



UNIVERSIDAD
DON VASCO, A.C.

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727 – 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA SUPERFICIAL DE LA COLONIA “MÉXICO” EN EL MUNICIPIO DE URUAPAN, MICH.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Mario Alberto Avilés García.

Asesor: Ing. Anastacio Blanco Simiano.

Uruapan, Michoacán, a 5 de junio del 2018.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

DEDICATORIAS.

Dedico este trabajo a mi madre Judith García Zarco por el apoyo incondicional que me ha dado durante mi formación académica.

A mi hermana Mariana Judith Garcia Zarco por todo el alentarme y siempre ver por mi bien en toda mi vida.

AGRADECIMIENTOS.

A todo aquel ente y al universo por haber iluminado mi camino y seguir alentándome en la vida.

A mi madre y a mi hermana por darme todo su amor y apoyo durante lo largo de mi carrera, son los dos grandes pilares en mi vida.

A mis amigos, compañeros por enseñarme a vivir, a verme más allá de ella y a comprender lo que es la amistad.

A toda mi familia por los momentos que me dieron su apoyo por lo pequeño que fuera, siempre estaré agradecido con todos.

A mis maestros quienes fueron mis guías y sus enseñanzas las cuales serán vitales en mi día a día.

ÍNDICE.

Introducción.	1
Antecedentes.	1
Planeamiento del problema.	3
Objetivo.	4
Pregunta de investigación.. . . .	5
Justificación.	5
Marco de referencia.	6
Capítulo 1.- Génesis y formación de los suelos.	
1.1. Génesis del suelo.	8
1.2. Suelo.	10
1.2.1. Fases del suelo.	11
1.2.2. Relaciones de pesos y volúmenes.	14
1.2.3. Relaciones fundamentales.	15
1.2.4. Correlación entre la relación de vacíos y porosidad.	17
1.2.5. Composición mineralógica.	19
1.2.6. Estructura y cohesión del suelo.	21
1.3. Agentes generadores de suelos.	30

1.4. Suelos residuales y transportados.	31
---	----

Capítulo 2.- Contexto geotécnico de los suelos.

2.1. Generalidades..	35
------------------------------	----

2.2. Clasificación de los suelos.	36
---	----

2.2.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.	40
--	----

2.3. Geotecnia.	49
-------------------------	----

2.3.1. Diferentes tipos de sondeos.	50
---	----

2.3.2. Diferentes tipos de muestreo.	54
--	----

2.3.3. Mapas geotécnicos..	58
------------------------------------	----

Capítulo 3.- Resumen ejecutivo de macro y micro localización.

3.1. Generalidades..	61
------------------------------	----

3.2. Objetivo..	62
-------------------------	----

3.3. Alcance del proyecto.	63
------------------------------------	----

3.4. Resumen ejecutivo.	63
---------------------------------	----

3.5. Entorno geográfico.	64
----------------------------------	----

3.5.1. Macro y micro localización.	65
--	----

3.5.2. Geotecnia regional y de la zona de estudio.	67
--	----

3.5.3. Clima regional y de la zona de estudio.	68
--	----

3.6. Informe fotográfico.	69
3.6.1. Problemática.	72
3.6.2. Estado físico actual.. . . .	72
3.7. Alternativas de solución.	72
3.8. Proceso de análisis.	73

Capítulo 4.- Metodología

4.1. Método empleado.	74
4.1.1. Método matemático.	75
4.2. Enfoque a la investigación.	76
4.2.1. Alcance de la investigación.	76
4.3. Diseño de investigación.	77
4.4. Instrumentos de recopilación de datos.	78
4.5. Descripción del proceso de investigación.	78

Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de resultados

5.1. Descripción y obtención de las muestras.	80
5.2. Descripción de las pruebas de laboratorio.	85
5.2.1. Determinación de la composición granulométrica.	86
5.2.2. Determinación de límites de consistencia.	90

5.2.3. Determinación del peso específico relativo de los sólidos.	94
5.2.4. Ensaye de consolidación unidimensional.	97
5.2.5. Lecturas del penetrómetro (ensaye de campo)..	100
5.2.6. Ensaye de compresión triaxial.	100
5.3. Resumen de resultados obtenidos.	105
5.4. Vaciado de información.	108
5.5. Proceso de la información.	110
5.6. ArcView GIS 3.3.	111
Conclusiones.	128
Bibliografía..	132
Anexos.	

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

En las últimas décadas el ser humano ha tenido la necesidad de estudiar más ampliamente el suelo donde reside con el objetivo de entender mejor su comportamiento a diferentes fenómenos naturales u originados por su misma mano. El primer hombre en darle una interpretación científica al comportamiento del suelo fue el Dr. Ing. Karl Terzaghi y es reconocido por ser el iniciador de la Mecánica de suelos.

El suelo es un término muy usado por diferentes profesionistas de distintos ramos y su interpretación varia respecto a sus distintos intereses. Verbigracia, el agrónomo lo define como la parte superficial de la corteza capaz de sustentar vida vegetal; para el geólogo es el material intemperizado en el lugar donde se encuentra mezclado con materia orgánica y para el ingeniero civil representa todo tipo de material terroso desde un relleno de desperdicio hasta material cementante.

Las propiedades mecánicas e índices del suelo son la proporción de las componentes que determina una serie de cualidades y características que tienen cada tipo de suelo con esto el ingeniero puede darse una visión sobre como trabajará el suelo. Algunas de las propiedades de las que se va hablar en esta investigación son la textura, estructura, color, permeabilidad, contenido de agua, peso volumétrico, grado de saturación, densidad de sólidos, granulometría, plasticidad, relación de vacíos, porosidad, etc.

La mecánica de suelos se enfoca en temas como teorías sobre el comportamiento de los suelos sujetas a cargas, basadas en simplificaciones necesarias dado el actual estado de la técnica, investigación de las propiedades físicas de los suelos reales y aplicaciones del conocimiento teórico y empírico a los problemas prácticos.

Al acudir a la biblioteca de la Universidad Don Vasco se encontró una tesis que habla sobre las propiedades mecánicas e índices del suelo, ubicada en la comunidad de San Lorenzo del estado de Michoacán. En el año 2011 el ingeniero Moisés Nico Ramón tuvo como objetivo general determinar la capacidad de carga del suelo de la comunidad de San Lorenzo, Michoacán, así como definir la propiedad índice que sirva de referencia de la citada capacidad de carga. En su tesis llamada Propiedades índice y mecánicas de los suelos, en la comunidad de San Lorenzo, municipio de Uruapan, Michoacán, concluyó que su trabajo de investigación cumplió con el objetivo de dar a conocer la capacidad de carga de los suelos y de tener un índice de referencia a tomar en las construcciones de las obras civiles y de no carecer de información sobre mecánica de suelos en la comunidad de San Lorenzo.

Planteamiento del problema.

En toda obra de ingeniería civil se debe desarrollar un estudio correcto de Mecánica de Suelos, pero, por cuestiones económicas y de tiempo el encargado de las obras no siempre cumple con esto y llega a provocar problemas estructurales, económicos y afectaciones a los habitantes.

En esta investigación se pretende analizar las propiedades mecánicas e índices del suelo que se encuentra la colonia "México" en el municipio de Uruapan, Michoacán. Se desea conocer sus cualidades como capacidad de carga y tipo de suelo que se encuentra en esa zona mediante pruebas de laboratorio y análisis de los resultados a obtener y generar mapas donde pueda ser más fácil identificar los diferentes tipos de suelo que se tenga en esa zona.

En el municipio de Uruapan, Michoacán, existen muy pocos estudios sobre el suelo y sus propiedades, en su mayoría son de empresas particulares y por lo tanto no son de acceso público, es por eso que se desea analizar una zona del municipio donde se carece de información sobre el suelo para poder divulgar la información y que cualquier persona tenga acceso a ella.

En la zona de estudio se han presentado diferentes fenómenos en construcciones que han dejado inhabilitado varias de ellas a causa de los suelos que existen ahí pero que pudieron ser evitados si se hubieran hecho los análisis correspondientes. Es por esto que desea impulsar el estudio sobre el suelo y promover la gran importancia que tiene la Mecánica de Suelos.

Objetivo.

El propósito de la investigación es analizar los tipos de suelo que mediante la Mecánica de Suelos se puede encontrar en la colonia "México" y generar mapas de zonificación geotécnica superficial ya que es de gran importancia conocer ese tipo de información para en un futuro se obtenga un amplio conocimiento sobre los tipos de suelo y cuando la sociedad quiera realizar un proyecto, tengan los datos necesarios del suelo y así las estructuras sean apoyadas en cimentaciones perfectamente diseñadas.

Objetivos particulares:

- 1) Definir el origen de los suelos, su composición y su formación.
- 2) Definir la estructura de los suelos.
- 3) Definir los agentes formadores de suelos y su formación.
- 4) Señalar la clasificación de los suelos con base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
- 5) Definir los tipos de sondeos
- 6) Ubicar el lugar donde se realizará la investigación.
- 7) Realizar sondeos de la zona de interés.

Pregunta de investigación.

El ingeniero civil se enfrenta cotidianamente a diversos problemas, pero, uno de ellos es el comportamiento del suelo en el que se desea construir alguna edificación por ello es de gran importancia su estudio como se mencionó anteriormente y la Mecánica de Suelo es el medio que le da al ingeniero las herramientas necesarias para poder dar solución a sus problemas referentes al suelo.

Con base en esto se plantean las siguientes preguntas, ¿Qué tipo de cualidades mecánicas tiene el suelo a una profundidad de 2 metros en la colonia México? y ¿Cuál es la zonificación geotécnica superficial en la colonia México?, en esta investigación se dará a la tarea de realizar los análisis correspondientes para determinar sus cualidades que pudieran tener y registrar la información para futuras construcciones en esa zona.

Justificación.

Con esta investigación principalmente como alumno se tiene el beneficio de resolver las incógnitas y problemáticas que se plantean sobre diferentes temas como el suelo, su clasificación, la metodología, la Mecánica de Suelo y los resultados. A su vez también servirá de consulta para alumnos que estudien la carrera de ingeniería civil de futuras generaciones.

Resolver esta problemática de cómo realizar las pruebas en suelos, la interpretación de resultados y la difusión de los mismos puedan impulsar a que

constantemente se realicen estudios de Mecánica de Suelos por parte del gobierno y empresas privadas para que sea de acceso público.

Entender y tener un conocimiento sobre el comportamiento de los suelos es algo que para el ingeniero civil es indispensable en todo momento que realiza una construcción es por esto que es importante pensar en esta investigación.

Marco de referencia.

El presente estudio se realizó en la colonia México del municipio de Uruapan, Michoacán, que según el “Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos” realizado por la INEGI en 2009, Uruapan tiene una altitud de entre 700 a 3,300 metros. Colinda al norte con el municipio de Los Reyes, Charapan, Paracho y Nahuatzen; al este de los municipios de Tingambato, Ziracuaretiro, Taretan y Gabriel Zamora; al sur de los municipios de Paracuaro, Tancitaro y Nuevo Parangaricutiro; al este con los municipios Tancitaro, Peribán y Los Reyes.

El río Cupatitzio nace dentro de la ciudad, de éste se obtiene gran parte del agua potable para la misma. Al igual que el río Santa Bárbara, que nace en la presa de Caltzonzin, cruzando la parte oriente de la ciudad. Ambos pertenecen a la región hidrográfica del río Balsas.

A Uruapan se le conoce como la capital mundial del aguacate, cuyo cultivo es su principal actividad. Otras actividades agrícolas son el cultivo de caña de azúcar, maíz, durazno, café, guayaba y hortalizas como jitomate, chile y calabaza.

Además, en la zona se cría ganado bovino, porcino, caprino, equino, avícola y también en menor medida la silvicultura.

Para llegar a la colonia México partiendo del centro de la ciudad y se tiene que dirigir en dirección hacia el este. Esta colonia colinda con el aeropuerto de la ciudad, con la colonia San José Obrero y queda aproximadamente a 1 km de la avenida llamada "pista vieja", las calles principales alrededor de la colonia es la calle Latinoamericana que se encuentra al sur de la colonia y es entrada principal del aeropuerto, otra de las calles principales son la Hermanos Ricardo Flores Magón que atraviesa exactamente la colonia y es continuación de la calle Gran Parada.

CAPÍTULO 1

GÉNESIS Y FORMACIÓN DE LOS SUELOS

El suelo es el material de construcción más viejo que existe y es por esa razón que esta tesis tiene el propósito de abordar los estudios del suelo, así como su constitución y sus orígenes.

1.1. Génesis del suelo.

Hoy en día se calcula que la tierra tiene aproximadamente 4,500 millones de años de edad y en todo este tiempo ha sufrido varios estados de cambio superficialmente, así como en su interior.

De acuerdo con Harvey (1987), existen fuerzas internas dentro del planeta creando nuevas rocas, mientras que en la superficie otras fuerzas como la erosión destruyen las rocas formadas años atrás. Con base en lo anterior las rocas cuentan con un ciclo geológico que constantemente forma nuevas rocas o rocas ígneas y la destrucción con forme las placas tectónicas se derriten con el manto superior.

A través de los años se ha estudiado la estructura del globo terrestre y se puede señalar que “está constituido, primeramente, por un núcleo formado predominantemente por compuestos de hierro y níquel... la densidad media de este núcleo es considerablemente superior a las de las capas más superficiales... carece de rigidez y esta característica ha inducido a la mayoría de los investigadores a juzgalo fluido.” (Juárez Badillo y Rico Rodríguez; 1973: 7)

Por otra parte, existe una capa que envuelve al núcleo del globo terrestre llamado manto inferior y sobre él se encuentra el manto superior.

De esta manera, se cree que algunos movimientos que ocurren en la corteza terrestre como los sismos son producidos por la energía que se acumula entre las placas tectónicas que literalmente se encuentran flotando sobre la roca fundida (magma).

Así mismo y de acuerdo con Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), la capa que envuelve al manto se llama corteza terrestre que tiene un espesor variable entre 30 y 40 km en las plataformas continentales constituidas por mezclas heterogéneas y masas grandes de agua que se encuentran suspendidas en el magma en balance isostático.

Sin embargo, “subyaciendo a la corteza terrestre propiamente dicha, existe una pequeña capa, formada por la desintegración y descomposición de sus últimos niveles; esta pequeña pátina del planeta, es el suelo, del cual se trata en la Mecánica de Suelos.” (Juárez Badillo y Rico Rodríguez; 2005: 33)

De acuerdo con Harvey (1987), en base a todos los procesos de formación, movimiento, y desintegración de las rocas hacen que todas ellas tengan propiedades y características especiales de acuerdo al sitio donde se encuentren dando así un gran panorama de estudio del suelo.

A continuación, se presenta una descripción gráfica de la constitución del globo terrestre:

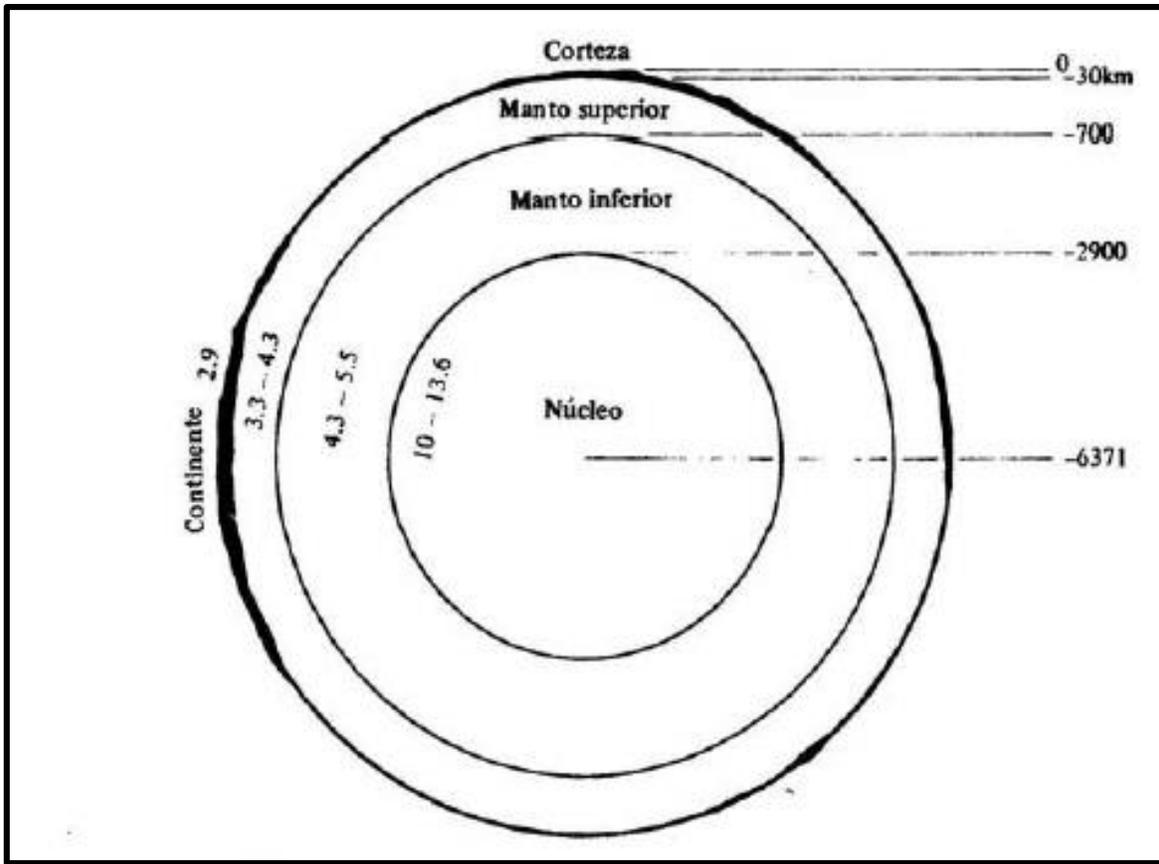


Figura 1.1. El interior de la tierra. La corteza está dibujada con un espesor exagerado para mostrar su ensanchamiento bajo los continentes. Se indican las densidades relativas.

Fuente: Geología Para Ingenieros Geotécnicos; 1987: 10.

1.2. Suelo.

Se define el suelo como “cualquier material no consolidado compuestos de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos.” (B. Sowers y F. Sowers; 1972: 23)

Con lo antes dicho, el suelo cuenta con una gran variedad de materiales como gravas, arenas y material fino como limos y arcillas además al igual que otros materiales, el suelo está gobernado por el tamaño de sus partículas y por la forma que interactúan entre sí. El suelo no solamente está conformado por un solo tipo de material, sino que es una mezcla heterogénea que a la vez son materiales no conservativos, esto quiere decir que al deformarse el suelo producto de la aplicación de una carga éste no regresa a su estado original.

1.2.1. Fases del suelo.

De acuerdo con Jorge Campos y Germán Guardia (2005), el suelo principalmente está compuesto por material sólido, líquido y gaseoso que a cada uno de estos compuestos del suelo se les denomina fase y el comportamiento del suelo depende de la cantidad relativa en que se encuentren.

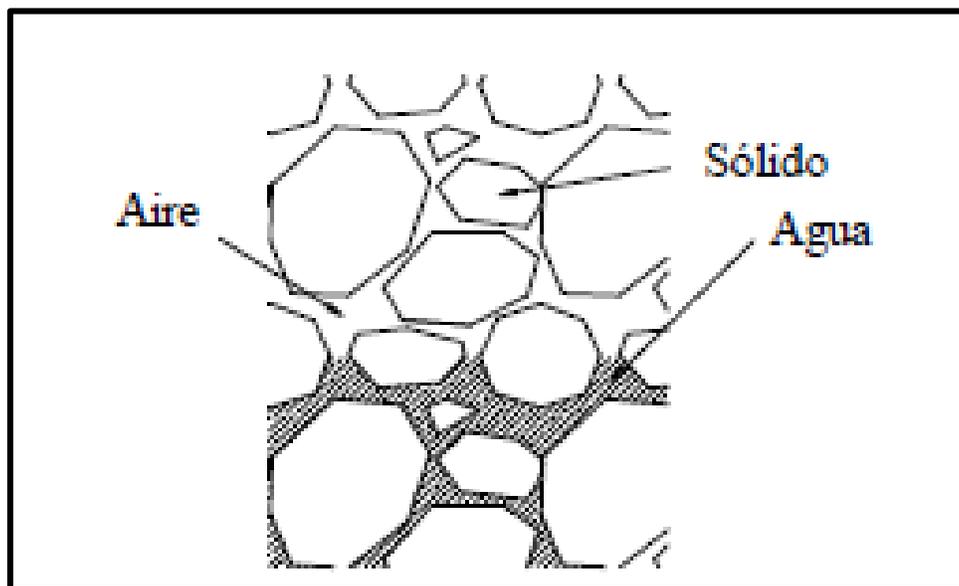


Figura 1.2. Composición del suelo.

Fuente: Apoyo Didáctico Al Aprendizaje De La Asignatura Mecánica De Suelos 1

CIV-219; 2005: 18.

Con base en lo antes dicho, la fase sólida del suelo está constituida por partículas diminutas provenientes de la descomposición de la roca y materia orgánica. La fase líquida corresponde principalmente al agua que se encuentra entre los espacios que dejan las partículas sólidas, aunque a veces se pueden encontrar otro tipo de líquidos. La fase gaseosa la compone el aire en los espacios vacíos donde la fase líquida no ocupa lugar y cabe mencionar que también se pueden encontrar otro tipo de gases como sulfuros.

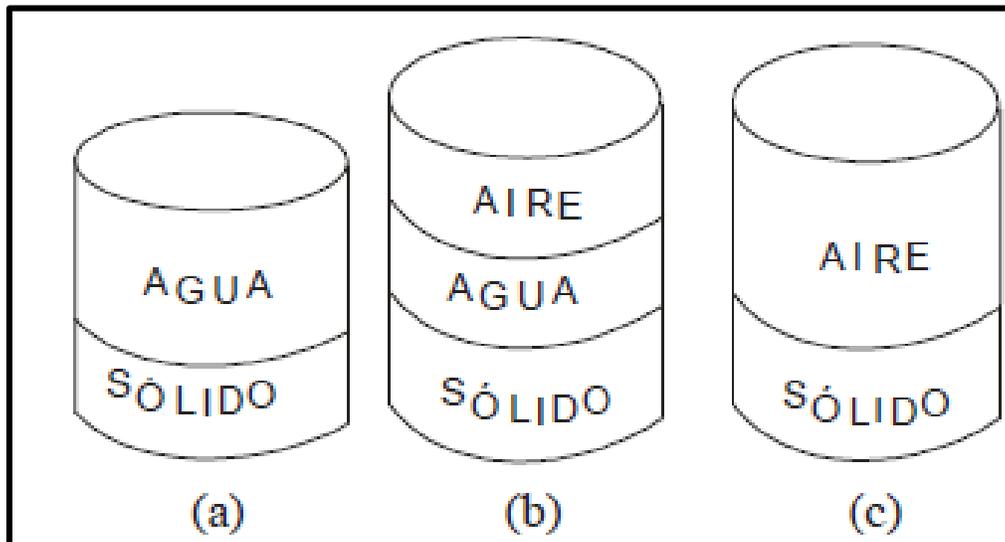


Figura 1.3. Estados del suelo. (a) Saturado. (b) No saturado. (c) Seco.

Fuente: Apoyo Didáctico Al Aprendizaje De La Asignatura Mecánica De Suelos 1

CIV-219; 2005: 19.

“Suelo saturado... este estado del suelo contiene únicamente dos fases: la fase sólida y la líquida. Suelo no saturado... posee: la fase sólida, líquida y gaseosa simultáneamente. Los vacíos están ocupados por aire y agua. Suelo seco... incluye

solamente dos fases: la fase sólida y la fase gaseosa, es decir que el suelo no contiene agua.” (Jorge Campos y Germán Guardia; 2005: 19)

A continuación, se “representa el esquema de una muestra de suelo, en el que aparecen las fases principales, así como los conceptos de uso más común, con los símbolos con que se indicarán en lo que sigue.” (Juárez Badillo y Rico Rodríguez; 2005: 52)

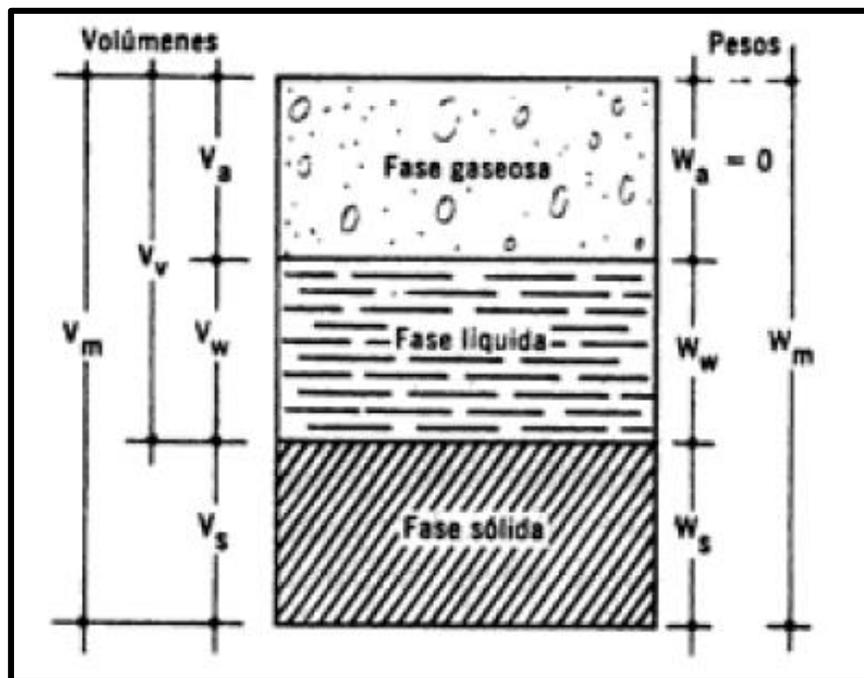


Figura 1.4. Esquema de una muestra de suelo, para indicación de los símbolos usados.

Fuente: Mecánica de Suelos Tomo 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos.

El significado de los símbolos es el siguiente:

V_m = Volumen total de la muestra de suelo (volumen de la masa).

V_s = Volumen de la fase sólida de la muestra (volumen de sólidos).

V_v = Volumen de los vacíos de la muestra de suelo (volumen de vacíos).

V_w = Volumen de la fase líquida contenida en la muestra (volumen de agua).

V_a = Volumen de la fase gaseosa de la muestra (volumen de aire).

W_m = Peso total de la muestra del suelo (peso de la masa).

W_s = Peso de la fase sólida de la muestra de suelo (peso de los sólidos).

W_w = Peso de la fase líquida de la muestra (peso del agua).

W_a = Peso de la fase gaseosa de la muestra, convencionalmente considerado como nulo en Mecánica de suelos.

1.2.2. Relación de pesos y volúmenes.

“En Mecánica de Suelos se relaciona el peso de las distintas fases con sus volúmenes correspondientes, por medio del concepto de peso específico, es decir, de la relación entre el peso de la sustancia y su volumen.” (Juárez Badillo y Rico Rodríguez; 2005: 52)

γ_o = Peso específico del agua destilada, a 4°C de temperatura y a la presión atmosférica correspondiente al nivel del agua.

γ_w = Peso específico del agua en las condiciones reales de trabajo.

γ_m = Peso específico de la masa del suelo. Por definición se tiene:

$$\gamma_m = \frac{W_m}{V_m} = \frac{W_a + W_w}{V_m}$$

γ_s = Peso específico de la fase sólida del suelo.

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$$

S_m = Peso específico relativo de la masa del suelo. Por definición:

$$S_m = \frac{W_m}{V_o} = \frac{W_w}{V_m * \gamma_o}$$

S_s = Peso específico relativo de la fase sólida del suelo (de sólidos) para el cual se tiene:

$$S_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_o} = \frac{W_s}{V_s * \gamma_o}$$

1.2.3. Relaciones fundamentales.

Con base en lo dicho por Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), es de gran importancia conocer las siguientes relaciones para poder discurrir mejor el comportamiento de los suelos, así como sus propiedades y tener un completo dominio de su contexto físico. A su vez son indispensables para digerir los datos

que se presenten y dar conclusiones más asequibles en base a la Mecánica de Suelos.

a) Relación de vacíos: Se le denomina así a la relación entre el volumen de los vacíos y el de los sólidos de un suelo.

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

b) Porosidad: Se le llama porosidad de un suelo a la relación entre su volumen de vacíos y el volumen de su masa. Se expresa como porcentaje:

$$n (\%) = \frac{V_v}{V_m} * 100$$

c) Grado de saturación: Se denomina grado de saturación de un suelo a la relación entre su volumen de agua y el volumen de sus vacíos. Suele expresarse también como un porcentaje:

$$G_w (\%) = \frac{V_w}{V_v} * 100$$

d) Contenido de agua o humedad: Se le conoce como contenido de agua o humedad de un suelo, la relación entre el peso de agua contenida en el mismo y el peso de su fase sólida. Para Donald W. Taylor (1961), la idealización de que los granos sólidos y el agua son partes separadas en el suelo, pero la realidad es que es mucho más complejo analizar sus comportamientos ya que el agua se puede presentar en diferentes formas y puede estar alojada entre los granos minerales. Suele expresarse como un porcentaje:

$$w (\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

En México, existen valores de 1,000% en arcillas procedentes de la región sureste del país. En el valle de México son normales humedades de 500-600%.

e) Grado de saturación de aire: Es una magnitud de escasa importancia práctica, respecto a las anteriores relacionadas. Se define:

$$Ga (\%) = \frac{V_a}{V_v} * 100$$

1.2.4. Correlación entre la relación de vacíos y la porosidad.

“Considérese una muestra de suelo en representación esquemática, adoptando arbitrariamente el valor unidad para el volumen de sólidos; los demás conceptos aparecen calculados con base a este dato de partida, aplicando las definiciones correspondientes. Lo anterior equivale a calcular todos los conceptos referidos a una escala de unidades tal que en ella se tenga $V_s = 1$.” (Juárez Badillo y Rico Rodríguez; 2005: 55)

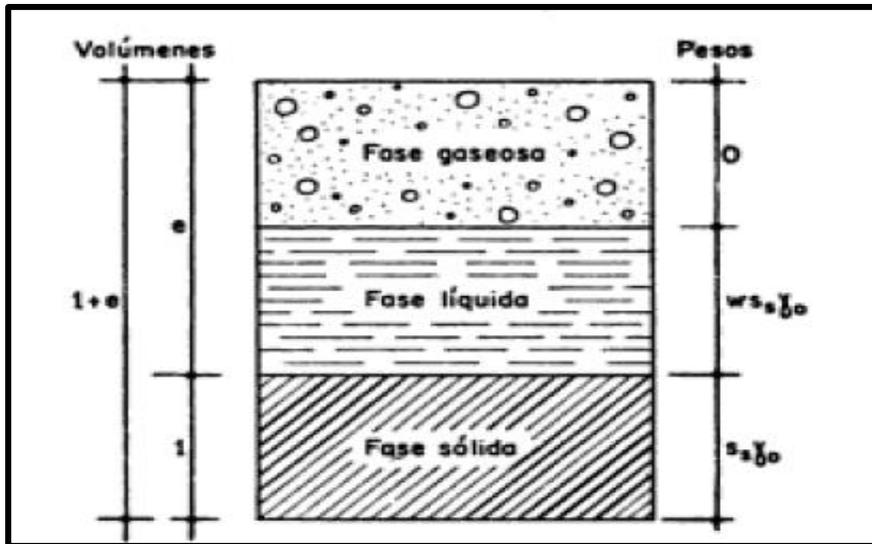


Figura 1.5. Esquema de una muestra de suelo.

Fuente: Mecánica de Suelos Tomo 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos.

Donald W. Taylor (1961), define la porosidad como la relación entre el volumen de vacíos y el volumen total de la masa a su vez también define que la relación de vacíos es la relación entre el volumen de vacíos y el volumen de los sólidos.

Aplicando la definición de porosidad:

$$n = \frac{V_v}{V_m} = \frac{e}{1 + e}$$

La expresión anterior da una correlación importante entre la relación de vacíos y la porosidad de un suelo. De la expresión se deduce que:

$$e = \frac{n}{1 - n}$$

La relación de vacíos como la porosidad cubren la finalidad de describir la magnitud del volumen de vacíos dentro de la muestra del suelo.

Según Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), para suelos compresibles como las arcillas es de gran importancia conocer la reducción del volumen de vacíos al someterse el suelo a cargas. En Mecánica de Suelos principalmente se usa la relación de vacíos, debido a que, cuando se comprime un volumen dado de suelo, el denominador de la ecuación representativa de vacíos permanece constante mientras que en la ecuación de porosidad los términos varían. Se consideró oportuno introducir el concepto de relación de vacíos para suelos finos.

1.2.5. Composición mineralógica.

J. C. Harvey (1987), define el término mineral como sustancias de origen natural y química ubicada en la corteza terrestre. Las rocas están compuestas por diversos minerales, mayormente por silicatos y carbonatos. Los minerales compuestos principalmente por hierro, magnesio y carbonatos tienden a desintegrarse rápidamente cuando están expuestos a la atmósfera y el agua, en la superficie terrestre y dentro de la roca. Los minerales que son estables en climas cálidos y secos pueden ser inestables en climas húmedos y fríos.

Un mineral formador de roca muy común el cuarzo (SiO_2), de acuerdo con Harvey (1987), es altamente resistente a la desintegración, excepto en climas ecuatoriales.

Con base en lo anterior, los minerales tienen una estructura interna de la roca, compuesta por grupos de átomos. El arreglo atómico tiene una gran importancia en la resistencia mecánica de la roca.

Según Jorge Campos y Germán Guardia (2005), los minerales más comunes que pueden encontrarse en el suelo son:

a) Feldespatos: Es una formación grande de minerales monoclinicos, triclinicos y son un componente importante de algunos tipos de rocas. Se considera como un mineral moderadamente duro. Algunos ejemplos de feldespatos son la Ortoclasa y la Plagioclasa.

b) Cuarzo: Es uno de los minerales más comunes y constituyente principal de los granitos y otras rocas. Se le considera un silicato de color traslucido a blanco lechoso. Es uno de los minerales más duros que se pueden encontrar en las rocas metamórficas y uno de los más resistentes a la meteorización.

c) Minerales ferromagnesianos: Son minerales correspondientes al grupo de silicatos con alto nivel de magnesio y hierro. Entre las variedades de estos minerales se encuentra la piroxena, anfíbola, hornblenda y olivino. Este mineral se encuentra en rocas ígneas y tiene un color oscuro y con una dureza moderada.

d) Mica: Son un grupo de minerales monoclinicos en forma de láminas delgadas traslucidas, presentes generalmente en granitos y rocas ácidas. Unas de las variedades de micas son las moscovitas y la biotita.

e) Óxidos de hierro: Son minerales que contienen hierro (Fe_3O_3), entre los cuales se encuentran la limonita y la magnetita.

f) **Minerales secundarios:** Tienen su origen en la alteración de minerales preexistentes, entre los cuales están: los minerales de arcilla, la calcita, dolomita, clorita entre otros.

De acuerdo con Harvey (1987), los análisis hechos en las capas superiores de la corteza terrestre indican los diferentes elementos que las componen y se presentan según su importancia: oxígeno> sílice> aluminio> hierro> potasio> sodio> calcio> magnesio> titanio> fósforo. Los primeros cuatro constituyen el 80% de las rocas.

1.2.6. Estructura y cohesión del suelo.

En los suelos formados por gravas y arenas las fuerzas que intervienen para formar la estructura son bastante conocidas y sus efectos son relativamente simples de clasificar y prácticamente no hay discusión respecto al mecanismo de estructuración a simple vista. En caso contrario, en suelos formados por partículas finas las fuerzas que intervienen en su estructuración son de carácter más complejo y sus estructuras solo son verificables por métodos indirectos que se encuentran en etapas de desarrollo.

De acuerdo con Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), tradicionalmente se consideran estructuras simples, panaloide y floculenta. En la actualidad se han intentado superar esas ideas tradicionales por medio de experimentos con técnicas más modernas y han surgido nuevos mecanismos de estructuración de los suelos.

A continuación, se presenta el conjunto de estructuras y mecanismos de formación tradicionales y algunas de las ideas de mayor aceptación actual:

a) Estructura simple: Es aquella producida cuando las fuerzas debidas al campo gravitacional terrestre son claramente predominantes en la disposición de las partículas típicas en suelos como gravas y arenas limpias. Las partículas se disponen apoyándose directamente una en otras y cada partícula posee varios puntos de apoyo.

Desde un punto de vista ingenieril, el comportamiento mecánico e hidráulico de un suelo de estructura simple, queda definido principalmente por dos características: la compacidad del manto y la orientación de sus partículas.

El término compacidad se refiere al grado de acomodo alcanzado por las partículas del suelo, dejando más o menos vacíos entre ellas. Un suelo muy compacto, las partículas sólidas que lo conforman tienen un alto grado de acomodo y la deformación que presenta al estar sometido a una carga es muy pequeña.

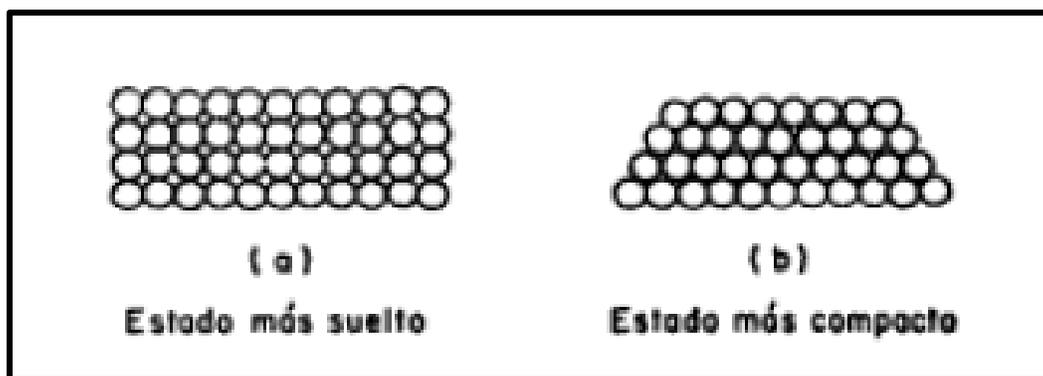


Figura 1.6. Compacidad de un conjunto de esferas iguales.

Fuente: Mecánica de Suelos Tomo 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos.

Para medir la compacidad de un manto de estructura simple, Terzaghi introdujo una solución empírica, determinable en laboratorio, llamada Compacidad Relativa.

$$Cr (\%) = \frac{e_{max} - e_{nat}}{e_{max} - e_{min}}$$

En la anterior relación:

e_{max} = Relación de vacíos correspondiente al estado más suelto del suelo.

e_{min} = Relación de vacíos correspondiente al estado más compacto del mismo.

e_{nat} = Relación de vacíos de la muestra en estado natural.

La orientación de las partículas de arena sedimentadas en agua tiene como efecto principal una muy distinta permeabilidad del suelo y este efecto aumenta si el suelo contiene un porcentaje apreciable de partículas laminares.

b) Estructura panaloide: Esta estructura se considera típica en granos de 0.002 mm de diámetro o algo menores que se depositan en un medio continuo como el agua o en ocasiones en aire. La gravitación en estas partículas ejerce un efecto que hace que tiendan a sedimentarse, pero por su tamaño otras fuerzas naturales pueden ser comparables con esa magnitud. Verbigracia, si una de las partículas antes de poder llegar al fondo del depósito es tocada por otra que ya se encuentra depositada, la fuerza de adherencia producida por ambas partículas puede neutralizar al peso; otra partícula del mismo modo puede llegar a añadirseles y el

conjunto de ellas forman una celda en forma de panal con una gran cantidad de vacíos.

c) Estructura floculenta: Cuando dos partículas de diámetros menores de 0.02 mm llegan a tocarse estando en el proceso de sedimentación, se adhieren con fuerza y se sedimentan juntas; de la misma forma otras partículas pueden unirse al conjunto asimilando la forma de un panal. Estos grumos a su vez forman panales al llegar al fondo y estas a su vez forman bóvedas. El mecanismo anterior produce una estructura muy blanda y suelta, con gran volumen de vacíos, llamada floculenta.

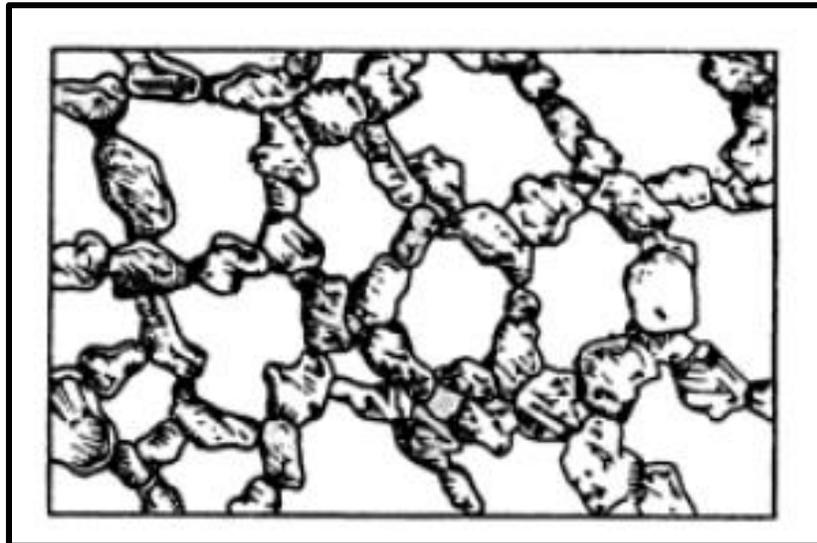


Figura 1.7. Estructura panaloide.

Fuente: Mecánica de Suelos Tomo 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos.

d) Estructuras compuestas: Se considera que las estructuras anteriores rara vez se presentan puras en la naturaleza, pues la sedimentación comprende partículas de todos los tamaños y tipos, para las que rigen las leyes de la naturaleza de modo diferente. Hasta aquí se han expuesto ideas sobre estructuración, lo

común sería encontrar en los suelos estructuras reales. Se representa como un esqueleto en estas formaciones constituidos por granos gruesos y por masas coloidales de flóculos que proporcionan nexo entre ellos. La estructuración que aparece más adelante se ha formado en condiciones que permiten la sedimentación de partículas gruesas y finas simultáneamente; esto ocurre generalmente en agua de mar o lagos, con contenido de sales, donde el efecto floculante de las sales coexiste con el arrastre de vientos, corrientes de agua, etc.



En formación.

Ya formada.

Figura 1.8. Una estructura compuesta (según A. Casagrande).

Fuente: Mecánica de Suelos Tomo 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos.

e) Estructura en “castillo de naipes”: Algunos otros investigadores como Goldschmidt y Lambe han sugerido una interpretación diferente sobre la génesis de una estructura flocculenta y la estructura resultan en sí. Según estas ideas la forma

laminar típica de los minerales de arcilla es fundamental en la estructuración resultante para los suelos finos.

Además, en las investigaciones de referencia se han podido notar que, si bien la partícula de suelo posee carga negativa, parece cierto que en sus aristas existe una concentración de carga positiva que hace que esa zona localizada se atraiga con la superficie de cualquier partícula vecina. Tomando esto en consideración, los investigadores mencionados han propuesto para las arcillas una estructura tal como la que se muestra en la figura 1.9 a la cual se ha denominado en “castillo de naipes” o floculada

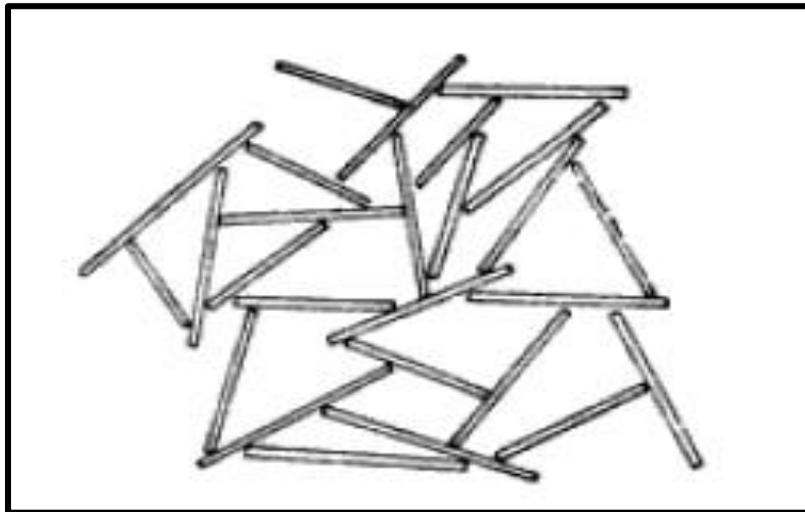


Figura 1.9. Estructura en “castillo de naipes”.

Fuente: Mecánica de Suelos Tomo 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos.

f) Estructura dispersa: Algunas investigaciones modernas han indicado que una hipótesis estructural del tipo de “castillo de naipes”. En la cual las partículas

tienen contactos mutuos, si bien puede aceptarse como real en muchos casos, quizá no es la más estable en la que pudiera pensarse. Cualquier perturbación que pueda existir, como deformación por esfuerzo cortante, tiende en general a disminuir los ángulos entre las diferentes láminas de material. Conforme esto sucede actúan entre las partículas presiones osmóticas inversamente proporcionales al espaciamiento entre ellas. Las presiones osmóticas tienden a hacer que las partículas se separen y adopten una posición tal como la que esquemáticamente se muestra en la figura 1.10. Aunque a primera vista no lo parezca, algunos autores opinan que este arreglo es el más estable; ésta es la estructura dispersa.

En las partes a) y b) de la figura se muestra el mecanismo por el cual la presión osmótica tiende a hacer, para llegar a una condición más uniforme, que las partículas se separen. En la parte c) se muestra la estructura en su condición final.

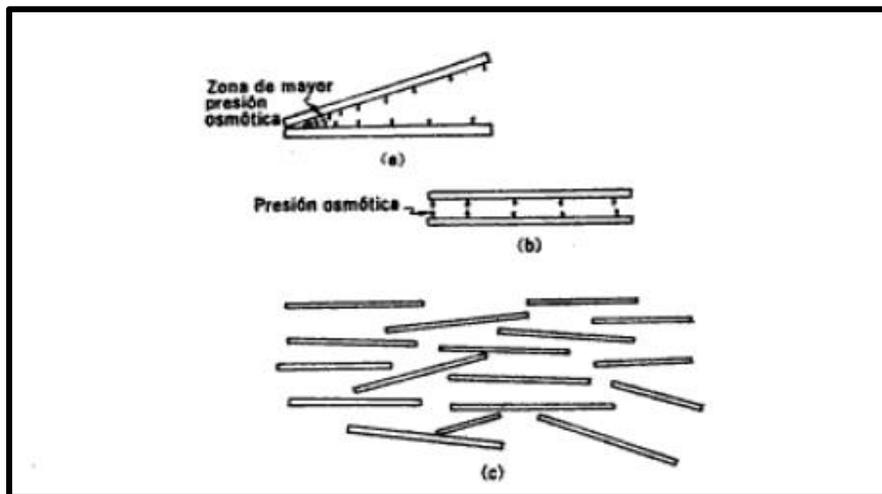


Figura 1.10. Estructura dispersa.

Fuente: Mecánica de Suelos Tomo 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos.

Debe hacerse notar que el conjunto de estructuras antes someramente descrito no constituye una serie de posibilidades reales en la naturaleza, sino, simplemente, algunas de las hipótesis de estructuración de que hoy se habla. Muchos investigadores, que aceptan alguna de las explicaciones anteriores rechazan otras y no existe pleno acuerdo al respecto. También ha de observarse que con las estructuras en “castillo de naipes” o dispersa se generan estructuras compuestas análogas a las ya tratadas con las formas estructurales más clásicas.

Con base en lo anterior, las estructuras no cohesivas se componen, en general de granos redondeados que se pueden representar por esferas o poliedros regulares. La más simple disposición de estas partículas es similar a la de las naranjas colocadas en un estante de un mercado; cada grano está en contacto con los que le rodean. Esta estructura que se llama de contacto o monogranular es típica de gravas y arenas.

La relación de vacíos puede variar grandemente según sea la posición relativa de los granos. Si se colocan en una caja granos redondos distribuidos uniformemente, de manera que queden unos directamente arriba de los otros, la estructura tendrá una relación de vacíos alta. Si se colocan de manera que las esferas de una camada ocupen los espacios entre las esferas de la otra, la relación de vacíos es baja. La disposición que corresponde a la relación de vacíos mayor se describe como suelta y la correspondiente a la menor como compacta. Se puede disponer los mismos granos para producir cualquier relación de vacíos entre estos dos límites.

De acuerdo con B. Sowers y F. Sowers (1972), la estructura de panal es capaz de soportar, generalmente, cargas estáticas con pequeñas deformaciones, en forma similar a como lo hacen los arcos de piedra que soportan su carga sin deformación; sin embargo, el choque y la vibración pueden producir la falla de la estructura. Debido a los riesgos que esto envuelve, el ingeniero debe mirar con desconfianza todas las arenas y los limos depositados en agua, hasta que pueda comprobar, por la determinación de la relación de vacíos, que son estables.

En las palabras de B. Sowers y F. Sowers (1972), la estructura de los suelos cohesivos como la de dispersión y floculación la determina principalmente los minerales arcillosos y las fuerzas que actúan entre ellos. En las partículas de arcilla en agua actúan una serie de fuerzas complejas, algunas de las cuales, incluyendo las fuerzas de atracción universales y la atracción mutua de los cationes individuales, tienden a tirar de las partículas simultáneamente y otras como las cargas eléctricas. Ambas fuerzas, aumentan, en diferente proporción, a medida que la distancia entre las partículas decrece.

La estructura compuesta o como otros le llaman cementadas consisten en un armazón de granos redondeados, dispuesto como en la estructura de granos redondeados no cohesivos, que se mantienen unidos por un agente cementante que los liga. Se puede producir una gran variedad de estas estructuras, de acuerdo con las cantidades relativas del agente cementante y los granos redondeados, el tipo de agente cementante y el método de deposición.

Según B. Sowers y F. Sowers (1972), hay varios agentes cementantes como las arcillas que hayan sido muy comprimidas o secas, que son firmes o duras, y el

carbonato de calcio, con los abundantes. Son fuertes, pero se pueden debilitar por el agua. Algunos óxidos de hierro y sílice coloidal producto de meteorización de las rocas, también se entran como agentes cementantes y son relativamente insensibles al ablandamiento por el agua.

1.3. Agentes generadores de suelos.

“La corteza terrestre es atacada principalmente por el aire y las aguas, siendo los medios de acción de estas sustancias sumamente variados. Sin embargo, el último análisis, todos los mecanismos de ataque pueden incluirse en dos grupos: desintegración mecánica y descomposición química.” (Juárez Badillo y Rico Rodríguez; 2005: 34)

Según explican Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), que el término desintegración mecánica hace referencia al desgaste que tienen las rocas al estar expuestas a agentes físicos y menciona algunos como cambios de temperatura, congelación del agua en las juntas y grietas en las rocas, efectos por materia orgánica y organismos vivos como plantas, animales, etc. Por estas causas las rocas logran formar arenas o, cuando mucho, limos y solo en casos especiales arcillas.

Con base en lo anterior, se puede decir que gracias a la intemperización relacionada a fenómenos físicos es un principal generador de suelos que se encuentran en la corteza terrestre.

Para Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), la descomposición química es provocada por agentes que atacan las rocas provocando una modificación en su estructura mineralógica. El principal agente generador de suelo por descomposición química es el agua y los mecanismos de ataque originan efectos de oxidación, hidratación y carbonatación. La vegetación también provoca efectos químicos en las rocas y no son despreciables en este tema. La arcilla es el último producto de descomposición que este mecanismo de ataque produce. Todos estos efectos antes mencionados suelen acentuarse con los cambios de temperatura y con base en esto frecuentemente se encuentran arcillas en zonas húmedas y cálidas, y limos en zonas frías. Verbigracia, en desiertos cálidos se encuentran arenas que son predominantes ya que por falta de agua no se desarrollan los fenómenos de descomposición; allí los mecanismos de ataque principalmente son los ciclos de tensiones y compresiones sobre las rocas, producidas por cambios periódicos y continuos de temperatura.

El origen de los suelos es gracias a la naturaleza y a su tal variedad de causas que excede todo poder y complejidad que desafía cualquier regulación y por lo tanto existe una inmensa variedad de tipos de suelos.

1.4. Suelos residuales y transportados.

Según explican Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), los productos originados por los agentes de intemperismo tienden a quedarse sobre la roca de la cual se derivan, esto da origen a suelos llamados residuales. Estos mismos

productos también pueden ser removidos del lugar donde se formaron, por los mismos agentes geológicos, así como el aire y el agua principalmente llevándolos a otros lugares y redepositándolo. Por esta razón se encuentran diferentes estratos de suelo que sobreyacen de otros sin tener alguna relación entre ellos; y a estos suelos son denominados transportados.

Con base en lo anterior, en la naturaleza existen diversos agentes transportadores, algunos de los más comunes son glaciares, el viento, los ríos y corrientes de agua superficial, los mares, y las fuerzas de gravedad; y a veces actúan de forma combinada.

Los depósitos de talud formados en las faldas de las elevaciones se originan gracias a la combinación del escurrimiento de aguas en las laderas de colinas o montes y a las fuerzas del campo gravitacional; estos depósitos predominan los materiales gruesos y suelen ser heterogéneo.

Los materiales de gran tamaño son arrastrados por el escurrimiento de torrente, estos se depositan a lo largo de su curso, y depositando los materiales más finos en las zonas planas.

Por otro lado, los ríos acarrear materiales de muy diversas graduaciones, depositándolos a lo largo del río y dependiendo de la variabilidad de su velocidad en todo su curso; al ir incrementando ésta la capacidad de acarreo de la corriente se hace mayor y por lo tanto los materiales más finos no son capaces de depositarse. Al ir disminuyendo su velocidad la capacidad del acarreo de la corriente

se reduce, gracias a esto los materiales más gruesos se depositan en el fondo del río.

El río transporta y deposita suelos según su tamaño, de esta manera las partículas más finas (limos y arcillas) se depositan estando más próximos de su desembocadura.

En los lagos existen los depósitos lacustres que generalmente son de granos finos. Los depósitos formados por el mar suelen estar en estratos reflejando las características de las costas en las que se encuentran.

Las conformaciones de los depósitos glaciares suelen ser por suelos heterogéneos, a causa de las grandes presiones y la abrasión por el movimiento del hielo se forman grandes bloques hasta minerales muy finos.

Las partículas que pueden variar de tamaño como el de los limos o arenas gruesas pueden ser arrastradas por los vientos y estos mismo suelen depositar las partículas a cientos de kilómetros de su lugar de origen.

Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), explican que existen dos tipos principales de suelo que deben su formación al arrastre del viento: el loess y los médanos. El loess es un depósito eólico, formado por una mezcla homogénea de arenas finas, feldespáticas, limos y algo cohesiva.

Los médanos es arena suelta aglomerada que fue transportada a poca altura y retenida por algún obstáculo natural que se haya encontrado en su trayectoria por la superficie del terreno. Están formados regularmente por arenas uniformes y con un poco porción de mica.

Con base en lo anterior, se puede decir que los suelos transportados están descritos por los estratos que se pueden encontrar en el lugar donde hayan sido depositados y demuestran la colocación de cómo se fueron originando los diferentes tipos de suelos, así como el espesor y características propias que tiene cada estrato.

En lo que respecta a los suelos residuales, quedan descritos por dos conceptos muy importantes que son: la meteorización y el conjunto de estructuras heredadas. El primero corresponde a la formación de materiales con diferentes propiedades, que se encuentran en su lugar de origen y que sobreyace a la roca no meteorizada. Los agentes que descomponen la roca usan ataques mecánicos y químico y que a su vez varían considerablemente por diferentes circunstancias como condiciones locales, topografía, temperatura, clima, etc.

Las estructuras heredadas son características que muestra el suelo de la roca original y algunas de estas son juntas, grietas, fallas, diaclasas, exfoliaciones y otros defectos estructurales.

CAPÍTULO 2

MECÁNICA DE SUELOS

En el pasado como en la actualidad existe una complejidad por diferentes variedades de suelos que se encuentran en la naturaleza si se ha intentado sistematizar por medios de clasificación. La Mecánica de Suelos desarrolló estos sistemas para clasificar el suelo, pero dado a que anteriormente se carecía de información nacieron diferentes sistemas, pero los que se basaban en la granulometría ganaron popularidad rápidamente.

2.1. Generalidades.

Según explican Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), en la actualidad para que un sistema de clasificación pueda cubrir las necesidades correspondientes, deberá estar basado en las propiedades mecánicas de los suelos, para que se puedan ser aplicables en cuestiones ingenieriles. Invariablemente deber ser de carácter cualitativo, ya que de ser de relaciones cuantitativas resultaría excesivamente complicado y de atareada aplicación. Una función de un sistema útil debe servir para normar los criterios respecto al suelo que se estudie, pero su principal función de un sistema de clasificación debería ser proporcionar la máxima formación normativa.

Entre una gran variedad de estudios enfocados a encontrar un sistema de clasificación el cual satisfaga todos los campos de aplicación de la Mecánica de

Suelos, resaltan los realizados por el doctor A. Casagrande en la Universidad de Harvard.

2.2. Clasificación de los suelos.

El sistema de clasificación de aeropuertos ha sido modificado para dar origen al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, actualmente usado en todo el mundo, se mencionarán las bases con las que el doctor A. Casagrande fundamentó su criterio para proponer su sistema de clasificación de aeropuertos.

En palabras de Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), en un principio el sistema se propuso en 1942 y fue bien visto por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América, y este fue aplicado para la construcción de aeropistas.

Este sistema divide los suelos en 2 tipos: la gruesa, esta se encuentra formada por partículas que pasan la malla N° 200 (0.074 mm) y menores que la malla de 3" (7.62 mm) y la fina, que está formada por partículas que pasan la malla N° 200.

A su vez la fracción gruesa se subdivide en arenas y gravas, donde tienen una frontera limitada por la malla N° 4 (4.76 mm). Las subdivisiones de esta fracción toman en consideración el contenido de los finos, así como su naturaleza y las características de graduación. Este conjunto tiene un aspecto similar al que más adelante se analizara en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

La fracción fina se subdivide en grupos, esto tomándose en cuenta sus características de plasticidad que están relacionadas a sus propiedades hidráulicas

y mecánicas, que son de gran interés para el ingeniero civil. Las propiedades mecánicas e hidráulicas importantes que busca el ingeniero para conocer información son: características de deformación y resistencia, permeabilidad velocidad de variación volumétrica, compresibilidad, etc.

La compresibilidad es una de las propiedades que más afecta para el origen de estos grupos, la cual está ligada con el valor del límite líquido que se encuentra en la plasticidad.

Existe un experimento que demuestra la relación entre la compresibilidad y la forma de las partículas de un suelo, aclarando que no es el tamaño el que determina la compresibilidad de los suelos finos si no la forma. Además, diversas investigaciones demuestran que la plasticidad de un material se debe a la forma laminar que lo constituyen indicando que las características de plasticidad son una medida indirecta que muestra el contenido de partículas laminares de un suelo y esto quiere decir que también las características de compresibilidad.

La mayoría de los suelos formados por partículas finas donde su origen no es de tipo volcánico presentan valores de límite líquido menores a 100; todo esto fue utilizado para dar partición y subdividir estos materiales en 2 grupos: los de baja a media compresibilidad que tiene un límite líquido menor a 50% y los de alta compresibilidad con un límite líquido mayor a 50%.

Según explican Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), los resultados de la investigación hecha por el doctor A. Casagrande condujeron a la elaboración de gráficas. Algunos hechos de interés respecto al establecimiento del sistema, desde

el punto de vistas del autor, la investigación revelo un hecho fundamental de A. Casagrande, la representación de los suelos en una carta de coordenadas LL-LP, los suelos finos se agrupan de un modo específico y no adoptan una distribución caprichosa como si fuera azar, de esta forma cada zona de la carta se encuentran suelos con características de plasticidad y propiedades hidráulicas y mecánicas definidas.

Los suelos situados en líneas inclinadas en la parte superior de la gráfica y estos mismos exhiben mayores características de plasticidad al estar conformados por partículas finas; los suelos que se sitúan en las zonas bajas son los que tiene alto contenido de materia orgánica, así como aquellos que contienen finos de baja plasticidad. Con esto se fijó una frontera que fijara un límite entre los grupos de suelos mencionados.

La línea obtenida empíricamente pasa por unos puntos de coordenadas y es conocida como "línea A". Esta línea según el criterio anteriormente citado, dividen la gráfica en 4 zonas que son las que fundamentalmente es la que hoy en día se considera en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Más adelante se hicieron modificaciones a esta carta dando origen a otra carta conocida como Carta de Plasticidad.

Las arcillas inorgánicas se sitúan en las zonas que quedan sobre la línea A; estas se simbolizan con la letra C (del inglés clay). Los limos o suelos inorgánicos quedan colocados bajo la línea A con símbolo M (del sueco mo y mjal, términos para suelos de partículas finas poco o nada plásticas); los suelos finos con

contenido de materia orgánica también se sitúan bajo la línea A y se usa el símbolo O.

Los suelos de alta compresibilidad de los de media o baja se distinguen entre todos estos grupos; se añaden símbolos diferentes para cada grupo, para el primero se añade el símbolo H (del inglés high compressibility), a los segundos la letra L (low compressibility). A continuación, se ilustran los 6 grupos que aparecen ubicados en sus correspondientes zonas.

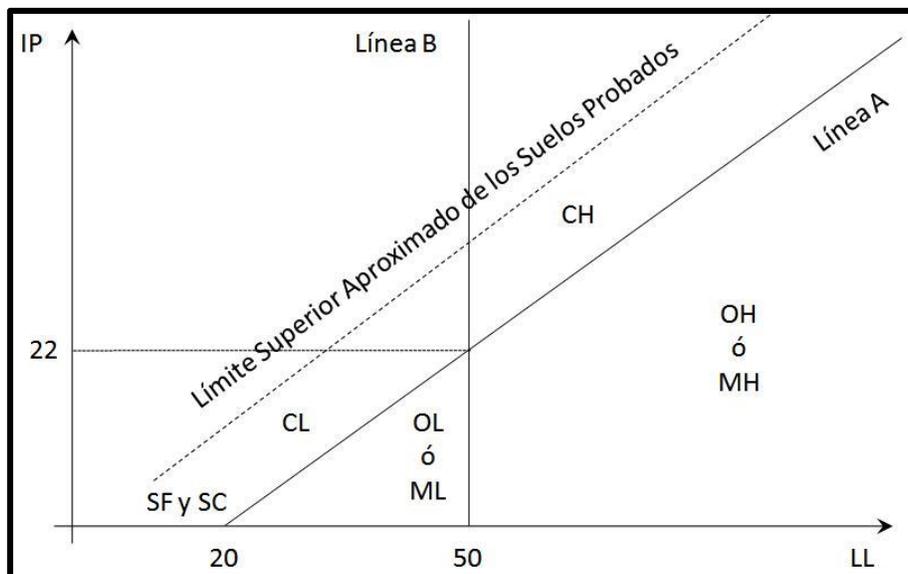


Figura 2.1. Carta de plasticidad, como se usó en el Sistema de Aeropuertos.

Fuente: Mecánica de Suelos Tomo 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos;
2005:153.

Con base en lo dicho por Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), las ubicaciones de otros dos grupos fueron añadidos originalmente por el doctor A. Casagrande, estos grupos son: SF y SC, el significado del primero se refiere a arenas con finos que no califican como SC; el segundo se refiere a arena con excelente cementante arcilloso o de otra categoría, en tal proporción que el material

prácticamente carece de contracción y expansión. (en la simbología anterior, S proviene del inglés sand, C de clay y cementation, y F de fines). Ninguno de estos grupos mencionados anteriormente se usa en el Sistema Unificado derivado del de Aeropuertos.

Identificar un suelo desconocido, por medio de los parámetros calculados que definen su plasticidad es el principal uso de la Carta de Plasticidad. La ubicación del suelo en uno de los grupos definidos indicará características de ese grupo como propiedades mecánicas e hidráulicas de ese conjunto. Se puede adquirir información básica sobre el suelo en cuestión de modo económico, simple y rápido si se cuenta con poca experiencia.

2.2.1. Sistema unificado de clasificación de suelos.

Según Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), anteriormente se mencionó que el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos está basado en el de Aeropuertos y se puede decir que sólo cuenta con algunas modificaciones.

“El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas, menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.” (Juárez Badillo y Rico Rodríguez; 2005: 153)

En primer lugar, se describirán los grupos referentes a los suelos gruesos:

Suelos gruesos:

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo. El significado se especifica a continuación:

a) Gravas y suelos en que predominan éstas. Su símbolo genérico es G (gravel).

b) Arenas y suelos arenosos. Su símbolo genérico es S (sand).

Según B. Sowers y F. Sowers (1972), la malla N° 4 es el límite que separa las gravas y arenas, pertenece al grupo G si el 50% sus partículas gruesas no pasan la malla N° 4 (retenida en la malla 200), y en caso contrario pertenece al grupo S si pasa más del 50% de su fracción gruesa.

Las gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos:

1) GW y SW: es una combinación de los símbolos genéricos, se considera material con pocos o limpio de finos, bien graduados (W proviene del inglés well graded). El contenido de finos que puedan tener este grupo no producen cambios en las características de resistencia de las partículas gruesas ni en su drenaje. En la práctica estos requisitos se garantizan, identificando el contenido de partículas finas no sea mayor a 5%, en peso. En el laboratorio, la graduación se encuentra por medio de los coeficientes de uniformidad y curvatura. Se especifica que el coeficiente de uniformidad sea mayor que 4, mientras el de curvatura debe estar entre 1 y 3 para considerar una grava bien graduada. Para el tener arenas bien graduadas, el coeficiente de uniformidad debe ser mayor que 6, y el de curvatura deberá estar entre los anteriores límites.

2) GP y SP: el símbolo P (poorly graded) en combinación con los genéricos originan esta subdivisión. Tienen material prácticamente limpio de finos, mal graduados. Son de apariencia uniforme o de una gran variedad de tamaños o presentan partículas predominantes de un solo tamaño. Como indica Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), para las pruebas de laboratorio, en lo que se refiere a su contenido de partículas finas se satisface los requerimientos para los dos grupos ya mencionados, pero los requisitos de graduación indicados para su consideración como bien graduados no cumplen. Las gravas uniformes que son como las que se depositan en los ríos y las arenas uniformes de playas y médanos, así como las mezclas entre ellas están dentro de estos grupos.

3) GM y SM: material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Los símbolos genéricos G y S en conjunto con el símbolo M (del sueco mo y mjala) dan lugar a estos grupos. La porción de finos que se encuentran en estos grupos afectan las capacidades de drenaje libre de la fracción gruesa y las características de esfuerzo-deformación, así como las de resistencia. El porcentaje de finos para que afecten en estas debe ser mayor a 12%, en peso, por lo tanto, se considera como frontera inferior de partículas finas de su contenido. Por medio de los requisitos de los límites de plasticidad se localiza la fracción que pasa malla N° 40 debajo de la línea A o en otro caso que el índice de plasticidad sea mayor que 4, quiere decir que la plasticidad de los finos en estos grupos varía entre media y nula.

4) GC y SC: material con cantidad apreciable de finos no plásticos. La combinación del símbolo C (clay) originan estos grupos. El contenido de finos para los grupos GM y SM es el mismo para estos grupos, es decir mayores a 12%. En

este caso en partículas, los finos cuentan con una media a alta plasticidad. Por lo tanto, se convierte en requisito que los límites de plasticidad se encuentren sobre la línea A y la fracción pase la malla N° 40°, además se tienen que cumplir que el índice plástico sea mayor que 7.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos considera a los suelos gruesos que contienen partículas finas entre 5% y 12% como casos de frontera, dándoles un símbolo doble. Verbigracia, una grava mal graduada, con contenido entre 5% y 12% de finos plásticos indica un símbolo GP-GC.

Se deberá usar también símbolos dobles, cuando un material no se pueda ubicar claramente dentro de un grupo, en casos de frontera. Dando un ejemplo, para un material bien graduado, con menos de 5% de finos y formada su fracción gruesa en igual cantidad de grava y arena indica el símbolo GW-SW.

Suelos finos:

Con base en lo dicho por Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos considera el símbolo de cada grupo formadas por dos letras mayúsculas, seleccionadas con un criterio similar utilizado para los suelos gruesos, dando lugar a las divisiones correspondientes:

- a) Limos inorgánicos, con símbolo genérico M (del sueco mo y mjala).
- b) Arcillas inorgánicas, con símbolo genérico C (clay).
- c) Limos y arcillas inorgánicas, con símbolo genérico O (organic).

Según el límite líquido de cada uno de estos tres tipos de suelo se subdividen en dos grupos. Si son suelos menores de 50% del límite líquido o de compresibilidad baja o media, se añade el símbolo L (low compressibility), dando origen a los grupos ML, CL, y OL. Para los suelos finos con un límite mayor a 50%, o sea con una compresibilidad alta, se les añaden el símbolo H (high compressibility), obteniendo los grupos MH, CH y OH.

La baja o alta plasticidad pues esta propiedad se expresa en parámetros de límite líquido e índice plástico (LL e Ip), en el caso actual las letras L y H sólo interviene el valor del límite líquido. La compresibilidad de un suelo está en función del límite líquido, por lo tanto, se deduce que a mayor límite líquido el suelo es más compresible.

La compresibilidad se refiere a la pendiente del tramo virgen de la curva de compresibilidad, pues el suelo puede estar en estado seco o preconsolidado, esto evitando referirse a la condición actual que se encuentre el suelo.

“Los suelos pantanosos y turbas son extremadamente compresibles y altamente orgánicos que casi siempre son fibrosos. Estos forman un grupo con el símbolo Pt (del inglés peat; turba)”. (Juarez Badillo y Rico Rodríguez; 2005: 155)

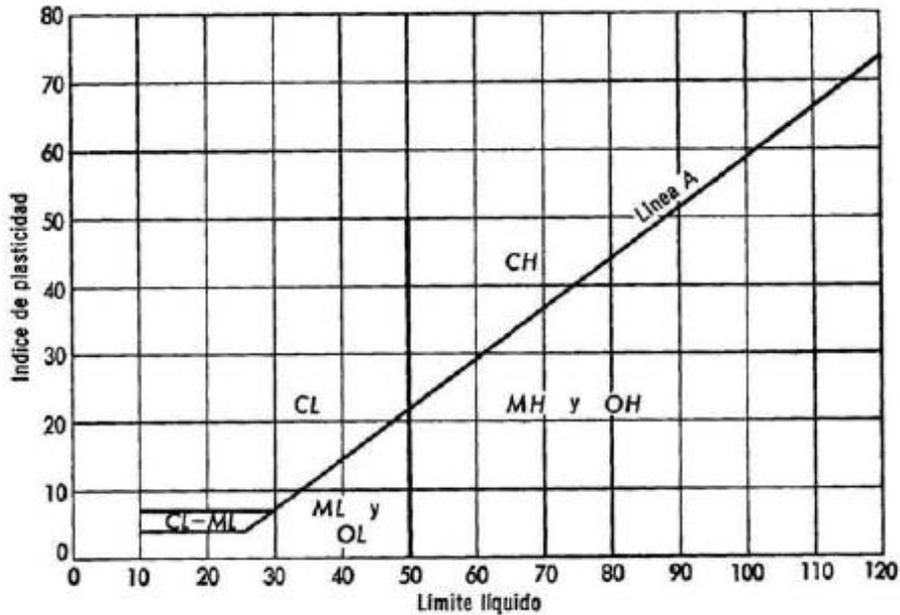


Figura 2.2. Carta de plasticidad para la clasificación de los suelos finos.

Fuente: Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones; 1972: 104.

En la figura 2.1 se mostró una modificación en la Carta de Plasticidad introducida por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Esta alteración hace referencia a los suelos arriba de la Línea A con índice plástico comprendido entre 4 y 7, los suelos que caen en esa zona son los cambian su clasificación. En la Figura 2.2 se muestra la modificación que sufre la Carta de Plasticidad que es la que hoy en día suele usarse.

A continuación, se describirán los diferentes grupos de suelos finos mencionados con anterioridad de una forma más detallada.

1) CL y CH: se menciona con anterioridad que en estos grupos se encuentran las arcillas inorgánicas. El CL corresponde a la zona que esta sobre la Línea A que comprende que el Límite Líquido debe ser menor a 50% y el índice plástico mayor a 7%.

La zona que también corresponde arriba de la Línea A es la de CH que está definida por un Límite Líquido mayor a 50%. Las cenizas volcánicas forman una arcilla por medio de descomposición química como las que se encuentran en el Valle de México o la bentonita, que contienen un Límite Líquido de hasta 500% y que se clasifican como CH.

2) ML y MH: la zona bajo la Línea A pertenece al grupo ML que se encuentra definida por un Límite Líquido menor a 50% y la pequeña zona sobre la Línea A la define un índice plástico menor a 4. El grupo MH al igual que el grupo ML corresponde a la zona bajo la Línea A, pero definida por un Límite Líquido mayor a 50%.

Los limos inorgánicos y los limos arcillosos quedan encasillados en estos grupos. Los limos inorgánicos con un Límite Líquido menor a 30% son localizados dentro del grupo ML. También en este grupo se comprenden los depósitos eólicos con un Límite Líquido entre 25 y 35%.

Los derivados de los feldespatos de rocas graníticas son arcillas del tipo caolín con un interesante caso de estudio de suelo finos.

“A pesar de que el nombre de arcillas está muy difundido para estos suelos, algunas de sus características corresponden a limos inorgánicos; por ejemplo, su

resistencia en estado seco es relativamente baja y en estado húmedo muestran cierta reacción a la prueba de dilatancia; sin embargo, son suelos finos y suaves con un alto porcentaje de partículas tamaño de arcilla, comparable con el de otras arcillas típicas, localizadas arriba de la Línea A. En algunas ocasiones estas arcillas caen en casos de frontera MI-CL y MH-CH, dada su proximidad con dicha línea.” (Juárez Badillo y Rico Rodríguez; 2005: 156)

Los suelos finos que caen sobre la Línea A con un 4 y 7% de Índice de Plasticidad se consideran como casos de frontera, asignándoles el símbolo doble CL-ML.

3) OL y OH: estos dos grupos pertenecen a la misma zona que los grupos ML y MH, además los suelos orgánicos siempre se encuentran en lugares cercanos a la Línea A.

Cuando una pequeña porción de materia coloidal se encuentra en una arcilla inorgánica hace que su Límite Líquido crezca; esto provoca un desplazamiento del suelo hacia la derecha en la Carta de Plasticidad y ocupando una posición alejada de la Línea A.

4) Pt: la posición de estos suelos en la Carta de Plasticidad se encuentra debajo de la Línea A; el Índice Plástico varía normalmente entre 100% y 200% y su Límite Líquido entre 300% y 500%. Después de un completo remoldeo las pruebas de límites pueden ejecutarse en la mayoría de los suelos turbosos.

De una forma similar al de los suelos gruesos, cuando un suelo fino no entra en ninguno de estos grupos, se usan símbolos dobles de frontera.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos abarca una descripción del mismo y no sólo se concentra en ubicar a los materiales dentro de los grupos anteriormente mencionados. Esta descripción puede resultar de fundamental importancia en la formación de un sano criterio técnico y claramente también puede jugar un papel muy importante para poner de manifiesto características sobre las pruebas que se realizan como por ejemplo la compacidad.

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO			
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GRAVAS LIMPIAS Poco o nada de partículas finas	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de gravas y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$		
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de gravas y arena con poco o nada de finos			
		GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	+ d	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	
			u	GC	Gravas arcillosas, mezcla de gravas, arena y arcilla		LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.
		ARENAS LIMPIAS Poco o nada de partículas finas	ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	$C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.	
				SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW
		ARENAS LIMPIAS Poco o nada de partículas finas	ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	+ d	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.
				u	SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla.	
		SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 @ Las partículas de 0.075 mm de diámetro (la malla N.º 200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arcillosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G - Grava, S - Arena, O - Suelo Orgánico, P - Turba, M - Limo, C - Arcilla, W - Bien Graduado, P - Mal Graduado, L - Baja Compresibilidad, H - Alta Compresibilidad	
				CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres		
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.						
LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	MH		Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.				
	CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas				
	OH		Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de mediana plasticidad.				
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	P		Turbas y otros suelos altamente orgánicos.				

CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)

Figura 2.3. Tabla del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Fuente: Manual de Mecánica de Suelos de la UMSNH; 2008: 11.

Para los suelos gruesos, de una manera en general se proporcionan los próximos datos: nombre típico, características de su superficie, porcentaje aproximados de grava y arena, angulosidad, dureza de las mismas, tamaño máximo de las partículas, nombre local y geológico y cualquier otro dato que se necesite para poder llevar acabo la aplicación del material.

Se añaden datos adicionales como la estratificación, cementación, características de drenaje, compacidad y condiciones de humedad para los suelos gruesos en estado inalterado.

Como indica Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005), se proporcionarán los siguientes datos para suelos finos: nombre típico, cantidad y tamaño máximo de las partículas gruesas, grado y carácter de su plasticidad, olor, color del suelo húmedo, nombre local y geológico y cualquier otro dato que describa el suelo en base con la aplicación que se le dará al material.

Para un estado inalterado del suelo se agrega datos adicionales como estratificación, condiciones de humedad, consistencia en los estados inalterado y remoldeado y características de drenaje.

2.3. Geotecnia.

Es el reconocimiento, ensayos y pruebas realizadas al terreno que se llega a la interpretación de los datos obtenidos en los mismos, y en conjunto permiten caracterizar los diversos tipos de suelos, así como sus propiedades de la zona de estudio con base al proyecto y sus objetivos.

Según John Harvey (1987), la geotecnia es la aplicación de las ciencias que estudian el comportamiento de los materiales cómo son la Mecánica de Suelos y la Mecánica de Rocas. Estas ciencias predicen el comportamiento del suelo cuando se construye sobre éste o se hacen túneles en su interior.

Para entender el comportamiento de los terrenos es necesario conocer los procesos geológicos básicos. Se analizan especialmente las propiedades asociadas a su comportamiento bajo presión mecánica y ante las fuerzas químicas que actúen en la superficie terrestre, las cuales producen la desintegración de la roca sólida y la convierten en suelo.

2.3.1. Diferentes tipos de sondeos.

Los sondeos son métodos de exploración que se deben usar en aquellos casos en que el reconocimiento del perfil estratigráfico necesario que se deberá estudiar no pueda ser realizado mediante pozos a cielo abierto, ya sea porque se requiere reconocer el perfil en una profundidad importante, o bien por presencia de agua.

“Los suelos finos, exentos de gravas, pueden ser bien estudiados mediante sondeos. La información que se puede obtenerse de sondeos efectuados en suelos con gravas es generalmente incompleta y deficiente, pero en determinados casos resulta ser la única posible a realizar.” (es.scribd.com; 2016)

Los tipos principales de sondeos que se usan en Mecánica de Suelos para fines de muestreo y reconocimiento del suelo, en general, son los siguientes:

- Pozos a cielo abierto: Cuando este método sea practicable debe considerarse como el más satisfactorio para conocer las condiciones del suelo, ya que consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico pueda directamente bajar a examinar los diferentes estratos del suelo en su estado natural, así como darse cuenta de las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo.
- Perforaciones con posteadoras, barrenos helicoidales o métodos similares: En estos sondeos exploratorios la muestra de suelo obtenida es completamente alterada, pero resulta ser representativa del suelo en lo referente a contenido de agua, por lo menos en suelo muy plástico. Los barrenos helicoidales pueden ser de diferentes tipos no solo dependiendo del suelo a atacar. Un factor importante es el paso de la hélice que debe ser muy cerrado para suelo arenosos y mucho más abierto para el muestreo en suelos plásticos. Posiblemente más usadas que los barrenos son las posteadoras a las que se hace penetrar en el terreno ejerciendo un giro sobre el mineral adaptando al extremo superior de la tubería de perforación, formada por secciones de igual longitud, que se van añadiendo según aumenta la profundidad. Las muestras de cuchara son generalmente más alteradas todavía que las obtenidas con barrenos helicoidales y posteadoras; la razón es el efecto del agua que entra en la cuchara junto con el suelo, formando en el interior una seudosuspensión parcial del mismo. Las muestras son apropiadas solamente para pruebas de clasificación y, en general, para aquellas pruebas que no requieran muestras inalteradas.

- Método de lavado: Este método constituye un procedimiento económico y rápido para conocer aproximadamente la estratigrafía del suelo. El método se usa también en ocasiones como auxiliar de avance rápido en otros métodos de exploración. Las muestras obtenidas en lavado son tan alteradas que prácticamente no deben ser consideradas como suficientemente representativas para realizar ninguna prueba de laboratorio.
- Métodos de penetración estándar: “Este procedimiento es, entre todos los sondeos exploratorios quizá el que rinde mejor resultados en la práctica y proporciona más útil información en torno al suelo y no solo en lo referente a descripción.” (www.dearkitectura.blogspot.mx; 2016) En suelos puramente friccionantes la prueba permite conocer la compacidad de los mantos que es la característica fundamental respecto a su comportamiento mecánico. En suelos plásticos la prueba permite adquirir una idea, si bien tosca, de la resistencia a la compresión simple. Además, el método lleva implícito un muestreo, que proporciona muestras alteradas representativas del suelo en estudio.
- Métodos de penetración cónica: “Estos métodos consisten en hacer penetrar una punta cónica en el suelo y medir la resistencia que el suelo ofrece.” (www.dearkitectura.blogspot.mx; 2016) Dependiendo del procedimiento para hincar los conos en el terreno, estos métodos se dividen en estáticos y dinámicos. En los primeros la herramienta se hince a presión, medida en la superficie con un gato apropiado; en los segundos el hincado se logra a golpes dados con un peso que caen. En la prueba dinámica puede usarse un

penetrómetro atornillado al extremo de la tubería de perforación, que se golpea en la parte superior de un modo análogo al descrito para la prueba de penetración estándar.

- Métodos con tubo de pared delgada: Este tipo de muestreo no es recomendable para suelos muy blandos, con alto contenido de agua y arena, ya que en ocasiones no se logra extraer la muestra, saliendo a la superficie sin ella.
- Métodos rotatorios para roca: Cuando un sondeo alcanza una capa de roca más o menos firme o cuando en el curso de la perforación las herramientas hasta aquí descritas tropiezan con un bloque grande de naturaleza rocosa, no es posible lograr la penetración con los métodos estudiados y ya de recurrirse a un procedimiento diferente como el empleo de máquinas perforadoras a rotación, con broca de diamantes o del tipo cáliz.
- Método sísmico: Este procedimiento se funda en la diferente velocidad de propagación de ondas vibratorias de tipo sísmico a través de diferentes medios materiales. Las mediciones realizadas sobre diversos medios permiten establecer que esa velocidad de propagación varíe entre 150 y 2500 m/seg en suelos, correspondiendo los valores mayores a mantos de grava muy compactos y las menores a arenas sueltas.
- Resistencia eléctrica: Este método se basa en el hecho de que los suelos, dependiendo de su naturaleza, presentan una mayor o menor resistividad eléctrica cuando una corriente es inducida a través de él.

- Magnético y gravimétrico: El trabajo de campo correspondiente a estos métodos de exploración es similar, distinguiéndose en el aparato usado. En el método magnético se usa un magnetómetro, que mide la componente vertical del campo magnético terrestre en la zona considerada, en varias estaciones próximas entre sí. En los métodos gravimétricos se mide la aceleración del campo gravitacional en diversos puntos de la zona a explorar. Valores de dicha aceleración ligeramente más altos que el normal de la zona indicaran la presencia de mama duras de roca; lo contrario será índice de la presencia de mama ligeras o cavernas y oquedades.

2.3.2. Diferentes tipos de muestreo.

La importancia de la exploración y el muestreo de un suelo radica en que si este trabajo se realiza apropiadamente se podrá obtener muestras inalteradas y representativas mediante las cuales se conocerán las propiedades físicas del suelo en estudio y se estará en la posibilidad de clasificarlo y ubicar la naturaleza del problema con más facilidad de ocurrir. En base en lo anterior, se podrán escoger aquellas pruebas de laboratorio que sean más apropiadas para el problema específico.

“El muestreo consiste en obtener una porción representativa del material con el que se pretende construir una terracería o bien del material que ya forma parte de la misma.” (Métodos de Muestreo y Pruebas de Materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; 2003: 1)

El muestreo incluye además las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras, las que se clasifican como sigue:

- Muestras cubicas inalteradas: Son aquellas en las que se conserva la estructura y el contenido de agua natural del suelo en el lugar donde se toma la muestra, por lo que la obtención, envase y transporte, requieren cuidados especiales a fin de no alterarlas. Son generalmente cubicas, de aproximadamente 40 cm por lado, que se cubren con una membrana impermeable hecha de manta de cielo, parafina y brea para protegerlas y evitar la pérdida de agua durante el transporte y almacenamiento.
- Muestras representativas: Son aquellas que están constituidas por el material disgregado o fragmentado, en las que se tomas precauciones especiales para conservar el contenido de agua, envasándolas en bolsas de plástico u otros recipientes impermeables para impedir la perdida de agua durante el transporte y almacenamiento.

“El muestro de suelos o de fragmentos de roca, cuando se trate de determinar la estratigrafía y propiedades del subsuelo a lo largo del trazo de una obra o seleccionar los préstamos y bancos para terracerías, se efectuara en los sitios y en las profundidades determinadas según en los criterios establecidos en la Norma N-PRY-CAR-1-02-003, Exploración Directa del Subsuelo y sistemáticamente durante la ejecución de las obras, en los sitios seleccionando de manera objetiva y aleatoria de acuerdo con el Manual M-CAL-1-02, Criterios Estadísticos de Muestro, en cada frente de producción de los préstamos o bancos, en los almacenes y en los lugares donde se utilicen.” (Métodos de muestreo y prueba de materiales; 2003: 1)

Según su propósito, el tipo, tamaño y número de muestras, serán los establecidos en la siguiente figura:

Propósito del muestreo	Tipo y número	Tamaño de las muestras parciales ^[1] kg
Determinar la estratigrafía y propiedades del subsuelo a lo largo del trazo de una obra o seleccionar los préstamos y bancos para terracerías	Una muestra representativa de cada estrato en cada pozo a cielo abierto o frente abierto de material	4
	Una muestra integral por cada pozo a cielo abierto y por cada 150 m ³ de material aprovechable	50
	Dos muestras integrales de cada frente abierto de material	20
	Una muestra cúbica inalterada por cada estrato de suelo fino típico, para determinar sus propiedades mecánicas. El número será definido por el responsable del estudio	[3]
Estudio de almacenamientos	Una muestra integral por cada 1 000 m ³ de material homogéneo ^[2]	20
Control de calidad	Una muestra integral por cada 300 m ³ de material que se utilice para terraplén o subyacente y por cada 200 m ³ para subrasante	10
	Una muestra integral por cada 1 000 m ³ de material que se utilice para terraplén, por cada 800 m ³ para subyacente y por cada 500 m ³ para subrasante	50

Figura 2.4. Tabla de números y tamaños de las muestras.

Fuente: Manual de Muestreo y Pruebas de Materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; 2003: 4.

Las muestras cubicas inalteradas se obtienen de suelos finos o arenosos que puedan labrarse sin que se disgreguen. Los trabajos previos que se realizan son la limpieza de la superficie donde se extraerá la muestra, eliminando toda la materia orgánica, polvo o basura o cualquier otra sustancia que pueda contaminarla. Inmediatamente antes de efectuar el muestro se prepara una mezcla de cuatro partes de parafina por una parte de brea, fluidicadas por medio de calor, dicha

mezcla se conserva a temperatura tal que la mantenga en estado líquido hasta ser empleadas.

La obtención de las muestras se efectúa en las paredes de un excavación, en la superficie del terreno natural o en la de una terracería construida; dependiendo de lo anterior, el procedimiento para la extracción de las muestras inalteradas consiste en excavar una bóveda alrededor del sitio de donde se extrae la muestra, con objeto de facilitar el labrado de las caras superiores y laterales de un cubo de aproximadamente 40 cm por lado y poder efectuar posteriormente un corte horizontal en la parte inferior del mismo, después se cubre la muestra, se extrae e identifica la muestra.

Las muestras representativas e integrales se obtienen de las paredes de un corte, de un pozo a cielo abierto, de un frente natural, del frente abierto de un banco, de los taludes de un almacenamiento de materiales o de capas de terracerías construidas. El muestro, se acuerdo con su propósito se realizan trabajos de limpieza de en la superficie de la pared o talud donde se extraerá la muestra, eliminando toda la materia orgánica, polvo y basura o cualquier otra sustancia que pueda contaminarla.

Cuando se requiera determinar la estratigrafía y propiedades del subsuelo que pueda observarse directamente den la superficie de la pared, una vez limpiada como se indica en el inciso anterior, las muestras representativas de cada estrato de suelo se identifican plenamente en la pared, con ayuda de herramientas adecuadas. Cada muestra obtenida se envasa en una bolsa de plástico limpia y resistente o en cualquier otro recipiente hermético, se introduce una tarjeta de

identificación y se cierra inmediatamente el envase para evitar cambios en el contenido de agua.

2.3.3. Mapas geotécnicos.

Los mapas geológicos o también denominados mapas geológicos de ingeniería dan información sobre el tipo de roca, pero no incluye los aspectos físicos y químicos como el intemperismo, fracturamiento, aunque se incluye en ocasiones el clivaje y otras estructuras lineales.

El diseño estructural y de cimentaciones debe considerar el mapa geotécnico, porque allí se define el comportamiento del suelo, que va a estar en contacto con la estructura a construir.

“Desde 1970 se ha incrementado la demanda en la producción de mapas especiales que indiquen aquellas propiedades de rocas y suelos que son de interés especiales para los ingenieros civiles.” (Harvey; 1987: 131)

Es importante aclarar las variables que influyen en el correcto diseño de las cimentaciones cómo tipo de suelo, la variación de estratos, la consistencia, las propiedades físicas y mecánicas, la ubicación del nivel freático, la profundidad de cimentación, la capacidad portante por resistencia, la capacidad portante por asentamiento, el esfuerzo neto, los asentamientos diferenciales y totales, los agentes agresivos y ataques químicos al suelo y aguas subterráneas, la expansibilidad y fuerza expansiva del suelo, la estabilidad de taludes de excavación, las especificaciones de los reglamentos, etc., y solo si las conocemos se podrá

realizar un diseño de cimentaciones de manera óptima donde esto se resume a que todo proyecto inicia por el suelo y su análisis.

Los mapas geotécnicos una o más variables, en la siguiente lista se muestran algunas de las propiedades de rocas y suelos que se pueden incluir en los mapas:

- Factores geodinámicos.
- Mapas geomorfológicos.
- Descripciones litológicas de las rocas.
- Límites de Atterberg.
- Granulometría.
- Resistencia, deformidad, porosidad, permeabilidad.
- Zoneamiento geológico de ingeniería.
- Trazos estereográficos.
- Hundimientos de minas.
- Categorías de pendientes.
- Mapas de isopocas.
- Relleno.
- Mapas de documentación.
- Hidrología.
- Grado y profundidad de intemperismo.
- Profundidad de la cabecera de la roca.
- Riesgos geológicos.
- Zonas de alto esfuerzo tectónico.

- Discontinuidades.
- Inestabilidad de pendientes.
- Requisitos para cimentaciones.

De acuerdo con Harvey (1987), durante los levantamientos de los terrenos se miden numerosas propiedades geotécnicas que conlleva a incluirse demasiadas en un solo mapa y por lo tanto genera confusión al usuario con toda esa información junta y crearía un peligro público.

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se abordarán temas de gran importancia para este estudio referentes a la micro y macro localización del sitio como son las generalidades, resumen ejecutivo, entorno geográfico, informe fotográfico, alternativas de solución y proceso de análisis que ayudarán a interpretar y a describir los pasos necesarios para la realizar las pruebas correspondientes.

3.1. Generalidades.

El presente trabajo de tesis se realiza para obtener la zonificación geotécnica del suelo de la colonia “México” en la ciudad de Uruapan, Michoacán, en base a sus propiedades índices y mecánicas.

Las pruebas se realizarán en base al Manuales y Normas como el establecido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) llamado Métodos de Muestro y Prueba de Materiales. Y la información se digitalizará en un software llamado ArcView para realizar un mapa y perfil estratigráfico.

3.2. Objetivo.

El propósito de la investigación es analizar los tipos de suelo que mediante la Mecánica de Suelos se puede encontrar en la colonia “México” y generar mapas de zonificación geotécnica superficial ya que es de gran importancia conocer ese tipo de información para en un futuro se obtenga un amplio conocimiento sobre los tipos de suelo y cuando la sociedad quiera realizar un proyecto tengan los datos necesarios del suelo y así las estructuras sean apoyadas en cimentaciones perfectamente diseñadas.

Objetivos particulares:

- 1) Definir el origen de los suelos, su composición y su formación.
- 2) Definir la estructura de los suelos.
- 3) Definir los agentes formadores de suelos y su formación.
- 4) Señalar la clasificación de los suelos con base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
- 5) Definir los diferentes tipos de sondeos.
- 6) Ubicar el lugar donde se realizará la investigación.
- 7) Realizar sondeos de la zona de interés.

3.3. Alcance del proyecto.

Este trabajo de investigación tiene como propósito conocer las propiedades del suelo y sus características que este presenta para poder dar una solución adecuada al proceso constructivo de estructuras que se desplanten en ese suelo.

Teniendo en cuenta esto, este trabajo de investigación no abordará temas como cimentaciones o estructuras solo y únicamente se hablará sobre los suelos, el proceso de su análisis en laboratorio y los resultados que se obtuvieron.

3.4. Resumen ejecutivo.

La obtención de información se extrajo de diferentes fuentes principalmente manuales, libros, normas de diferentes instituciones como SCT, CFE, UNAM, entre otras.

Para la elaboración de esta tesis fue necesario realizar sondeos y obtener muestras del suelo delimitando el área de la colonia y se escogieron los lugares más adecuados para realizar los sondeos. Ya que es una zona urbana las muestras se extrajeron de predios tratando que fueran equidistantes entre sí.

Se realizaron 6 sondeos a una profundidad de 2 metros donde se tomaron datos de campo como número de estratos, su espesor, textura, color, olor, etc. Se sacó una muestra inalterada de cada sondeo y muestras representativas de cada estrato.

Las muestras se llevaron al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Don Vasco A. C. para realizar las pruebas índices y mecánicas en cada uno de los sondeos para posteriormente obtener los resultados necesarios y realizar un mapa geológico de la zona, así como sus perfiles estratigráficos.

3.5. Entorno geográfico.

La interacción del ser humano con otra especie y tomando en cuenta factores como el clima, geología, hidrología, flora, fauna y otras características del ecosistema hace referencia al entorno geográfico.

La agroindustria es uno de los grandes rasgos de la ciudad de Uruapan debido a que es potencia mundial en la cosecha y exportación del aguacate sin dejar su reconocidas tradiciones, cultura y gastronomía. La ciudad está formada principalmente por comercios, viviendas, clínicas, hospitales e industria. Los monumentos y museos son un gran atractivo turístico, así como el Parque Nacional. Las fiestas, danzas, tradiciones, música y artesanías son emblemáticas de la ciudad de Uruapan.

Esta colonia colinda con el Aeropuerto Internacional de Uruapan, así como la colonia “Ampliación Revolución”, “1 de mayo” y “San José Obrero”, además se encuentra en una zona céntrica de la ciudad de Uruapan por lo que su región es una zona urbana. Además, se encuentra en una de las partes más bajas de la ciudad y en una zona pantanosa por lo que en algunas partes en nivel de aguas freáticas se encuentra a muy poca profundidad.

Existen varios tipos de construcciones como casas-habitación, escuelas, comercios, salones de fiestas y edificios pequeños. En base a la zona en que se encuentra ubicada esta colonia se han encontrado casos en que las construcciones tiene problemas de cimentaciones por no realizar los estudios adecuados del suelo.

3.5.1. Macro y micro localización.

La investigación se llevará a cabo en el municipio de Uruapan, Michoacán, localizado al Oeste del estado, teniendo como coordenadas $19^{\circ}25'$ de latitud norte y $102^{\circ}03'$ de longitud oeste, a una altura de 1,620 metros sobre el nivel del mar. Limitada al norte con Charapan, Paracho y Nahuatzen, al este con Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan, al sur con Gabriel Zamora, y al oeste con Nuevo Parangaricutiro, Peribán y Los Reyes. Representa 1.62% del total del estado contando con una superficie de 954.17 km^2 . En el siguiente mapa se representa una mejor ubicación del estado de Michoacán respecto a la República Mexicana.



Imagen 3.1. Ubicación de Michoacán dentro de la República Mexicana.

Fuente: www.Changoonga.com (2014)

La ubicación geográfica de la ciudad de Uruapan dentro del estado del estado de Michoacán se en la imagen 3.2 y se mostraran sus colindancias con los diferentes municipios.

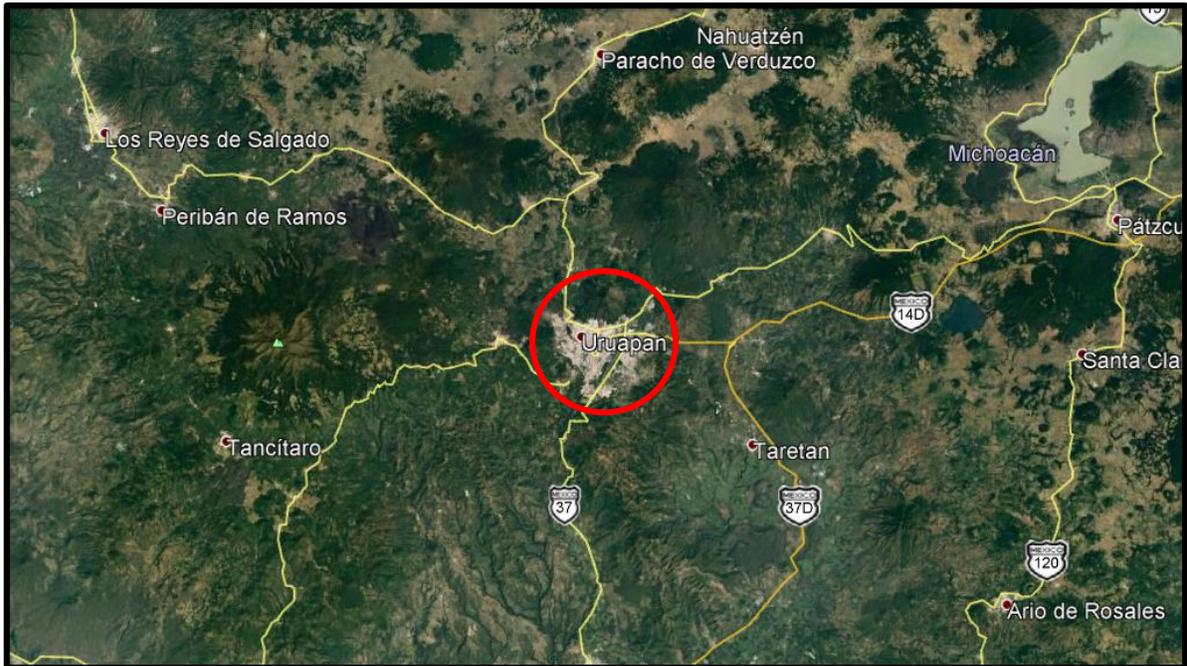


Imagen 3.2. Ubicación de la ciudad de Uruapan dentro del estado de Michoacán.

Fuente: Google Earth (2017).

Con lo anteriormente dicho, la investigación se realizó en la colonia “México” dentro de la ciudad de Uruapan en donde se realizaron diferentes sondeos ubicados en distintas partes de dicha colonia para poder realizar en estudio.

La delimitación de la colonia y su ubicación dentro la ciudad se muestra en la imagen 3.3.



Imagen 3.3. Micro localización de la colonia “México” en la ciudad de Uruapan.

Fuente: Google Earth (2017).

3.5.2. Geotecnia regional y de la zona de estudio.

De acuerdo con Salas y Alpañes (1975), la geotecnia tiene un esqueleto coherente y científico, que está constituido por la Mecánica del Suelo y la de las rocas.

En la ciudad de Uruapan está formada en su mayor parte por rocas de tipo basalto, brecha volcánica básica, andesita y dacita. En la imagen 3.4. se muestra mejor los tipos de roca existentes en el municipio de Uruapan.

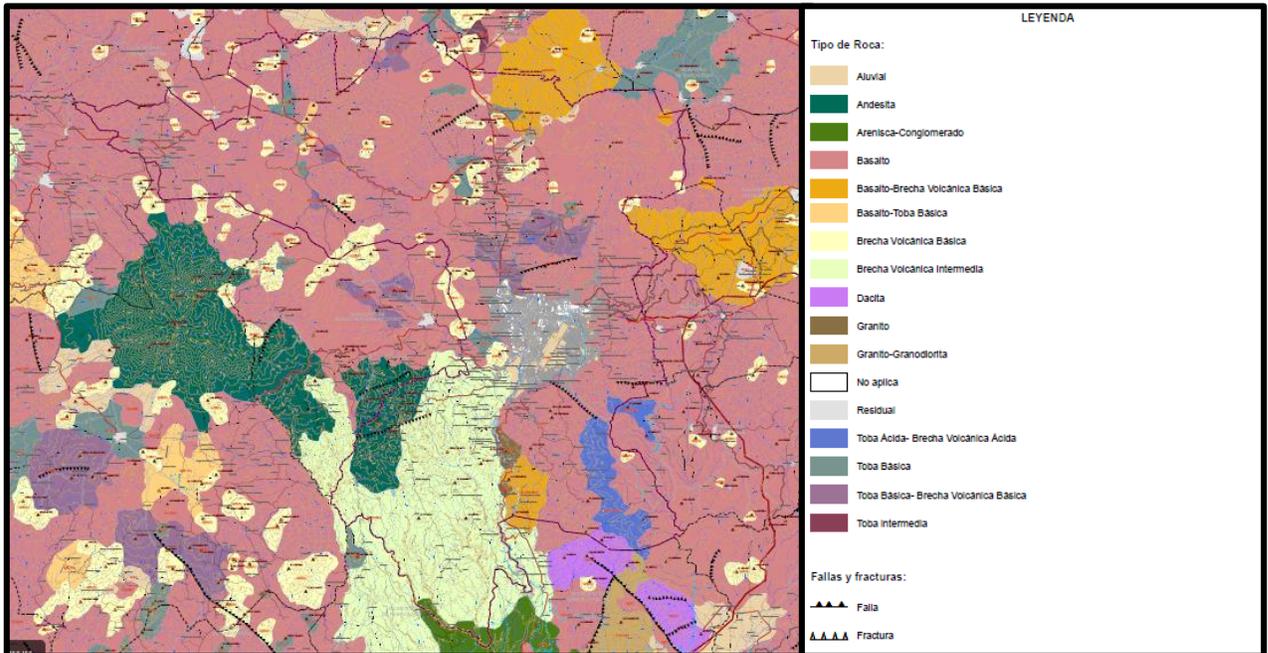


Imagen 3.4. Carta geológica del municipio de Uruapan, Michoacán.

Fuente: www.inegi.org.mx (2017)

3.5.3. Clima regional y de la zona de estudio.

Según el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) describe que en Uruapan cuenta con un clima templado y tropical y con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 1,759.3 milímetros y temperaturas que oscilan entre 8.0 a 37.5 grados centígrados. En la imagen 3.5 se visualiza mejor los tipos de clima que existen en la región.

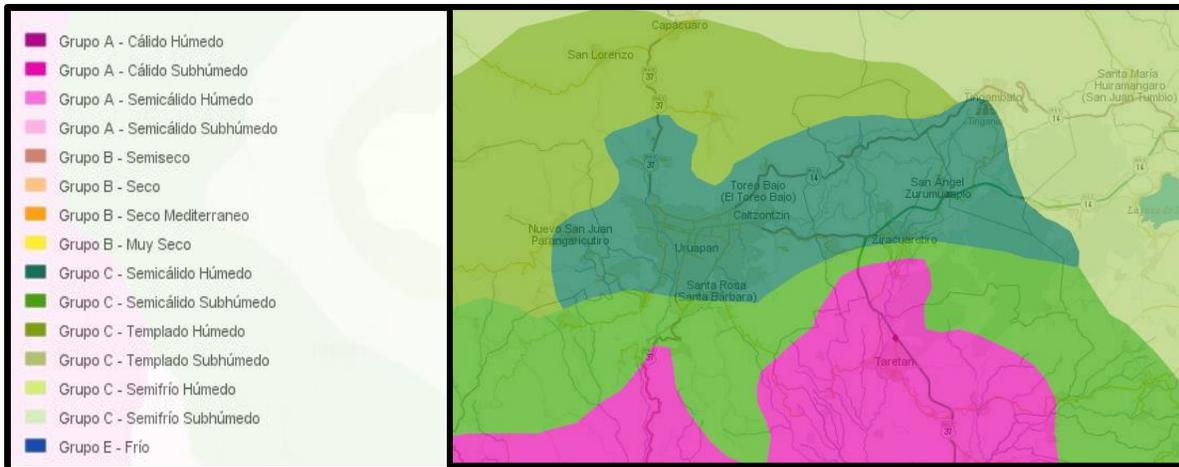


Imagen 3.5. Unidades climáticas de la región de Uruapan, Michoacán.

Fuente: www.inegi.org.mx (2017)

3.6. Informe fotográfico.

El siguiente informe presenta el lugar donde fueron ubicados y realizados los sondeos correspondientes para hacer las pruebas de laboratorio. En la imagen 3.6 se muestran los correspondientes sondeos.



Imagen 3.8. Sondeos realizados en la colonia “México”.

Fuente: Google Earth (2017)

Los sondeos realizados en las diferentes partes de la colonia servirán para conocer las propiedades de los suelos y sus características en toda la zona de estudio.

El sondeo 1 y sondeo 2 presentaron los mismos tipos de suelos en sus diferentes estratos la única diferencia y características de campo fueron los espesores de sus estratos. En ambos sondeos presentaron alto contenido de humedad y por experiencia antes vista en la teoría se dice que poseen poca capacidad de carga. En la imagen 3.9 se muestra el sondeo 1 y sondeo 2.



Imagen 3.9. Sondeo 1 y 2.

Fuente: Propia.

En la imagen 3.10 se incluyen los demás sondeos correspondientes a los números 3, 4, 5 y 6 donde se encontraron materiales como limos con un tono de color café oscuro en sus primeros 2 estratos y arcillas con una tonalidad café claro rojizo en sus terceros estratos y con un alto porcentaje de humedad.



Imagen 3.10. Sondeos 3, 4, 5 y 6.

Fuente: Propia.

3.6.1. Problemática.

El interés de estudiar esta zona en la ciudad de Uruapan es porque se desconocen los tipos de suelo y sus propiedades mecánicas, así como los índices. Específicamente esta zona cuenta con varias edificaciones de tipo vivienda donde se presentan fallas estructurales ya que las cimentaciones no eran aptas para esos suelos por lo tanto se verificará si a 2 metros de profundidad el suelo cuenta con una capacidad de carga apta para esas construcciones.

3.6.2. Estado físico actual.

Con base en lo dicho anteriormente, se necesita estudiar el suelo donde se quiere desplantar cualquier tipo de obra. Aunque en la ciudad de Uruapan cuenta con un mapa de zonificación geotécnica, pero la información que hay sobre la colina "México" no es tan precisa sobre los detalles de las propiedades en cada uno de los diferentes suelos que existen en esa zona. La siguiente investigación tiene como objetivo crear un mapa virtual específicamente de esa zona para que los constructores tengan una herramienta de trabajo y puedan realizar obras con mayor certeza y de buena calidad.

3.7. Alternativas de solución.

El programa ArcView es una herramienta virtual muy útil en la realización de mapas por lo tanto se optó para que fuera la alternativa más viable, así como la realización de los sondeos lo más equidistantes posibles y haciéndolos a 2 metros

de profundidad ya que es donde se desplantan cimentaciones superficiales, delimitando el área de la colonia a estudiar y el análisis de las muestras en el laboratorio.

3.8. Proceso de análisis.

Para el primer paso del análisis es el delimitar el área de estudio y en base a esta se obtuvieron aproximadamente 3,000 m² por lo que se propusieron 6 sondeos como mínimo ya que cada sondeo puede abarcar 500 m². Después se fueron a visitar los lugares correspondientes para cada sondeo, donde se realizaron en predios, al ser una zona urbanizada eran los únicos lugares donde se podrían tomar las muestras. Se prosiguió a realizar los sondeos a 2 metros de profundidad con ayuda de maquinaria pesada, pico y pala para posteriormente tomar las muestras necesarias y realizarle las pruebas. Las muestras fueron llevadas al laboratorio de Mecánica de Suelos en la Universidad Don Vasco ubicada al Norte de la ciudad de Uruapan se realizaron las pruebas índices que constan de granulometría, límites de consistencia y densidad de sólidos, y las mecánicas que son únicamente las de consolidación y triaxial rápida. Con la información obtenida de las pruebas se continuo con el procesamiento de la información en el programa ArcView para generar el mapa geotécnico de la zona y poder tener una mejor representación de la información obtenida.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se abordará la descripción metodológica de la investigación, especificando el método empleado, el método matemático, el enfoque de la investigación, el alcance de la investigación, diseño que se siguieron durante todo el proceso de investigación; además, se hará mención de los instrumentos utilizados para la recopilación de datos.

4.1. Método empleado.

El método empleado para la elaboración y desarrollo de esta investigación es el método científico. Según Tamayo (2003), este método usa la lógica aplicada a hechos observados usando conjuntos de procedimientos para plantear problemas científicos donde se ponen a prueba hipótesis e instrumentos de trabajo.

“El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica.” (Tamayo y Tamayo; 2003: 28)

De acuerdo con Tamayo y Tamayo (2003), citando a Ander Egg (op. cit., p. 17) especifican las siguientes características:

Es factico. Tiende a regirse por los hechos teniendo una referencia empírica.

Trasciende los hechos. Se enfocan en la realidad, para ir más allá de las apariencias.

Verificación empírica. Se basan en esta verificación para dar una respuesta a los problemas planteados y para poder sustentar sus propias afirmaciones.

Autocorrectivo. Va rechazando o ajustando las propias conclusiones.

Formulaciones de tipo general. Interesa a la medida en que todo hecho es clasificable o legal.

Es objetivo. Un hecho es un dato real y objetivo.

4.1.1. Método matemático.

Según Tamayo (2003), el modelo matemático no es más que saber interpretar la realidad a través de fórmulas matemáticas, estos expresan hechos, variables, entidades, parámetros. Los cuales estudian la complejidad de algunos sistemas ante situaciones difíciles de observar en la realidad.

Es una de las primeras nociones conceptuales que capta el ser humano, por lo que este método se identifica ya que se trabaja en números y serie de cálculos con el fin de llegar a un resultado.

El procedimiento matemático es genérico el cual indica el origen del objeto, por lo que en cualquier investigación que se asienten números, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones, con fin de afirmar o negar algo que se está aplicando el método cuantitativo.

4.2. Enfoque de la investigación.

Dentro de la investigación se tienen dos principales enfoques, los cuales son el cuantitativo y el cualitativo.

La investigación cuantitativa es la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, ofrece un punto de vista de conteo y magnitudes de estos, esto facilita la comprobación entre estudios similares. Este método cuantitativo es el más usado por las ciencias como la física, química y biología, también una de las principales licenciaturas que utilizan este enfoque de investigación cuantitativa es la ingeniería ya que esta ofrece una generalización de los resultados más ampliamente, otorga un control sobre los enfoques y punto de vista de conteo.

Investigación cualitativa continuando “Da la profundidad a los datos, la dispersión, la riqueza interpretativa, la contextualización del ambiente o entorno, los detalles y las experiencias únicas” (www.monografias.com; 2010). Por lo que el método cualitativo se ha empleado en distintas disciplinas humanísticas como la antropología, la etnografía y la psicología social.

4.2.1. Alcance de la investigación.

Este estudio busca la descripción de especificar las propiedades, características y fenómeno que someta al análisis, desde un punto de vista científico, describir y recolectar los datos obtenidos por medio de una microzonificación. Por lo tanto, el presente estudio tiene un alcance descriptivo, el cual se destaca por realizar un análisis de las partes y describir sus características y relaciones entre las partes.

“Los estudios descriptivos únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es identificar cómo se relacionan las variables obtenidas.” (www.monografias.com; 2010)

4.3. Diseño de investigación.

Los diseños cuantitativos pueden ser experimentales y no experimentales. Los diseños no experimentales tienen una clasificación en la que se considera el factor tiempo o número de veces en que se recolectan datos y el alcance del estudio. La investigación no experimental se subdivide en diseños transversales y diseños longitudinales.

En la presente investigación, se llevó acabo un diseño transeccional exploratorio, también conocido con el nombre de diseño transversal. Este tipo de diseño se basa en el propósito de comenzar a conocer una comunidad, un contexto, una situación, una variable o un conjunto de variables. “Se aplican a problemas de investigación nuevos o poco conocidos, y contribuyen en el preámbulo de otros diseños (no experimentales y experimentales). Son muy utilizados dentro del enfoque cualitativo para lo que hemos denominado inmersión inicial en el campo.” (www.monografias.com; 2010)

4.4. Instrumentos de recopilación.

Un instrumento de recopilación es el que permite obtener resultados al hacer uso de ellos, partiendo de los datos conocidos y viendo el interés que se tiene para conocer, para así dar respuesta a los objetivos que se pretende dar la solución a una o varias de ellas. En la actualidad existen diversos programas de computadora que realizan diversos tipos de operaciones matemáticas, diseños gráficos, análisis de costos, etc. Estos programas hoy en día son de gran ayuda para el ahorro de tiempo y a su vez de manera técnica tienen una gran precisión en los resultados.

En la presente investigación se acudió a los programas de la hoja de cálculos el cual es conocido con el nombre de Microsoft Excel, este programa ayuda de gran manera en los cálculos matemáticos de las pruebas de laboratorio, en el caso particular de esta investigación que se hizo para llevarla a cabo con éxito, así mismo se requirió el uso del programa grafico AutoCAD 2015, este programa es utilizado principalmente para el diseño arquitectónico de casas habitación, edificios, modelos en 3D, pero en este caso, este programa se utilizó para tener un expectativa mejor de las figuras que representa el esquema de la muestra del suelo.

4.5. Descripción del proceso de investigación.

La investigación surge de la necesidad de conocer el tipo de suelo que hay en particular en la colonia " México", ya que esta colonia mencionada es una zona donde llegan suelos trasportados y a su vez se carece de información para la realización de edificaciones en esa colonia de ahí se tomó la necesidad de realizar

una microzonificación para facilitar el acceso a la información respecto a la Mecánica de Suelos de esa zona.

En el proceso de este tema de tesis que es de la rama de la Mecánica de Suelos, se utilizó como fuentes de investigación el libro de Mecánica de Suelos del autor Juárez Badillo y Rico Rodríguez, publicado en el año 2005, Manual del laboratorio publicado por la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), así como el de B. Sowers y F. Sowers publicado en el año 1972, el manual de laboratorio escrito por Campos y Guardia publicado en el año 2005, entre algunos otros, para llevar a cabo el objetivo del tema principal y central de la tesis, se procedió con la investigación para dar la explicación de manera general, los tipos de suelo que hay en la tierra y el comportamiento de ellas, cuando a estos son aplicados las cargas.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se explicará la forma en que se ejecutó y desarrolló la investigación y de la misma forma el conjunto de herramientas que fueron necesarias para llevar a cabo este trabajo, se dará a conocer la forma en que se realizaron las extracciones de las muestras, las pruebas que se realizaron, la información que se obtuvo y cómo se procesó para poder obtener la zonificación.

5.1. Descripción y obtención de las muestras.

Esta investigación exploratoria determinará la información precisa de las características del suelo del lugar en que se investigará, cómo puede ser: la profundidad, el espesor, extensión y composición de cada uno de los sondeos, así como de sus estratos.

Como se mencionó anteriormente, los sondeos para la extracción de muestras se hicieron mediante pozos a cielo abierto. En donde se realizaron 6 pozos a dos metros de profundidad en cada uno de los predios con las distintas características que tienen los estratos que se mencionan a continuación:

- Sondeo 1

Capa vegetal o estrato 1: Es la cobertura de plantas o cultivos que crecen en la superficie del suelo. La distribución en la tierra depende de los factores

climatológicos y de los suelos. Es de gran importancia que inclusive muchas veces llega a darse en los climas según el tipo de vegetación que crezca en la zona. Es una capa vegetal de aproximadamente 50 cm de espesor cubierta por materia orgánica, color café oscuro y aparentemente de material grueso. Se obtuvo aproximadamente 7 kg de este estrato para realizar pruebas de granulometría.

Estrato 2: Se encuentra aproximadamente a los 50 cm de la superficie del terreno con un espesor de 1 metro, presenta un color café oscuro y tiene un olor representativo. Este es un indicador para suponer que este estrato puede pertenecer al tipo de suelo limoso. Se obtuvo aproximadamente 7 kg de este estrato para realizar pruebas de granulometría.

Estrato 3: Este tipo de suelo se encuentra aproximadamente a la altura de 1.50 metros de profundidad, donde se encontró un material fino, tiene un color café claro, aparentemente es un tipo de suelo limoso. Se sacó una muestra inalterada de este estrato de una medida de 30x30x30 cm de cada lado para poder realizar las pruebas mecánicas y una muestra representativa para realizar pruebas de granulometría, límites consistencia y peso específico relativo de los sólidos.

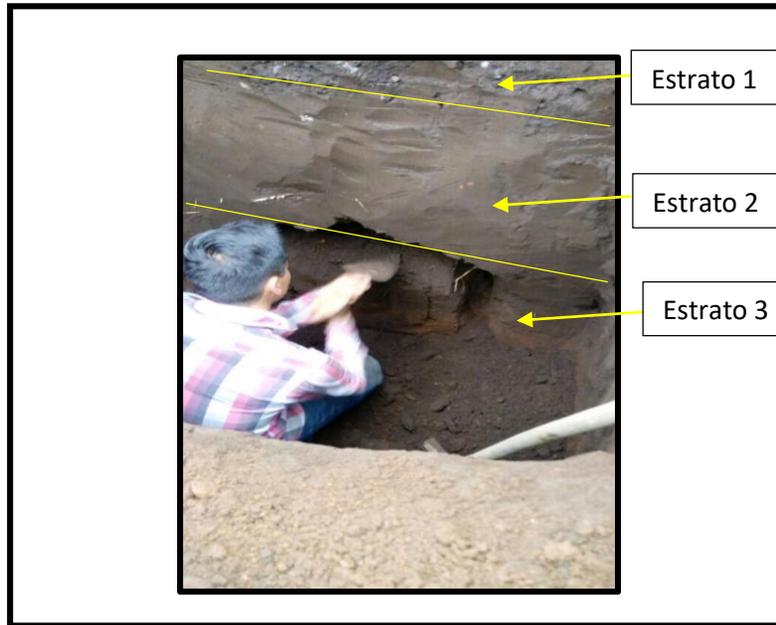


Imagen 5.1. Estratigrafía del sondeo 1.

Fuente: Propia.

- Sondeo 2

Estrato 1: Presenta un espesor de 80 cm cubierta por materia orgánica, muestra un color café oscuro que aparenta ser limo.

Estrato 2: Se encuentra aproximadamente a los 80 cm de la superficie del terreno con un espesor de 60 cm, presenta un color café oscuro y tiene un olor representativo, indicador de que es un estrato perteneciente al tipo de suelo limoso.

Estrato 3: Este tipo de suelo se encuentra aproximadamente a la altura de 1.40 metros de profundidad con un espesor de 60 cm donde se encontró un material fino, tiene un color café claro, aparentemente es un tipo de suelo limoso.

El sondeo 1 y el sondeo 2 presentaron las mismas características de campo al momento de realizar el sondeo exploratorio, la única diferencia fueron los

espesores de cada estrato por lo tanto se usó el criterio de únicamente realizar pruebas de laboratorio a una muestra representando a los sondeos correspondientes.

- Sondeo 3

Estrato 1: Este estrato presenta un espesor de 60 cm sin ninguna cobertura vegetal se muestra un color gris claro aparentemente limo.

Estrato 2: Presenta un espesor de 90 cm a una profundidad de 60 cm presenta un color gris oscuro que aparenta ser suelo del tipo limoso.

Estrato 3: Cuenta con un espesor de 50 cm con alto porcentaje de humedad y con un tono de color rojizo-café claro y por su textura aparenta ser un limo.

- Sondeo 4

Estrato 1: Es una capa sin ninguna cobertura vegetal y con un espesor de aproximadamente 60 cm con una tonalidad gris claro que aparenta ser un suelo de material grueso. De este estrato se recopiló 6.5 kg de material para el análisis granulométrico en el laboratorio de Mecánica de Suelos.

Estrato 2: Este tipo de suelo se encuentra a 60 cm de profundidad y cuenta con un espesor de 80 cm, cuenta con un tono de color gris oscuro que aparenta ser limo. Se recolectó 7 kg aproximadamente para realizar las pruebas respectivas como en los anteriores estratos.

Estrato 3: Este estrato se encuentra a una profundidad de 1.40 metros de profundidad tiene una tonalidad rojizo-café claro, aparentemente es un tipo de suelo

fino limoso. Se obtuvo una muestra inalterada de este estrato de una medida de 30x30x30 cm de cada lado para poder realizar las pruebas mecánicas y una muestra representativa para realizar pruebas de granulometría, límites consistencia y peso específico relativo de los sólidos.



Imagen 5.2. Estratigrafía del sondeo 4.

Fuente: Propia.

- Sondeo 5

Estrato 1: Este estrato cuenta con una capa vegetal y con un espesor de 50 cm, presentaba alto contenido de basura, la tonalidad del suelo es un gris claro que aparenta ser un limo.

Estrato 2: Presenta un espesor aproximado de 70 cm al igual que el estrato 1 presenta alto contenido de basura, tiene un color gris oscuro aparentemente limo.

Estrato 3: Se encuentra una profundidad de 1.20 metros y tiene un espesor de 80 cm al igual que los otros sondeos presenta una tonalidad rojiza-café claro, pero, con material grueso.

- Sondeo 6

Estrato 1: Presenta un espesor de 40 cm cubierta por materia orgánica, muestra un color gris claro que aparenta ser limo.

Estrato 2: Se encuentra aproximadamente a los 40 cm de la superficie del terreno con un espesor de 1 metro, presenta un color gris oscuro y tiene un olor representativo, indicador de que es un estrato perteneciente al tipo de suelo limoso.

Estrato 3: Este tipo de suelo se encuentra aproximadamente a la altura de 1.40 metros de profundidad con un espesor de 60 cm donde se encontró un material fino, tiene un color rojizo-café claro, aparentemente es un tipo de suelo limoso.

5.2. Descripción de las pruebas de laboratorio.

El estudio de Mecánica de Suelos tiene como objetivo el determinar la capacidad, resistencia, color, plasticidad y textura que presenta los suelos. Para este trabajo de investigación es necesario determinar la capacidad de carga que tiene el suelo, ya que son eso se establecerá si se tiene o no una buena capacidad el suelo.

Se pretende determinar a partir de la interpretación de los resultados obtenidos en campo, así como en laboratorio las propiedades índices y mecánicas del suelo. Para la Mecánica de suelos el tratamiento de las muestras inalteradas y

representativas es muy importante, además por medio de la clasificación de los suelos es posible obtener textura, distribución de tamaños, olor, color, plasticidad, entre otras características.

5.2.1. Determinación de la composición granulométrica.

La principal tarea de la composición granulométrica es determinar la distribución de las partículas en un suelo respecto a su masa retenida en cada malla, calcular su porcentaje respecto al total y clasificar mediante la determinación de las curvas granulométricas, al material ensayado.

El material a utilizar fue:

- Juego de mallas para suelos finos (N°4, 10, 20, 40, 60, 100, 200 y charola).
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Horno con temperatura constante (105 ± 5 °C).
- Cucharon.
- Charolas.
- Rov-Tap.
- Pala.

El procedimiento consiste en tomar el material de las muestras representativas de cada estrato obtenidos de los sondeos tanto del 1 como el 3, aproximadamente 2-3 kg, ya que las muestras no presentaron material grueso no se realizó el proceso de separación de material fino y grueso. Para esta granulometría se realizó el proceso por lavado.

Se tomaron 500 grs. del material seco, en el cual se colocó en una charola, con la finalidad de saturarlo mediante la colocación de agua hasta quedar totalmente cubierto y se deja reposar por un tiempo de 24 horas como se muestra en la imagen 5.3.



Imagen 5.3. Saturación de los materiales.

Fuente: Propia.

Después del tiempo de saturación se decanta el material a través de la malla N°200 y para facilitar el paso de las partículas se aplica agua con baja presión como se muestra en la imagen 5.4 hasta que el agua que salga por la superficie inferior sea casi incolora.



Imagen 5.4. Lavado de los materiales.

Fuente: Propia

Ya que se tiene el material previamente lavado se seca en el horno por 24 horas. Estando seco el material se procedió a al tamizado por las mallas (N°10, 20, 40, 60, 100 y 200) con la ayuda de la maquina Rov-Tap durante un periodo aproximado de 5 minutos como se muestra en la imagen 5.5. Por lo que fue una granulometría completa y no simplificada ya que consta de tamizar por las mallas N°40 y 200.



Imagen 5.5. Tamizado de los materiales de cada estrato del sondeo 1 y 3.

Fuente: Propia

Se anota el peso del material retenido en cada una de las mallas y se procede al cálculo de la granulometría debiendo tomarse en cuenta el material eliminado por el lavado a través de la malla N°200 por diferencia de pesos (finos).



Imagen 5.6. Granulometría del estrato.

Fuente: Propia.

El material por ciento de material más fino que pasa cada una de las mallas, se obtiene calculando el peso acumulado del material que pasa cada malla y dividiendo por el peso seco de toda la muestra empleada para cada análisis que en todos los casos fueron 200 grs.

El porcentaje de finos F (%), es el que pasa la malla N°200. El porcentaje de arenas S (%), será la diferencia de la suma del porcentaje de grava y finos con respecto al 100% del material, en este caso los suelos no presentaban gravas.

Teniendo los estos datos faltaría graficar la curva granulometría donde indica el tamaño de las partículas del suelo, así como su graduación. (ver anexo 1)

5.2.2. Determinación de límites de consistencia.

Para este tipo de prueba determina el estado líquido, el estado plástico y el estado sólido de los materiales, para este estudio únicamente se encontrará el estado líquido por medio de la determinación del límite líquido y el estado plástico calculando el límite plástico con el fin de encontrar las características de plasticidad de la porción del suelo que pasa por la malla N°40 (0.045mm), cuyos resultados nos permiten identificar y clasificar los suelos finos.

El material a utilizar fue:

- Copa de Casagrande y ranurador curvo.
- Equipo para límite de contracción.
- Capsula Petri.
- Placas de vidrio con puntas.
- Charla de evaporación grande.
- Moldes de lámina galvanizada o aluminio.
- Agua destilada.
- Balanza.
- Horno de secado o estufa.
- Franela.
- Vidrios de reloj.
- Charolas de evaporación.

- Espátula.
- Calibrador Vernier.

El procedimiento para la determinación del límite líquido consiste en usar material traído de campo se seca a temperatura ambiente y se disgrega para posteriormente cribarlo por la malla N°40 y se toma aproximadamente 300 grs. del material como se muestra en la imagen 5.7.



Imagen 5.7. Cribado del material por la malla N°40.

Fuente: Propia.

Al material se le agrega agua destilada y se mezcla hasta formar una pasta homogénea. La muestra se deja reposar durante 24 horas para que se homogenice la humedad en el suelo.

Se inician los tanteos en la Copa de Casagrande teniendo diferentes humedades de cada uno de ellos (tanteos en rangos de golpes 35 a 30, 30 a 25, 25 a 20 y 20 a 15).

Se coloca la pasta en la Copa de Casagrande, llenándola a la mitad y alisándola para obtener un espesor máximo de 1.0 cm. Se ranura al centro con el ranador, este debe tener los bordes redondeados para evitar deformaciones en el acomodo del suelo. Se debe ranurar la pasta según el eje de simetría del aparato, manteniendo el ranador perpendicular a la superficie de la copa.



Imagen 5.8. Prueba de la Copa de Casagrande.

Fuente: Propia.

Una vez llena la copa y ranurado el material, se realizan los golpes mecánicamente hasta que la ranura se cierre por el flujo del suelo y no por deslizamiento.

Del material con las diferentes humedades se extrae una muestra representativa de aproximadamente 10 grs. del centro de la copa, cerca donde se cerró la ranura para obtener la humedad, se pesa y se deja secar en el horno.

Para la determinación de límite plástico se amasa aproximadamente 15 grs. del material restante y se forman con las manos muestras de 3.0 mm de diámetro apoyándose en la placa de vidrio.



Imagen 5.9. Elaboración de muestras de 3.0 mm.

Fuente: Propia.

Se verifica la humedad buscada, mediante la verificación de cada una de las muestras formadas si al aplicarle una presión de corte, no se doble, si esto ocurre el material aun cuenta con la humedad dentro de un rango plástico, si en lugar de doblarse se presenta una grieta de corte, es la humedad buscada en esta prueba.

Se procedió a pesarlos, secarlos en el horno y a tomar otra vez su peso para determinar el contenido de humedad. Los datos obtenidos se anotan en el formato correspondiente para posteriormente a realizar el cálculo de los mismos y clasificar el material mediante la carta de plasticidad del sistema SUCS. (ver anexo 2)



Imagen 5.10. Colocación de las muestras en el horno y pesaje.

Fuente: Propia.

5.2.3. Determinación del peso específico relativo de los sólidos.

La gravedad específica o peso específico relativo de los suelos (S_s) de un suelo es la razón del peso en el aire de un volumen dado de partículas de la muestra del suelo, al peso de un volumen igual de agua destilada a la temperatura de 4°C .

El peso específico relativo de los sólidos de un suelo se usa frecuentemente para relacionar el peso del suelo con el volumen, así conociendo la relación de vacíos (e), el grado de saturación (G_w) y la gravedad específica (S_s) puede calcularse, utilizando la formula correspondiente, el peso volumétrico del suelo. El

peso volumétrico de un suelo es necesario en todos aquellos problemas relacionados con empujes, hundimientos y estabilidad de taludes.

La gravedad específica se utiliza así mismo, en la mayoría de los cálculos que acompañan a las pruebas de laboratorio y también se emplean en la identificación de minerales, aunque su valor es limitado para fines de identificación de suelos, debido a que su valor está comprometido dentro de un pequeño intervalo.

El equipo que se utilizó fue:

- Matraz calibrado (Picnómetro).
- Agua destilada.
- Parilla eléctrica.
- Balanza de precisión.
- Horno.
- Franelas o papel absorbente.
- Termómetro en aproximación a 0.1°C.
- Charolas.

En esta investigación se encontraron suelos limosos, por lo tanto, se habla de suelos inertes (no plásticos) y para la determinación de la gravedad específica se procedió a calcularla de la siguiente manera.

Se colocaron 50 grs. de suelo seco y cribado por la malla N°40, dentro de los 3 matraces, y posteriormente se colocó 20 ml. de agua destilada.

Se elimina todo el aire atrapado en el suelo, mediante el calentamiento de los matraces por medio de un proceso o procedimiento de baño maría como se muestra

en la imagen 5.11, hasta que el suelo no presente burbujas en la superficie del agua que se encuentra dentro del matraz, aproximadamente esto sucede en un periodo de 20 minutos dentro del baño maría.



Imagen 5.11. Matraces dentro del proceso de baño maría.

Fuente: Propia.

Eliminando el aire atrapado en el suelo, por medio del proceso anterior, se procede a aforar los matraces hasta la marca del mismo.

Se toma la temperatura del agua al interior del matraz y se verifica que se localice dentro del intervalo de la gráfica de calibración correspondiente al matraz utilizado, si esto es afirmativo, se toma el peso y la temperatura del matraz aforado con agua + suelo, y se anota en el registro de la prueba. (ver anexo 3)

5.2.4. Ensaye de consolidación unidimensional.

La finalidad de este ensaye es determinar la velocidad y grado de asentamiento que experimenta una muestra de suelo al someterla a una serie de incrementos de presión o carga.

El fenómeno de la consolidación, se origina debido a que, si un suelo parcial o total saturado se carga, en un comienzo el existente en los poros absorbe parte de dicha carga puesto que es incompresible, pero con el transcurso del tiempo, escurrirá y el suelo irá absorbiendo esa carga paulatinamente, dicho proceso de transferencia de carga, origina cambios de volumen en la masa del suelo, igual al volumen de agua drenada.

Para esta prueba se utilizó:

- Marco de consolidación.
- Anillo de consolidación.
- Placas circulares.
- Piedras porosas.
- Micrómetro.
- Equipo para labrar la muestra (cuchillo, cúter, etc.).
- Cronómetro.
- Cápsulas.
- Horno.
- Balanza.

Para este procedimiento es necesario tomar pesos y diámetros del anillo de deformación donde irá colocada la muestra. Después se labra el anillo de la muestra inalterada. Se pesa la muestra a ensayar y se anota en el registro.

Se coloca la muestra a ensayar junto con las piedras porosas y el papel filtro, dentro de la celda de consolidación como se muestra en la imagen 5.12, para posteriormente colocarla en el marco de carga o consolidómetro.



Imagen 5.12. Colocación de la muestra a ensayar dentro de la celda de consolidación.

Fuente: Propia.

Colocada la muestra en el marco de carga, se equilibra todo el marco, se colocada el micrómetro de deformación en ceros o en la lectura inicial correspondiente (ver imagen 5.13), y se inicia la prueba, colocando incrementos de carga a cada periodo de tiempo de 8 horas, tomando las lecturas en los tiempos marcados en el formato correspondiente.



Imagen 5.13. Muestra en el marco de carga.

Fuente: Propia.

Terminando el proceso de carga en la probeta, se procede al proceso de descarga de la misma, este último consiste en ir disminuyendo la carga total en la probeta, e igual ir verificando las lecturas del micrómetro de deformación para registrar las recuperaciones que se puedan presentar en este proceso, el periodo de registro de lecturas se realiza en intervalos de 10 minutos, y se disminuye la carga cuando se repite la misma lectura en dos ocasiones.

Finalizando el proceso de descarga se desmonta el equipo utilizado, se pesa la muestra de suelo y se seca, registrando estos datos en el formato de ensaye. Con el ensaye terminado y todos los datos obtenidos del mismo se procede a calcular y dibujar las curvas de compresibilidad correspondientes. (ver anexo 4)

5.2.5. Lecturas del penetrómetro (ensayo de campo).

Un penetrómetro es un aparato que se basa en penetrar en el suelo para recabar una serie de información, que sirve para conocer directamente las propiedades mecánicas del suelo.

Se puede diferenciar dos tipos de ensayo de penetración: el propio de los conos tanto estáticos como dinámicos y el referido al ensayo de penetración estándar.

Los valores obtenidos con el penetrómetro son los siguientes:

LECTURA DEL PENETRÓMETRO			
Lectura	Sondeo 1 (Kg/cm ²)	Sondeo 4 (Kg/cm ²)	Sondeo 5 (Kg/cm ²)
1	2.0	4.0	4.5
2	2.0	4.0	4.0
3	1.5	4.0	4.5
4	2.5	3.5	4.0
5	2.5	4.0	5.0
Promedio =	2.1	3.9	4.4

Tabla 5.1. Lecturas de penetrómetro realizados en el sondeo 1 y 4.

Fuente: Propia.

5.2.6. Ensayo de compresión triaxial.

Su principal finalidad es obtener los parámetros del suelo y la relación esfuerzo-deformación a través de la determinación del esfuerzo cortante, la información que se obtiene de este ensayo es la más representativa del esfuerzo cortante que sufre una masa de suelo al ser cargada.

Consiste en colocar una muestra cilíndrica de suelo dentro de una membrana plástica, que se introduce en una cámara especial y se le aplica una presión igual en todos los sentidos y dirección (presión de confinamiento), alcanzando ese estado de equilibrio, se aumenta la presión normal o axial (σ_1), sin modificar la presión lateral aplicada (σ_3), hasta que se produce la falla de la probeta.

Realizando por lo menos tres pruebas o ensayos, con presiones laterales diferentes, en un gráfico se dibujan los círculos de Mohr que presentan los esfuerzos de falla de cada muestra y trazando una tangente o envolvente a estos, se determinan los parámetros ϕ y C (ángulo ϕ , fricción interna y cohesión).

El equipo que se utilizó fue el siguiente:

- Marco para pruebas triaxiales.
- Cuchillo y navajas para el labrado de espécimen.
- Torno para labrado de espécimen.
- Charolas.
- Balanza.
- Vernier.
- Membrana látex.

El proceso de la prueba inicia con el labrado de los cilindros de la muestra inalterada como se muestra en la imagen 5.14 con dimensiones de 3.6 cm de diámetro y 9 cm de altura (u otras dimensiones de tal manera que la relación altura sobre diámetro sea aproximadamente igual a 2.5).



Imagen 5.14. Cilindro con medidas de aproximadamente 3.6x9 cm.

Fuente: Propia.

Labrada la probeta, se pesa y toma las dimensiones específicas en el formato de la prueba, anotados los datos, se procede a colocar una membrana plástica a la probeta como se presenta en la imagen 5.15, esto con la finalidad de aislar la probeta del agua que se coloca en la cámara posterior, se procede al armado de la cámara de compresión triaxial para colocarla en su mesa de soporte.



Imagen 5.15. Colocación de la membrana látex.

Fuente: Propia.

Se introduce el agua dentro de la cámara, se coloca en el marco de compresión y se aplica la presión lateral (presión de confinamiento), con la cual se va a ensayar la muestra (imagen 5.16). En este caso dicha presión se aplica por medio de aire comprimido.



Imagen 5.16. Sellado de la cámara para aplicar aire y agua.

Fuente: Propia.

Se coloca el micrómetro de deformación en el soporte de la cámara apoyada sobre el marco y se ajusta su carátula en cero. Se procede a aplicar la carga con una velocidad de presión a la cual se va a someter el espécimen durante el ensayo a razón de 1 mm/min.

Se van tomando lecturas simultáneamente del anillo de carga y el micrómetro de deformación, tomando como base las lecturas del micrómetro de deformación (imagen 5.17), a cada intervalo conocido de dicha lectura.

Las lecturas se deben de suspender cuando el anillo de carga presente lecturas inferiores, cuando la carga aplicada se mantiene constante por cuatro lecturas.



Imagen 5.17. Toma de lectura del anillo de carga.

Fuente: Propia.

Ya fracturó el espécimen (imagen 5.18) se desecha el agua y posteriormente se saca el cilindro. Con todas las lecturas obtenidas del anillo y del micrómetro de deformaciones, se procede a hacer el cálculo, ayudándose del registro (ver anexos).



Imagen 5.18. Fractura del cilindro después de la compresión triaxial.

Fuente: Propia.

5.3. Resumen de resultados obtenidos.

A continuación, se darán a conocer los resultados obtenidos a partir de las pruebas de laboratorio realizados a los sondeos 1, 4 y 5.

PRUEBAS REALIZADAS.	SONDEO 1		
	ESTRATO 1	ESTRATO 2	ESTRATO 3
Profundidad del estrato. (cm)	0	50	150
Descripción Ocular del Suelo.	Arena café oscuro	Limo café oscuro	Limo café claro
GRANULOMETRÍA			
P. V. Seco Suelto (Ton/m ³)	-	-	-
% de Sobretamaños (3")	0	0	0
% de Gravas (2" a No. 4)	0	0	0
% de Arenas (No.4 a No.200)	54.0	41.2	41.4
% de Finos (pasa No. 200)	46.0	58.8	58.6
Clasificación Granulométrica.	Material grueso	Material fino	Material fino
LIMITES DE CONSISTENCIA			
Humedad Natural (%)	-	-	166.67
Límite Líquido. (%)	-	-	69.19
Límite Plástico. (%)	-	-	40.62
Índice Plástico. (%)	-	-	28.57
Clasificación Límites.	-	-	OH
Clasificación SUCS.	-	-	Limo orgánico de alta compresibilidad
COMPRESION TRIAXIAL RAPIDA.			
Peso Volumétrico Prom. (ton/m ³)	-	-	1.248
Cohesión (Kg/cm ²)	-	-	1.0
Angulo de Fricción interna (°)	-	-	13
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL.			
Densidad de Sólidos.	-	-	2.16
Carga de Preconsolidación (ton/m ²)	-	-	1.8

Tabla 5.2. Concentrado de resultados del sondeo 1.

Fuente: Propia.

PRUEBAS REALIZADAS.	SONDEO 4		
	ESTRATO 1	ESTRATO 2	ESTRATO 3
Profundidad del estrato. (cm)	0	60	140
Descripción Ocular del Suelo.	Arena grueso gris claro	Limo gris oscuro	Limo rojizo-café claro
GRANULOMETRÍA			
P. V. Seco Suelto (Ton/m ³)	-	-	-
% de Sobretamaños (3")	0	0	0
% de Gravas (2" a No. 4)	0	0	0
% de Arenas (No.4 a No.200)	63.4	32	44.6
% de Finos (pasa No. 200)	36.6	38	55.4
Clasificación Granulométrica.	Material grueso	Material fino	Material fino
LIMITES DE CONSISTENCIA			
Humedad Natural (%)	-	-	26.58
Límite Líquido. (%)	-	-	85.80
Límite Plástico. (%)	-	-	71.43
Índice Plástico. (%)	-	-	14.37
Clasificación Límites.	-	-	MH
Clasificación SUCS.	-	-	Limo inorgánico de alta compresibilidad
COMPRESION TRIAXIAL RAPIDA.			
Peso Volumétrico Prom. (ton/m ³)	-	-	1.225
Cohesión (Kg/cm ²)	-	-	1.15
Angulo de Fricción interna (°)	-	-	29
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL.			
Densidad de Sólidos.	-	-	2.22
Carga de Preconsolidación (ton/m ²)	-	-	2.0

Tabla 5.3. Concentrado de resultados del sondeo 4.

Fuente: Propia.

PRUEBAS REALIZADAS.	SONDEO 5		
	ESTRATO 1	ESTRATO 2	ESTRATO 3
Profundidad del estrato. (cm)	0	50	120
Descripción Ocular del Suelo.	Limo gris claro	Limo gris oscuro	Arena rojizo-café claro
GRANULOMETRÍA			
P. V. Seco Suelto (Ton/m ³)	-	-	-
% de Sobretamaños (3")	0	0	0
% de Gravas (2" a No. 4)	0	0	0
% de Arenas (No.4 a No.200)	41.8	46.5	56.2
% de Finos (pasa No. 200)	58.2	53.5	43.8
Clasificación Granulométrica.	Material fino	Material fino	Material grueso
LIMITES DE CONSISTENCIA			
Humedad Natural (%)	-	-	39.85
Límite Líquido. (%)	-	-	42.52
Límite Plástico. (%)	-	-	30.81
Índice Plástico. (%)	-	-	11.71
Clasificación Límites.	-	-	ML
Clasificación SUCS.	-	-	Limo inorgánico de baja compresibilidad
COMPRESION TRIAXIAL RAPIDA.			
Peso Volumétrico Prom. (ton/m ³)	-	-	1.547
Cohesión (Kg/cm ²)	-	-	1.41
Angulo de Fricción interna (°)	-	-	19
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL.			
Densidad de Sólidos.	-	-	2.23
Carga de Preconsolidación (ton/m ²)	-	-	2.8

Tabla 5.2. Concentrado de resultados del sondeo 5.

Fuente: Propia.

5.4. Vaciado de información.

La información obtenida de los estudios de Mecánica de Suelo se procesará en forma digital con ayuda del Software Microsoft Excel, en el cual se realizó una tabla de todos los estudios realizados y teniendo como tabulaciones su número de sondeo, coordenadas georreferenciadas en el sistema Universal Transversal de Mercator (UTM), así como cada una de sus características con las que cuenta cada uno de los estudios como lo son: granulometría, límites de Atterberg, clasificación en base al SUCS, densidad de sólidos, compresión triaxial y consolidación unidimensional.

Posteriormente se procesará este vaciado de datos en el software ArcView por lo que la tabla digitalizada se hizo en forma horizontal ya que de esta manera es más eficiente que la detecte el programa y que no genere información falsa al momento de generar los mapas de zonificación.

A continuación, se muestra la información de los estudios de Mecánica de Suelos vaciados en la tabla creada en Excel con la finalidad de demostrar a las personas que consulten este trabajo de investigación el proceso que se realizó. (Ver tabla 5.3)

SONDEO	X (UTM)	Y (UTM)	DESCRIPCIÓN DE ESTRATOS	NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS (NAF)	PROFUNDIDAD (M)
1	810704.82	2148281.20	3er ESTRATO DE 0.0-0.5 m DE ESPESOR LIMO ORGÁNICO	NO SE DETECTÓ	2,0
2	810859.87	2148267.65	3er ESTRATO DE 0.0-0.6 m DE ESPESOR LIMO ORGÁNICO	NO SE DETECTÓ	2,0
3	810765.00	2148535.00	3er ESTRATO DE 0.0-0.5 m DE ESPESOR LIMO ARENOSO	NO SE DETECTÓ	2,0
4	810898.00	2148484.00	3er ESTRATO DE 0.0-0.6 m DE ESPESOR LIMO ARENOSO	NO SE DETECTÓ	2,0
5	810832.63	2148724.27	3er ESTRATO DE 0.0-0.8 m DE ESPESOR ARENA LIMOSA	NO SE DETECTÓ	2,0
6	810987.87	2148656.65	3er ESTRATO DE 0.0-0.6 m DE ESPESOR LIMO ARENOSO	NO SE DETECTÓ	2,0

TIPO DE MUESTRA	% DE GRAVAS	% DE ARENAS	% DE FINOS	HUMEDAD NATURAL (%)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE PLÁSTICO (%)
INALTERADA	0,0	41,40	58,60	166,67	69,19	40,62	28,57
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
INALTERADA	0,0	44,60	55,40	26,58	85,80	71,43	14,37
INALTERADA	0,0	56,20	43,80	39,85	42,52	30,81	11,71
-	-	-	-	-	-	-	-

CONTRACCIÓN LINEAL (%)	LÍMITE DE CONTRACCIÓN (%)	CLASIFICACIÓN SUCS	CONSISTENCIA	LECTURA DE PENETROMETRO (kg/cm2)	DENSIDAD DE SÓLIDOS
-	-	OH	BLANDA	2,10	2,16
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	MH	BLANDA	3,90	2,22
-	-	ML	MEDIA	4,40	2,23
-	-	-	-	-	-

RELACIÓN DE VACIOS (mm)	POROSIDAD (%)	GRADO DE SATURACION	CARGA DE PRECONSOLIDACIÓN (ton/m2)	PESO VOLUMÉTRICO (ton/m3)	COHESIÓN (kg/cm2)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)
-	-	-	1,80	1,248	1,00	13,0
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	2,0	1,225	1,15	29,0
-	-	-	2,8	1,547	1,41	19,0
-	-	-	-	-	-	-

5.5. Proceso de información.

La información se comienza a procesar teniendo la tabla digital con los estudios, se procede a guardarlo como archivo digital con un formato “Texto (delimitado por tabulaciones)” mostrado en la imagen 5.19. Teniendo este archivo se podrá procesar en el software ArcView, ya que como se mencionó anteriormente es la forma más eficiente de que trabaje el programa.

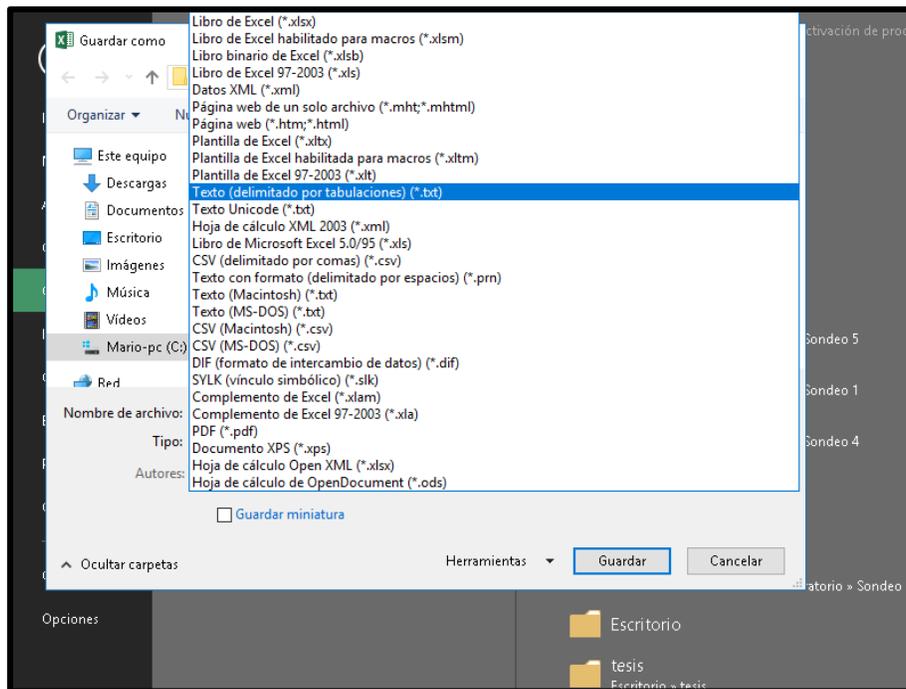


Imagen 5.19. Formato del archivo.

Fuente: Microsoft Excel 2016.

Se recomienda crear dos carpetas en el Disco local (C:) de la computadora. Una con la finalidad de agregar los archivos que se van a necesitar para generar los mapas de zonificación y otra para guardar todos los datos archivos que vaya generando el software ArcView, tener los datos ordenados y trabajarlos de la mejor manera posible.

5.6. ArcView GIS 3.3.

ArcView es una herramienta desarrollada por la empresa estadounidense Environmental Systems Research Institute (ESRI). Con ella se pueden representar datos georreferenciados, analizar las características y patrones de distribución de datos y generar informes con los resultados de dichos análisis.

Para la creación de mapas digitales, así como sus diferentes tipos se necesita tener modelos digitales de elevación y cartas topográficas de la zona que se quiera estudiar. En cada país existen diferentes instituciones u organizaciones las cuales se encargan de generar esta información, en el caso de México el instituto que cuenta con dicha información es el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Dentro de su plataforma de internet se pueden consultar y descargar los modelos de elevación y cartas topográficas de todo el país. Tal como se muestra en la imagen 5.20.

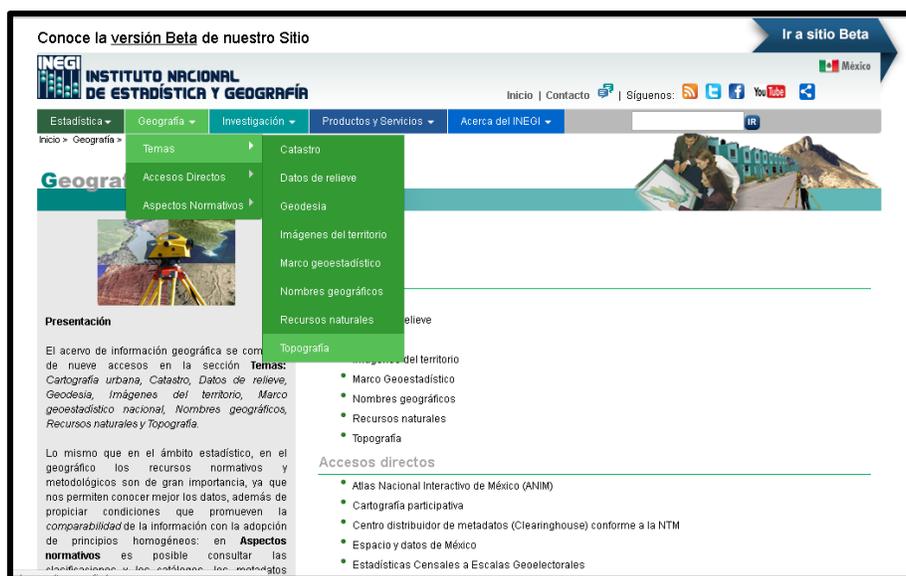


Imagen 5.20. Solicitud y descarga de información.

Fuente: www.inegi.org.mx.

Estando en esta sección se solicita con la carta topográfica de Uruapan donde muestra distintas cartas de la región de diferentes años y con diferente información, como “Cartografía geoestadística, Información general, Recursos naturales, Relieve, Topografía”, para esta investigación se seleccionó la carta topográfica con la información más reciente con fecha del 2014 como se muestra en la imagen 5.21.

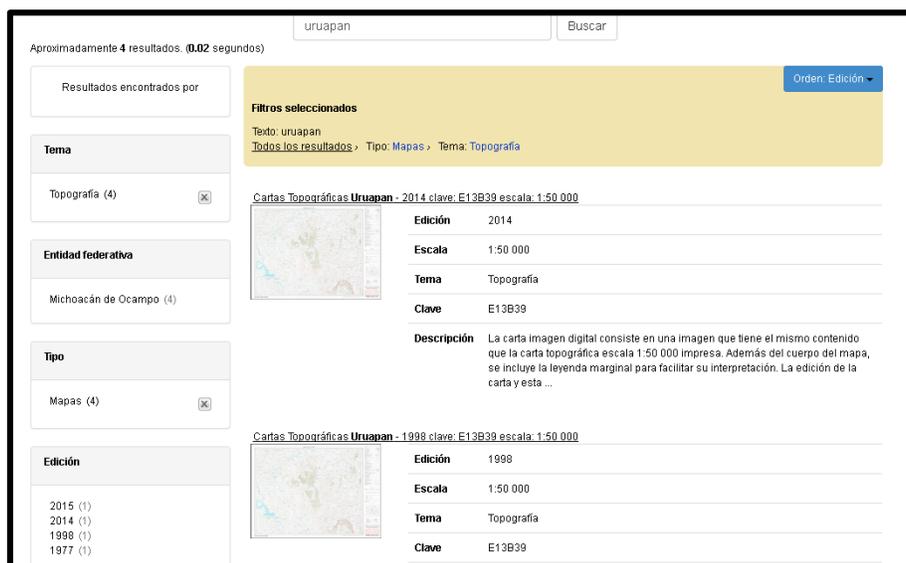


Imagen 5.21. Descarga de la carta topográfica.

Fuente: www.inegi.org.mx.

Luego de descargar la carta topográfica se procede a colocar todos los archivos extraídos de la misma, los cuales tienen formatos “tif, gif y bil”, y se colocan que en la carpeta destinada que se mencionó con anterioridad.

Ya que se cuenta con la información necesaria se procede a ejecutar el programa ArcView y lo primero que se tiene que realizar es la configuración óptima de

programa. Se selecciona la opción “with a new View” y se presiona el botón “OK” para comenzar con el proyecto como se muestra en la imagen 5.22.

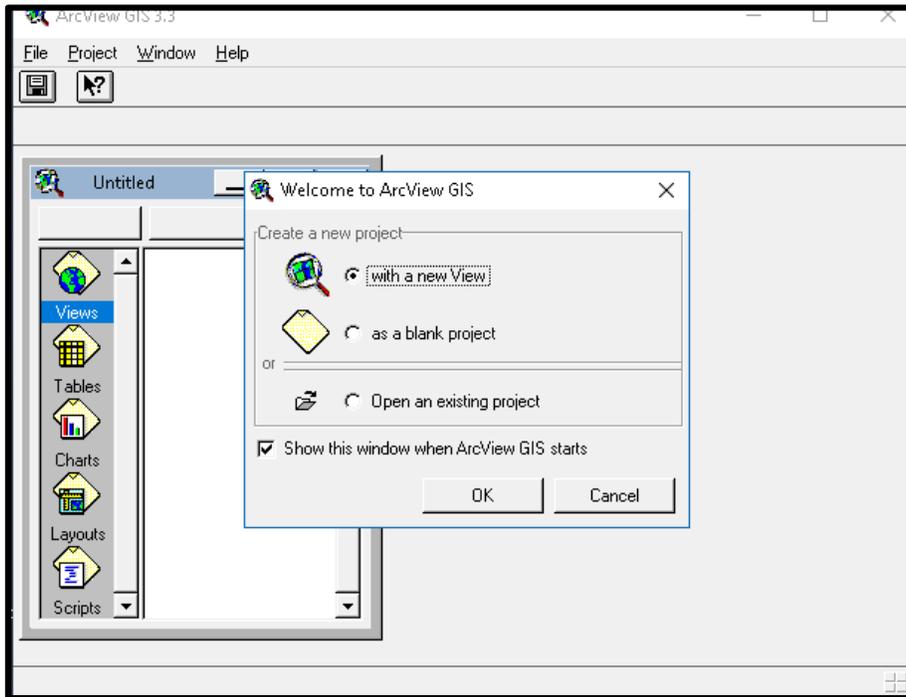


Imagen 5.22. Ventana de inicio.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

Lo siguiente a realizar para optimizar la funcionalidad del programa es activar las extensiones para poder cargar los archivos y evitar los errores al momento de generar los mapas de zonificación. Se selecciona la ventana “File” y luego la opción “Extensions”, se abrirá una ventana donde posteriormente se seleccionarán todas las casillas como se muestra en la imagen 5.23, y se presionara el botón “OK” para terminar el proceso de configuración del software para poder trabajar de una manera más optimizada.

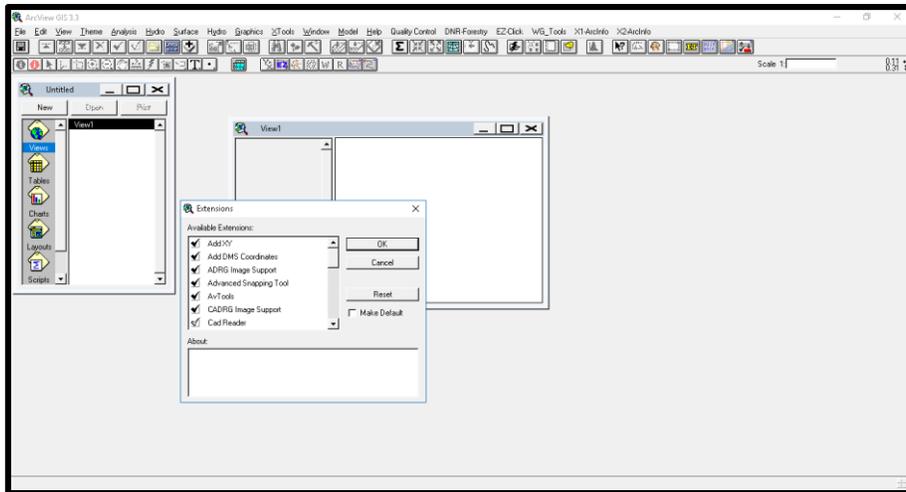


Imagen 5.23. Marcación de casillas en la ventana de extensiones.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

Se procede a agregar un tema en la ventana “View” el cual será el modelo digital de elevación que se guardó anteriormente en el Disco local (C:) el cual esta con un formato “bil”. Se selecciona la pestaña “View” en la parte superior y la opción “Add Theme”, se abrirá una ventana en la cual se buscará la carpeta donde se decidió guardar el modelo de elevación y se usó como filtro de búsqueda la opción de “Image Data Source” como se muestra en la imagen 5.24. Como se mencionó anteriormente es importante tener organizados y ordenados los archivos, así como no moverlos de lugar ni de carpeta ya que se pueden dañar los archivos generados por el programa ArcView.

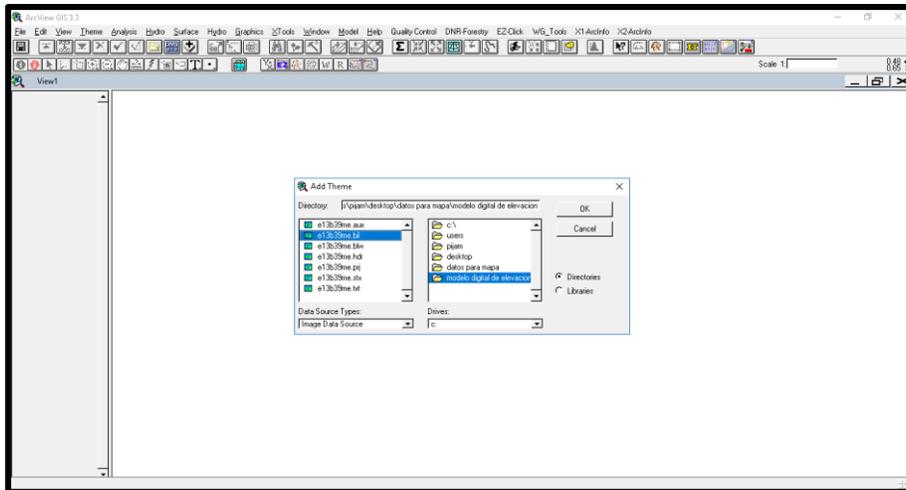


Imagen 5.24. Agregación del nuevo tema con la carta de elevación.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

Para poder realizar un mejor proceso de la información se necesita convertir el nuevo tema. Se seleccionará en la barra de menú la pestaña “Theme” y se selecciona la opción “Convert to Grid” como se muestra en la imagen 5.25, con esto se generará un nuevo archivo el cual deberá ser guardado en la carpeta destinada con anterioridad para los archivos que crea el programa.

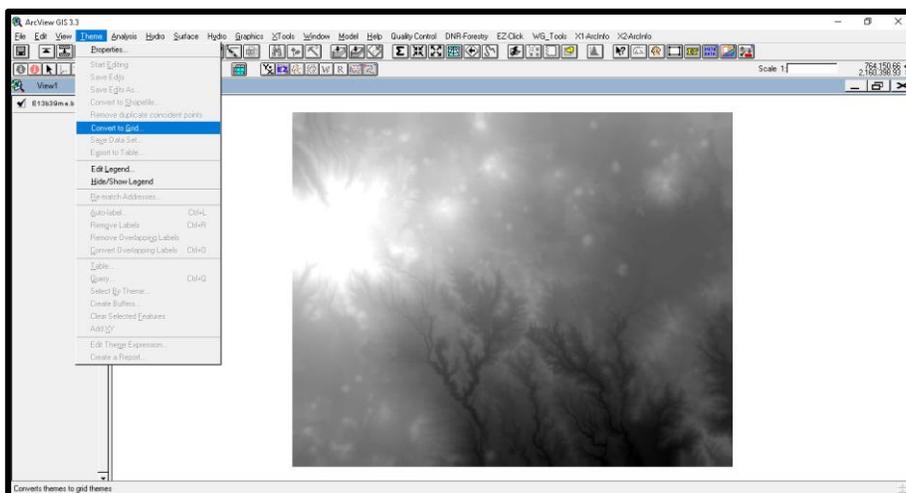


Imagen 2.25. Conversión de la carta de elevación a formato “grid”.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

Con el nuevo archivo en formato “grid” se procede a convertirlo a un formato shapefile “shp” realizando los mismos pasos en la barra de menú y abriendo la pestaña “Theme” se seleccionará la opción “Convert to Shapefile”, de igual manera se creará un nuevo archivo el cual deberá guardarse en la misma ruta de la carpeta para los archivos generados. (Ver imagen 5.26)

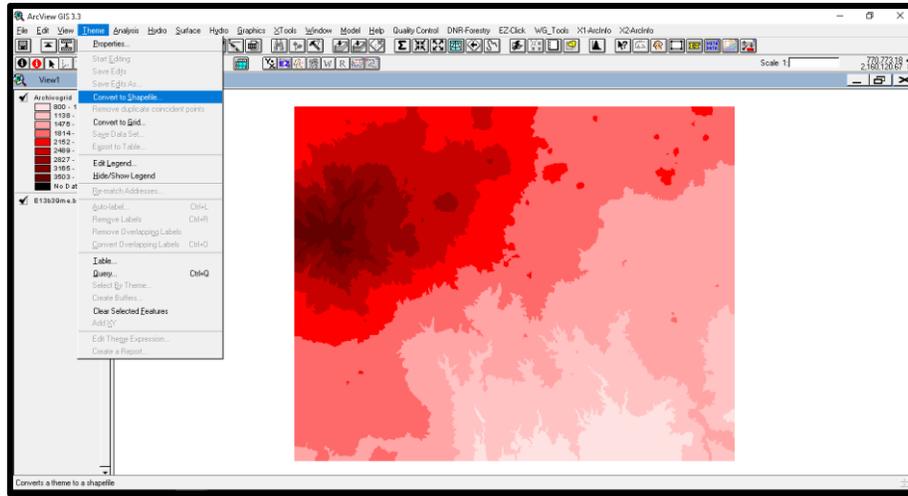


Imagen 5.26. Conversión a formato Shapefile.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

Para continuar con el proyecto se necesita agregar un nuevo tema como se realizó posteriormente. Se le da clic a la pestaña View y se selecciona la opción “Add Theme” y se procede a buscar la ruta en la cual se guardó la carta topográfica de la zona y se busca el archivo de la carta topográfica con formato “tif” como se muestra en la imagen 5.27, ya que posteriormente con esto se podrá realizar la delimitación de la zona de estudio.

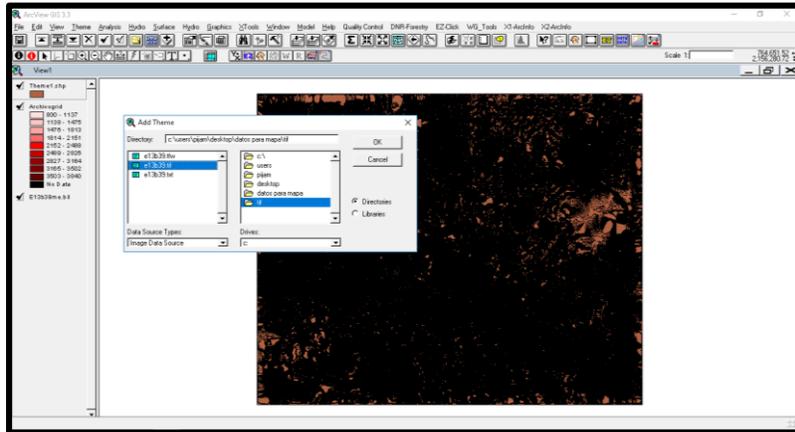


Imagen 5.27. Agregación del nuevo tema de la carta topográfica.

Fuente: ArcView Gis 3.3.

Teniendo la carta topográfica dentro del programa y para continuar con la investigación se procede a agregar la tabla con los datos de los estudios de Mecánica de Suelos para lo cual se realiza la minimización de la ventana del área de trabajo y en donde aparece una ventana de tributos en la cual se seleccionará la opción “Tables” y se añadirá el archivo que contiene los estudios como se muestra en la imagen 5.28 que se tendrá ubicado en la carpeta ya destinada.

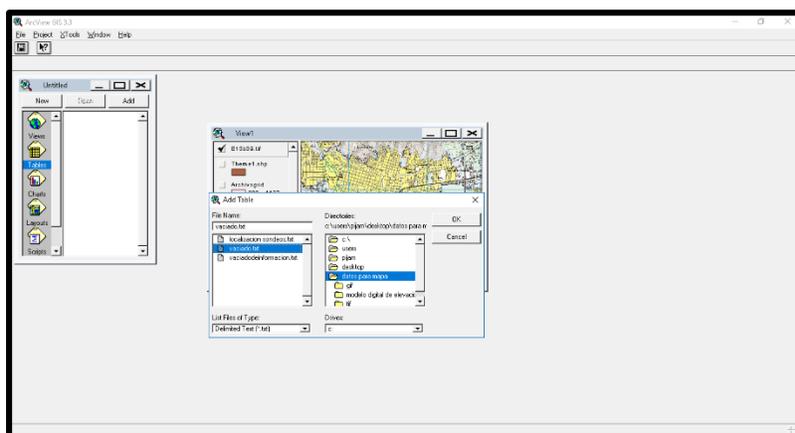


Imagen 5.28. Incorporación de tabla de estudios.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

A continuación, se regresa al atributo “View” para añadir los puntos de las coordenadas georreferenciados en la carta topográfica entrando en la pestaña “View” en la barra menú y se selecciona la opción “Add Event Theme” donde se abrirá una ventana en la cual se tendrá que seleccionar las columnas de las tablas correspondiente a las coordenadas X (UTM) y Y(UTM). (Ver imagen 5.29)

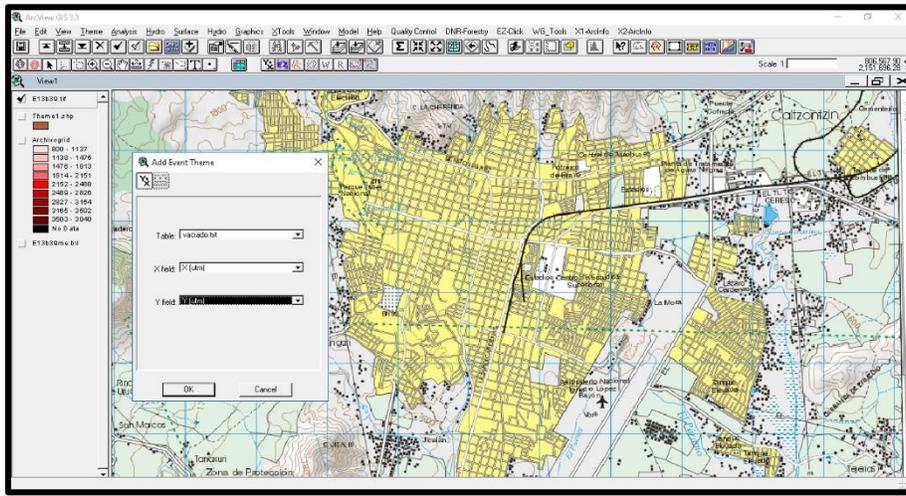


Imagen 5.29. Puntos de las coordenadas georreferenciados.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

En la imagen 5.30 se aprecia cómo el programa Arcview muestra los puntos donde fueron realizados los estudios de Mecánica de Suelos, esto nos permite visualizar con mayor exactitud su ubicación dentro de la colonia “México” para posteriormente realizar la delimitación de esa zona de estudio y realizar la zonificación.

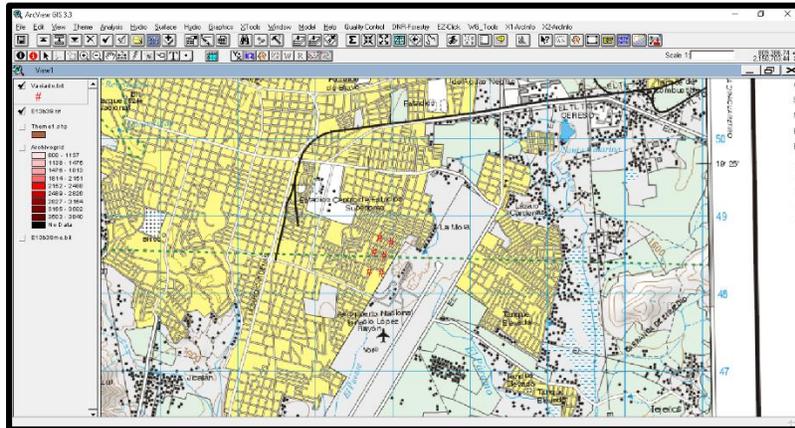


Imagen 5.30. Puntos de los estudios de la Mecánica de Suelos.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

El área de la zonificación se delimitará por medio de un polígono haciendo un corte del mapa de la carta topográfica de la ciudad de Uruapan y específicamente en la colonia “México” para lo cual se creó un nuevo tema en la pestaña “View” y se selecciona la opción “New Theme”, aparecerá una ventana en la cual se seleccionó la opción “Polygon”, se creará un nuevo archivo en formato “shp” y se guarda en la carpeta destinada. (Ver imagen 3.31)

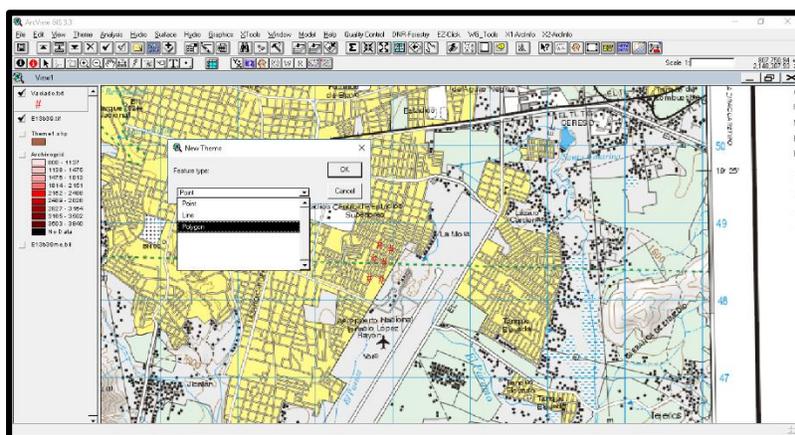


Imagen 5.31. Nuevo tema de tipo polígono.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

En este tema se utilizará la herramienta llamada “Draw polygon ”, se empezó el proceso de trazado del polígono el cual es el área de la colonia “México” que es la zona que se estudia y se termina dando doble clic en el punto de unión para terminar con el trazado y automáticamente se costara el área como se muestra en la imagen 3.32.

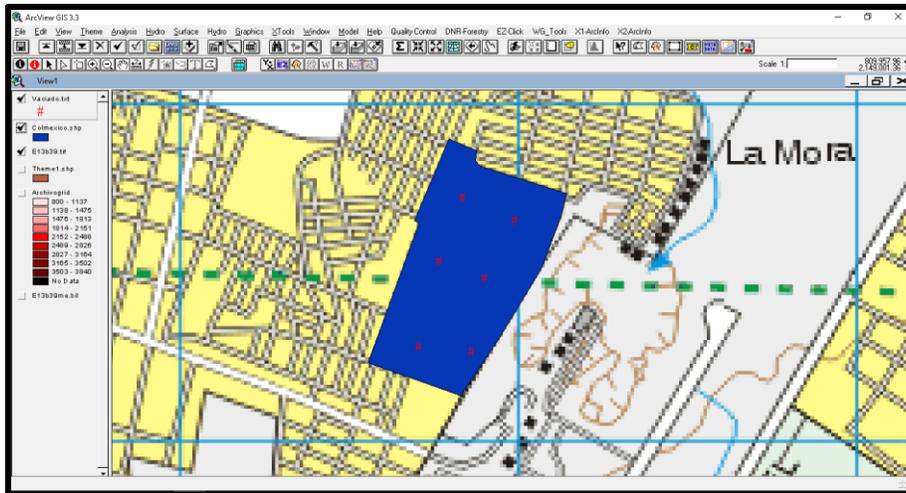


Imagen 5.32. Mapa delimitado para la zonificación.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

El proceso continúa convirtiendo el archivo de la tabla donde se vaciaron los estudios de Mecánica de Suelos en formato “shp” ya que originalmente se guardó en formato “txt”. Para lo cual se va a la pestaña “Theme” y seleccionando los temas de las coordenadas se selecciona la opción “Convert to Shapefile” y se procede a guardarlo en la ruta del proyecto definida anteriormente. En la capa creada se puede apreciar las características de la información en cada uno de los puntos dándole clic al botón “Identify” y después dándole doble clic en los puntos y donde enseguida aparecerá una ventana con la que se puede apreciar las características del suelo en cada uno de los sondeos realizados y presenciar de la misma forma

todo el contenido que se obtuvo de las pruebas de campo, así como las del laboratorio, como se muestra en la imagen 5.33.

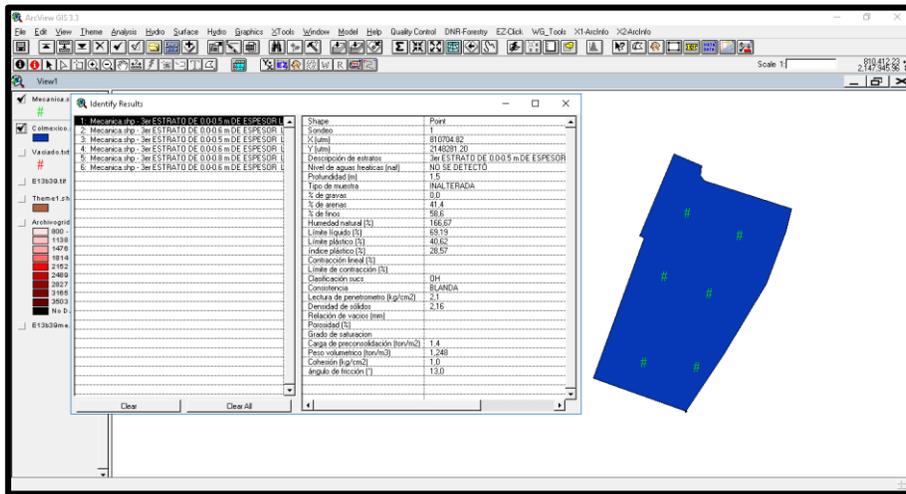


Imagen 5.33. Características de campo y laboratorio de cada sondeo.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

Finalmente, para comenzar con la creación de los mapas de zonificación se regresa a la ventana “View1” o el nombre que se esté manejando y donde se estén visualizando los mapas creados. Se selecciona la pestaña “Analysis” en la barra menú y se procede a seleccionar la opción “Assign Proximity”, donde aparecerá una venta con varias opciones que se pueden modificar las propiedades de la apariencia de la zonificación, ya que se quiere tener una optimización pero a la vez un resolución de calidad en los pixeles de la imagen y genera una mayor fidelidad, en la opción CellSize se pondrá el valor de 4 ya que es un valor donde se podrá llegar a estos requerimiento y se le da clic en el botón “OK”. Posteriormente aparecerá una ventana con los encabezados de la tabla de los estudios de Mecánica de Suelos con los cuales se puede manejar el tipo de mapa que se desea generar, para esta zonificación solamente se utilizaron las capacidades de carga y la clasificación

SUCS a una profundidad de 2 metros, cada mapa se realizó de manera individual para tener una mejor organización de la información generada.

Se selecciona la clasificación SUCS para demostrar el ejemplo. Una vez terminado el proceso que genera el software nos muestra una imagen de colores como se aprecia en la imagen 5.34 la cual es la representación gráfica de un proceso estadístico llamado “Polígonos de Thiessen” el cual es una aproximación estadística de la influencia de los datos en una determinada zona estudiada y la tonalidad de sus colores dependen de la reincidencia de cada uno de los datos de la variable que se estudia.

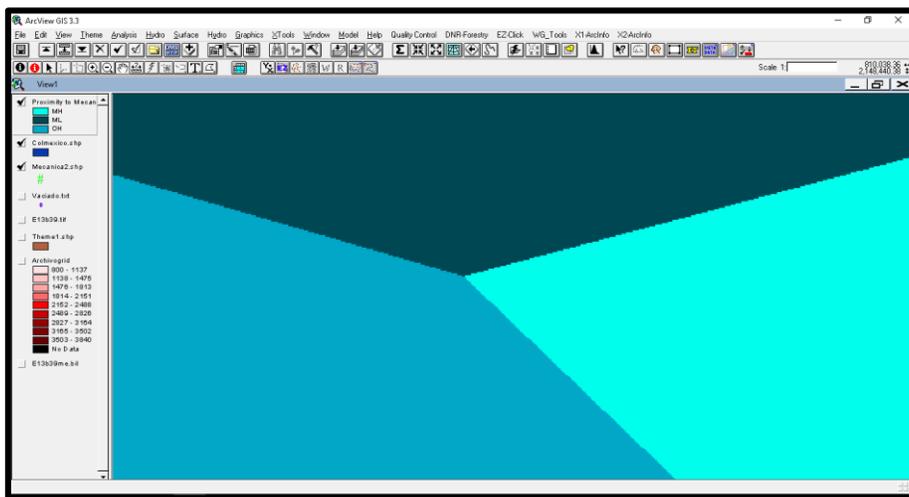


Imagen 5.34. Polígonos de Thiessen.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

Ahora se procede a combinar el polígono de la colonia “México” con los polígonos de Thiessen, convirtiendo el mapa generado por los polígonos en un formato “shp” como se ha señalado en repetidas ocasiones y guardándolo en la misma ruta de proyecto. Se abre la pestaña “View” y se selecciona la opción “GeoProcessingWizard” que desplegará una ventana donde se marca la opción

“Clip one theme base on another”, luego dando clic en el botón “Next” nos pide seleccionar que mapa se desea transponer con el otro, en el inciso “1) Select input theme to clip” se escogerá el mapa creado con el formato “shp” de los polígonos de Thiessen y en inciso “2) Select a polygon overlay theme” se seleccionará el polígono creado de la colonia “México” y terminando el proceso con el botón “Finish”. (Ver imagen 5.35)

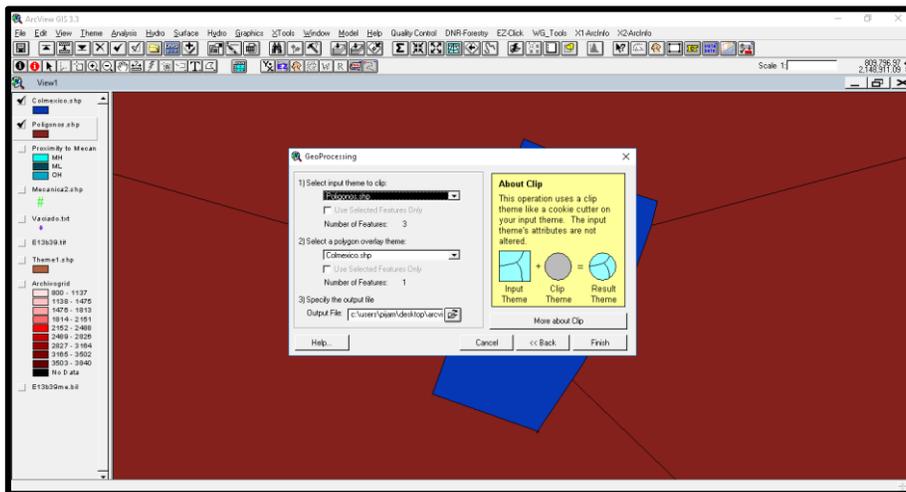


Imagen 5.35. Proceso del GeoProcessingWizard.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

Ya generado el mapa es de gran importancia saber cómo consultar la información obtenida de cada uno de los polígonos Clip y en la cual ocupamos el uso nuevamente del botón “Identify” para después seleccionar el polígono en el cual queremos consultar la información, al momento de solicitar los datos se abrirá una ventana con un formato que el software trae por default en cual en la opción “GridCode” nos muestra el valor de cada polígono seleccionado como se puede ver en la imagen 5.36.

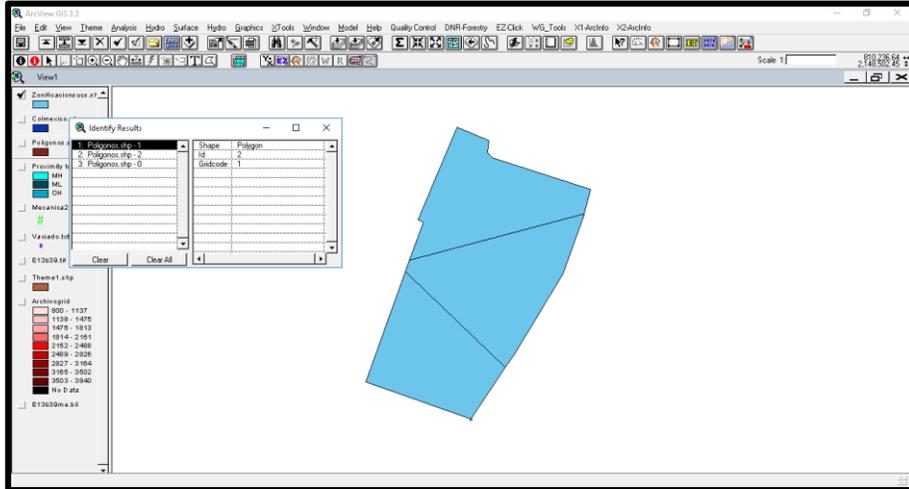


Imagen 5.36. Características por cada polígono.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

Para culminar el proceso se le dio un formato el cual es para diferenciar por color cada valor de las variables que se procesaron para tener una mayor visualización y estética de todos los datos. (Ver imagen 5.36)

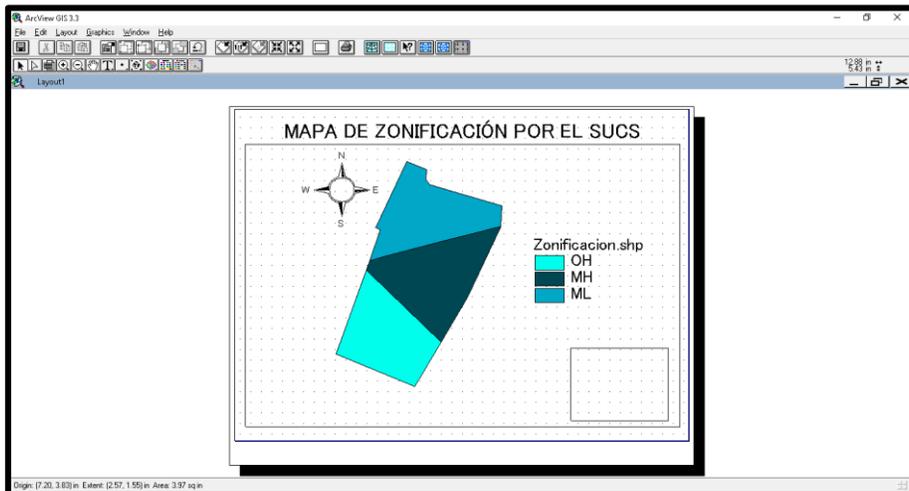
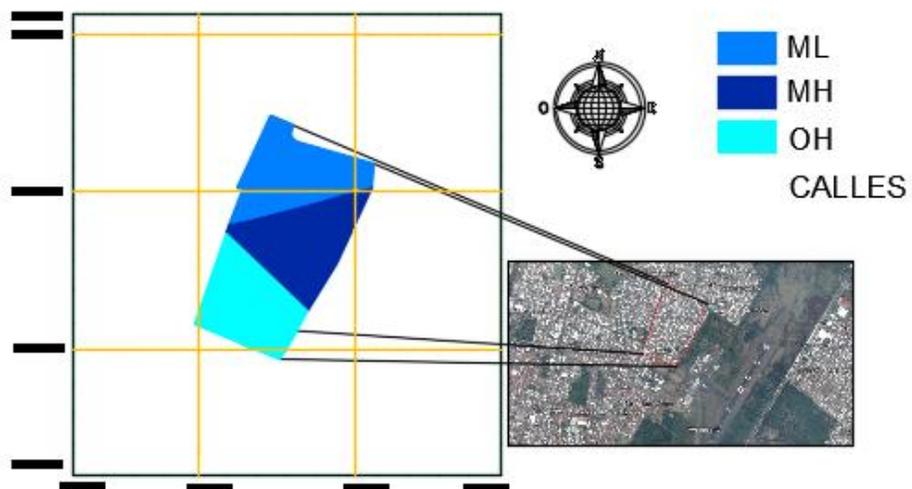


Imagen 5.36. Zonificación según el SUCS de la colina “México”.

Fuente: ArcView GIS 3.3.

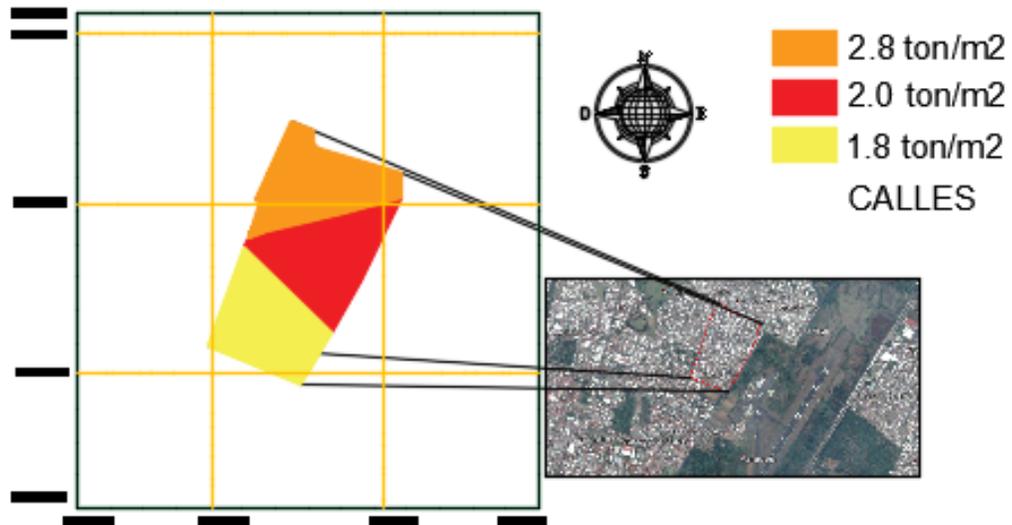
A continuación, se muestran los mapas de la zonificación generados con ayuda del software ArcView GIS 3.3 cumpliendo con el objetivo planteado por parte de este trabajo de investigación en los cuales se pueden apreciar las distintas características del suelo en la colonia "México" teniendo en cuenta la vital importancia de los estudios de Mecánica de Suelos que se realizaron y visualizar de una mejor manera las edificaciones que se encuentran o llegarán a encontrarse en la zona estudiada.

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA SUPERFICIAL



Mapa 5.1. Clasificación de acuerdo al SUCS, a una profundidad de 2 metros.

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA SUPERFICIAL



Mapa 5.2. Clasificación de acuerdo a la capacidad de carga, a una profundidad de 2 metros.

CONCLUSIONES

Para lograr el objetivo general el cual consiste en analizar los tipos de suelo que se pueden encontrar en la Colonia “México” en la ciudad de Uruapan, Michoacán y generar los mapas de zonificación superficial fue necesario realizar diferentes sondeos por medio de pozo a cielo abierto donde se obtuvieron muestras inalteradas y representativas para poder realizar las pruebas de Mecánica de Suelos. Con la información obtenida de las pruebas se realizó un vaciado de información y se procesó por medio de un software llamado ArcView GIS y con ayuda de esta herramienta se obtuvieron los mapas geotécnicos superficiales.

Con respecto al objetivo particular número uno, “Definir el origen de los suelos, su composición y su formación”, en el cual se habla en las primeras páginas del capítulo 1 de este trabajo de investigación, se explica cómo se origina los suelos a partir de agentes generadores como el intemperismo o erosión que afectan y desintegran a las rocas, también se habla sobre su composición estructural, mineralógicas y tipos de fases, así mismo se menciona como es que existen fuerzas dentro del planeta encargadas de ir generando nuevas rocas y destruyendo las placas tectónicas donde a este fenómeno se le conoció como ciclo de la roca.

Cómo segundo objetivo particular para este trabajo de investigación fue “Definir la composición y estructura de los suelos”, este objetivo fue cumplido de igual forma dentro del primer capítulo, con lo cual se conocieron las diferentes estructuras que pueden presentarse en el suelo tales como simples, panaloide y floculenta. Estas estructuras son de tipo tradicional ya que durante mucho tiempo

se han conservado esas ideas. Existen otro tipo de estructuras en la actualidad que han surgido de experimentos con técnicas nuevas algunas de ellas son las estructuras compuestas, castillo de naipes y dispersa.

De acuerdo con el tercer objetivo particular, “Definir los agentes formadores de suelos y su formación”, al igual que los objetivos anteriores se habló dentro del capítulo primero. Se abordó el tema sobre dos mecanismos de ataque los cuales son la desintegración mecánica y la desintegración física, estos constantemente dañan la corteza terrestre desgastando las rocas y modificando su estructura mineralógica. El agua y el aire son los principales medios de acción y los cuales pueden ser variables ya que pueden contenes otros compuestos que ayuden a la afectación de las rocas.

Con respecto al objetivo particular número cuatro, “Señalar la clasificación de los suelos con base al Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos”, donde se mencionó la importancia de tener una correcta clasificación para los tipos de suelo los cuales son gruesos y finos. En cada uno de ellos se encuentran símbolos los cuales permiten diferencias entre suelos grueso cómo las gravas, arenas y de la misma forma los gruesos finos cómo los limos y arcillas. La clasificación es fundamental para generar un criterio para el ingeniero civil bastante amplio y encontrar las características sobre las pruebas que se realizan.

De acuerdo con el quinto objetivo particular, “Definir los diferentes tipos de sondeos”, este objetivo fue cumplido y se concluyó que los sondeos son métodos exploratorios para fines de muestreo y reconocimiento del suelo. Los diferentes tipos de sondeos son: pozos a cielo abierto, perforaciones con posteadoras, método de lavado, métodos de penetración estándar, métodos de penetración cónicas,

métodos con tubo de pared delgada, métodos rotatorios para roca, método sísmico, resistencia eléctrica, magnético y gravimétrico.

Con respecto al objetivo particular número seis, “Ubicar el lugar donde se realizará la investigación”, se dio a conocer el entorno y la ubicación donde se llevaron a cabo los sondeos y la extracción de las muestras. Se localizó el lugar conforme a su macro y micro localización, también su contexto geográfico, climático y geotécnico.

De acuerdo con el séptimo objetivo particular, “Realizar sondeos de la zona de interés”, se practicó la actividad de realizar sondeos con el método de cielo abierto el cual facilitó sacar muestras inalteradas y representativas. Se realizaron 6 sondeos distribuidos en toda la colonia “México” y los cuales se trataron de hacer a una distancia equidistante. Se tomó el criterio de realizar ese número de sondeos por dos circunstancias. La primera fue por el área que abarca la colonia dentro de la ciudad de Uruapan ya que aproximadamente cuenta con 3,000 m² de área y cada sondeo comprende un área de 500 m² por lo tanto el total mínimo de sondeos fueron 6. La segunda porque la colonia se encuentra urbanizada casi en su totalidad se vio la alternativa de tomar las muestras de predios los cuales no había construcción existente. Para esto se tomó la precaución de pedir permiso con anterioridad a los dueños de cada uno de los predios para evitar problemas de alta índole.

Las preguntas de investigación que se dedicó a responder con el trabajo dicen: ¿Qué tipo de cualidades mecánicas tiene el suelo a una profundidad de 2 metros en la colonia “México”? y ¿Cuál es la zonificación geotécnica superficial de la colonia “México”? La cual la primera se responde con que el tipo de suelo se conforma en mayor parte por limo, la capacidad de carga es relativamente baja que

tiene un rango entre 1.8 y 2.8, se conforma mayormente por material fino, entre otras características relevantes. Esto permite saber si el suelo es favorable para la construcción de estructuras con cimentaciones superficiales, lo cual esta información nos dice que tiene muy baja capacidad, por lo tanto, se recomienda a cualquier constructor que desplante una estructura en ese suelo mejore las propiedades del suelo, use losas de cimentación o alguna otra alternativa para evitar alguna falla de las mismas. La segunda pregunta se responde con la realización de los mapas geotécnicos con ayuda de la información obtenida de las pruebas y procesamiento de la misma con el software de computadora ArcView GIS 3.3. Al realizar con éxito el procesamiento de la información se obtuvieron los mapas que se deseaban. Estos mapas serán de gran ayuda para el reconocimiento del suelo en esa zona, no sólo para personas especializadas sino para el público en general y con el fin de aportar información sobre los suelos.

Como elemento relevante que se obtuvo de este trabajo de investigación fue el generar mapas de zonificación para una colonia, aunque como antecedente se cuenta una zonificación de ciudad de Uruapan, todavía esto cuenta con rango de errores muy alto y con base a la experiencia obtenida sabemos el suelo es cambiante. El proceso de esta investigación se obtuvo con ayuda de ingenieros de alta índole profesional dentro de sus respectivas ramas. Se pudo documentar la información necesaria de la zona de estudio para encontrar si había zonas estables y zonas inestables y por lo anteriormente dicho se encontraron zonas muy inestables. Los sondeos a cielo abierto se hicieron en puntos lo mejor estratégicamente posibles para tener una mejor información de calidad y confiable.

BIBLIOGRAFÍA.

CFE (1985)

Manual de diseño de obras civiles de la CFE.

CFE. México.

F., Sowers y B., Sowers (1972)

Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones.

Editorial Limusa-Wiley, México.

Harvey, John (1987)

Geología para ingenieros geotécnicos.

Editorial Limusa, México.

Juárez Badillo, Eulalio y colaboradores (2005)

Mecánica de suelo tomo I fundamentos de la mecánica de suelos.

Editorial Limusa, México.

Juárez Badillo, Eulalio y colaboradores (1973)

Mecánica de suelo tomo II teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos.

Editorial Limusa, México.

J. Salas y J. Alpanes (1975)

Geotecnia y Cimientos I.

Editorial Rueda, España.

SCT (2003)

Manual de Muestreo y Pruebas de Materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

SCT, México.

Tamayo y Tamayo, Mario (2003)

El Proceso de la Investigación Científica.

Editorial Limusa, México.

Taylor, Donald (1961)

Principios fundamentales de mecánica de suelos.

Editorial Continental, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN:

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/2/cap1.pdf>

<https://www.freelibros.org/ingenieria/mecanica-de-suelos-en-la-ingenieria-practica-2da-edicion-karl-terzaghi-y-ralph-b-peck.html>

http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/6.2._Geotecnia_tcm7-213272.pdf

https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Lectura/icbi/ asignatura/MecaSuelosI.pdf

<https://www.inegi.org.mx>

<http://www.monografias.com/trabajos99/metodos-y-tecnicas-investigacion/metodos-y-tecnicas-investigacion.shtml>

ANEXOS

ANEXO 1



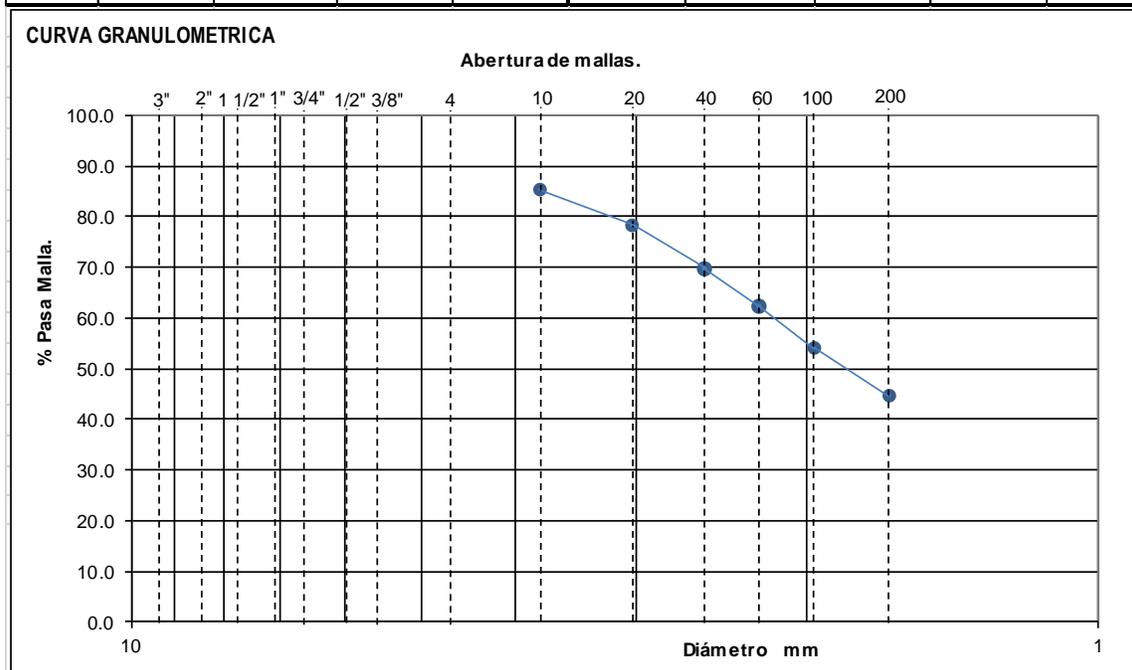
UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO

OBRA	Tesis			DESPERDICIO % RET 2"	-	FECHA:	26/9/2017
LOCALIZACION	Colonia "México", Uruapan, Michoacán			PESO HUMEDO (gram)	200.00		
ENSAYE No.	1	SONDEO No.	1	PESO SECO (gram)	108.04	% WNAT.	59.74
MUESTRA No.	1	PROF.	0.5 m	PESO NETO DE MAT. "kg"	-	OPERADOR:	Mario
DESCRIPCION MATER.	Material granular, café obscuro aparentemente are			VOLUMEN MOLDE "m3"	-	CÁLCULO:	Mario
TIPO DE GRANULOMETRIA :	Por lavado			PESO VOLUMETRICO "Ton/m:	-	Vo. Bo.:	Ing. Blanco

GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla	Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla
Malla mm.	pulgadas	Parcial (kgs)	Parcial	Parcial	Malla mm.	No.	Parcial (gms)	Parcial	Parcial
76.2	3"								
50.8	2"				2	10	27.45	13.73	86.28
36.1	1 1/2"				0.84	20	13.91	6.96	79.32
25.4	1"				0.42	40	18.41	9.21	70.12
19.05	3/4"				0.25	60	14.74	7.37	62.75
12.7	1/2"				0.149	100	14.62	7.31	55.44
9.52	3/8"				0.074	200	18.91	9.46	45.98
4.76	No. 4					Pasa 200	91.96	45.98	0.00
	Pasa No. 4					SUMA	200.0	100.00	
	SUMA								



DENSIDAD			
Volumen Desalojado	Peso seco	-	Densidad Relativa Aparente
D 10 =	-	$Cu = D_{60} / D_{10} =$	-
D 30 =	-	Gravas Cu > 4 Arenas, Cu > 6.	MAYOR 3"=
D 60 =	-	$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60}) =$	G = 0.0%
		Gravas y Arenas Cc entre 1 y 3	S = 54.0%
			F = 46.0%
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA:		Material grueso (arena)	



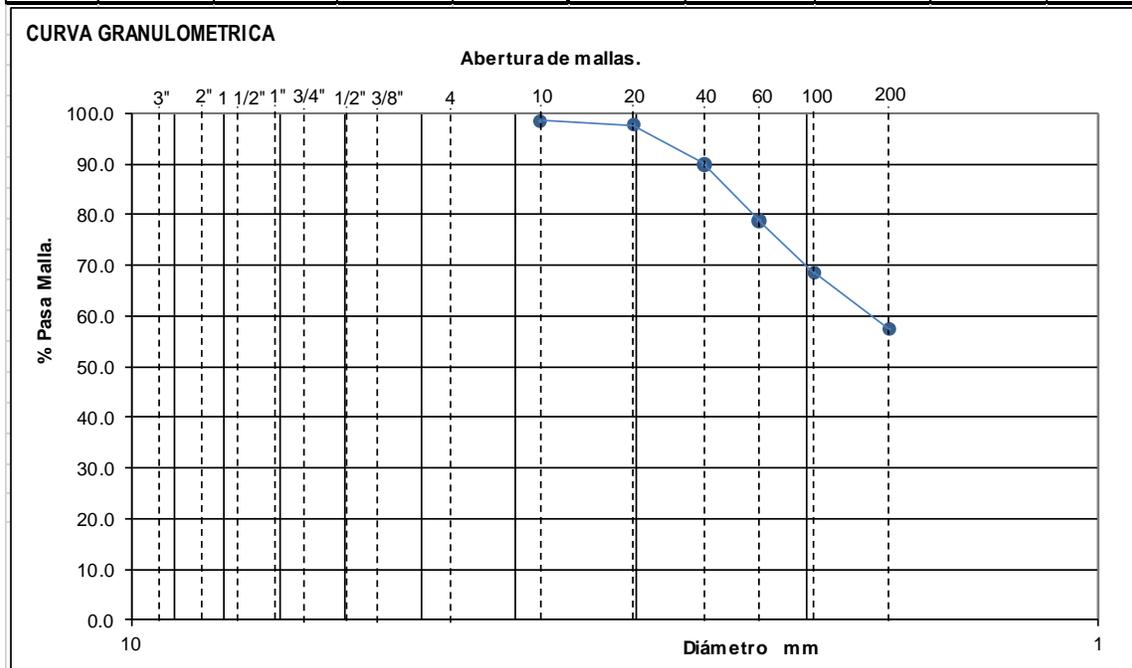
UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO

OBRA	Tesis			DESPERDICIO % RET 2"	-	FECHA:	26/9/2017
LOCALIZACION	Colonia "México", Uruapan, Michoacán			PESO HUMEDO (gram)	200.00		
ENSAYE No.	1	SONDEO No.	1	PESO SECO (gram)	82.41	% WNAT.	95.69
MUESTRA No.	2	PROF.	1.5 m	PESO NETO DE MAT. "kg"	-	OPERADOR:	Mario
DESCRIPCION MATER.	Material fino, café obscuro aparentemente limo			VOLUMEN MOLDE "m3"	-	CÁLCULO:	Mario
TIPO DE GRANULOMETRIA :	Por lavado			PESO VOLUMETRICO "Ton/m:	-	Vo. Bo.:	Ing. Blanco

GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla	Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla
Malla mm.	pulgadas	Parcial (kgs)	Parcial	Parcial	Malla mm.	No.	Parcial (gms)	Parcial	Parcial
76.2	3"								
50.8	2"				2	10	0.93	0.47	99.54
36.1	1 1/2"				0.84	20	2.19	1.10	98.44
25.4	1"				0.42	40	16.83	8.42	90.03
19.05	3/4"				0.25	60	20.61	10.31	79.72
12.7	1/2"				0.149	100	20.34	10.17	69.55
9.52	3/8"				0.074	200	21.51	10.76	58.80
4.76	No. 4					Pasa 200	117.59	58.80	0.00
	Pasa No. 4					SUMA	200.0	100.00	
	SUMA								



DENSIDAD			
Volumen Desalojado	Peso seco	-	Densidad Relativa Aparente
D 10 =	-	$Cu = D60 / D10 =$	-
D 30 =	-	Gravas Cu > 4 Arenas, Cu > 6.	MAYOR 3" =
D 60 =	-	$Cc = (D30)^2 / (D10 * D60) =$	G = 0.0%
		Gravas y Arenas Cc entre 1 y 3	S = 41.2%
			F = 58.8%
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA:		Material fino	



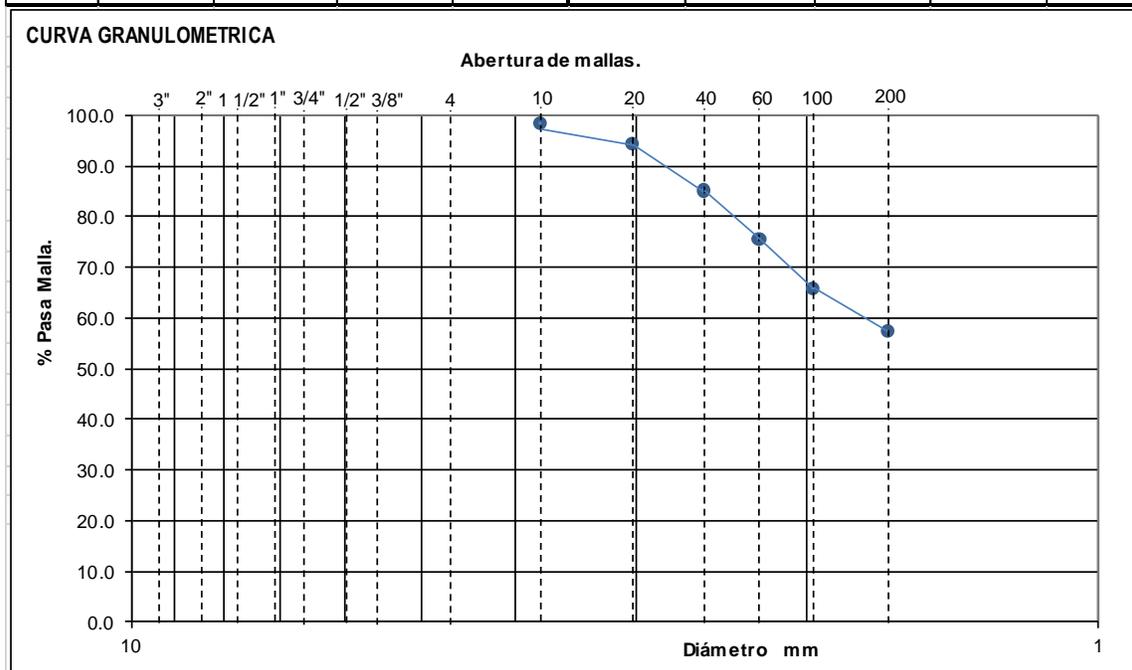
UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO

OBRA	Tesis			DESPERDICIO % RET 2"	-	FECHA:	26/9/2017
LOCALIZACION	Colonia "México", Uruapan, Michoacán			PESO HUMEDO (gram)	200.00		
ENSAYE No.	1	SONDEO No.	1	PESO SECO (gram)	82.84	% WNAT.	166.67
MUESTRA No.	3	PROF.	2.0 m	PESO NETO DE MAT. "kg"	-	OPERADOR:	Mario
DESCRIPCION MATER.	Material fino, café claro aparentemente limo			VOLUMEN MOLDE "m3"	-	CÁLCULO:	Mario
TIPO DE GRANULOMETRIA :	Por lavado			PESO VOLUMETRICO "Ton/m:	-	Vo. Bo.:	Ing. Blanco

GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla	Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla
Malla mm.	pulgadas	Parcial (kgs)	Parcial	Parcial	Malla mm.	No.	Parcial (gms)	Parcial	Parcial
76.2	3"								
50.8	2"				2	10	1.63	0.82	99.19
36.1	1 1/2"				0.84	20	6.47	3.24	95.95
25.4	1"				0.42	40	20.11	10.06	85.90
19.05	3/4"				0.25	60	19.58	9.79	76.11
12.7	1/2"				0.149	100	18.01	9.01	67.10
9.52	3/8"				0.074	200	17.04	8.52	58.58
4.76	No. 4					Pasa 200	117.16	58.58	0.00
	Pasa No. 4					SUMA	200.0	100.00	
	SUMA								



DENSIDAD			
Volumen Desalojado	Peso seco	-	Densidad Relativa Aparente
D 10 =	-	$Cu = D_{60} / D_{10} =$	-
D 30 =	-	Gravas Cu > 4 Arenas, Cu > 6.	MAYOR 3"=
D 60 =	-	$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60}) =$	G = 0.0%
		Gravas y Arenas Cc entre 1 y 3	S = 41.4%
			F = 58.6%
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA:		Material fino	



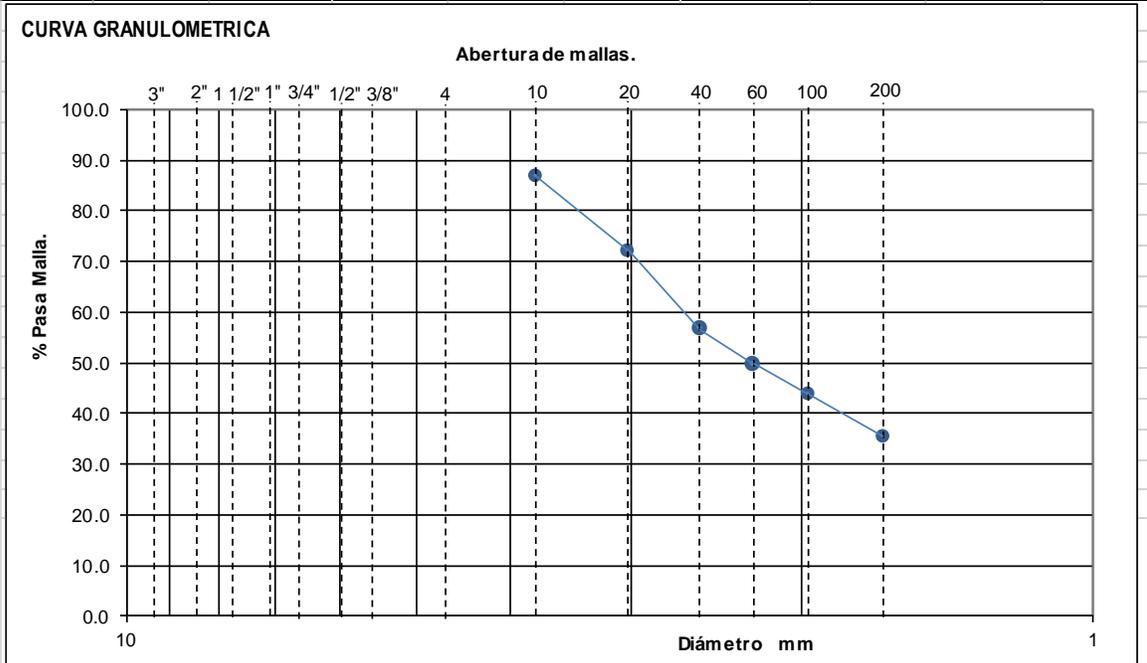
UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO

OBRA	Tesis	DESPERDICIO % RET 2"	-	FECHA:	19/9/2017
LOCALIZACION	Colonia "México", Uruapan, Michoacán	PESO HUMEDO (gm)	200.00		
ENSAYE No.	1	SONDEO No.	4	PESO SECO (gm)	126.86
MUESTRA No.	1	PROF.	0.6 m	PESO NETO DE MAT. "kg"	-
DESCRIPCION MATER.	Material granular, gris claro aparentemente arena	VOLUMEN MOLDE "m3"	-	% WNAT.	139.81
TIPO DE GRANULOMETRIA :	Por lavado	PESO VOLUMETRICO "Ton/m3"	-	OPERADOR:	Mario
				CÁLCULO:	Mario
				Vo. Bo.:	Ing. Blanco

GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla	Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla
Malla mm.	pulgadas	Parcial (kgs)	Parcial	Parcial	Malla mm.	No.	Parcial (gms)	Parcial	Parcial
76.2	3"								
50.8	2"				2	10	26.00	13.00	87.00
36.1	1 1/2"				0.84	20	29.55	14.78	72.23
25.4	1"				0.42	40	29.45	14.73	57.50
19.05	3/4"				0.25	60	14.10	7.05	50.45
12.7	1/2"				0.149	100	11.90	5.95	44.50
9.52	3/8"				0.074	200	15.82	7.91	36.59
4.76	No. 4					Pasa 200	73.18	36.59	0.00
	Pasa No. 4					SUMA	200.0	100.00	
	SUMA								



DENSIDAD			
Volumen Desalojado	Peso seco	-	Densidad Relativa Aparente
D 10 =	-	Cu = D60 / D10 =	-
D 30 =	-	Gravas Cu > 4 Arenas, Cu > 6.	MAYOR 3"=
D 60 =	-	Cc = (D30) ² / (D10*D60) =	G =
		Gravas y Arenas Cc entre 1 y 3	S =
			F =
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA:		Material grueso (arena)	



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.

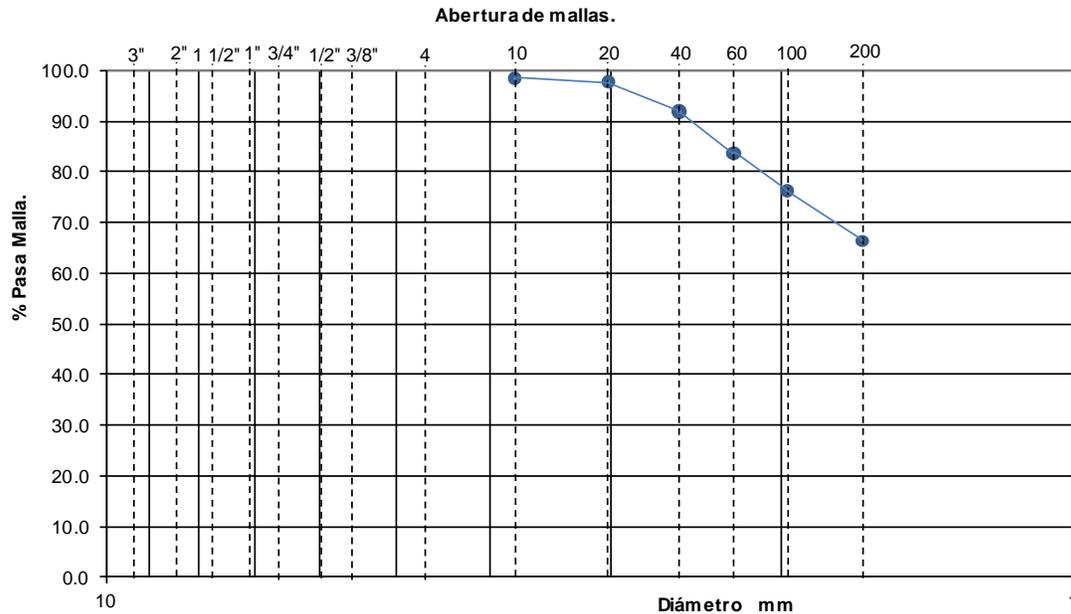


GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO

OBRA	Tesis	DESPERDICIO % RET 2"	-	FECHA:	19/9/2017
LOCALIZACION	Colonia "México", Uruapan, Michoacán	PESO HUMEDO (grm)	200.00		
ENSAYE No.	1	SONDEO No.	4	% W NAT.	90.48
MUESTRA No.	2	PROF.	1.4 m	OPERADOR:	Mario
DESCRIPCION MATER.	Material fino, gris obscuro aparentemente limo	VOLUMEN MOLDE "m3"	-	CÁLCULO:	Mario
TIPO DE GRANULOMETRIA :	Por lavado	PESO VOLUMETRICO "Ton/m3"	-	Vo. Bo.:	Ing. Blanco

GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla	Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla
Malla mm.	pulgadas	Parcial (kgs)	Parcial	Parcial	Malla mm.	No.	Parcial (grms)	Parcial	Parcial
76.2	3"								
50.8	2"				2	10	0.40	0.20	99.80
36.1	1 1/2"				0.84	20	2.40	1.20	98.60
25.4	1"				0.42	40	13.10	6.55	92.05
19.05	3/4"				0.25	60	15.30	7.65	84.40
12.7	1/2"				0.149	100	14.75	7.38	77.03
9.52	3/8"				0.074	200	18.07	9.04	67.99
4.76	No. 4					Pasa 200	135.98	67.99	0.00
	Pasa No. 4					SUMA	200.0	100.00	
	SUMA								

CURVA GRANULOMETRICA



DENSIDAD

Volumen Desalojado	Peso seco	-	Densidad Relativa Aparente	-
D 10 =	Cu = D60 / D10 =	-	MAYOR 3" =	-
D 30 =	Gravas Cu > 4 Arenas, Cu > 6.		G =	0.0%
D 60 =	Cc = (D30) ² / (D10 * D60) =	-	S =	32.0%
	Gravas y Arenas Cc entre 1 y 3		F =	68.0%
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA:	Material fino			



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.

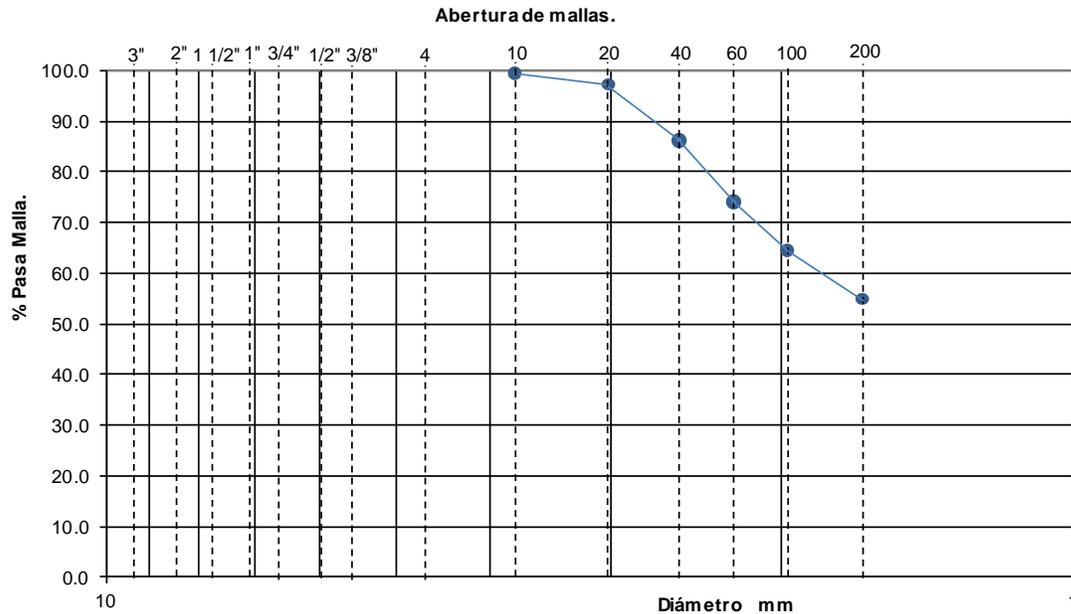


GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO

OBRA	Tesis	DESPERDICIO % RET 2"	-	FECHA:	19/9/2017
LOCALIZACION	Colonia "México", Uruapan, Michoacán	PESO HUMEDO (grm)	200.00		
ENSAYE No.	1	SONDEO No.	4	PESO SECO (grm)	89.19
MUESTRA No.	3	PROF.	2.0 m	% W NAT.	26.58
DESCRIPCION MATER.	Material fino, rojizo café claro aparentemente limo	PESO NETO DE MAT. "kg"	-	OPERADOR:	Mario
TIPO DE GRANULOMETRIA :	Por lavado	VOLUMEN MOLDE "m3"	-	CÁLCULO:	Mario
		PESO VOLUMETRICO "Ton/m3"	-	Vo. Bo.:	Ing. Blanco

GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla	Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla
Malla mm.	pulgadas	Parcial (kgs)	Parcial	Parcial	Malla mm.	No.	Parcial (grms)	Parcial	Parcial
76.2	3"								
50.8	2"				2	10	0.00	0.00	100.00
36.1	1 1/2"				0.84	20	2.55	1.28	98.73
25.4	1"				0.42	40	22.80	11.40	87.33
19.05	3/4"				0.25	60	25.15	12.58	74.75
12.7	1/2"				0.149	100	18.77	9.39	65.37
9.52	3/8"				0.074	200	19.92	9.96	55.41
4.76	No. 4					Pasa 200	110.81	55.41	0.00
	Pasa No. 4					SUMA	200.0	100.00	
	SUMA								

CURVA GRANULOMETRICA



DENSIDAD

Volumen Desalojado	Peso seco	-	Densidad Relativa Aparente	-
D 10 =	-	$Cu = D_{60} / D_{10} =$	-	MAYOR 3" =
D 30 =	-	Gravas Cu > 4 Arenas, Cu > 6.	G =	0.0%
D 60 =	-	$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60}) =$	S =	44.6%
		Gravas y Arenas Cc entre 1 y 3	F =	55.4%
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA:		Material fino		



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.

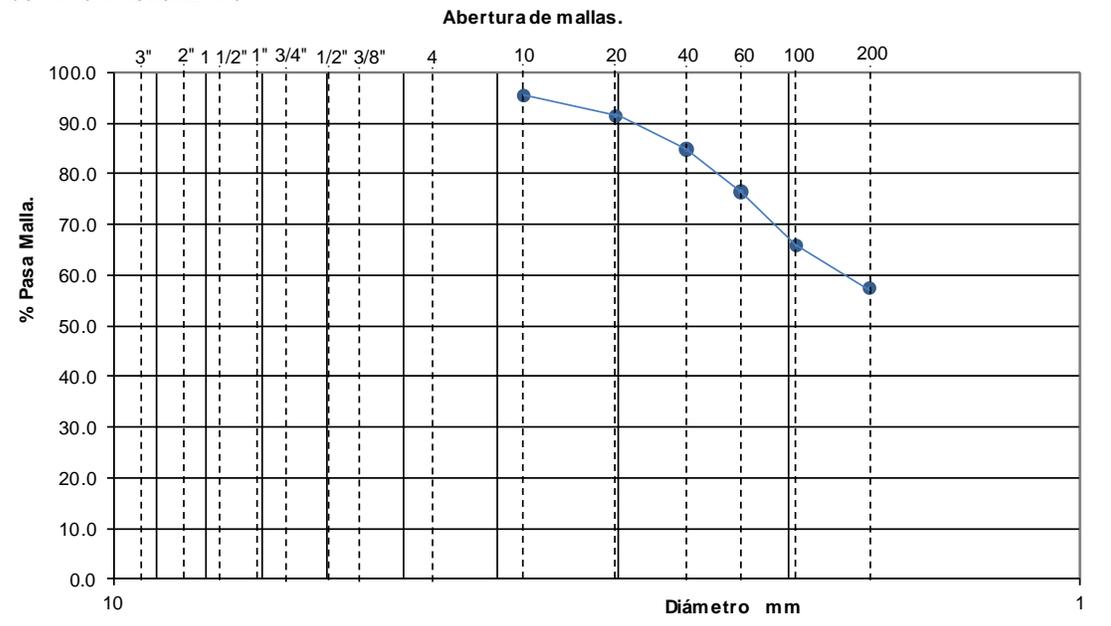


GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO

OBRA	Tesis			DESPERDICIO % RET 2"	-	FECHA:	2/10/2017
LOCALIZACION	Colonia "México", Uruapan, Michoacán			PESO HUMEDO (grm)	200.00		
ENSAYE No.	1	SONDEO No.	5	PESO SECO (grm)	83.55	% WNAT.	54.18
MUESTRA No.	1	PROF.	0.5 m	PESO NETO DE MAT. "kg"	-	OPERADOR:	Mario
DESCRIPCION MATER.	Material granular, gris claro aparentemente limo			VOLUMEN MOLDE "m3"	-	CÁLCULO:	Mario
TIPO DE GRANULOMETRIA :	Por lavado			PESO VOLUMETRICO "Ton/m3"	-	Vo. Bo.:	Ing. Blanco

GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla	Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla
Malla mm.	pulgadas	Parcial (kgs)	Parcial	Parcial	Malla mm.	No.	Parcial (gms)	Parcial	Parcial
76.2	3"								
50.8	2"				2	10	7.20	3.60	96.40
36.1	1 1/2"				0.84	20	8.90	4.45	91.95
25.4	1"				0.42	40	13.70	6.85	85.10
19.05	3/4"				0.25	60	15.95	7.98	77.13
12.7	1/2"				0.149	100	19.45	9.73	67.40
9.52	3/8"				0.074	200	18.35	9.18	58.23
4.76	No. 4					Pasa 200	116.45	58.23	0.00
	Pasa No. 4					SUMA	200.0	100.00	
	SUMA								

CURVA GRANULOMETRICA



DENSIDAD					
Volumen Desalojado		Peso seco	-	Densidad Relativa Aparente	-
D 10 =	-	$Cu = D_{60} / D_{10} =$		MAYOR 3" =	-
D 30 =	-	Gravas Cu > 4	Arenas, Cu > 6.	G =	0.0%
D 60 =	-	$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60}) =$		S =	41.8%
		Gravas y Arenas Cc entre 1 y 3		F =	58.2%
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA:		Material fino			



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.

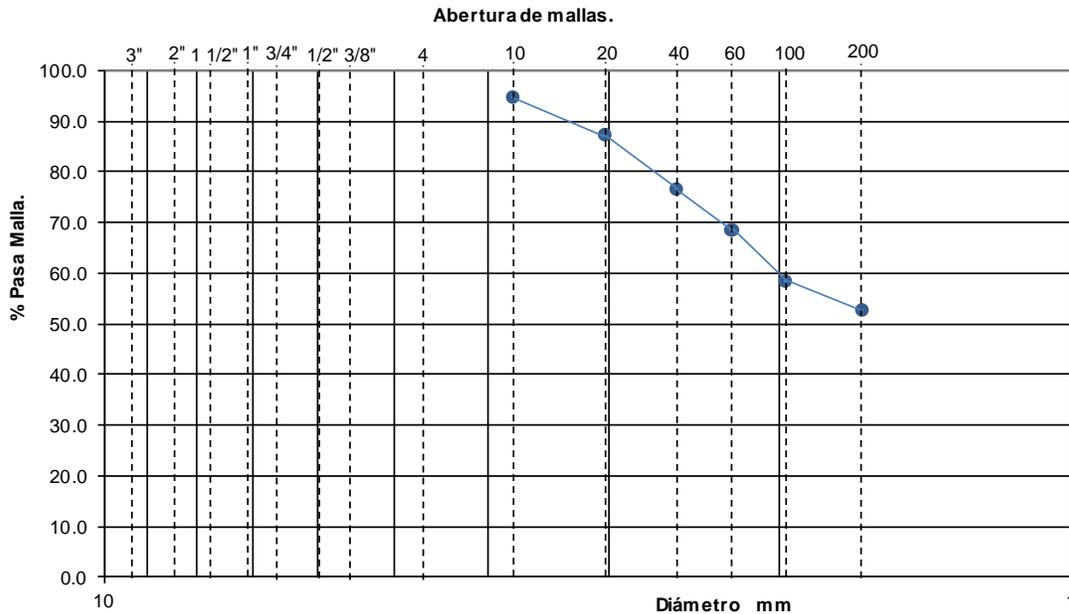


GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO

OBRA	Tesis	DESPERDICIO % RET 2"	-	FECHA:	2/10/2017
LOCALIZACION	Colonia "México", Uruapan, Michoacán	PESO HUMEDO (grm)	200.00		
ENSAYE No.	1	SONDEO No.	5	% W NAT.	74.42
MUESTRA No.	2	PROF.	1.2 m	OPERADOR:	Mario
DESCRIPCION MATER.	Material fino, gris obscuro aparentemente limo	VOLUMEN MOLDE "m3"	-	CÁLCULO:	Mario
TIPO DE GRANULOMETRIA :	Por lavado	PESO VOLUMETRICO "Ton/m:	-	Vo. Bo.:	Ing. Blanco

GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla	Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla
Malla mm.	pulgadas	Parcial (kgs)	Parcial	Parcial	Malla mm.	No.	Parcial (grms)	Parcial	Parcial
76.2	3"								
50.8	2"				2	10	9.85	4.93	95.08
36.1	1 1/2"				0.84	20	12.60	6.30	88.78
25.4	1"				0.42	40	19.65	9.83	78.95
19.05	3/4"				0.25	60	19.00	9.50	69.45
12.7	1/2"				0.149	100	20.45	10.23	59.23
9.52	3/8"				0.074	200	11.40	5.70	53.53
4.76	No. 4					Pasa 200	107.05	53.53	0.00
	Pasa No. 4					SUMA	200.0	100.00	
	SUMA								

CURVA GRANULOMETRICA



DENSIDAD

Volumen Desalojado	Peso seco	-	Densidad Relativa Aparente	-
D 10 =	Cu = D60 / D10 =	-	MAYOR 3" =	-
D 30 =	Gravas Cu > 4 Arenas, Cu > 6.		G =	0.0%
D 60 =	Cc = (D30) ² / (D10 * D60) =	-	S =	46.5%
	Gravas y Arenas Cc entre 1 y 3		F =	53.5%
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA:	Material fino			



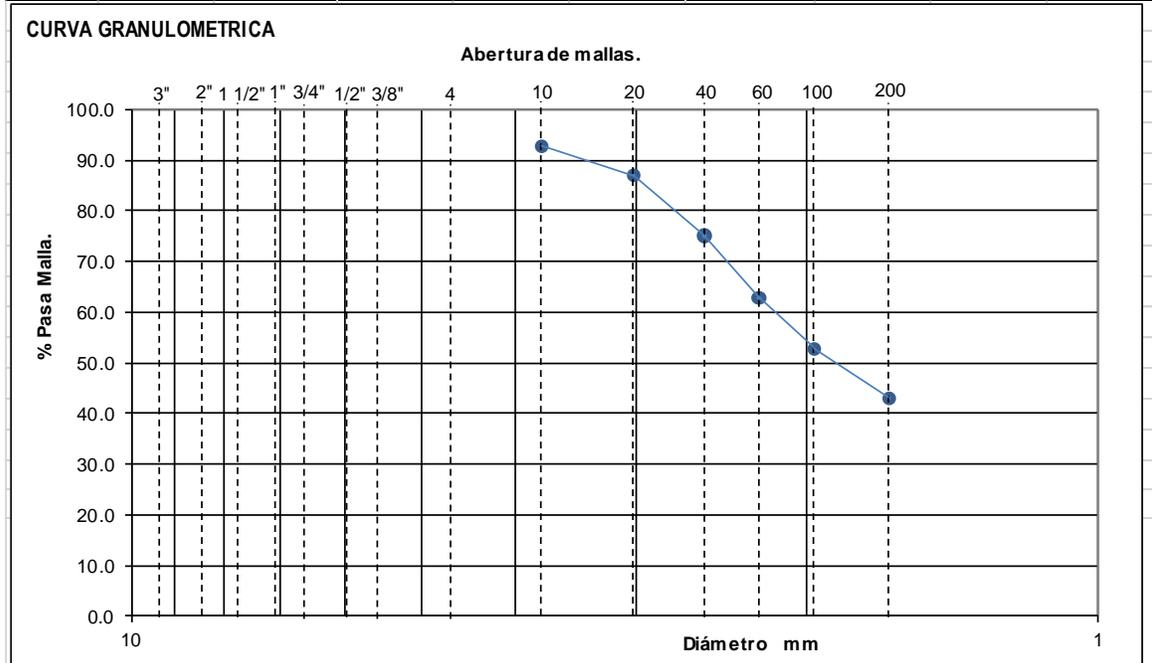
UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO

OBRA	Tesis	DESPERDICIO % RET 2"	-	FECHA:	2/10/2017
LOCALIZACION	Colonia "México", Uruapan, Michoacán	PESO HUMEDO (gm)	200.00		
ENSAYE No.	1	SONDEO No.	5	% WNAT.	39.85
MUESTRA No.	3	PROF.	2.0 m	OPERADOR:	Mario
DESCRIPCION MATER.	Material fino, rojizo café claro aparentemente arena	VOLUMEN MOLDE "m3"	-	CÁLCULO:	Mario
TIPO DE GRANULOMETRIA :	Por lavado	PESO VOLUMETRICO "Ton/m ³ "	-	Vo. Bo.:	Ing. Blanco

GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla	Abertura	Malla	Peso retenido	% Retenido	% Pasa malla
Malla mm.	pulgadas	Parcial (kgs)	Parcial	Parcial	Malla mm.	No.	Parcial (gms)	Parcial	Parcial
76.2	3"								
50.8	2"				2	10	12.25	6.13	93.88
36.1	1 1/2"				0.84	20	13.50	6.75	87.13
25.4	1"				0.42	40	22.80	11.40	75.73
19.05	3/4"				0.25	60	25.15	12.58	63.15
12.7	1/2"				0.149	100	18.75	9.38	53.78
9.52	3/8"				0.074	200	20.00	10.00	43.78
4.76	No. 4					Pasa 200	87.55	43.78	0.00
	Pasa No. 4					SUMA	200.0	100.00	
	SUMA								



DENSIDAD		Peso seco		Densidad Relativa Aparente	
Volumen Desalojado	-		-		-
D 10 =	-	Cu = D60 / D10 =		MAYOR 3" =	
D 30 =	-	Gravas Cu > 4 Arenas, Cu > 6.		G = 0.0%	
D 60 =	-	Cc = (D30) ² / (D10 * D60) =		S = 56.2%	
		Gravas y Arenas Cc entre 1 y 3		F = 43.8%	
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA:		Material grueso (arena)			

ANEXO 2



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

TIPO DE OBRA:	Tesis	FECHA:	26/9/2017
LOCALIZACION:	Colonia "México", Uruapan, Michoacán.	MUESTRA No.	3
ENSAYE Y PROF.	2 - 2 m	SONDEO NO.	1
DESCRIPCION MATERIAL:	Material fino, café claro aparentemente limo	OPERADOR:	Mario
		CALCULO:	Mario

LIMITE LIQUIDO

Prueba No	No. de Golpes	Capsula No.	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	30	1	23.97	19.90	4.07	14.24	5.66	71.91
2	25	2	32.17	25.28	6.89	15.32	9.96	69.18
3	24	3	25.55	21.05	4.50	14.66	6.39	70.42
4	19	4	27.95	22.32	5.63	14.61	7.71	73.02
5								

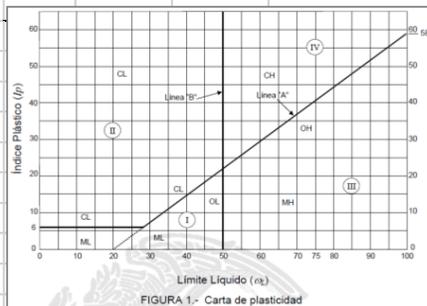
LIMITE PLASTICO

Prueba No.	Capsula No.	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	1	52.18	41.22	10.96	14.24	26.98	40.62
2							
3							

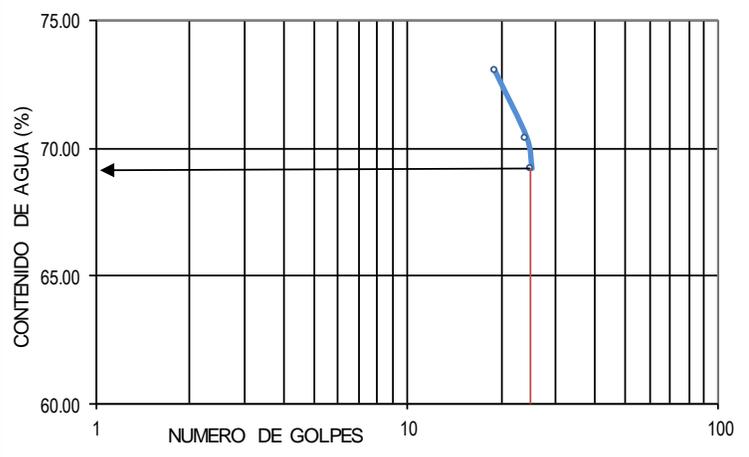
LIMITE DE CONTRACCION

Cápsula No.	Tipo de Prueba	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
	Lineal						
	Longitud Inicial (cm)		Long. Final (cm)				Contracción Lineal (%)
	Volumétrica						
	Vol. Inicial cm3		Volúmen Final cm3				Contracción Volumétrica (%)
	Peso Vol. Mercurio kg/m3		Peso Mercurio desalojado (gr)				

HUMEDAD NATURAL W (%) =	166.67
LIMITE LÍQUIDO LL (%) =	69.19
LIMITE PLÁSTICO LP (%) =	40.62
INDICE PLÁSTICO IP (%) =	28.57
CLASIFICACION SUCS =	OH



GRAFICA PARA LIMITE LÍQUIDO.





UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

TIPO DE OBRA:	Tesis	FECHA:	19/9/2017
LOCALIZACION:	Colonia "México", Uruapan, Michoacán.	MUESTRA No.	3
ENSAYE Y PROF.	2 - 2 m	SONDEO NO.	4
DESCRIPCION MATERIAL:	Material fino, rojizo café claro aparentemente limo	OPERADOR:	Mario
		CALCULO:	Mario

LIMITE LIQUIDO

Prueba No	No. de Golpes	Capsula No.	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	30	1	11.60	9.92	1.68	7.72	2.20	76.36
2	26	2	11.63	9.36	2.27	6.71	2.65	85.66
3	23	3	12.92	10.46	2.46	7.68	2.78	88.49
4	19	4	13.47	10.81	2.66	7.94	2.87	92.68
5								

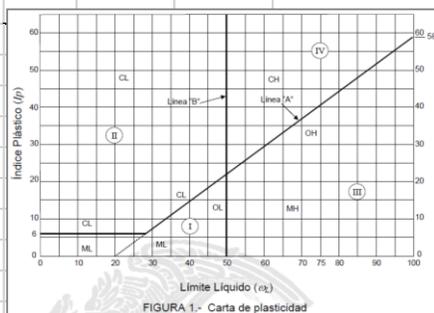
LIMITE PLASTICO

Prueba No.	Capsula No.	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	1	8.28	8.03	0.25	7.68	0.35	71.43
2							
3							

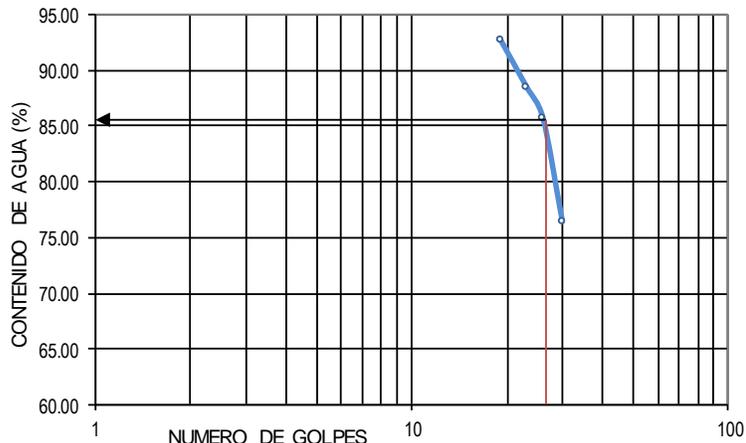
LIMITE DE CONTRACCION

Cápsula No.	Tipo de Prueba	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
	Lineal						
	Longitud Inicial (cm)		Long. Final (cm)				Contracción Lineal (%)
	Volumétrica						
	Vol. Inicial cm3		Volúmen Final cm3				Contracción Volumétrica (%)
	Peso Vol. Mercurio kg/m3		Peso Mercurio desalojado (gr)				

HUMEDAD NATURAL W (%) =	26.58
LIMITE LÍQUIDO LL (%) =	85.80
LIMITE PLÁSTICO LP (%) =	71.43
INDICE PLÁSTICO IP (%) =	14.37
CLASIFICACION SUCS =	MH



GRAFICA PARA LIMITE LÍQUIDO.





UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

TIPO DE OBRA:	Tesis	FECHA:	3/10/2017
LOCALIZACION:	Colonia "México", Uruapan, Michoacán.	MUESTRA No.	3
ENSAYE Y PROF.	2 - 2 m	SONDEO NO.	5
DESCRIPCION MATERIAL:	Material fino, rojizo café claro aparentemente arena	OPERADOR:	Mario
		CALCULO:	Mario

LIMITE LIQUIDO

Prueba No	No. de Golpes	Capsula No.	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	31	1	13.54	11.95	1.59	7.72	4.23	37.59
2	28	2	12.57	10.82	1.75	6.71	4.11	42.58
3	25	3	13.15	11.46	1.69	7.68	3.78	44.71
4	19	4	14.30	12.32	1.98	7.94	4.38	45.21
5								

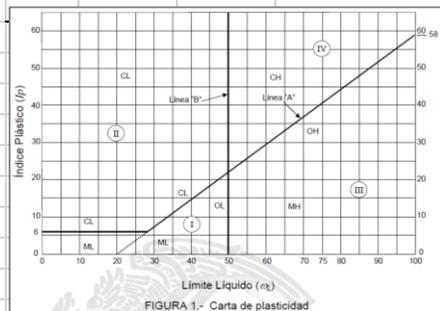
LIMITE PLASTICO

Prueba No.	Capsula No.	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
1	1	15.32	13.53	1.79	7.72	5.81	30.81
2							
3							

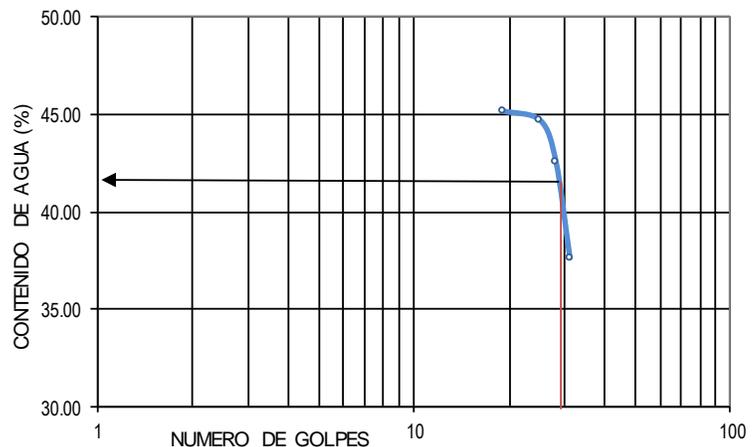
LIMITE DE CONTRACCION

Cápsula No.	Tipo de Prueba	Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	Peso del Agua (gr)	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Seco (gr)	Contenido de Agua W (%)
	Lineal						
	Longitud Inicial (cm)		Long. Final (cm)				Contracción Lineal (%)
	Volumétrica						
	Vol. Inicial cm3		Volúmen Final cm3				Contracción Volumétrica (%)
	Peso Vol. Mercurio kg/m3		Peso Mercurio desalojado (gr)				

HUMEDAD NATURAL W (%) =	39.85
LIMITE LÍQUIDO LL (%) =	42.52
LIMITE PLÁSTICO LP (%) =	30.81
INDICE PLÁSTICO IP (%) =	11.71
CLASIFICACION SUCS =	ML



GRAFICA PARA LIMITE LÍQUIDO.



ANEXO 3



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



DENSIDAD DE SÓLIDOS Ó PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LOS SÓLIDOS

TIPO DE OBRA:	Tesis	FECHA:	27/09/17
LOCALIZACION:	Colonia "México", Uruapan, Michoacán	HUMEDAD NATURAL:	166.67%
NUMERO ENSAYE:	3	SONDEO No.:	1
OPERADOR:	Mario	CALCULO:	Mario
PROFUNDIDAD:	2.0 metros		
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	Material fino, café claro aparentemente limo		

NUMERO DE PRUEBA	1	2	3
Número de Matraz.	1	4	5
Peso Matraz + Agua + Suelo (Gr)	690.10	698.70	694.10
Temperatura marca de Aforo (°C)	46	42	41
Peso Matraz + Agua Calibracion (Gr)	665.85	672.10	665.00
Cápsula de Evaporación Número.	-	-	-
Peso Cápsula + suelo seco (Gr)	-	-	-
Peso Cápsula (Gr)	-	-	-
Peso del Suelo seco (Gr)	50.00	50.00	50.00
Densidad de Sólidos	1.94	2.14	2.39

DENSIDAD DE SOLIDOS S _s
2.16

- W_{fsw} Peso del Matraz + Agua + Suelo a Temperatura de prueba.
- W_{fw} Peso del Matraz + Agua a Temperatura de prueba de la curva de calibracion del matraz.
- W_s Peso del Suelo Seco, después de realizada la prueba.
- S_s Peso Especifico Relativo de los Sólidos ó Densidad de Sólidos.

$$S_s = \frac{W_s}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}} \quad \text{FORMULA GENERAL}$$

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



DENSIDAD DE SÓLIDOS Ó PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LOS SÓLIDOS

TIPO DE OBRA:	Tesis	FECHA:	20/09/17
LOCALIZACION:	Colonia "México", Uruapan, Michoacán	HUMEDAD NATURAL:	26.58%
NUMERO ENSAYE:	3	SONDEO No.:	4
OPERADOR:	Mario		
PROFUNDIDAD:	2.0 metros	CALCULO:	Mario
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	Material fino, rojizo café claro aparentemente limo		

NUMERO DE PRUEBA	1	2	3
Número de Matraz.	1	4	5
Peso Matraz + Agua + Suelo (Gr)	711.00	699.10	690.70
Temperatura marca de Aforo (°C)	49	42	51
Peso Matraz + Agua Calibracion (Gr)	683.15	672.17	663.17
Cápsula de Evaporación Número.	-	-	-
Peso Cápsula + suelo seco (Gr)	-	-	-
Peso Cápsula (Gr)	-	-	-
Peso del Suelo seco (Gr)	50.00	50.00	50.00
Densidad de Sólidos	2.26	2.17	2.23

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss
2.22

- Wfsw Peso del Matraz + Agua + Suelo a Temperatura de prueba.
- Wfw Peso del Matraz + Agua a Temperatura de prueba de la curva de calibracion del matraz.
- Ws Peso del Suelo Seco, después de realizada la prueba.
- Ss Peso Especifico Relativo de los Sólidos ó Densidad de Sólidos.

$$Ss = \frac{Ws}{Ws + Wfw - Wfsw} \quad \text{FORMULA GENERAL}$$

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



DENSIDAD DE SÓLIDOS Ó PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LOS SÓLIDOS

TIPO DE OBRA:	Tesis	FECHA:	03/10/17
LOCALIZACION:	Colonia "México", Uruapan, Michoacán	HUMEDAD NATURAL:	39.85%
NUMERO ENSAYE:	3	SONDEO No.:	5
OPERADOR:	Mario		
PROFUNDIDAD:	2.0 metros	CALCULO:	Mario
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	Material fino, rojizo café claro aparentemente arena		

NUMERO DE PRUEBA	1	2	3
Número de Matraz.	1	4	5
Peso Matraz + Agua + Suelo (Gr)	695.30	700.60	693.40
Temperatura marca de Aforo (°C)	40	43	42
Peso Matraz + Agua Calibracion (Gr)	666.82	672.00	664.83
Cápsula de Evaporación Número.	-	-	-
Peso Cápsula + suelo seco (Gr)	-	-	-
Peso Cápsula (Gr)	-	-	-
Peso del Suelo seco (Gr)	50.00	50.00	50.00
Densidad de Sólidos	2.32	2.34	2.33

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss
2.33

- Wfsw Peso del Matraz + Agua + Suelo a Temperatura de prueba.
- Wfw Peso del Matraz + Agua a Temperatura de prueba de la curva de calibracion del matraz.
- Ws Peso del Suelo Seco, después de realizada la prueba.
- Ss Peso Especifico Relativo de los Sólidos ó Densidad de Sólidos.

$$Ss = \frac{Ws}{Ws + Wfw - Wfsw} \quad \text{FORMULA GENERAL}$$

OBSERVACIONES:

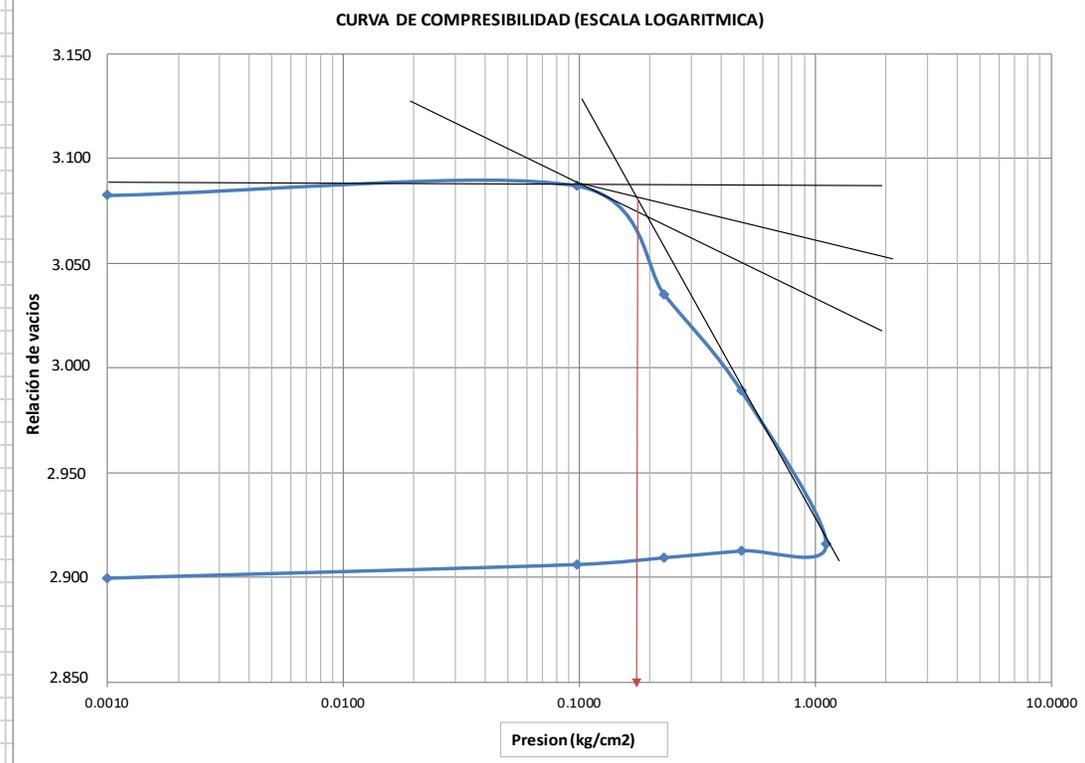
ANEXO 4

OBRA:	Tesis
UBICACIÓN:	Colonia "México", Uruapan, Michoacán
EQUIPO:	-

CALCULO GENERALES DEL ENSAYE					
DETERMINACION DE W		PRINCIPIO DE LA PRUEBA.		FINAL DE LA PRUEBA.	
ANILLO Y VIDRIO No.		UNO		UNO	
PESO TARA + SUELO HUMEDO.		287.80		299.20	
PESO TARA + SUELO SECO.		214.80		214.80	
PESO DEL AGUA.		73.00		84.40	
PESO TARA.		168.30		168.30	
PESO SUELO SECO. Ws		46.50		46.50	
CONTENIDO DE AGUA.		1.57		1.82	
W % PROMEDIO.		W1 =	157.0%	W2 =	181.5%
ANILLO No :	UNO	D. ANILLO (cm)	7.48	A. ANILLO cm ² =	43.94
EN EL CALCULO DE RELACIONES DE VACIOS, ÚSENSE LOS VALORES SIGUIENTES :					
ALTURA DE LA MUESTRA AL PRINCIPIO DE LA PRUEBA mm = H1					
PESO ESP. RELATIVO SOLIDOS. (Ss)		2.16			
ALTURA DE SOLIDOS.	Hs = 10 Ws =	4.899			
	A Ss				
Lectura Inicial=	1430	CTE. MICROMETRO		0.002	
Lectura Final =	1062				
VARIACION EN LA ALTURA DEL PRINCIPIO AL FINAL DE LA PRUEBA mm. = 0.7360					

CUADRO DE CALCULO PARA GRAFICAS								
PRESION ACUMULADA P	lectura		DEFORM LINEAL δ (mm)	DEFORM ACUMUL. δ_w (mm)	DEFORM UNITARIA e %	ESPESOR COMP. 2H (mm)	2H-2H0 mm	$e = \frac{2H-2H0}{2H0}$
	inicial	final						
kg/cm ²	(de ensaye de lab)							
0.0010			0.000	0.000	0.00	20.00	15.101	3.082
0.0980	1430	1441	-0.022	-0.022	-0.11	20.022	15.123	3.087
0.2300	1441	1314	0.254	0.232	1.16	19.768	14.869	3.035
0.4880	1314	1201	0.226	0.458	2.29	19.542	14.643	2.989
1.1160	1201	1022	0.358	0.816	4.08	19.184	14.285	2.916
0.4880	1022	1030	-0.016	0.832	4.16	19.168	14.269	2.913
0.2300	1030	1038	-0.016	0.848	4.24	19.152	14.253	2.909
0.0980	1038	1046	-0.016	0.864	4.32	19.136	14.237	2.906
0.0010	1046	1062	-0.032	0.896	4.48	19.104	14.205	2.900

OBRA:	Tesis	CARGA DE PRECONSOLIDACION
UBICACIÓN:	Colonia "México", Uruapan, Michoacán	1.8 TON/M2
EQUIPO:	-	

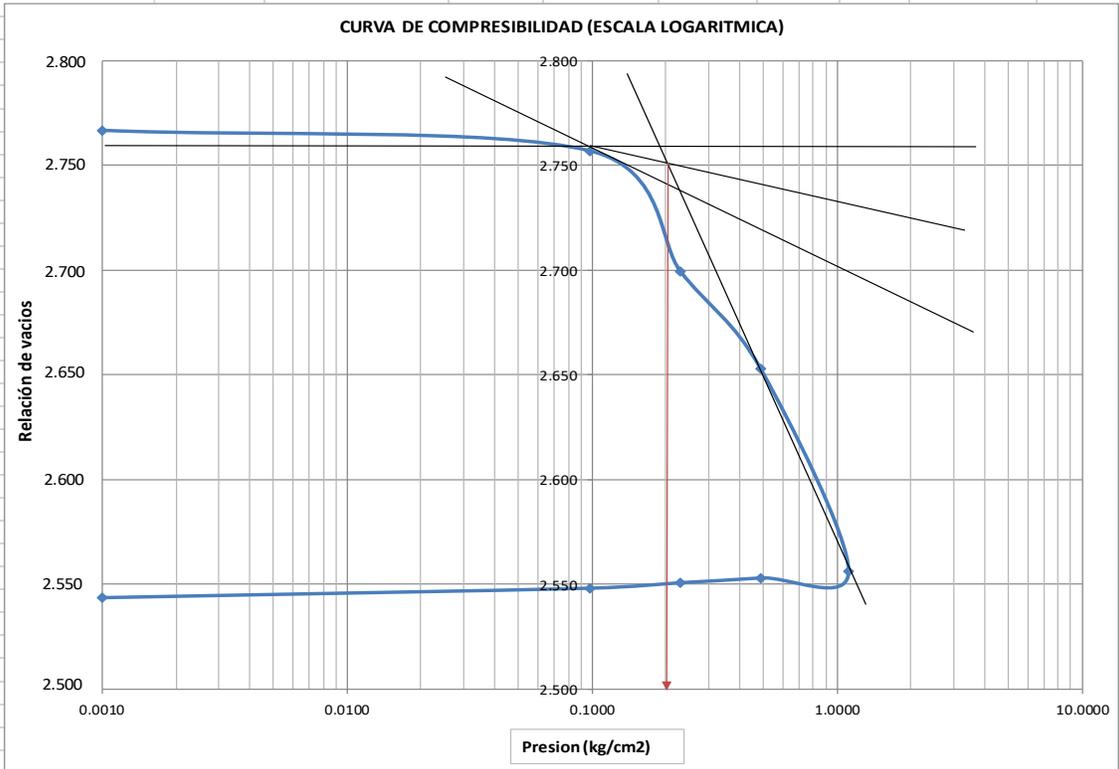


OBRA:	Tesis
UBICACIÓN:	Colonia "México", Uruapan, Michoacán
EQUIPO:	-

CALCULO GENERALES DEL ENSAYE					
DETERMINACION DE W		PRINCIPIO DE LA PRUEBA.		FINAL DE LA PRUEBA.	
ANILLO Y VIDRIO No.	UNO	UNO	UNO	ALTURA FINAL DE LA MUESTRA	mm. 18.95
PESO TARA + SUELO HUMEDO.	255.80	282.30	282.30	ALTURA INICIAL DEL AGUA.	mm. 8.12
PESO TARA + SUELO SECO.	220.10	220.10	220.10	ALTURA FINAL DEL AGUA.	mm. 14.15
PESO DEL AGUA.	35.70	62.20	62.20	RELACION DE VACIOS INICIAL.	2.77
PESO TARA.	168.30	168.30	168.30	RELACION DE VACIOS FINAL	2.57
PESO SUELO SECO. Ws	51.80	51.80	51.80	GRADO DE SATURACION INICIAL.	% 55%
CONTENIDO DE AGUA.	0.69	1.20	1.20	GRADO DE SATURACION FINAL.	% 104%
W % PROMEDIO.	W1 =	68.9%	W2 =	120.1%	
ANILLO No :	UNO	D. ANILLO (cm)	7.48	A. ANILLO cm ² =	43.94
ALTURA DE LA MUESTRA AL PRINCIPIO DE LA PRUEBA	mm = H1	20.00	EN EL CALCULO DE RELACIONES DE VACIOS , ÚSENSE LOS VALORES SIGUIENTES :		
PESO ESP. RELATIVO SOLIDOS. (Ss)	2.22	Hs = 2H0			
ALTURA DE SOLIDOS.	Hs = 10 Ws =	5.310	H1=		
	A Ss		20.000		
Lectura Inicial=	1493	CTE. MICROMETRO	0.002	PESO VOLUMETRICO TON/M3	
Lectura Final =	969	0.996			
VARIACION EN LA ALTURA DEL PRINCIPIO AL FINAL DE LA PRUEBA mm. = 1.0480					

CUADRO DE CALCULO PARA GRAFICAS								
PRESION ACUMULADA P	lectura inicial	lectura final	DEFORM LINEAL	DEFORM ACUMUL	DEFORM UNITARIA	ESPESOR COMP.	2H-2H0	e= $\frac{2H-2H0}{2H0}$
kg/cm ²	(de ensaye de lab)		δ (mm)	δ_{ac} (mm)	e %	2H (mm)	mm	
0.0010			0.000	0.000	0.00	20.00	14.690	2.767
0.0980	1493	1467	0.052	0.052	0.26	19.948	14.638	2.757
0.2300	1467	1314	0.306	0.358	1.79	19.642	14.332	2.699
0.4880	1314	1191	0.246	0.604	3.02	19.396	14.086	2.653
1.1160	1191	935	0.512	1.116	5.58	18.884	13.574	2.556
0.4880	935	944	-0.018	1.134	5.67	18.866	13.556	2.553
0.2300	944	950	-0.012	1.146	5.73	18.854	13.544	2.551
0.0980	950	957	-0.014	1.160	5.80	18.840	13.530	2.548
0.0010	957	969	-0.024	1.184	5.92	18.816	13.506	2.544

OBRA:	Tesis	CARGA DE PRECONSOLIDACION
UBICACIÓN:	Colonia "México", Uruapan, Michoacán	2.0 TON/M2
EQUIPO:	-	

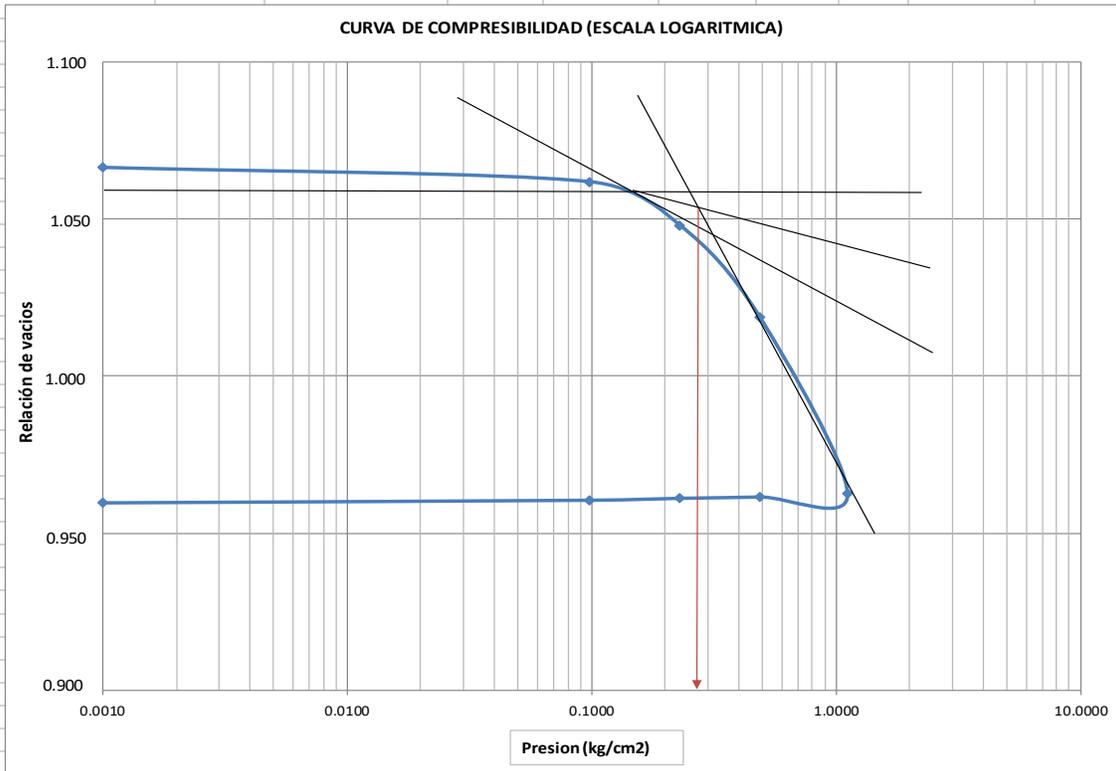


OBRA:	Tesis
UBICACIÓN:	Colonia "México", Uruapan, Michoacán
EQUIPO:	-

CALCULO GENERALES DEL ENSAYE					
DETERMINACION DE W		PRINCIPIO DE LA PRUEBA.		FINAL DE LA PRUEBA.	
ANILLO Y VIDRIO No.		UNO		UNO	
PESO TARA + SUELO HUMEDO.		293.10		309.80	
PESO TARA + SUELO SECO.		267.40		267.40	
PESO DEL AGUA.		25.70		42.40	
PESO TARA.		168.30		168.30	
PESO SUELO SECO. Ws		99.10		99.10	
CONTENIDO DE AGUA.		0.26		0.43	
W % PROMEDIO.		W1 =	25.9%	W2 =	42.8%
ANILLO No.:	UNO	D. ANILLO (cm)	7.48	A. ANILLO cm ² =	43.94
ALTURA DE LA MUESTRA AL PRINCIPIO DE LA PRUEBA mm = H1			20.00		
PESO ESP. RELATIVO SOLIDOS. (Ss)			2.33		
ALTURA DE SOLIDOS.	Hs = 10 Ws =		9.679		
	A Ss				
Lectura Inicial=		1495		CTE. MICROMETRO	0.002
Lectura Final =		1005			
VARIACION EN LA ALTURA DEL PRINCIPIO AL FINAL DE LA PRUEBA mm =					0.9800

CUADRO DE CALCULO PARA GRAFICAS								
PRESION ACUMULADA P	lectura inicial	lectura final	DEFORM LINEAL	DEFORM ACUMUL	DEFORM UNITARIA	ESPESOR COMP.	2H-2H0	e= 2H-2H0 / 2H0
kg/cm ²	(de ensaye de lab)		δ (mm)	δ_{ac} (mm)	e %	2H (mm)	mm	
0.0010			0.000	0.000	0.00	20.00	10.321	1.066
0.0980	1495	1473	0.044	0.044	0.22	19.956	10.277	1.062
0.2300	1473	1406	0.134	0.178	0.89	19.822	10.143	1.048
0.4880	1406	1265	0.282	0.460	2.30	19.540	9.861	1.019
1.1160	1265	992	0.546	1.006	5.03	18.994	9.315	0.962
0.4880	992	996	-0.008	1.014	5.07	18.986	9.307	0.962
0.2300	996	998	-0.004	1.018	5.09	18.982	9.303	0.961
0.0980	998	1001	-0.006	1.024	5.12	18.976	9.297	0.961
0.0010	1001	1005	-0.008	1.032	5.16	18.968	9.289	0.960

OBRA:	Tesis	CARGA DE PRECONSOLIDACION
UBICACIÓN:	Colonia "México", Uruapan, Michoacán	2.8 TON/M2
EQUIPO:	-	



ANEXO 5



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



COMPRESIÓN CONFINADA O COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA.

TIPO DE OBRA:	Tesis	FECHA :	27/9/2017				
LOCALIZACIÓN	Colonia "México", Uruapan, Michoacán		PROFUND:	2.0 m			
ENSAYE No.	5	SONDEO No:	1	MUESTRA No:	Unica	OPERADOR :	Mario
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Campo		CALCULO :	Mario			

MEDIDAS DE LA MUESTRA				Confinamiento (kg/cm ²)		0.5	
Diam Sup (cm)	3.65	Área Sup (cm ²)	10.463	Peso Wi (gr)	116.23	Peso Hum. (gr)	-
Diam Cent (cm)	3.65	Área Cent (cm ²)	10.463	Volúmen (cm ³)	92.50	Peso Seco (gr)	-
Diam Infer (cm)	3.70	Área Infer (cm ²)	10.752	γm (ton/m ³)	1.257	Hum. Prueba	-
Alt. Media (cm)	8.80	Área Media (cm ²)	As + 4Ac + Ai = 6	10.51	Constante del Micrómetro =	0.0100	
					Velocidad Aplicación carga =	1.0 min/carga	

Lectura	Carga	Lectura	Deformación	Deformación	1 - Deformación	Área	Esfuerzo.
Mic. de Carga (kg)	Acumulada (kg)	Mic Dy (mm)	Total (mm)	Unitaria %	Unitaria (mm)	Corregida (cm ²)	(kg/cm ²)

ULTIMAS DOS LECTURAS

130.00	27.83	170.00	1.7000	1.9318	0.9807	10.72	2.5963
140.00	29.97	210.00	2.1000	2.3864	0.9761	10.77	2.7831

Cohesión Mat. c = s/2 (kg/cm²) = 1.3915

MEDIDAS DE LA MUESTRA				Confinamiento (kg/cm ²)		1.0	
Diam Sup (cm)	3.70	Área Sup (cm ²)	10.752	Peso Wi (gr)	121.08	Peso Hum. (gr)	-
Diam Cent (cm)	3.75	Área Cent (cm ²)	11.045	Volúmen (cm ³)	98.10	Peso Seco (gr)	-
Diam Infer (cm)	3.65	Área Infer (cm ²)	10.463	γm (ton/m ³)	1.234	Hum. Prueba	-
Alt. Media (cm)	9.00	Área Media (cm ²)	As + 4Ac + Ai = 6	10.90	Constante del Micrómetro =	0.0100	
					Velocidad Aplicación carga =	1.0 min/carga	

Lectura	Carga	Lectura	Deformación	Deformación	1 - Deformación	Área	Esfuerzo.
Mic. de Carga (kg)	Acumulada (kg)	Mic Dy (mm)	Total (mm)	Unitaria %	Unitaria (mm)	Corregida (cm ²)	(kg/cm ²)

ULTIMAS DOS LECTURAS

135.00	28.90	180.00	1.8000	2.0455	0.9795	10.73	2.6930
145.00	31.04	220.00	2.2000	2.5000	0.9750	10.78	2.8791

Cohesión Mat. c = s/2 (kg/cm²) = 1.4395

MEDIDAS DE LA MUESTRA				Confinamiento (kg/cm ²)		1.5	
Diam Sup (cm)	3.65	Área Sup (cm ²)	10.463	Peso Wi (gr)	123.61	Peso Hum. (gr)	-
Diam Cent (cm)	3.75	Área Cent (cm ²)	11.045	Volúmen (cm ³)	98.74	Peso Seco (gr)	-
Diam Infer (cm)	3.65	Área Infer (cm ²)	10.463	γm (ton/m ³)	1.252	Hum. Prueba	-
Alt. Media (cm)	9.10	Área Media (cm ²)	As + 4Ac + Ai = 6	10.85	Constante del Micrómetro =	0.0100	
					Velocidad Aplicación carga =	1.0 min/carga	

Lectura	Carga	Lectura	Deformación	Deformación	1 - Deformación	Área	Esfuerzo.
Mic. de Carga (kg)	Acumulada (kg)	Mic Dy (mm)	Total (mm)	Unitaria %	Unitaria (mm)	Corregida (cm ²)	(kg/cm ²)

ULTIMAS DOS LECTURAS

160.00	34.25	210.00	2.1000	2.3864	0.9761	10.77	3.1806
170.00	36.39	250.00	2.5000	2.8409	0.9716	10.82	3.3637

Cohesión Mat. c = s/2 (kg/cm²) = 1.6818



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.

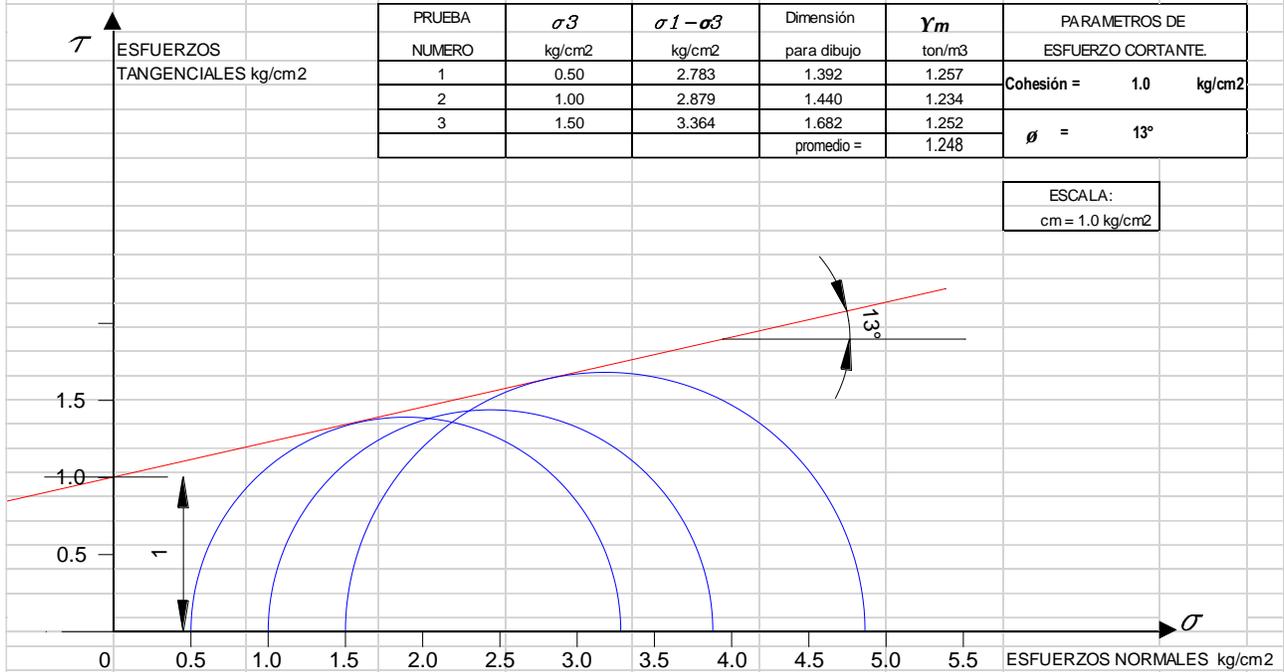


CIRCULOS DE MOHR COMPRESION TRIAXIAL RÁPIDA

TIPO DE OBRA	Tesis			FECHA:	27/9/2017
LOCALIZACION	Colonia "México", Uruapan, Michoacán			PROFUND:	2.0 m
ENSAJE No.	6	SONDEO No.	1	MUESTRA No.	Unica
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL				OPERADOR:	Mario
				CALCULO:	Mario

PRUEBA	σ_3	$\sigma_1 - \sigma_3$	Dimensión para dibujo	γ_m	PARAMETROS DE ESFUERZO CORTANTE.
1	0.50	2.783	1.392	1.257	Cohesión = 1.0 kg/cm ² $\phi = 13^\circ$
2	1.00	2.879	1.440	1.234	
3	1.50	3.364	1.682	1.252	
promedio =				1.248	

ESCALA:
cm = 1.0 kg/cm²





UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



COMPRESIÓN CONFINADA O COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA.

TIPO DE OBRA:	Tesis	FECHA :	22/9/2017
LOCALIZACIÓN	Colonia "México", Uruapan, Michoacán	PROFUND:	2.0 m
ENSAYE No.	5	SONDEO No:	4
MUESTRA No:	Unica	OPERADOR :	Mario
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Campo	CALCULO :	Mario

MEDIDAS DE LA MUESTRA				Confinamiento (kg/cm ²)		0.5	
Diam Sup (cm)	3.60	Área Sup (cm ²)	10.179	Peso Wi (gr)	100.45	Peso Hum. (gr)	-
Diam Cent (cm)	3.65	Área Cent (cm ²)	10.463	Volúmen (cm ³)	90.22	Peso Seco (gr)	-
Diam Infer (cm)	3.60	Área Infer (cm ²)	10.179	γm (ton/m ³)	1.113	Hum. Prueba	-
Alt. Media (cm)	8.70	Área Media (cm ²)	As + 4Ac + Ai = 6	10.37	Constante del Micrómetro =	0.0100	
					Velocidad Aplicación carga =	1.0 min/carga	

Lectura	Carga	Lectura	Deformación	Deformación	1 - Deformación	Área	Esfuerzo.
Mic. de Carga (kg)	Acumulada (kg)	Mic Dy (mm)	Total (mm)	Unitaria %	Unitaria (mm)	Corregida (cm ²)	(kg/cm ²)

ULTIMAS DOS LECTURAS

170.00	36.39	185.00	1.8500	2.1264	0.9787	10.59	3.4352
180.00	38.53	200.00	2.0000	2.2989	0.9770	10.61	3.6308

Cohesión Mat. c = s/2 (kg/cm²) = 1.8154

MEDIDAS DE LA MUESTRA				Confinamiento (kg/cm ²)		1.0	
Diam Sup (cm)	3.65	Área Sup (cm ²)	10.463	Peso Wi (gr)	120.40	Peso Hum. (gr)	-
Diam Cent (cm)	3.60	Área Cent (cm ²)	10.179	Volúmen (cm ³)	90.46	Peso Seco (gr)	-
Diam Infer (cm)	3.65	Área Infer (cm ²)	10.463	γm (ton/m ³)	1.331	Hum. Prueba	-
Alt. Media (cm)	8.80	Área Media (cm ²)	As + 4Ac + Ai = 6	10.27	Constante del Micrómetro =	0.0100	
					Velocidad Aplicación carga =	1.0 min/carga	

Lectura	Carga	Lectura	Deformación	Deformación	1 - Deformación	Área	Esfuerzo.
Mic. de Carga (kg)	Acumulada (kg)	Mic Dy (mm)	Total (mm)	Unitaria %	Unitaria (mm)	Corregida (cm ²)	(kg/cm ²)

ULTIMAS DOS LECTURAS

220.00	47.09	220.00	2.2000	2.5287	0.9747	10.64	4.4272
290.00	62.08	240.00	2.4000	2.7586	0.9724	10.66	5.8221

Cohesión Mat. c = s/2 (kg/cm²) = 2.9111

MEDIDAS DE LA MUESTRA				Confinamiento (kg/cm ²)		1.5	
Diam Sup (cm)	3.60	Área Sup (cm ²)	10.179	Peso Wi (gr)	112.70	Peso Hum. (gr)	-
Diam Cent (cm)	3.60	Área Cent (cm ²)	10.179	Volúmen (cm ³)	91.62	Peso Seco (gr)	-
Diam Infer (cm)	3.60	Área Infer (cm ²)	10.179	γm (ton/m ³)	1.230	Hum. Prueba	-
Alt. Media (cm)	9.00	Área Media (cm ²)	As + 4Ac + Ai = 6	10.18	Constante del Micrómetro =	0.0100	
					Velocidad Aplicación carga =	1.0 min/carga	

Lectura	Carga	Lectura	Deformación	Deformación	1 - Deformación	Área	Esfuerzo.
Mic. de Carga (kg)	Acumulada (kg)	Mic Dy (mm)	Total (mm)	Unitaria %	Unitaria (mm)	Corregida (cm ²)	(kg/cm ²)

ULTIMAS DOS LECTURAS

320.00	68.50	250.00	2.5000	2.8736	0.9713	10.68	6.4168
340.00	72.78	270.00	2.7000	3.1034	0.9690	10.70	6.8017

Cohesión Mat. c = s/2 (kg/cm²) = 3.4009



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.

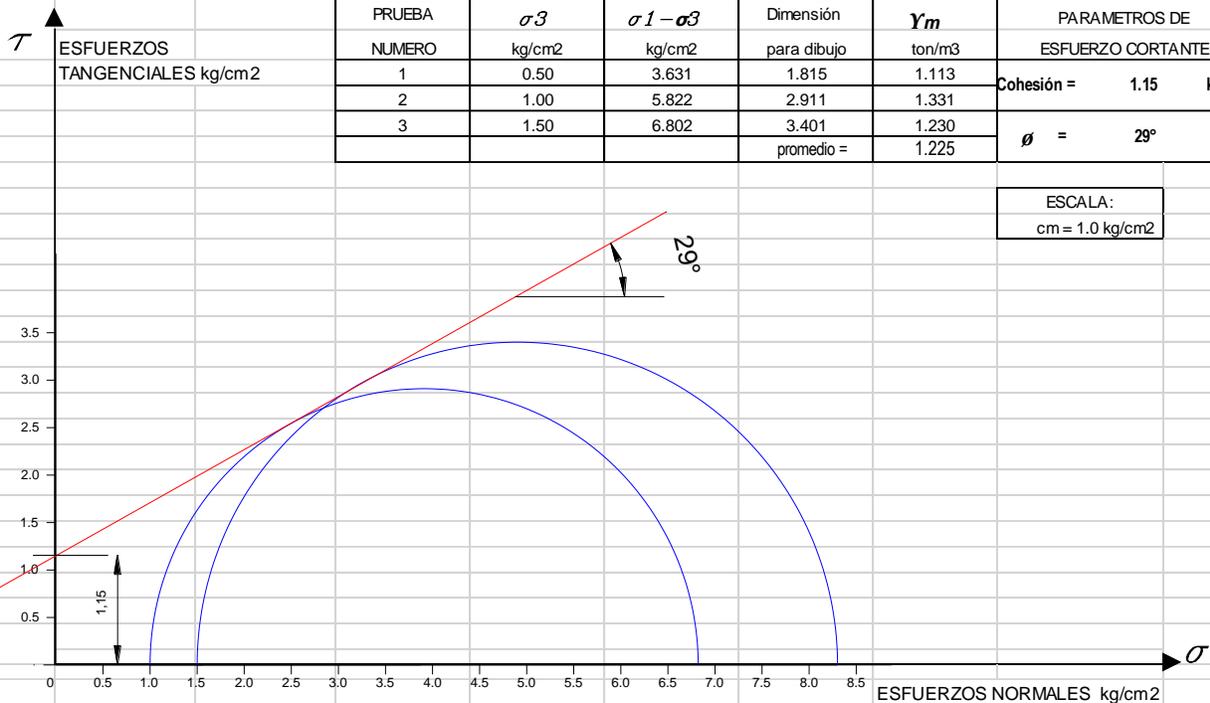


CIRCULOS DE MOHR COMPRESION TRIAXIAL RÁPIDA

TIPO DE OBRA	Tesis			FECHA:	22/9/2017
LOCALIZACION	Colonia "México", Uruapan, Michoacán			PROFUND:	2.0 m
ENSA Y No.	5	SONDEO No.	4	MUESTRA No.	Unica
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL				OPERADOR:	Mario
				CALCULO:	Mario

PRUEBA NUMERO	σ_3 kg/cm ²	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	Dimensión para dibujo	γ_m ton/m ³	PARAMETROS DE ESFUERZO CORTANTE.	
					1	0.50
2	1.00	5.822	2.911	1.331		
3	1.50	6.802	3.401	1.230		
promedio =				1.225		

ESCALA:
cm = 1.0 kg/cm²





UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



COMPRESIÓN CONFINADA O COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA.

TIPO DE OBRA:	Tesis	FECHA :	3/10/2017				
LOCALIZACIÓN	Colonia "México", Uruapan, Michoacán		PROFUND:	2.0 m			
ENSAYE No.	5	SONDEO No:	5	MUESTRA No:	Unica	OPERADOR :	Mario
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Campo		CALCULO :	Mario			

MEDIDAS DE LA MUESTRA				Confinamiento (kg/cm ²)		0.5	
Diam Sup (cm)	3.70	Área Sup (cm ²)	10.752	Peso Wi (gr)	145.33	Peso Hum. (gr)	-
Diam Cent (cm)	3.65	Área Cent (cm ²)	10.463	Volúmen (cm ³)	94.08	Peso Seco (gr)	-
Diam Infer (cm)	3.65	Área Infer (cm ²)	10.463	γ_m (ton/m ³)	1.545	Hum. Prueba	-
Alt. Media (cm)	8.95	Área Media (cm ²)	As + 4Ac + Ai = 6	10.51	Constante del Micrómetro =	0.0100	
					Velocidad Aplicación carga =	1.0 min/carga	

Lectura	Carga	Lectura	Deformación	Deformación	1 - Deformación	Área	Esfuerzo.
Mic. de Carga (kg)	Acumulada (kg)	Mic Dy (mm)	Total (mm)	Unitaria %	Unitaria (mm)	Corregida (cm ²)	(kg/cm ²)

ULTIMAS DOS LECTURAS

200.00	42.81	185.00	1.8500	2.0670	0.9793	10.73	3.9888
220.00	47.09	200.00	2.0000	2.2346	0.9777	10.75	4.3802

Cohesión Mat. $c = s/2$ (kg/cm²) = 2.1901

MEDIDAS DE LA MUESTRA				Confinamiento (kg/cm ²)		1.0	
Diam Sup (cm)	3.60	Área Sup (cm ²)	10.179	Peso Wi (gr)	142.84	Peso Hum. (gr)	-
Diam Cent (cm)	3.60	Área Cent (cm ²)	10.179	Volúmen (cm ³)	92.04	Peso Seco (gr)	-
Diam Infer (cm)	3.65	Área Infer (cm ²)	10.463	γ_m (ton/m ³)	1.552	Hum. Prueba	-
Alt. Media (cm)	9.00	Área Media (cm ²)	As + 4Ac + Ai = 6	10.23	Constante del Micrómetro =	0.0100	
					Velocidad Aplicación carga =	1.0 min/carga	

Lectura	Carga	Lectura	Deformación	Deformación	1 - Deformación	Área	Esfuerzo.
Mic. de Carga (kg)	Acumulada (kg)	Mic Dy (mm)	Total (mm)	Unitaria %	Unitaria (mm)	Corregida (cm ²)	(kg/cm ²)

ULTIMAS DOS LECTURAS

240.00	51.38	210.00	2.1000	2.3464	0.9765	10.76	4.7729
250.00	53.52	220.00	2.2000	2.4581	0.9754	10.78	4.9661

Cohesión Mat. $c = s/2$ (kg/cm²) = 2.4830

MEDIDAS DE LA MUESTRA				Confinamiento (kg/cm ²)		1.5	
Diam Sup (cm)	3.60	Área Sup (cm ²)	10.179	Peso Wi (gr)	141.48	Peso Hum. (gr)	-
Diam Cent (cm)	3.60	Área Cent (cm ²)	10.179	Volúmen (cm ³)	91.61	Peso Seco (gr)	-
Diam Infer (cm)	3.60	Área Infer (cm ²)	10.179	γ_m (ton/m ³)	1.544	Hum. Prueba	-
Alt. Media (cm)	9.00	Área Media (cm ²)	As + 4Ac + Ai = 6	10.18	Constante del Micrómetro =	0.0100	
					Velocidad Aplicación carga =	1.0 min/carga	

Lectura	Carga	Lectura	Deformación	Deformación	1 - Deformación	Área	Esfuerzo.
Mic. de Carga (kg)	Acumulada (kg)	Mic Dy (mm)	Total (mm)	Unitaria %	Unitaria (mm)	Corregida (cm ²)	(kg/cm ²)

ULTIMAS DOS LECTURAS

260.00	55.66	240.00	2.4000	2.6816	0.9732	10.80	5.1529
270.00	57.80	250.00	2.5000	2.7933	0.9721	10.81	5.3449

Cohesión Mat. $c = s/2$ (kg/cm²) = 2.6725



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL .
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS.



CIRCULOS DE MOHR COMPRESION TRIAXIAL RÁPIDA

TIPO DE OBRA	Tesis			FECHA:	22/9/2017
LOCALIZACION	Colonia "México", Uruapan, Michoacán			PROFUND:	2.0 m
ENSA Y No.	5	SONDEO No.	4	MUESTRA No.	Unica
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Material fino, rojizo café claro aparentemente arena			CALCULO:	Mario

PRUEBA NUMERO	σ_3	$\sigma_1 - \sigma_3$	Dimensión	γ_m	PARAMETROS DE ESFUERZO CORTANTE.
	kg/cm ²	kg/cm ²	para dibujo	ton/m ³	
1	0.50	4.380	2.190	1.545	Cohesión = 1.41 kg/cm ² $\phi = 19^\circ$
2	1.00	4.966	2.483	1.552	
3	1.50	5.345	2.672	1.544	
promedio =				1.547	

ESCALA:
cm = 1.0 kg/cm²

