

Capítulo IV ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En el presente capítulo resumiremos, e interpretaremos los resultados de las diferentes pruebas realizadas para cada estrato. Con lo reportado en este capítulo podremos llevar a cabo en el siguiente, un análisis comparativo entre nuestro estudio y los anteriores, y en definitiva poder conocer de manera más clara las características del subsuelo en estudio.

El sitio en estudio se localiza, dentro de la Planta procesadora de nopal, “La Esperanza”, en la comunidad de San Bernardino Tlaxcalancingo, localizada en el sureste de la ciudad de San Andrés Cholula.

Se realizaron dos sondeos, por medio de pozos a cielo abierto, de 3.3m, de profundidad aproximadamente, se distinguieron cuatro estratos distintos y de espesores variables entre 0.4 y 1.7m. La distribución de dichos estratos se muestra en la siguiente figura.

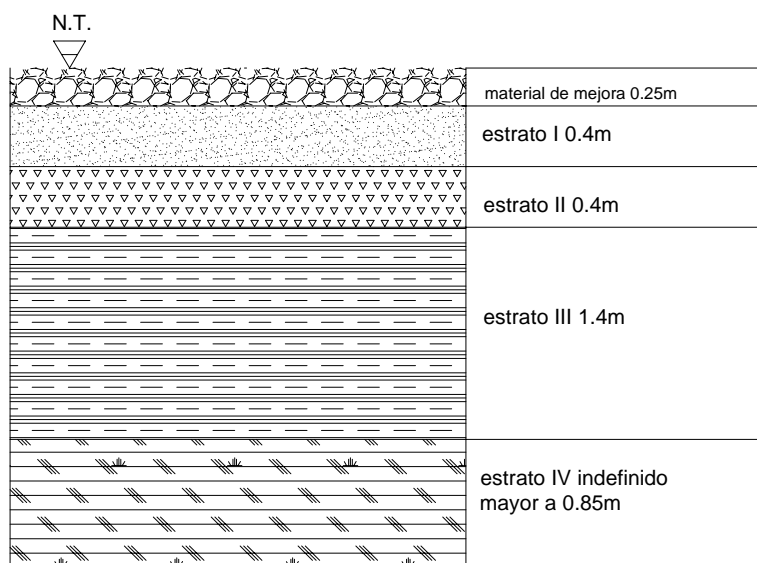


Figura 4.1. Estructura de los estratos en el sondeo.

4.1 Clasificación y Descripción de los Estratos

El estrato 1, es una arena arcillosa **SC**, contiene 1.2% de grava, 52.7% de arena y 46.1% de finos, el comportamiento mecánico e hidráulico esta definido por la parte fina, la cual se clasifico como CL, arcilla de baja compresibilidad y mediana plasticidad. Con $L.L = 29.2\%$, $I.P= 11.75\%$. Debido que los porcentajes de arena y de arcilla son muy semejantes, este suelo podría considerarse en la frontera entre un suelo grueso y uno fino. En su estado natural, el suelo presentó, humedad natural $w=10.1\%$, y peso volumétrico $\gamma=1.41\text{ton/m}^3$.

El estrato 2, al igual que el estrato uno fue clasificado como una arena arcillosa **SC**, conteniendo 0.2% de grava, 71.8% de grava y 28% de finos, el comportamiento mecánico hidráulico del suelo es determinado por la parte fina, que se clasificó como una arcilla de baja compresibilidad y baja compresibilidad, $L.L= 30.15\%$ e $I.P = 10.65\%$. en su estado natural el material presento contenido de agua $w= 27.13\%$, y peso volumétrico $\gamma=1.39\text{ton/m}^3$.

Debido a que los estratos uno y dos presentan la misma clasificación, podemos concluir que se trata del mismo material. El estrato 1 presenta sensiblemente mayor cantidad de materia orgánica, 5.4% de acuerdo a una prueba de incineración, contra el 2.1% del estrato 2, esta diferencia en el contenido de materia orgánica puede ser debida al contacto directo con el exterior del estrato 1. El estrato 2 por su parte tiene una textura mas arenosa. Ya que la fracción fina de ambos materiales es prácticamente idéntica, concluimos que se trata del mismo material. Ambas capas constituyen lo que se denomina como terreno de labor.

El estrato 3 es un material claramente fino, clasificado como, una arcilla de alta compresibilidad y baja plasticidad **CH**, contiene 87.3% de finos, 12.7% de arena, su $L.L= 73.09\%$ e $I.P=38.9\%$, Este material se encontraba prácticamente en el limite entre

CH y MH, sobre la línea A, se clasificó como arcilla debido a su comportamiento en pruebas de campo donde presentó una resistencia en estado seco muy alta, similar a la de un ladrillo, y dilatación prácticamente nula, características propias de dicho material. En su estado natural presentó contenido de agua $w=50.25\%$, y peso volumétrico $\gamma=1.71\text{ton/m}^3$.

El estrato 4, se clasificó como un limo de alta compresibilidad **MH**, compuesto de 84.01% de finos, y 15.98% de arena, su $L.L= 50.74$ e $I.P= 20.3\%$, En su estado natural presentó un contenido de agua $w=36.7\%$, y peso volumétrico $\gamma=1.49\text{ ton/m}^3$.

Los resultados obtenidos de la clasificación de los distintos estratos se presentan gráficamente en el siguiente perfil granulométrico.

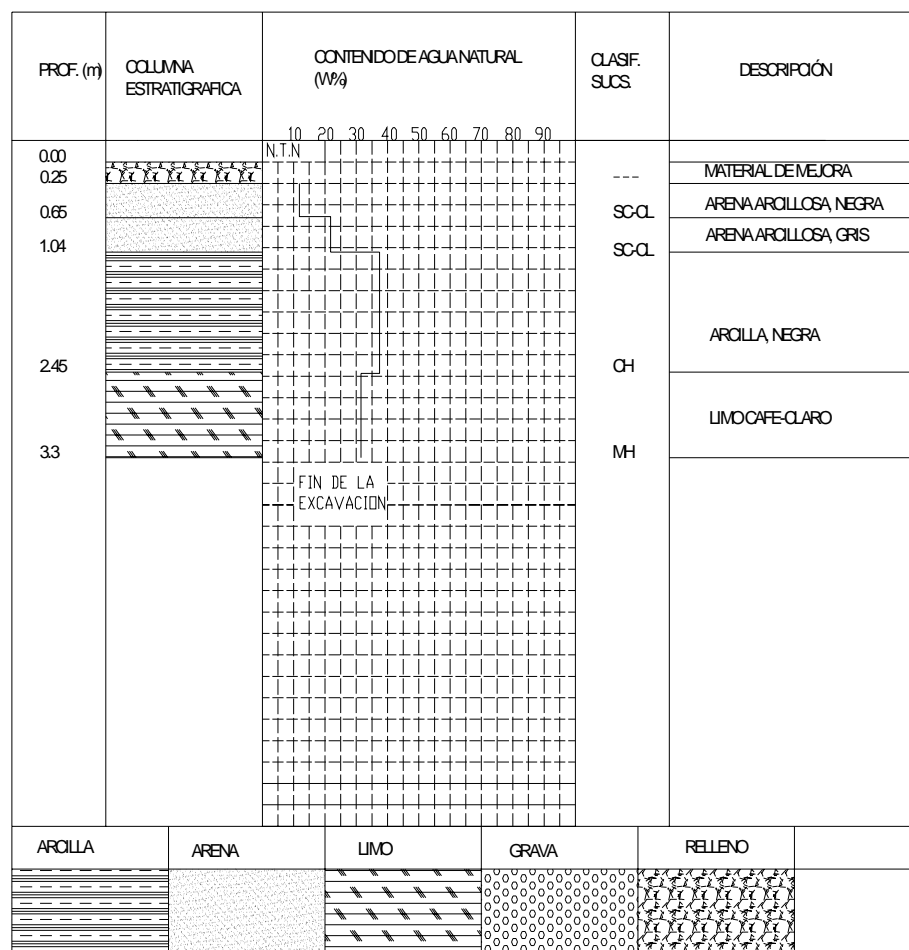


Figura 4.2. Perfil Estratigráfico, distribución, espesor, clasificación y contenido de agua natural $w\%$ de los diferentes estratos.

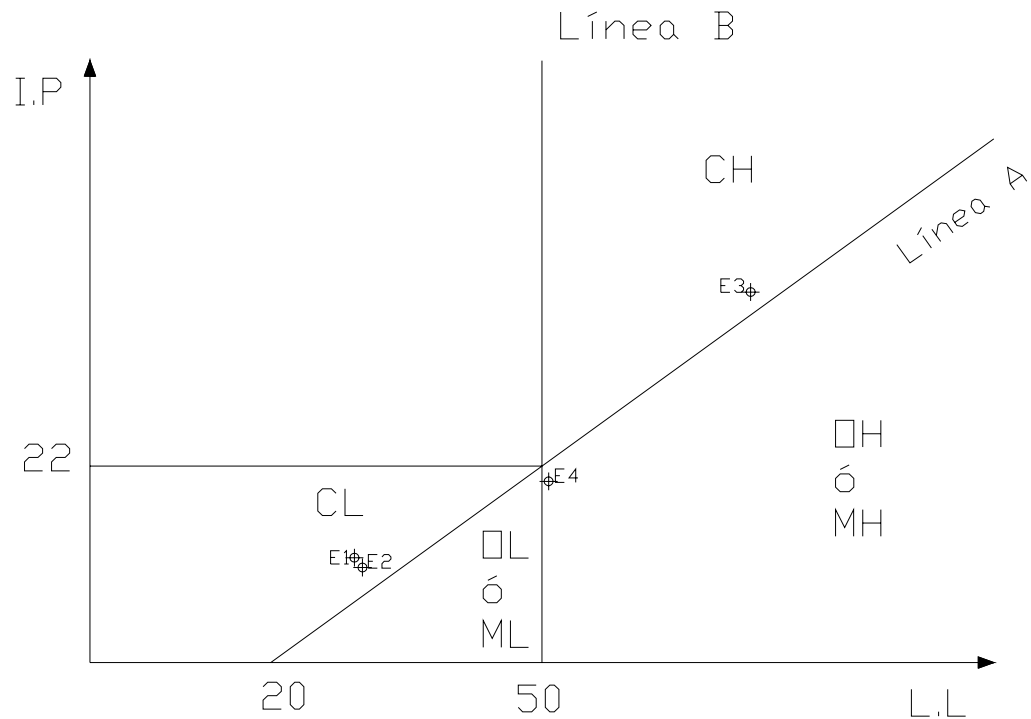


Figura. 4.3 Ubicación de los diferentes estratos en la carta de plasticidad.

De acuerdo a lo observado en la figura 4.3, la clasificación de los distintos estratos, a pesar de ser distinta en cuanto al símbolo, presentan según la carta de plasticidad, propiedades que podrían considerarse similares a los materiales descritos por los estudios previos.

Podemos ver que el estrato 1 y 2, son muy cercanos entre sí, y a su vez se encuentran, cerca del límite entre CL y ML, recordemos que ambos estudios, calcifican al primer estrato como ML.

El estrato 3, se encuentra claramente separado de la línea que divide a los suelos de alta y baja compresibilidad, pero cercano a la línea A, que divide a los MH de los CH.

El estrato 4, se encuentra muy cercano a la frontera que divide los ML de los MH, y a su vez cercano a la línea A, Aunque consideramos que su clasificación fue correcta, no descartamos que su comportamiento pueda ser similar a ML, CL o incluso CH.

4.2 Expansión Volumétrica

El principal punto de desacuerdo entre los estudios llevados a cabo anteriormente era la identificación de una arcilla expansiva localizada entre 1.5 y 2.3m de profundidad. En vista de esta situación, se investigó el criterio para la identificación de las arcillas expansivas.

4.2.1 Arcillas Expansivas

Como su nombre lo indica las arcillas expansivas son aquellas que son susceptibles a sufrir un apreciable aumento de volumen durante la construcción u operación de una estructura.¹

Juárez y Rico (1972), mencionan en el mismo texto, que este fenómeno tiene lugar ante la liberación de las cargas actuantes sobre ellas, el fenómeno de expansión está estrechamente ligado al de compresibilidad, puede decirse que las arcillas más expansivas ante la descarga, son las más compresibles ante un proceso de carga.

La disminución de los esfuerzos efectivos es el factor que provoca en mayor medida la expansión, siempre y cuando el material tenga la posibilidad de adsorber agua y transcurra el tiempo necesario para que el fenómeno transcurra.

En estado natural, la evaporación evita que el nivel freático llegue a la superficie del terreno, de la misma forma se impide que exista presión hidrostática ascendente en las capas superficiales. Cuando una estructura es construida sobre un manto superficial de arcilla impide el proceso de evaporación del agua, ocasionando que poco a poco se restituya la presión hidrostática en las capas superficiales. Este fenómeno provoca a la vez una disminución importante de los esfuerzos efectivos, con la consecuente expansión del material subyacente.

1) Juárez B, Rico R. (2004), *Mecánica de Suelos, Tomo III Flujo de Agua en Suelo*, p.401, México D.F. Limusa.

Los fenómenos de compresión y expansión se dan de manera periódica, provocados por cambios climáticos y por situaciones cercanas de exceso de agua.

Las afectaciones provocadas por este fenómeno sobre las estructuras, pueden ser significativas, especialmente en losas y zapatas poco profundas, ya que este fenómeno depende directamente de las fuerzas actuantes sobre el suelo, las estructuras más ligeras serán a su vez las más afectadas.

La identificación de las arcillas expansivas es en función de diversos factores como el índice plástico y el límite de contracción. Juárez Badillo utiliza como método de identificación de arcillas expansivas el criterio de W.G Holtz.

Tabla 4.1. Criterio de identificación de arcillas expansivas W.G Holtz.

Datos de pruebas de identificación			Expansión probable, cambio volumétrico % (seco a saturado)	Grado de Expansión
contenido coloidal (% < 0.001mm)	Índice de Plasticidad	Límite de contracción %		
>28	>35	<11	>30	Muy alto
20-31	25-41	7- 12	20-30	Alto
13-23	15-28	10-16	10-20	Medio
<15	<18	>15	<10	Bajo

(Juárez, Rico, 1972, p.404)

Recordamos que de nuestras pruebas índice determinamos el límite de contracción LC y el índice plástico IP, así como el porcentaje de expansión volumétrica. Los datos obtenidos para los estratos 3 y 4 son los que se muestran en la tabla.

Tabla 4.2. Factores para la determinación del grado de expansión, según W.G Holtz, estratos 3 y 4.

Estrato	LC %	IP %	% Expansión Volumétrica
3	11.01	38.9	4.8
4	25.6	20.3	3.7

Malagón, Et al. (1980), proponen la siguiente gráfica, para determinar el grado de expansión del suelo en función de su índice plástico y límite de contracción.

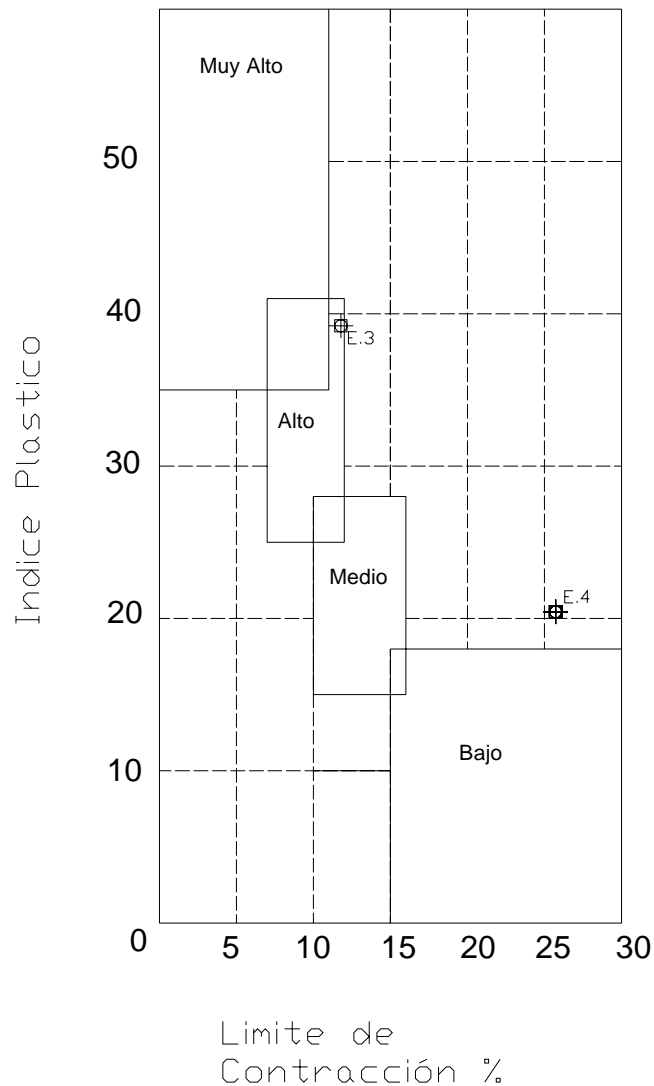


Figura 4.4. Grado de expansión por zonas, criterio de W.G Holtz.

En el diagrama anterior podemos observar que el Estrato 3, se encuentra en la zona de expansión **alta**, mientras que el estrato esta en la zona de expansión **baja**. Esta clasificación se hizo en base a los límites de contracción LC y al índice plástico IP.

La expansión desarrollada por ambos materiales en las pruebas que llevamos acabo en laboratorio, fue menor al 10%, por lo que seria en un principio considerada como baja, sin embargo, factores como el grado de saturación del material y la humedad inicial del

mismo, y la fuerza ejercida sobre el material a través de la pesa, pudieron haber alterado el proceso de expansión del material. En consideración de estos factores, decidimos finalmente no tomar en cuenta los datos obtenidos por la prueba de expansión, y solamente evaluar la expansibilidad del suelo en función del criterio de Holtz. Si bien los datos de expansión que obtuvimos mediante la prueba, no son suficientemente representativos del potencial de expansión, son un buen ejercicio de comparación entre los dos suelos, siendo de utilidad en la verificación de la clasificación de acuerdo al criterio de Holtz.

4.3 Resistencia al Esfuerzo Cortante y Capacidad de Carga

Habiendo realizado las pruebas triaxiales rápidas (R), a los estratos 3 y 4, podemos ver que la cohesión obtenida en el estrato cuatro es mayor a las del estrato 3, prácticamente al doble, los valores de cohesión obtenidos para el estrato 3 y cuatro son de **0.79 y 1.65kg/cm²**.

Además de la cohesión, se obtuvo el valor del ángulo de fricción para el estrato 4, por medio de la prueba de corte directo, obteniendo un valor de $\phi = 41.5^\circ$.

Se calculó la capacidad de carga del estrato 4, por medio de la teoría de la elasticidad, de igual forma que los estudios previos, Mediante la ecuación planteada por Prandtl, obtuvimos la capacidad de carga última del material, obteniendo **$q_u = 8.48 \text{ Kg/cm}^2$ ó 84.8 Ton/m^2**

En la tabla 4.3, se muestran en resumen los factores que utilizaremos, para llevar a cabo el proceso de comparación entre los tres estudios, del capítulo siguiente.

Tabla 4.3. Parámetros obtenidos en el estudio de mecánica de suelos.

Estrato	Clasificación SUCS	Expansibilidad por el criterio de Holtz	Capacidad de carga Prandtl. (Ton/m²)
1	SC	---	---
2	SC	---	---
3	CH	Alta	---
4	MH	Baja	84.8

Nota: tolos las hojas de cálculo, graficas y registros de laboratorio, están adjuntados en la sección de anexos.