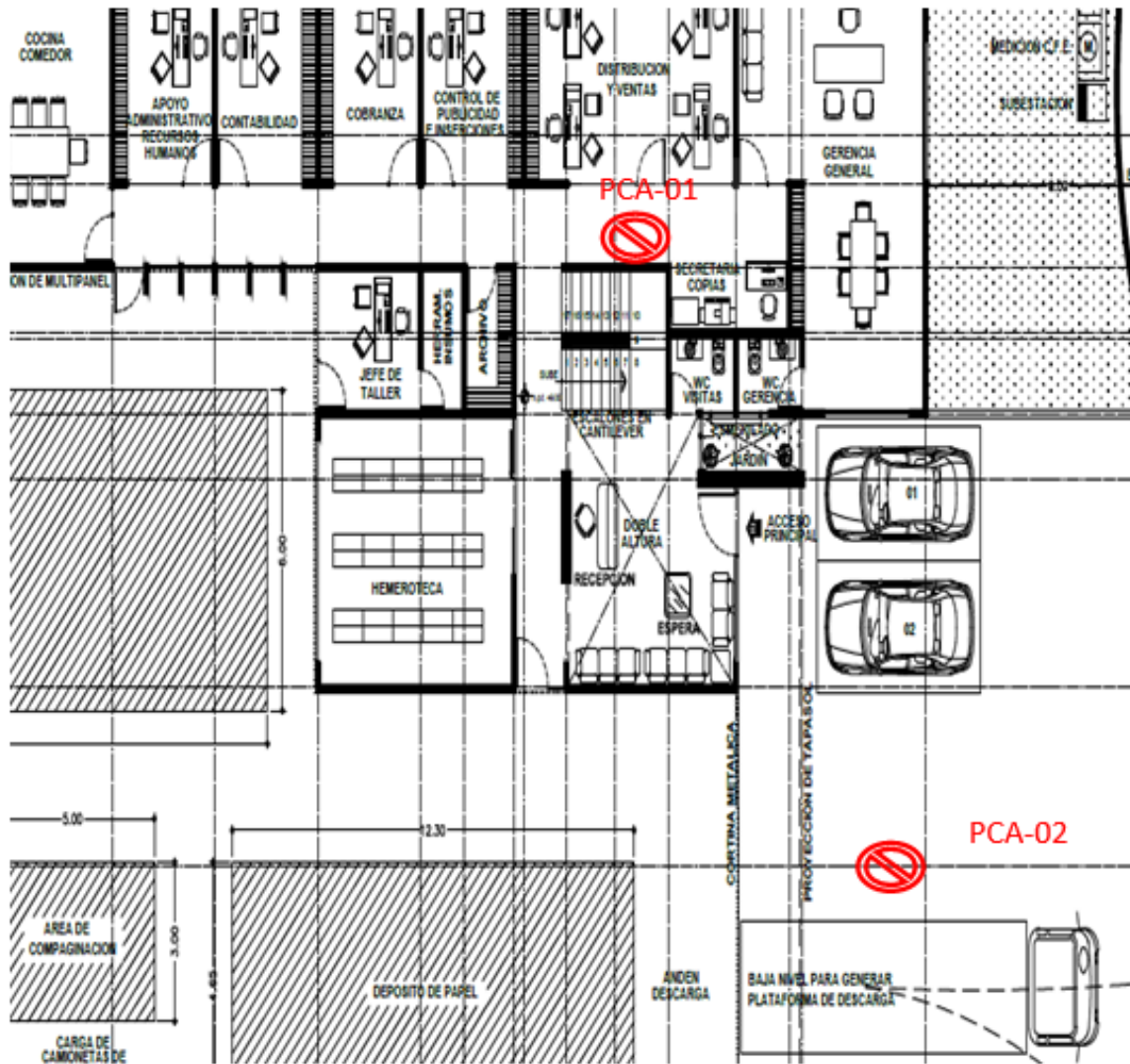


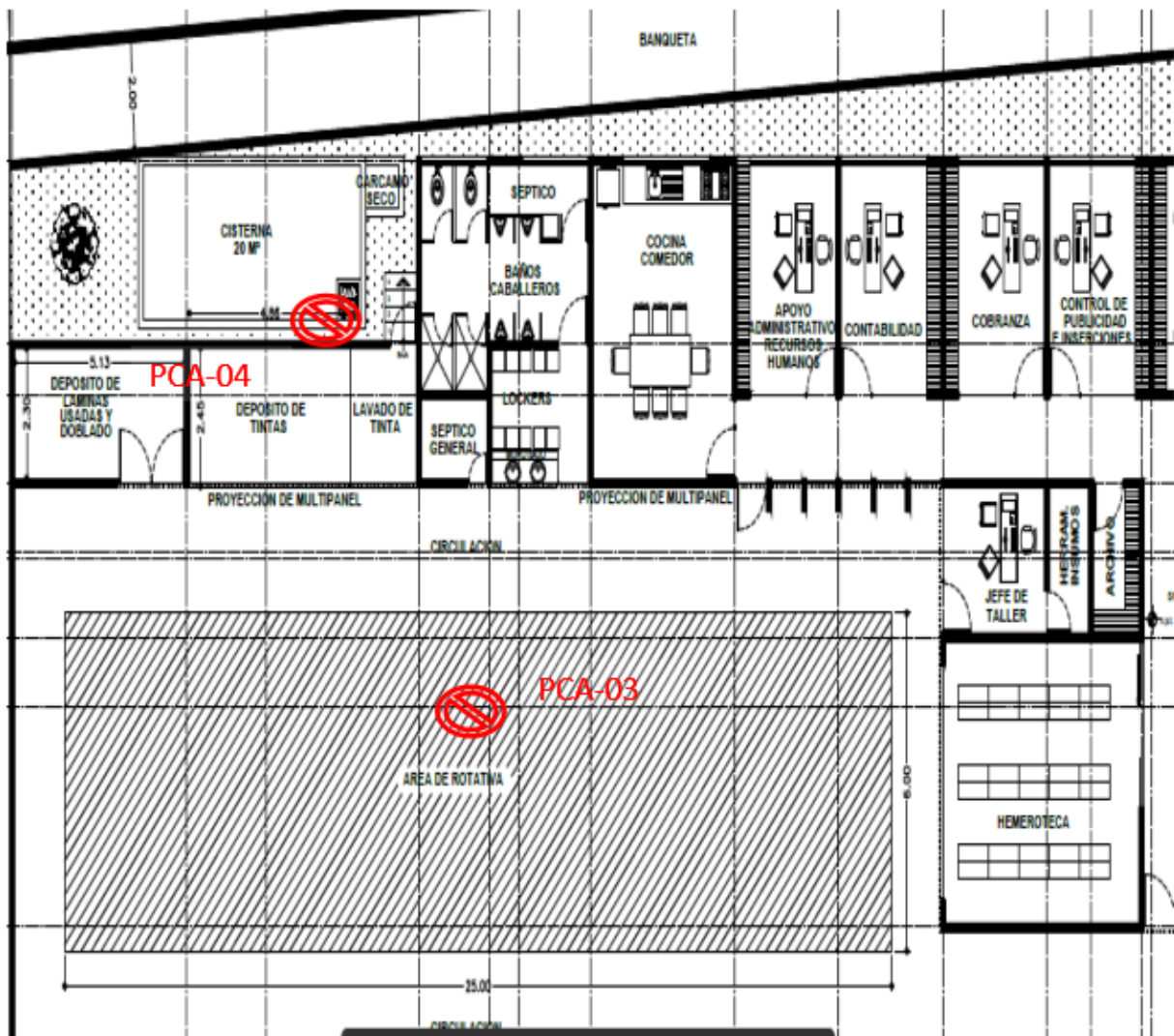
Recuperación de muestra inalterada del subsuelo en el sondeo tipo pozo a cielo abierto (PCA- 03)



Recuperación de muestra alterada del subsuelo en el sondeo tipo pozo a cielo abierto (PCA- 04)

CROQUIS DE UBICACIÓN DE LOS SONDEOS PCA





BIBLIOGRAFÍA

- Das, B.M. (2015). Fundamentos de la ingeniería geotécnica, 4ta edición. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Blackall, T. E. (1952). «A. M. Atterberg 1846-1916, » Geotechnique, 3(1), pp. 17-19.
- https://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo31_a.pdf
- <http://muchik.com/karl-von-terzaghi-el-padre-de-la-geotecnia/#:~:text=Terzaghi%20om%C3%B3%20ideas%20de%20ingenieros,t%C3%BAneles%20con%20apoyos%20de%20acero>
- Richard Goodman, octubre 2002, Revista GEO-STRATA de la ASCE. Geoengineer.org
- Das, B.M., (2015) Fundamentos de la ingeniería geotécnica, 4ta edición. Pag 78-87 Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Casagrande, A. (1948) “Clasificación e Identificación de suelos”, transactions ASCE Vol. III 901-903
- [ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Exposiciones%20estudiantes/ENSAYO%20DE%20PENETRACION%20ESTANDAR%20\(SPT\).pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.cuentasbajadas29092009/lucruz/docs/Curso%20Fundaciones/Exposiciones%20estudiantes/ENSAYO%20DE%20PENETRACION%20ESTANDAR%20(SPT).pdf)
- Crespo Villalaz, C. Mecánica de suelos y cimentaciones. Pág.37
- <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/05/24/66311>
- Zonificación sísmica de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas” Ordóñez, J. Alejandro
- Zonificación sísmica de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez” Alonso, Guillermo et. Al, pág.12
- <http://geotecnia-sor.blogspot.mx/2012/02/historia-de-la-geotecnia-historia-de-la.html>
-
- <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/7312/Capitulo2.pdf>
- Libro Anual de Normas ASTM, 2010, copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA, 19428