

140  
2 Ely



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DE INGENIERIA CIVIL, TOPOGRAFICA Y GEODESICA

**DISEÑO DE SECUENCIAS DE APRENDIZAJE  
PARA LA MATERIA GEOTECNIA II**

**TESIS PROFESIONAL**

ELABORADA PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

EUGENIA PADILLA MORALES

MEXICO, D. F.

ABRIL, 1985



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

## I N D I C E

	<i>Página</i>
I. <i>Introducción</i>	1
II. <i>Marco Conceptual</i>	3
III. <i>Secuencias de aprendizaje</i>	12
IV. <i>Ejemplos concretos de secuencias de aprendizaje en el curso de Geotecnia II</i>	14
V. <i>Conclusiones</i>	98
VI. <i>Bibliografía</i>	99

## I. INTRODUCCION

La intención de este trabajo es proporcionar al profesor algunos elementos, tanto teóricos como prácticos, que se hacen indispensables al emprender la labor de formular actividades de aprendizaje, mismas que permiten una mayor eficiencia, desde el punto de vista didáctico en la impartición de los cursos. Para lograr ésto se parte de los fundamentos pedagógicos y psicológicos del aprendizaje, ejemplificando la aplicación de dichos conceptos a la elaboración de actividades a través de ciertos temas comprendidos en el programa de la materia Geotecnia II.

En el capítulo II se aborda el problema del fracaso escolar - interpretado por dos corrientes pedagógicas contrarias; del planteamiento y análisis de éstas se llega a establecer algunos de los factores que determinan el aprendizaje. Asimismo se propone un - criterio basado en tres etapas, o momentos, de aprendizaje.

En el capítulo III se profundiza en el aspecto de las secuencias de actividades, definiéndolas y explicando qué características deben cumplir.

En el capítulo IV se ejemplifican actividades haciendo uso de algunos temas comprendidos en el programa de la materia Geotecnia II. Cabe mencionar que la razón de que no se ejemplifiquen todos los temas planteados en el programa es que el propósito de este trabajo es servir de unión entre los aspectos didácticos y el contenido concreto de la materia antes citada. La idea que se persigue es que el profesor pueda tener acceso a aplicaciones de la teoría pedagógica en una materia técnica, sin olvidar que los ejemplos aquí tratados son sólo algunos de los muchos que se pueden plantear y que es finalmente el profesor a través de su creatividad y de su experiencia docente quién generará e implementará las actividades que propondrá a sus alumnos.

Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo y la bibliografía empleada.

## II. MARCO CONCEPTUAL

El devenir escolar, de principio a fin, es una larga carrera de obstáculos, de exámenes o de concursos. Lo demuestra toda su estructura; reflejo estructural de la economía liberal, el sistema escolar es competitivo, selectivo.

Los fracasos escolares son tan manifiestos, tan masivos, -- que dejan de ser una simple anomalía y obligan a buscar sus causas más allá de las desigualdades de las aptitudes naturales.

Los alumnos no se benefician de igual forma con la cultura entregada por la escuela (todos requerirían de la misma maduración psicológica para beneficiarse igual). Se han denunciado las diferencias de maduración psicológica según los niveles socio-económicos, lo que incide en las posibilidades de aprendizaje; pero es sobre todo el divorcio entre la pobreza cultural del medio y los progresos continuados planteados por la escuela, la causa de la inadaptación escolar.

La enseñanza escolar no puede sino seleccionar, no siendo sorprendente en consecuencia, que las estructuras escolares re--

produzcan las estructuras y los estratos socioeconómicos existentes.

Los educadores, producto del sistema, se adhieren a los valores existentes con tanta o más pasión según piensan o no que a ellos le deben su cultura y su éxito social.

Por las mismas razones, los pocos alumnos provenientes del curso escolar salidos de las clases bajas, pueden dar una apariencia de legitimidad a la selección escolar, haciendo creer -- que el éxito es producto de los dones.

DOS CORRIENTES: "dotados" y "no dotados"

Existe una idea muy generalizada que establece que está escrito hereditariamente en el cerebro de un niño, si será tonto o inteligente, apto o inepto para las actividades intelectuales.

Cabe aclarar que dentro de esta línea de pensamiento han -- existido numerosos aportes principalmente de los conductistas que no solo validan la existencia de dones, actitudes e intereses si no que los cuantifican mediante todo tipo de pruebas y "tests" - psicométricas. Así pues, existen tests de preguntas de vocabulario, de información general, de atención o memoria e inclusive - de inventario de intereses, de valores humanos, de inteligencia, de habilidades de tipo gráfico, lingüístico, mecánico e inclusive de pensamiento abstracto.

El aparato escolar en muchos casos, ha abusado empleando toda esta tecnología cuantificadora, midiendo con estos criterios y tests a los alumnos fracasados en la escuela, y llegando finalmente a la conclusión de que es la carencia de ciertas aptitudes, habilidades, intereses o bien de inteligencia, lo que ocasiona sus fallas en la escuela.

Se confunden dos cuestiones muy diferentes: la existencia -

indudable de dones fisiológicos innatos - tan comunes a todos los miembros de la especie humana -, que son propios de cada individuo, y que juegan el papel de punto de partida o de base para -- las actividades psíquicas, y aquélla que se llama corrientemente "dones intelectuales". Así, se cree en una preformación de la -- inteligencia de esencia biológica y hereditaria. En concecuencia, se culpa a la naturaleza, de los fracasos y problemas escolares en los alumnos.

El segundo enfoque plantea la problemática desde otro punto de vista:

Lucien Seve\*, en su artículo "Los dones no existen", trata de demostrar que la diversidad de aptitudes intelectuales no es del todo una concecuencia de los dones biológicos, y que aunque éstos tienen incidencia en el desarrollo psíquico, son las condiciones sociales las que tienen mayor preponderancia an este desarrollo. Para lograr su propósito, retoma lo que establece Chau-chard\*\*:"Considerado en su estructura anatómica, el cerebro no es sino *posibilidades* que no se revelarán sino por *activación*: - maniobra e interacción de ondas de influjos nerviosos en los diversos sectores del sistema nervioso". No son los dones biológicos de nacimiento, sino el conjunto de la actividad social del - individuo lo que determina esta activación. Según esto, el cerebro no posibilita virtualmente tal o cual aptitud, dino sólo la aptitud para la formación de estas aptitudes.

Despejemos pues la razón más profunda por la cual la inteligencia no puede ser en absoluto dada: es que la inteligencia es una actividad social. Cuando se concibe la inteligencia como -- una cosa, una facultad, se puede imaginar que podría ser el resultado de una suerte de regalos recibidos pasivamente. Pero -- cuando se ha comprendido que la inteligencia humana, producto de la actividad social, es en *sí misma* una actividad social, se com

\*Profesor de Filosofía en la Facultad de Filosofía de Montpellier, Francia.

\*\*P. Chauchard, El cerebro humano, PUF, 1958, p.37.



prende de golpe que no tiene ningún sentido hablar de "don". En realidad, es el hombre que se hace a sí mismo en el trabajo, según el medio social se lo permita.

Sin embargo, no se llega con esto a la idea del hombre como una tabla rasa, sino que se considera que desde el comienzo la vida está marcada por parámetros biológicos pero que nada está decidido, pues lo que decide es el desarrollo ulterior. La personalidad intelectual de un individuo, no está determinada fatalmente por su tipo nervioso, aún cuando en parte también lo marca. Los parámetros *biológicos* no pueden determinar nada por sí mismos, no solamente porque sean ellos mismos *ya* sociales, sino sobre todo porque las funciones psicológicas específicamente humanas en su esencia misma son adquisiciones sociales y no productos directos de la herencia orgánica. Toda carencia psicológica puede ser paliada, poniendo aparte algunos casos patológicos; todo desequilibrio puede ser compensado, y eso no se produce por la naturaleza. Es, en consecuencia, la sociedad la que está en tela de juicio.

Así pues, las diferencias entre los hombres se dan más por la división de trabajo, es decir, hay que comprenderlas estudiando las relaciones sociales y su incidencia sobre la biografía individual. La oposición ideológica de los "dotados" y de los "no dotados" es, en último análisis, la expresión ideológica de la división de la sociedad en clases sociales en la que una explota a la otra, y en la que la política escolar tiende a perpetuar esa dominación.

La negación de los dones no es la negación de la diversidad de aptitudes, no tiene nada que ver con la utopía igualitarista. Los "dones" no existen, ni dones iguales ni dones desiguales. De hecho al nacer, los niños no son absolutamente idénticos ni absolutamente diferentes. No lo son, y no pueden serlo, ni en el plano de su constitución biológica hereditaria y, lo que es todavía más importante, ni en el plano de las condiciones y de las oportunidades sociales que encuentran al nacer.

De hecho, en la sociedad existen múltiples desigualdades que inciden en la escolaridad. Así están las desigualdades en las *condiciones materiales de estudio*. El *dinero* lo resume todo. Quien dice dinero dice medios de conservación, o sea tiempo para el estudio, vivienda, o sea lugar para el estudio, libros, es decir medios de estudio; ayuda social, o sea, seguridad contra el fracaso; asimismo existen desigualdades en las *condiciones culturales de estudio*, y primeramente en la disposición de la *herencia cultural* legada al alumno a través de su familia, (uso de categorías de lengua y pensamiento; transmisión pre y paraescolar de conocimento y de formas escolares, etc.).

Por otra parte, Michel Ramuz\*, en su artículo "Biología y Educación" comenta que la genética señala los límites que podrá alcanzar un ser determinado, siempre que estos límites se refieran a características físicas como talla, peso, etc. pero que resulta sumamente difícil determinarlos cuando se trata de las funciones del sistema nervioso superior.

Desde el punto de vista biológico se puede decir que existe interacción entre estructura y función en el sentido de que el uso de las estructuras del sistema nervioso, dependen del medio ambiente (físico, cultural, social, etc.). Asimismo, también se sabe que en ausencia de estímulos provenientes del medio físico, las conexiones nerviosas degeneran, siendo éste un proceso irreversible.

Guy Boisson\*\* demuestra en su artículo "Inteligencia y Herencia" que los comportamientos psicológicos están unidos a las funciones y las funciones a los estímulos del medio ambiente, o sea, que es de este último que depende sobre todo el desarrollo psicológico. Como lo prueba el psicólogo ruso Teplov\*\*\* en "Capacidades y Dones", lo que aparece directamente no son "dones" -

\*Jefe de investigaciones en la Facultad de Medicina de Montpellier, Francia

\*\*Profesor de pedagogía, Escuela Normal de Montpellier, Francia.

\*\*\*en "investigaciones Pedagógicas" en la URSS.

superpuestos sino "capacidades". El don es pues una *combinación de múltiples capacidades*, no un elemento simple. Estas capacidades son distintas, no juegan en conjunto nada más que cuando son solicitadas por una actividad concreta evidentemente unida al medio. *La totalidad que es el pretendido "don" no existe antes que la actividad lo haga aparecer.*

Las capacidades en sí mismas son conjuntos que se manifiestan por otras actividades. En resumen, el "don" es una combinación de capacidades complejas que se puede originar sólo de actividades concretas. No puede ser innato como tal. Según concepciones de Teplov: "No pueden ser innatos, sino particularidades anatomofisiológicas, o sea, aptitudes que se encuentran en la base de las capacidades: éstas al contrario, aparecen siempre como el resultado de una evolución".

En resumen, decir de un niño que no es "dotado", es sostener en términos pseudocientíficos que no se sabe lo que sería preciso hacer - o que no se quiere hacer nada - para desarrollar su inteligencia. Es, pues, una coartada útil para una política escolar fundada sobre una ideología funcionalmente antidemocrática.

En virtud de lo dicho anteriormente, se vé la necesidad de que exista un cambio de actitud frente a los conceptos de "don" y de "aptitud" que se manejan normalmente, ya que si se quiere en verdad que exista una igualdad de oportunidades entre los alumnos - es importante partir de los estudios hechos sobre cómo se dá y - en qué condiciones se puede favorecer el proceso de aprendizaje.

Cabe aclarar la importancia de tener siempre presente la influencia del medio ambiente en el aprendizaje y pasar de la mentalidad educativa basada en los "dones heredados" a otra que implique una democratización de la enseñanza.

Así pues, el educador no se debe conformar con dictar su -- clase tradicionalmente alegando que todo aquel que no aproveche

la misma, es torpe o "no dotado", sino que debe basarse en el conocimiento del proceso de aprendizaje, implementando su clase de modo tal que lo favorezca, teniendo siempre en mente que deben aprovechar la misma, todos los alumnos.

Se requiere entonces partir de una teoría del conocimiento que explique cómo se dá dicho fenómeno y qué factores intervienen en él, por lo que es importante definir a continuación lo que se entiende por aprendizaje y por conocimiento.

De acuerdo a la teoría epistemológica moderna que desarrolló Jean Piaget, el sujeto para adquirir el conocimiento sobre cualquier tema (u objeto de conocimiento), posee una estructura mental (cognoscitiva) que es función de sus características personales hereditarias y de sus conocimientos anteriores (los que ha adquirido estudiando y por las experiencias de su vida diaria).

La estructura mental es pues el Marco de Referencia a partir del cual el alumno se enfrenta a los nuevos conocimientos a adquirir, por eso se le llama "Esquema Referencial del Sujeto".

Según Piaget la relación entre sujeto y objeto de conocimiento es activa y dinámica, realizándose a través de una serie de análisis y síntesis que realiza el sujeto sobre el objeto. Es ACTIVA porque requiere la CONSTRUCCION del objeto por parte del sujeto (proceso mental que efectúa el alumno al acercarse al concepto a través de su esquema cognoscitivo), e implica una TRANSFORMACION tanto en el objeto (que se modifica en el proceso de construcción) como en el alumno, (que modifica tanto su estructura cognoscitiva en el proceso de aprendizaje como su esquema referencial que ha incorporado al objeto).

Concluyendo se puede decir que, los factores que determinan el aprendizaje son:

- a) El esquema referencial del alumno
- b) Necesidad del alumno de realizar análisis y síntesis,

c) Carácter activo del mismo.

Una forma práctica para considerar lo anterior es la propuesta por Díaz Barriga "Un enfoque metodológico para la elaboración de programas escolares" que plantea tres momentos o etapas para el aprendizaje:

- a) **APERTURA.** El objetivo de esta etapa es rescatar el esquema referencial del alumno introduciéndolo al mismo tiempo al tema en estudio. Para lograr lo anterior, conviene que cada tema que se inicie sea presentado al alumno de modo tal que se relacione con los conceptos o ideas que el alumno tenga respecto al mismo. Cabe aclarar que no se pretende que el estudiante posea conocimientos sólidos o científicos del tema a tratar, sino que se trata de apelar a los conceptos intuitivos que posee el alumno respecto al tema por la simple observación de los fenómenos físicos, aunque en muchos casos estos conceptos vulgares no sean correctos.
- b) **DESARROLLO:** Si partimos de que para que exista un conocimiento se requiere un trabajo continuo de análisis y síntesis sucesivas por parte del alumno, se vé la necesidad de procurar que dicho proceso se genere acompañando siempre a la adquisición de la información. Así pues, el *desarrollo* es una etapa que debe necesariamente contemplar en forma paralela tanto la adquisición de la información (ya sea por exposición del profesor o bien directamente en los libros y artículos) como el *manejo* de la misma. Se entiende por manejo el proceso de construcción del conocimiento a través de análisis y síntesis por parte del sujeto.

Es importante recalcar que en muchos casos el profesor privilegia la adquisición de información sobre el manejo de la misma. Un ejemplo de esto es el caso tan común del profesor que expone su clase con mucho cuidado, (adquisición de información), y pide tareas al alumno, dejándole así la responsabilidad del manejo del contenido de la materia. Desde luego

..que no se pretende en modo alguno eliminar las tareas, sino al contrario se propone que el profesor revise perfectamente las tareas *discutiéndolas* con los alumnos e incluso realizando ejemplos en clase con los alumnos.

- c) CIERRE. Es una nueva síntesis, un intento de reorganizar el esquema referencial en relación a los problemas que se planteen; debe permitir nuevas estructuraciones y reestructuraciones del mismo, construidas por el sujeto en su proceso mismo de aprender. Esta síntesis final vendría a ser la -- síntesis inicial de la siguiente actividad.

### III. SECUENCIAS DE APRENDIZAJE

Recuperando las condiciones necesarias para el aprendizaje vistas en el Marco Teórico, se propone el siguiente procedimiento para el diseño de secuencias de aprendizaje.

Para el diseño de actividades de aprendizaje, es necesario - tomar en cuenta: el esquema referencial del alumno (conjunto de - conocimientos, experiencias, etc. que el alumno ya ha asimilado y que está en posibilidades de interrelacionar), la serie de análisis y síntesis que el alumno debe realizar para apropiarse del objeto de estudio, y el carácter activo del proceso de aprendizaje, ya - que al obtener el conocimiento de una nueva materia el alumno modifica su esquema referencial, enriqueciéndolo al incorporarle el contenido de la misma.

A partir de ésto se pueden proponer actividades que, primero, favorezcan que el alumno recuerde conocimientos que pertenecen a su esquema referencial y que están ligados directamente con el -- nuevo objeto de estudio; a esta actividad se le conoce con el nombre de SINTESIS INICIAL.

A continuación y al mismo tiempo que se da la nueva información, es recomendable llevar a cabo ACTIVIDADES que permitan, e incluso FOMENTEN, el *análisis y manejo*, por parte del alumno, de esta información; por último, se recomiendan actividades que propicien en el alumno una síntesis de los conocimientos anteriores, aquéllos que se presentaron en la síntesis inicial y la nueva información ya asimilada, a ésta última etapa se le conoce con el nombre de SINTESIS FINAL; esta síntesis final vendría a ser la - síntesis inicial de la siguiente actividad.

Retomando la propuesta de los tres momentos o etapas para el aprendizaje citadas anteriormente, cabe aclarar que es importante que dichas etapas de aprendizaje, formen un ciclo de continuidad en la exposición de las clases, por lo que se sugiere al profesor, que la síntesis final de una clase sea la síntesis inicial de la siguiente y así sucesivamente, con el objeto de llevar a cabo una verdadera secuencia de aprendizaje. Asimismo, conviene seguir dicho proceso con cada tema del programa de la materia, lo cual permite rescatar el esquema referencial que el alumno tiene de la - misma, introduciéndolo a la vez, al nuevo tema en estudio.

Así pues, en conclusión puede decirse que las etapas de apertura, desarrollo y cierre deben producirse en tres niveles, a nivel del curso total, a nivel de cada tema y de preferencia a nivel de cada clase.



#### IV. EJEMPLOS CONCRETOS DE SECUENCIAS DE APRENDIZAJE EN EL CURSO DE GEOTECNIA II

A continuación se pasará a tratar lo referente a la aplicación práctica de los conceptos vistos en el Marco Teórico.

Primeramente se hará la apertura general del curso. Para ésta existen varias posibilidades:

- a) Una "lluvia de ideas" a través de la cual los alumnos expongan la concepción que tienen ellos sobre la Mecánica de Suelos, su problemática y su relación con la Ingeniería Civil.
- b) Otra opción sería la exposición directa del maestro sobre lo que es la Mecánica de Suelos y los temas sobre los que versará el curso.
- c) También se puede hacer la presentación del curso aprovechando el material audiovisual existente (transparencias sobre hundimientos, emergimientos, taludes, fallas, cimentaciones, etc.).

Se propone presentar este material al alumno haciéndole ver que la Mecánica de Suelos trata todos los problemas vistos en forma audiovisual y explicándole en qué consiste cada tema del programa. Para lo cual se le proporcionará un ejemplar del temario.



OBJETIVOS Y ANTECEDENTES DE LOS TEMAS

## CONTENIDO:

- 3.1 Suelos gruesos. Análisis por mallas
- 3.2 Suelos finos. Hidrómetro
- 3.3 Curva granulométrica. Coeficiente de uniformidad. Coeficiente de curvatura. Suelos bien graduados y mal graduados.
- 3.4 Ejercicios sobre granulometría

## TEMA 4. PLASTICIDAD 4.5

## OBJETIVO:

Conocer los estados y límites de consistencia en un suelo fino y su relación con la carta de plasticidad.

## CONTENIDO:

- 4.1 Estados de consistencia. Límites de consistencia.
- 4.2 Carta de plasticidad
- 4.3 Ejercicios sobre plasticidad

## TEMA 5. CLASIFICACION DE SUELOS 4.5

## OBJETIVO:

Comprender los métodos para clasificar los suelos en campo y laboratorio.

## CONTENIDO:

- 5.1 Necesidad de clasificar los suelos.
- 5.2 Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)
- 5.3 Ejercicios sobre aplicaciones del SUCS.
- 5.4 Ejercicios sobre clasificación de campo.
- 5.5 Ejercicios sobre perfiles estratigráficos.

## TEMA 6. FLUJO DE AGUA 19.0

## OBJETIVO:

Comprender la teoría de flujo de agua en una masa de suelo y sus efectos, así como los métodos para determinar el coeficiente de permeabilidad. Aplicar la teoría a problemas prácticos.

OBJETIVOS Y ANTECEDENTES DE LOS TEMAS

## CONTENIDO:

- 6.1 Capilaridad y proceso de contracción.
- 6.2 Esfuerzos totales, neutros y efectivos
- 6.3 Propiedades hidráulicas de los suelos. Altura piezométrica, gradiente hidráulico, coeficiente de permeabilidad. Velocidad de descarga, velocidad de filtración.
- 6.4 Métodos para determinar el coeficiente de permeabilidad. Métodos directos. Métodos indirectos.
- 6.5 Ecuación general de flujo de agua en suelos.
- 6.6 Redes de flujo
- 6.7 Determinación de gastos de filtración, de la presión y velocidad en el agua y de la fuerza de filtración.
- 6.8 Sección transformada
- 6.9 Ejercicios de aplicación: flujo de agua en tablestacas, bajo vertedores de presas, etc.

## TEMA 7. ESTADO DE ESFUERZOS EN LA MASA DE SUELO 6.5

## OBJETIVO:

Comprender las teorías existentes para determinar la distribución de esfuerzos en la masa de suelo.

## CONTENIDO:

- 7.1 Necesidades de determinar el estado de esfuerzos en una masa de suelo debido a un incremento de carga.
- 7.2 Teoría de Boussinesq. Otras teorías de distribuciones de carga. Gráfica de Fadum.
- 7.4 Carta de Newmark
- 7.5 Medios heterogéneos
- 7.6 Ejercicios sobre cálculo de esfuerzos en la masa de suelo.

## TEMA 8. DEFORMACION VOLUMETRICA 19.5

## OBJETIVO:

Comprender las teorías existentes para el cálculo de asentamientos. Aplicar estas teorías a casos prácticos.

## CONTENIDO:

- 8.1 Casos de asentamientos de estructuras reales.
- 8.2 Compresibilidad de suelos gruesos.

OBJETIVOS Y ANTECEDENTES DE LOS TEMAS

- 8.3 Compresibilidad de suelos finos. Teoría de la consolidación. Consolidación primaria y secundaria.
- 8.4 Expansibilidad
- 8.5 Cálculo de asentamientos de estructuras. Cálculo de expansiones del suelo.
- 8.6 Ejercicios de análisis de asentamientos de edificios y terraplenes. Ejercicios de cálculo de expansiones del suelo.

TÉCNICAS DE ENSEÑANZA:

- Exposición oral ..... ( x )
- Exposición Audiovisual ..... ( x )
- Cuadernos ..... ( )
- Seminario ..... ( )
- Lecturas obligatorias ..... ( x )
- Trabajos de investigación ..... ( x )
- Prácticas de taller o laboratorio ..... ( x )
- Prácticas de campo ..... ( x )
- Otras: \_\_\_\_\_

ELEMENTOS DE EVALUACIÓN:

- Exámenes parciales ..... ( x )
- Exámenes finales ..... ( x )
- Trabajos y tareas fuera del aula ..... ( x )
- Participación en clase ..... ( x )
- Asistencia a prácticas ..... ( x )
- Otros: \_\_\_\_\_

ANTECEDENTES

Asignatura:	Clave:	Temas que se requieren:
<u>Cálculo Vectorial</u>	_____	_____
<u>Introducción al Comportamiento de Materiales</u>	_____	_____
<u>Geotecnia I</u>	_____	_____
_____	_____	_____

CONSECUENTES:

Asignatura:	Clave:	Temas que se requieren:
<u>Geotecnia III</u>	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

BIBLIOGRAFIA

Texto.	Temas de la materia para los que se recomienda:
<u>Juárez Badillo E. y Rico A., Mecánica de Suelos, Tomo I, 3a. ed., Limusa, México, 1975.</u>	2, 3, 4, 5 y 8
<u>Juárez Badillo E. y Rico A., Mecánica de Suelos, Tomo II, 2a. ed., Limusa, México, 1979.</u>	8 y 9
<u>Juárez Badillo E. y Rico A., Mecánica de Suelos, Tomo III, Limusa, México, 1989.</u>	6
<u>Sowers G. B. y Sowers G.F., Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Limusa, México, 1975.</u>	1 a 8
<u>Jiménez Salas, Geotecnia y Cimientos, Tomo I, Editorial Rueda, 1977.</u>	1 a 5
<u>Tschebotarioff G. P. Soil Mechanics, Foundations and Earth Structures, 2a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 1973.</u>	1 a 8

Ahora bien, para concretizar propiamente la presentación del curso resulta conveniente presentar al alumno el planteamiento - del proyecto que constituirá el trabajo final del curso y que se rá a sí mismo requisito indispensable de acreditación de la mate ria.

Cualquiera de las opciones que elija el profesor para ini-- ciar el curso (o bien las que él proponga para el efecto), debe-- rá proceder a la formulación del proyecto por parte del maestro.

Con lo anterior se busca conseguir que en la presentación - de la materia el alumno se forme una idea preliminar de lo que - es la Geotecnia, de los temas que trata, de su relación con las demás ramas de la Ingeniería Civil y, finalmente que conozca el producto terminal del curso en cuestión: el proyecto.

#### COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS Facultad de Ingeniería, UNAM

En un predio de la Ciudad de Pajaritos, Ver., el cual ocupa una superficie de 20 m por 40 m, se pretende construir un edificio que constará de estaciona--- miento, planta baja, 9 plantas tipo y azotea, el cual ocupará toda el área -- del predio.

Con el objeto de determinar las propiedades índice y mecánicas del subsuelo - donde se apoyará el edificio mencionado, así como la de dar recomendaciones - de cimentación, se llevaron a cabo dos sondeos del tipo mixto, denominados -- SM-1 y SM-2, respectivamente. En la figura 1 aparece un croquis del predio - en estudio, así como la localización de los sondeos efectuados. Las profundi-- dades de exploración alcanzados en los sondeos fueron de 25.2 m en el sondeo SM-1 y 20.25 m en el sondeo SM-2, en los cuales se determinó el número de gol-- pes en prueba de penetración estándar.

Las muestras alteradas representativas se obtuvieron con el penetrómetro es--- tándar y las inalteradas mediante tubo shelby dentado de 4" de diámetro exte-- rior.

En el laboratorio se realizaron pruebas sobre los especímenes recuperados en cada uno de los sondeos; estas pruebas fueron: de contenido natural de agua, límites de plasticidad, granulometría, densidad de sólidos, de resistencia a la compresión simple, de resistencia al esfuerzo cortante y de consolidación unidimensional.

El nivel de aguas freáticas se encontró superficialmente.

El predio colinda con la calle en la frontera norte (lado 20 m), con un edifi-- cio de 5 niveles en el lado oriente, con una casa de 3 niveles en el lado sur y con un edificio de 4 niveles en el lado poniente.

Se pide determinar las propiedades índice y mecánicas de la masa de suelo y dibujar los perfiles estratigráficos (grupo de Comportamiento de Suelos).

NOTA: La información necesaria para el desarrollo del proyecto se presenta en la parte final de ésta tesis en hojas especiales (en las cuales también se presentan los cálculos realizados para la solución del mismo).

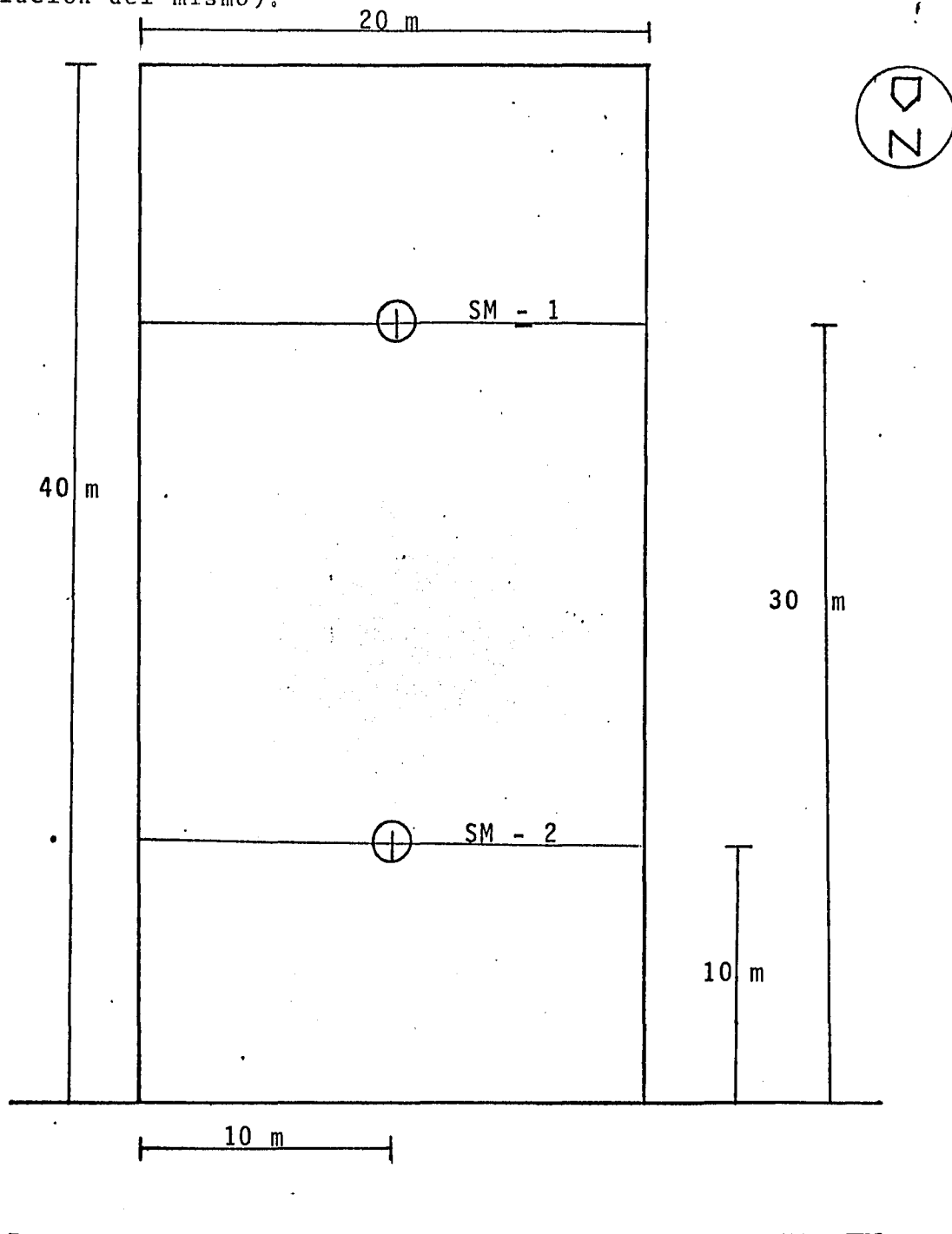


Fig. 1.- Croquis del predio y localización de sondeos.

Una vez hecha la apertura del curso se procede a trabajar - con cada uno de los temas que constituyen el programa.

## TEMA I. PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS

APERTURA. Se sugiere para el efecto la presentación de transparencias sobre formaciones geológicas y distintos tipos de suelos.

DESARROLLO. La adquisición de la información por parte del alumno se hará, aparte de lo que exponga el profesor en clase, estudiando la bibliografía básica correspondiente al tema I. Dicha bibliografía se encuentra en el temario.

Respecto al manejo de la información se proponen las siguientes preguntas, que serán planteadas a lo largo de las distintas clases y deberán ser resueltas por los alumnos a libro abierto, en forma individual o colectiva según se considere conveniente.

Preguntas para el TEMA I:

### ORIGEN Y FORMACION DE LOS SUELOS

1. Definir intemperismo.

El intemperismo es la alteración de los materiales rocosos expuestos al aire, la humedad y los efectos de la materia orgánica.

2. ¿Cuáles son los principales elementos del estado del tiempo?

La temperatura y la humedad son los principales elementos del estado del tiempo.

3. ¿Cómo es que el intemperismo mecánico ayuda al intemperismo químico?

La desintegración mecánica de las rocas acelera el ataque químico de la manera siguiente:

**Efecto de las heladas.** La congelación del agua que tiene lugar en los espacios y aberturas entre las rocas y en la regolita, actúa de manera de cuña, provocando separamiento de pequeñas escamas de roca y hasta rompimiento y desgaje de grandes bloques, quedando así expuestas más fácilmente a la descomposición química.

**Efecto de las plantas y animales.** Durante el crecimiento de los árboles, sus raíces se extienden gradualmente en las cavidades de las rocas y actúan también como cuña, separando los bloques o las partes adyacentes. La descomposición química se realiza precisamente con más intensidad en los nuevos poros y aberturas que de esta manera se forman. Los animales horadadores, tanto grandes como pequeños, cuando construyen sus madrigueras, llevan a la superficie



cierta cantidad de fragmentos de roca parcialmente descompuestos que quedan así expuestos a una acción química más efectiva

4. ¿Cómo es que el intemperismo químico ayuda al intemperismo mecánico?

El desarrollo de minerales arcillosos va acompañado por un aumento en volumen. Después de mojarse, la superficie exterior de las rocas expuestas se seca rápidamente, pero la humedad que penetra en cavidades minúsculas permanece hasta que empieza alguna descomposición. El lento aumento en volumen a pequeñas profundidades genera esfuerzos que rompen y separan costras de roca.

5. Definir suelo residual.

Los productos del ataque de los agentes de intemperismo pueden quedar en el lugar, directamente sobre la roca de la cual se derivan, dando así origen a suelos llamados *residuales*.

6. ¿De qué depende la solubilidad de una roca?

La solubilidad de cualquier roca depende de su composición química y de la naturaleza de los fluidos con los que se pone en contacto. Por ejemplo, la sílice, que por lo común resiste la disolución, se disuelve en fluidos alcalinos.

7. ¿Qué es la lixiviación?

La remoción continua de los materiales solubles por las aguas que se introducen a través de la regolita o de las aberturas y poros en las rocas, es lo que se llama lixiviación.

8. ¿Qué es la hidratación?

Es un mecanismo de intemperismo físico-químico que consiste en la absorción de agua por parte del material, lo que genera el rompimiento de enlaces moleculares y la sustitución o intercambio de iones entre las partículas minerales y el agua. La acidez del agua absorbida influye notablemente en el ritmo y magnitud de la alteración (a mayor acidez mayor agresividad del agua, en la mayoría de los casos). Otro efecto vinculado con la hidratación es la generación de presiones osmóticas.

9. Definir exfoliación.

La separación de capas sucesivas y delgadas durante el intemperismo de una roca maciza tal como el granito, es la exfoliación.

10. ¿Cuál o cuales son los mecanismos de la descomposición o de integración mecánica de las rocas?

La respuesta dada a la pregunta 3, lleva como consecuencia los mecanismos de la descomposición mecánica de las rocas.

11. ¿Cuál o cuáles son los mecanismos de la descomposición química de las rocas?

Por descomposición química se entiende la acción de agentes que atacan las rocas modificando su constitución mineralógica o química, o sea, transforma el material original en algo diferente. El principal agente es, desde luego, el agua y los mecanismos de ataque más importantes son la oxidación, la hidratación y la carbonatación. Estos mecanismos producen arcilla como último producto de descomposición. Por ejemplo, el intemperismo químico del feldespato produce arcillas que tienen una composición distinta y características físicas

diferentes de los feldespatos originales. Algunas veces los productos del intemperismo químico no tienen del todo forma mineral, como la solución salada que resulta de la transformación del mineral halita o sal común.

12. ¿Qué es un suelo transportado?

Los productos del ataque de los agentes del intemperismo pueden ser removidos del lugar de formación, por los mismos agentes geológicos y redepositados en otra zona. Así se generan suelos que sobreyacen sobre otros estratos sin relación directa con ellos; a estos suelos se les denomina *transportados*.

13. ¿Cuáles son los agentes de transporte?

Los agentes de transporte son el agua y el viento.

14. ¿Para qué sirve la Geología a la Mecánica de Suelos?

La Geología le es de gran utilidad a la Mecánica de Suelos, pues le proporciona el estudio de los fenómenos físicos y químicos de los materiales que constituyen la tierra; su forma, estructura interior y exterior de ella, así como los cambios que ha tenido desde su origen, siendo todo esto importante ya que condiciona en gran medida el comportamiento mecánico de los suelos.

Como actividad de síntesis (cierre) se propone la elaboración de una tabla que contenga los distintos tipos de suelos según su origen, relacionándolos por una parte con los usos que se les dan como materiales de construcción, y por otra parte con las características principales que presentan como elementos para la cimentación de estructuras.

NOTA: Para que el alumno pueda responder a las preguntas 1 al 14 debe basarse en la bibliografía básica (cap. I incisos I.1, I.2, - I.3, I.4 del libro de Juárez Badillo, tomo I. Pero además deberá estudiar el cap. 7 del libro de Geología Física de Longwell Y -- Flint).

ORIGEN Y FORMACION DE LOS SUELOS

SUELOS  TRANSPORTADOS	AGENTE GENERADOR		CARACTERISTICAS MECANICAS Y PELIGROS QUE REPRESENTAN	OBSERVACIONES	
	AGUA		Agua que escurre y gravedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Depósitos de talud</li> <li>. Heterogéneos</li> <li>. Suelos</li> <li>. Materiales gruesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Propiedades variables. Se debe investigar la resistencia bajo cada apoyo</li> </ul>
RIOS			Depósitos	1. Depósitos gruesos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- cantos rodados</li> <li>- arena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Elaboración de concreto (cribado).</li> <li>. Filtros</li> <li>. Materiales de transición en presas</li> <li>. Bases y sub-bases en carreteras</li> <li>. Revestimiento de caminos rurales</li> <li>. Material para calles con gran pendiente (aumentan la fricción entre vehículo y suelo)</li> <li>. Baja compresibilidad</li> <li>. Soportan zapatas aisladas y losas</li> </ul>
			Alubiales	2. Depósitos finos o alubiones: <ul style="list-style-type: none"> <li>- llanuras de inundación con materiales finos, arcillas y limos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Fabricación de tabiques</li> <li>. Muy compresibles</li> <li>. Poca resistencia al corte</li> <li>. Pueden requerir losas y pilas o pilotes y compensación</li> </ul>
LAGOS		Depósitos lacustres	Depósitos finísimos	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Altísima compresibilidad</li> <li>. Cimentaciones difíciles</li> <li>. Ciudad de México</li> <li>. Tienen estructura muy abierta</li> <li>. Compensación; pilotes y pilas</li> </ul>	
MAR		Depósitos marinos	Estratificados		
VIENTO	DUNAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Sin cohesión</li> <li>. Desigual compactación</li> <li>. Erosión</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>. Se protege la obra sembrando pasto y árboles en las carreteras</li> <li>. Pueden soportar zapatas aisladas o corridas y losas</li> <li>. Si están bien confinados tendrán buena capacidad de carga ( de 1 kg/cm<sup>2</sup> a &gt;4 kg/cm<sup>2</sup> )</li> </ul>	
	LOESS	Depósito eólico formado por mezclas de arena y limos estructurados en forma abierta y algo cohesiva		<ul style="list-style-type: none"> <li>. Son colapsables o sea que sufren fuertes hundimientos al aumentar</li> <li>. Para usarlo se provoca el hundimiento o bien se quitan</li> </ul>	

ORIGEN Y FORMACION DE LOS SUELOS  
(continuación)

	CONCEPTO	CARACTERISTICAS MECANICAS Y PELIGROS QUE REPRESENTAS	OBSERVACIONES
<p>SUELOS RESIDUALES</p>	<p>a) <u>Perfil de Meteorización:</u> Se ven las diversas capas con diferentes propiedades que se encuentran sobre la roca intemperizada</p>	<p>En un suelo maduro existen 4 horizontes</p> <p>A      capa de tierra (lo lava la lluvia)</p> <p>B      aquí llega el material labado (lixiviación)</p> <p>C      roca alterada</p> <p>D      roca madre</p>	<p>En general se puede cimentar en los horizontes B o C pero a veces es necesario llegar al D</p>
<p>En regiones húmedas presentan gran profundidad.</p> <p>Tienen alta compresibilidad y baja resistencia al esfuerzo -- cortante.</p>	<p>b) <u>Estructuras heredadas:</u> Son una serie de grietas, fallas y otros defectos estructurales que muestra el suelo como herencia de lo que tenía la roca original</p>	<p>- Las muestras obtenidas no son representativas</p> <p>- Cuando son de origen piroclástico, pueden ser expansivas</p>	<p>• En general se puede cimentar en ellos con zapatas aisladas o corridas; pero si existe expansibilidad habrá que usar losas</p> <p>• Su capacidad de carga variará entre 0.5 kg/cm<sup>2</sup> a &gt; 4 kg/cm<sup>2</sup></p>

## ESTRUCTURA DE LOS SUELOS

15. ¿Qué influencia tiene el tamaño de las partículas en el comportamiento de los suelos gruesos, en cuanto a permeabilidad?

La relación de vacíos en suelos gruesos incide sobre la permeabilidad, ya que estos tienen un buen drenaje; a mayor tamaño de las partículas, será mayor volumen de vacíos intergranulares, o sea, mayor permeabilidad.

16. ¿Qué diferencia existe entre la compactación y la cohesión?

La compactación estriba en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación, al sujetar el suelo a fuerzas externas (logradas con maquinaria), que aumentan su peso específico, disminuyendo sus vacíos.

La cohesión es la fuerza que une las moléculas de un cuerpo. Cada molécula actúa sobre las que le rodean. Las fuerzas que actúan internamente en cada molécula deben conservar el equilibrio; éstas son la fuerza que ejerce la capa de agua absorbida, las sales de la molécula y la llamada atracción de Van der Waals, que ejerce repulsión.

O sea, la diferencia estriba en que la compactación es un proceso mecánico que induce esfuerzos internos en el suelo como resultado de acciones externas y la cohesión está relacionada con las fuerzas internas de las partículas que constituyen el suelo.

17. ¿Por qué razón siendo el suelo de la Ciudad de México tan malo, se han podido sostener edificios pesados sobre él, los cuales si bien se han hundido no han fallado?

El suelo de la Ciudad de México es principalmente, arcilla. Esta posee una estructura (floculenta, castillo de naipes, etc.) y ésta es la que les dá a los suelos finos la consistencia que requiere para resistir las cargas y no comportarse exclusivamente como un fluido plástico. O sea, la arcilla se comporta elásticamente y posee resistencia a la acción de las cargas.

18. ¿En virtud de qué propiedad trabaja el lodo ventonítico?

En virtud de la tixotropía, que es la capacidad de un material a recuperar su estructura aún después de ser remodelado.

## EXPLORACION Y MUESTREO EN SUELOS

19. ¿Cuáles son los sondeos preliminares?

- a) Pozos a cielo abierto, con muestreo alterado o inalterado
- b) Perforaciones con posteadora, barrenos helicoidales o métodos similares
- c) Método de lavado
- d) Método de penetración estándar
- e) Método de penetración cónica
- f) Perforaciones con boleos y gravas (con barretones, etc.)

20. ¿En qué consiste cada uno de ellos?

- a) Pozo a cielo abierto

Consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico pueda directamente bajar y examinar los diferentes estratos de suelo en su es

tado natural, así como darse cuenta de las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo. En estos pozos se pueden tomar muestras tanto alteradas como inalteradas de los diferentes estratos que se hayan encontrado.

b) Perforaciones con posteadora, barrenos helicoidales o métodos similares / La muestra se extrae con herramientas (barrenos helicoidales, posteadora, etc.) que se conectan al extremo de una tubería de perforación, formada por secciones de igual longitud, que se van añadiendo según aumenta la profundidad del sondeo. Posiblemente más usadas en México que los barrenos son las posteadoras, a las que se hace penetrar en el terreno ejerciendo un giro sobre el maneral adaptado al extremo superior de la tubería de perforación. Frecuentemente se hace necesario ademar el pozo de sondeo, lo que se realiza con tubería de hierro hincada a golpes, de diámetro suficiente para permitir el paso de las herramientas muestreadoras. En la parte inferior una zapata afilada - facilita la penetración. Para el manejo de los segmentos de tubería de perforación y de ademe, en su caso, se usa un trípode provisto de una polea a una altura que permita las manipulaciones necesarias. En estos sondeos, la muestra de suelo obtenida es completamente alterada, pero puede ser representativa del suelo en lo referente a contenido de agua y límites de consistencia, por lo menos en suelos muy plásticos.

c) Método de lavado

El equipo necesario para realizar este tipo de perforación incluye un trípode con polea y martinete suspendido, de 80 a 150 kg de peso, cuya función es hincar en el suelo a golpes el ademe necesario para la operación. Dentro del ademe vá colocado el tubo de inyección del agua; en el extremo inferior de la tubería de inyección debe ir un trépano de acero, perforado, para permitir el paso del agua a presión. La operación consiste en inyectar agua en la perforación, una vez incado el ademe, misma que forma una suspensión con el suelo en el fondo del pozo y que sale al exterior a través del espacio comprendido entre el ademe y la tubería de inyección; una vez fuera es recogida en un recipiente en el que se puede analizar el sedimento. Este método constituye un procedimiento económico y rápido para conocer, aproximadamente, la estratigrafía del subsuelo, aunque las muestras así obtenidas son tan alteradas que no deben ser utilizadas para realizar pruebas de laboratorio.

d) Método de penetración estándar

El equipo necesario para aplicar este procedimiento consta de un muestreador especial (penetrómetro estándar) de dimensiones establecidas. Es normal que el penetrómetro sea de media caña, para facilitar la extracción de la muestra que haya penetrado en su interior. El penetrómetro se enrosca al extremo de la tubería de perforación y la prueba consiste en hincarlo a golpes mediante un martinete de 63.5 kg que cae desde una altura de 76 cm, contándose el número de golpes necesario para lograr una penetración de 30 cm. En cada avance de 60 cm debe retirarse el penetrómetro, removiendo el suelo de su interior, el cual constituye la muestra. El fondo del pozo debe ser previamente limpiado de manera cuidadosa, usando posteadora o cuchara. Una vez limpio el pozo, el muestreador se hace descender hasta tocar el fondo y, seguidamente y a golpes, se hace que el penetrómetro entre 15 cm dentro del suelo; desde este momento deben contarse los golpes necesarios para lograr la penetración de los siguientes 30 cm, a continuación, se hince el muestreador en toda su longitud; al retirar el penetrómetro, el suelo que haya entrado en éste constituye la muestra. Este procedimiento es, entre todos los exploratorios preliminares, quizá el - que rinde mayores resultados en la práctica y proporciona más útil informa---

ción en torno de subsuelo.

La utilidad e importancia mayores de esta prueba, radican en las correlaciones realizadas en el campo y en el laboratorio para diversos suelos, sobre todo arenas, que permiten relacionar de manera aproximada la compacidad, el ángulo de fricción interna, en arenas, y el valor de la resistencia a la compresión simple, en arcillas, con el número de golpes necesarios para que en ese suelo el penetrómetro estándar logre entrar los 30 cm especificados. Para obtener estas relaciones basta realizar la prueba en estratos accesibles o en los que pueden obtenerse muestras inalteradas confiables.

e) Método de penetración cónica

Dentro de esta categoría se pueden incluir varios tipos de muestreos, que consisten en hacer penetrar una punta cónica en el subsuelo midiendo la resistencia que éste ofrece. Dependiendo del procedimiento para hincar los conos, en el terreno, estos métodos se dividen en estáticos y dinámicos. En los primeros la herramienta se hinca a presión midiéndose ésta última en superficie mediante un manómetro acoplado al sistema hidráulico del gato; en los segundos, el hincado se logra por percusión de una masa en caída libre; esta prueba se realiza frecuentemente debido, fundamentalmente, a dos razones: su economía y su rapidez. Estas pruebas de penetración cónica, tanto estáticas como dinámicas, son útiles en zonas cuya estratigrafía sea ampliamente conocida a priori, y cuando se desee, simplemente, obtener información de sus características en un lugar específico; pero son prueba de muy problemática interpretación en lugares no explorados a fondo previamente.

f) Perforaciones en boleos y gravas

Con frecuencia es necesario atravesar durante las perforaciones estratos de boleos o gravas que presentan grandes dificultades para ser perforados con las herramientas antes citadas. En estos casos se hace necesario el empleo de herramental más pesado, del tipo de barretones con taladros de acero duro, que se suspenden y dejan caer sobre el estrato en cuestión, manejándolos con cables. En ocasiones se ha recurrido, inclusive, al uso de explosivos para sobrepasar la resistencia de un obstáculo que aparezca en el sondeo.

21. ¿Cuáles son los sondeos definitivos y en qué consiste cada uno de ellos?

a) Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado

b) Métodos con tubo de pared delgada

c) Métodos rotatorios para roca

a) Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado

El procedimiento de este método ya ha sido descrito, sin embargo, es conveniente insistir en el hecho de que, cuando es factible, debe considerarse el mejor de todos los métodos de exploración a disposición del Ingeniero para obtener muestras inalteradas e información sobre la estratigrafía. Las muestras que se obtienen son de forma cúbica de, aproximadamente, 30cm por lado y se "lambren" cuidadosamente en las paredes del pozo, una vez extraídas, se las envuelve con paños de manta, cubriéndose ésta, a su vez con cera derretida a baja temperatura.

b) Métodos con tubo de pared delgada

En esta prueba se obtiene el grado de alteración mínima posible para muestreo con tubos; para hacer esto, el hincado debe efectuarse ejerciendo presión continua y constante, y nunca a golpes ni con algún otro método dinámico. Lle--

vando a cabo el procedimiento antes descrito, con hınca a velocidad constante, el grado de alteración parece depender, esencialmente, de la llamada "relación de áreas":

$$A_r (\%) = \frac{D_e^2 - D_i^2}{D_e^2}$$

donde  $D_e$  es el diámetro exterior del tubo y  $D_i$  el interior. La expresión anterior equivale a la relación entre el área de la corona sólida del tubo y el área exterior del mismo. Dicha relación no debe ser mayor del 10 % en muestreadores de 5 cm de diámetro interior. Al hincar el muestreador con el pistón en su posición inferior, puede llevarse al nivel deseado sin que el suelo alterado de niveles más altos al fondo del pozo entre en él; una vez al nivel del muestreo, el pistón se eleva hasta la parte superior y el muestreador se hınca libremente hasta que se llena de suelo. En ocasiones, y en suelos muy blandos y con alto contenido de agua, los muestreadores de pared delgada no logran extraer la muestra, esto tiende a evitarse hincando el muestreador lentamente y, una vez lleno de suelo, dejándolo en reposo un cierto tiempo para que el suelo se adhiera a él antes de proceder a la extracción.

#### c) Métodos rotatorios para roca

Cuando un sondeo alcanza una capa de roca mas o menos firme, donde las herramientas arriba descritas no pueden penetrar, se hace indispensable recurrir al empleo de máquinas perforadoras rotatorias, con broca de diamante o del tipo de cáliz. En las primeras, al extremo de la tubería de perforación vá unido un muestreador especial, llamado de "corazón", en cuyo extremo inferior se acopla una broca de acero endurecido con incrustaciones de diamante industrial, que facilita la perforación. En el segundo caso, los muestreadores son de acero endurecido y el avance se facilita mediante municiones de acero que se arrojan a través de la tubería hueca y hasta el fondo de la perforación y que actúan como abrasivo.

El éxito de una maniobra de perforación rotatoria depende, fundamentalmente, del balance de tres factores principales, velocidad de rotación, presión de agua y presión sobre la broca; estos factores dependen del tipo de roca explorado. Una vez que el muestreador ha penetrado toda su carrera es preciso desprender la muestra de roca (corazón o núcleo), de la roca madre.

## 22. ¿Qué factores influyen en un programa de exploración?

Los factores más importantes son:

- las condiciones del suelo. El o los métodos de perforación se deben elegir en función del tipo del perfil del suelo en el sitio de exploración. Estos perfiles pueden ser homogéneos o con estructuras secundarias (heredadas); en el primer caso conviene explorar; si se presenta la otra alternativa, basta con saber el tipo de suelo que se tiene en el sitio y hacer uso de la experiencia, puesto que en este caso la muestra no aporta información útil.
- el tamaño de la obra. Si ésta es pequeña se recomienda hacer pocos sondeos y compensar lo incompleto de la información aplicando un factor de seguridad relativamente alto y elegido en base al criterio del diseñador. Si la obra es grande, conviene hacer exploración ya que ésta la costea, es decir, gracias a la exploración es posible ahorrar en el diseño (armados, etc.) y se tiene mayor seguridad de un buen funcionamiento, reduciéndose el riesgo de "catástrofes".



23. ¿Cuántos sondeos y de qué tipo y a qué profundidad se pondrían para los siguientes casos?

- a) Edificio de 4 pisos en un depósito de pie de talud formado principalmente por material proveniente del desgaste mecánico de una ladera granítica. (ver figura 2)

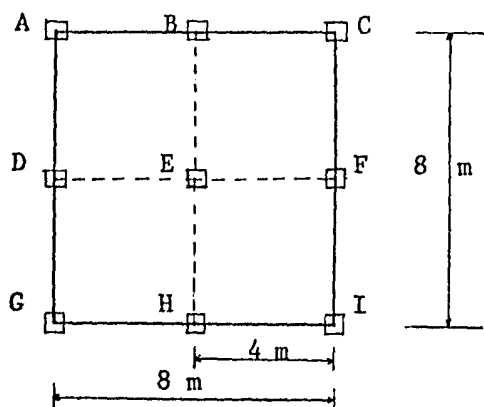


Figura 2. Planta del edificio.

Dado que el tipo de material característico de esta clase de depósitos está constituido, básicamente por fragmentos de roca de geometría angulosa o subredondeada y con diámetros variables entre 0.05 m hasta 2.0 m como máximo aproximadamente (el diámetro de los fragmentos depende del tipo de agente de intemperismo que ha actuado sobre la ladera natural).

El intemperismo físico-químico del granito da como resultado extremo una arena cuarzosa uniforme con bajo contenido de arcilla caulinítica (ésta última no es muy compresible).

Debido a la composición del subsuelo son de esperarse:

- alta capacidad de carga
- baja compresibilidad
- asentamientos uniformes (ésto último se infiere a partir del hecho de que, aunque el medio es heterogéneo a nivel mesoscópico, a nivel macro se le puede considerar homogéneo).

Por lo tanto, la exploración geotécnica recomendada será:

- un sondeo al centro del predio, llevado a cabo con equipo rotatorio para roca, con recuperación de núcleos. La profundidad del sondeo no deberá ser mayor de una vez el ancho de la estructura (8 m).

- b) El mismo edificio del ejemplo anterior pero ubicado en un terreno lacustre como es el centro de la Ciudad de México.

Siguiendo las normas establecidas por el reglamento de construcciones en el D.F., se tiene que:

Por las generalidades del subsuelo, se concluye que el predio se localiza en la que se ha dado en llamar Zona 3, ésta está caracterizada por un espesor de material compresible mayor de 20 m.

Dado que la presión de contacto (media) que existirá entre la estructura y el terreno natural es del orden de 4 ton/m<sup>2</sup> (1 ton/m<sup>2</sup> por nivel) y como la estruc-

tura posee una relación de esbeltez de 1.25 (no muy elevada) y una altura no muy grande, la cimentación difícilmente podrá ser del tipo de zapatas aisladas; por otra parte si se decidiese la opción de zapatas corridas, la diferencia entre el área total de desplante (suma de las áreas en planta de todas las zapatas) y el área, en planta, de una losa de cimentación, sería muy pequeña; asimismo, el procedimiento constructivo requerido en las zapatas corridas es más complejo y elaborado que el necesario en una losa de cimentación, esto se refleja en el costo de la cimentación. Como conclusión se puede decir que la cimentación a emplearse puede ser del tipo de cajón y losa plana de cimentación; con ello se logra compensar en parte la carga transmitida por la estructura y proporcionar a ésta una cimentación lo suficientemente rígida como para favorecer la uniformidad de los asentamientos. De lo anterior se concluye que la profundidad de desplante será del orden de 2.0 m a 2.5 m. Por lo tanto, se tiene que:

$$2 \text{ ton/m}^2 < \bar{w} < 4 \text{ ton/m}^2$$

y  $D_f \leq 2.5 \text{ m}$

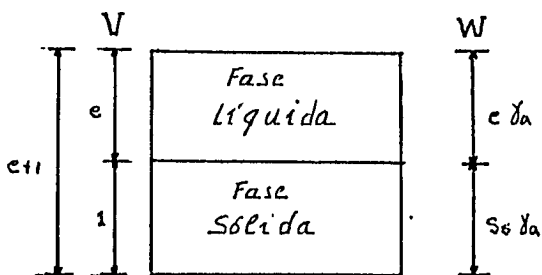
De todo lo anterior, y dado que el área en planta de la estructura es relativamente pequeña ( $64 \text{ m}^2$ ), por lo que las propiedades mecánicas del subsuelo (depósito lacustre de arcilla) no varían apreciablemente de un punto a otro del predio, se recomienda la siguiente exploración:

- un sondeo mixto (penetración estándar y recuperación con tubo Shelby) de cuando menos 16 m de profundidad.

Esta exploración permite determinar la estratigrafía, la posición del nivel freático si existe en el espesor explorado, las propiedades índice de los materiales encontrados, y sus propiedades mecánicas (fundamentalmente compresibilidad y resistencia al corte).

#### RELACIONES VOLUMETRICAS Y GRAVIMETRICAS

24. Conocidos  $e$  y  $S_s$  encontrar  $\gamma_d$  en un suelo totalmente saturado.



si se hace

$$V_s = 1$$

entonces

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_v}{1} = V_v$$

y

$$S_s = \frac{W_s}{(1) \gamma_a}$$

$$\therefore W_s = S_s \gamma_a$$

Por definición

$$S_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_a} ; \gamma_d = \frac{W_s}{V_m}$$

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

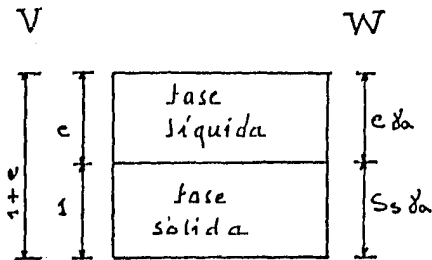
como

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_m}$$

por lo tanto

$$\gamma_d = \frac{S_s \gamma_a}{1 + e}$$

25. Conocidos  $n$  y  $S_s$  encontrar  $w$  en un suelo totalmente saturado.



Por definición

$$S_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_a} ; n = \frac{V_v}{V_m}$$

si se hace  $V_s = 1$   
entonces

$$n = \frac{V_v}{1 + V_v} = \frac{V_v}{V_v + 1} \quad \dots (1)$$

$$\text{como } e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_v}{1} ; e = V_v \quad \dots (2)$$

sustituyendo la ecuación (2) en (1):

$$n = \frac{e}{e+1} \quad \therefore n(e+1) = e \quad \dots (3)$$

$$\text{despejando (3): } e = \frac{n}{1-n} \quad \dots (4)$$

$$\text{como } S_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_a} \quad \therefore W_s = S_s \gamma_a$$

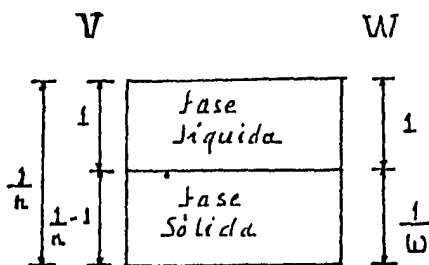
$$\text{además } w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{e \gamma_a}{S_s \gamma_a}$$

$$\therefore w = \frac{e}{S_s} \quad \dots (5)$$

sustituyendo (4) en (5):

$$w = \frac{n}{(1-n) S_s}$$

26. Encontrar una expresión que nos dé el valor de  $S_s$  en función de  $n, w, G_w = 100\%$ .



Por definición

$$n = \frac{V_v}{V_m} ; w = \frac{W_w}{W_s}$$

si se hace  $V_v = 1$

$$\text{entonces } n = \frac{1}{V_m} ; V_m = \frac{1}{n}$$

y

$$V_s = \frac{1}{n} - 1 \quad \dots (1)$$

$$\text{como } w = \frac{W_w}{W_s} \quad \text{y } W_w = 1$$

$$\text{entonces } W_s = \frac{W_w}{w} = \frac{1}{w} \quad \dots (2)$$

$$\text{como } S_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_a} \quad \dots (3)$$

sustituyendo (1) y (2) en (3):

$$S_s = \frac{1/w}{\left[ \frac{1}{n} - 1 \right] \times 1} = \frac{1/w}{\frac{1-n}{n}}$$

$$S_s = \frac{1}{w} \times \frac{n}{1-n}$$

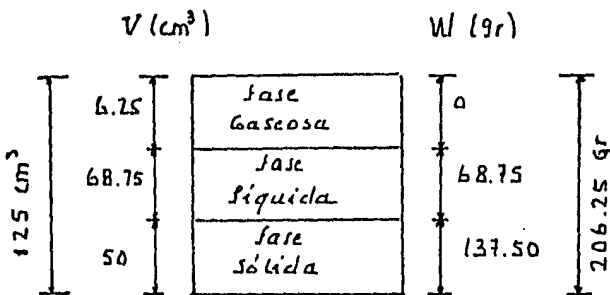
$$S_s = \frac{n}{w(1-n)}$$

27. Una muestra de suelo parcialmente saturada pesa 206.25 gr; después de secada al horno a 100°C durante 24 hr, obteniéndose un peso de sólidos de 137.50 gr. Se encontró también que el peso volumétrico original de la muestra es de 1.65  $\text{ton/m}^3$  y la densidad de sólidos 2.75.

a) Calcule el  $w$ , la  $n$ , la  $e$  y el  $G_w$  %

b) Suponga que el suelo alcanza el 100% de saturación y calcule el  $w$ , el  $\gamma_m$  y el  $\gamma'$ .

$$\text{Como } \gamma_m = \frac{W_m}{V_m}$$



$$\text{entonces } \gamma_m = \frac{206.25 \text{ gr}}{1.65 \text{ gr/cm}^3} = 125 \text{ cm}^3$$

$$\text{como } S_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_s} ; V_s = \frac{W_s}{S_s \gamma_s}$$

$$\text{entonces } V_s = \frac{137.50 \text{ gr}}{2.75 \text{ gr/cm}^3} = 50 \text{ cm}^3$$

$$y \quad V_{\text{aire}} = 125 - (68.75 + 50) = 6.25 \text{ cm}^3$$

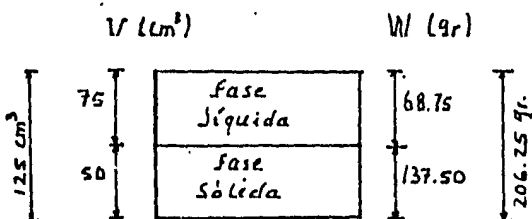
a)

$$w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{68.75}{137.50} \times (100) = 50\%$$

$$n = \frac{V_v}{V_m} (100) = \frac{75}{125} \times (100) = 60\%$$

$$G_w = \frac{V_w}{V_v} (100) = \frac{68.75}{75} \times (100) = 91.66\%$$

b)



$$w = \frac{W_w}{W_s} \times (100) = \frac{75}{137.50} \times (100) = 54.54\%$$

$$\gamma_m = \frac{W_m}{V_m} = \frac{206.25 \text{ gr}}{125 \text{ cm}^3} = 1.65 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma' = \gamma_m - \gamma_a = 1.65 \text{ gr/cm}^3 - 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma' = 0.65 \text{ gr/cm}^3$$

28. Explicar brevemente cómo se hace una granulometría.

Este método sirve para separar el suelo de las fracciones correspondientes a los tamaños mayores del suelo, por medio del cribado de mallas. La muestra del suelo se hace pasar sucesivamente a través de un juego de tamices de aberturas descendentes, hasta la malla # 200; los retenidos en cada malla se pesan y el porcentaje que representan respecto al peso de la muestra total se suma a los porcentajes retenidos en todas las mallas de mayor tamaño; el complemento a 100% de esa cantidad da el porcentaje de suelo que es menor que el tamaño representado por la malla en cuestión. Así puede tenerse un punto de la curva acumulativa correspondiendo a cada abertura. Esta curva granulométrica suele dibujarse con porcentajes como ordenadas y tamaños de las partículas como abscisas. Las ordenadas se refieren a porcentaje, en peso, de las partículas menores que el tamaño correspondientes. La forma de la curva da inmediata idea de la distribución granulométrica del suelo.

29. ¿Cuál es la malla que separa los finos de los gruesos?

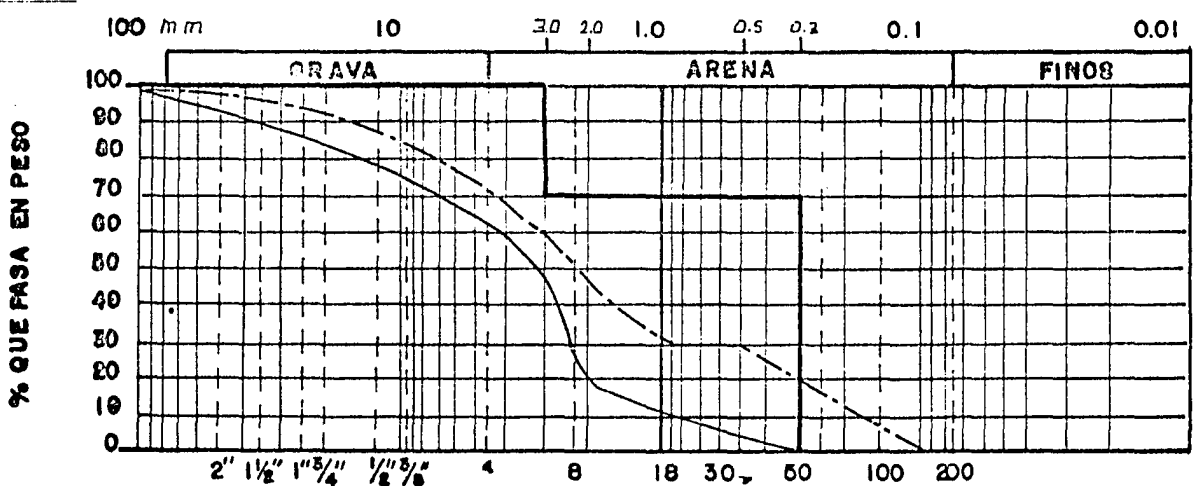
La malla # 200 separa los suelos gruesos de los finos.

30. ¿Cuál es la malla que separa las gravas de las arenas?

La malla # 4 separa las gravas de las arenas.

31. ¿Cómo se interpretan las curvas granulométricas de las figuras 3 y 4?

Figura 3.



Curvas de la figura 3:

- una curva así ——— corresponderá a un suelo con 30% de esferas de 3 mm y 70% de 0.3 mm.
- una curva así - - - corresponderá a un suelo mal graduado (por carecer de tamaños intermedios entre 0.5 y 1.0 mm).
- una curva así ——— corresponderá a un suelo con preponderancia de tamaños entre 3.0 y 2.0 mm.



$D_{30}$  se define análogamente que los  $D_{60}$  y  $D_{10}$  anteriores. Esta relación tiene un valor entre 1 y 3 en suelos bien graduados.

## PLASTICIDAD

35. Definir plasticidad explicando a qué se debe dicha propiedad.

Se llama plasticidad a la propiedad que presentan los materiales, por la cual son capaces de soportar deformaciones rápidas, sin experimentar rebote elástico, variaciones volumétricas apreciables ni desmoronamiento o agrietamiento. La plasticidad se debe a las fuerzas eléctricas de las partículas.

36. ¿Cómo o en que estado se encuentra el suelo en los siguientes estados de consistencia (y qué implica físicamente cada uno de ellos); líquido, plástico y sólido?

En el estado líquido el suelo se encuentra con las propiedades y apariencia de una suspensión. Físicamente implica: una pasta; sopa de quisantes o mantequilla blanda; un líquido viscoso.

En el estado plástico el suelo se comporta plásticamente. Físicamente implica: matequilla blanda a masilla dura; se deforma pero no se agrieta.

En el estado sólido es aquel en que el volumen del suelo no varía con el secado. Físicamente implica: caramelo duro; falla completamente al deformarse.

37. ¿Qué relación existe entre el límite líquido y la resistencia al esfuerzo cortante del suelo?

Al realizarse la prueba para la obtención del límite líquido, basada en el uso de la Copa de Casagrande, la fuerza que se opone a la fluencia de los lados de la ranura, proviene de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, por lo que, el número de golpes requerido para que la ranura se cierre debido al flujo del suelo es una medida de su resistencia al esfuerzo cortante.

38. ¿Cuándo es mayor la tenacidad, en un suelo muy plástico o en un suelo poco plástico?

La tenacidad es mayor en los suelos muy plásticos.

39. ¿Qué indica físicamente el índice plástico?

El índice plástico indica la gama (o la amplitud del intervalo) de contenido de agua para los cuales el suelo se comporta plásticamente.

40. ¿Qué diferencia de comportamiento presentan dos suelos (1 y 2) que, teniendo el mismo contenido de agua natural, sean tales que  $L_{c1} < L_{c2}$ ?

Al someterse al secado el suelo (1) disminuye más de volumen para llegar al estado sólido, que el suelo (2), o sea, el suelo (2) alcanza primero el límite de contracción. Dicho de otra forma, el suelo (1) es más sensible a los cambios volumétricos.

41. ¿Qué inferencias sobre comportamiento o sobre la actividad de un suelo se pueden hacer conociendo su índice plástico?

En la práctica se puede decir que:

- un  $IP < 25$  implica pocos problemas para las cimentaciones
- $25 < IP < 35$  suelo regular
- $IP > 35$  implica la presencia de un suelo muy problemático en cuanto a compresibilidad y expansividad

CIERRE. Con la finalidad de que el alumno retome todos los temas vistos hasta ahora y haga una síntesis, se propone por una parte ejemplos del empleo del SUCS que le permiten concretizar y aplicar los conocimientos respecto al suelo. Asimismo, es importante recordar que se debe hacer incapie en la solución paulatina del proyecto en los aspectos referentes a los temas tratados. Es importante insistir en esta solución paulatina por dos motivos: el primero, que el alumno consulte cualquier duda que le surge respecto al proyecto y segundo, que el trabajo se vaya haciendo en forma gradual para evitar que se aglomere todo al final, con los consecuentes inconvenientes para el aprendizaje.

### S U C S

42. Una muestra de suelo llevada al laboratorio se sometió a un análisis granulométrico por mallas, encontrándose que la malla # 200 retuvo el 20% del suelo en peso y que el 92% pasó la malla # 4. De la curva de distribución granulométrica se encontró que  $C_u = 4$  y  $C_c = 1.5$ . Cuando se analizaron los finos el LL fue 250 y el LP = 150. El contenido de materia orgánica fue despreciable. Clasificar el suelo de acuerdo al SUCS.

1º) Es suelo fino o suelo grueso  
la malla # 200 dejó pasar:

$$92 - 20 = 72\% > 50\% \therefore \text{ES UN SUELO FINO}$$

2º) Obtención del índice plástico

$$IP = LL - LP = 250 - 150 = 100 \therefore \text{es un suelo natural}$$

3º) Haciendo uso de la ecuación de la línea "A" de la carta de plasticidad que tiene la expresión:

$$IP = 0.73 (LL - 20)$$

$$IP = 0.73 (250 - 20) = 168 \rightarrow \text{este punto se localiza abajo de la línea "A"}$$

4º) Por lo anterior, se deduce que el suelo corresponde a un "MH", o sea, limos inorgánicos de alta compresibilidad.



43. Los suelos A y B fueron sometidos a cribado y ensayados en laboratorio obteniéndose las siguientes características:

	A	B
peso total (gr)	1118	815
pasó malla # 200 (gr)	83	695
retenido por malla # 4 (gr)	712	20
D <sub>60</sub> (mm)	6.4	—
D <sub>30</sub> (mm)	2.4	—
D <sub>10</sub> (mm)	0.8	—
límite líquido	45	86
límite plástico	13	59

Asignar a cada uno su símbolo según el SUCS.

S U E L O A

- 1°) ¿Es suelo fino o suelo grueso?

- retenido en la malla # 200

$$\frac{83}{1118} = 0.074 = 7.4\% < 50\% \therefore \text{ES UN SUELO GRUESO}$$

- 2°) ¿Será grava o arena?

- retenido en la malla # 4

$$\frac{712}{1118} = 0.64 = 64\% > 50\% \therefore \text{ES GRAVA}$$

- 3°) ¿Será limpia, frontera o contaminada?

- pasa la malla # 200 el 7.4%, entonces corresponde al caso frontera (doble símbolo)

- 4°) ¿Es grava bien graduada o mal graduada?

- coeficiente de uniformidad

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{6.4}{0.8} = 8 ; C_u > 4$$

- coeficiente de contracción

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} D_{10}} = \frac{(2.4)^2}{(6.4)(0.8)} = 1.2$$

$1.2 < C_c < 3$

→ De lo anterior se deduce que es grava bien graduada -- GW

- 5°) Análisis en la carta de plasticidad:

- obtención del índice plástico

$$IP = LL - LP = 45 - 13 = 32$$

- llevando este dato a la carta de plasticidad, se observa que es una grava con arcilla, de manera que el símbolo del suelo tipo A es --- GW - GC; grava arcillosa, bien graduada.

S U E L O B

1°) ¿Es un suelo fino o un suelo grueso?

- retenido en la malla # 200

$$\frac{695}{815} = 0.85 = 85\% > 50\% \therefore \text{ES SUELO FINO}$$

2°) ¿El límite líquido, es mayor o menor de 50?

- LL = 86  $\therefore$  LL > 50

3°) ¿Abajo o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad?

- obtención del índice plástico

$$IP = LL - IP = 86 - 59 = 27$$

- ecuación de la línea "A"

$$IP_A = 0.73(LL - 20) = 0.73(86 - 20) = 48.18$$

$\rightarrow IP_A > IP \therefore$  abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad

De lo anterior, se sabe que, según el color y olor del suelo, se deduce si se trata de un suelo con contenido de materia orgánica o no. Si se trata de un suelo con alto contenido de materia orgánica entonces su símbolo es OH. Si el contenido de materia orgánica es despreciable entonces se trata de limos inorgánicos de alta compresibilidad, cuyo símbolo es MH.

## TEMA II. DEFORMACION VOLUMETRICA

APERTURA. Se sugiere para el efecto la presentación de un audiovisual que ilustra el hundimiento sufrido por la Ciudad de México, así como su origen y evolución en el tiempo.

Paralelamente a esto se le indica al alumno la parte del proyecto correspondiente a cálculo de asentamientos, explicándole -- que para poder realizar dicho cálculo se requiere conocer las teorías existentes para determinar la distribución de esfuerzos en la masa de suelo, así como la teoría de la Consolidación Unidimensional de Terzaghi.

DESARROLLO. La adquisición de la información por parte del alumno se hará por una parte por exposición del profesor en clase, por otra parte por medio del estudio de la bibliografía correspondiente a los temas tratados, la cual se encuentra en el temario.

En lo referente al manejo de la información se proponen las

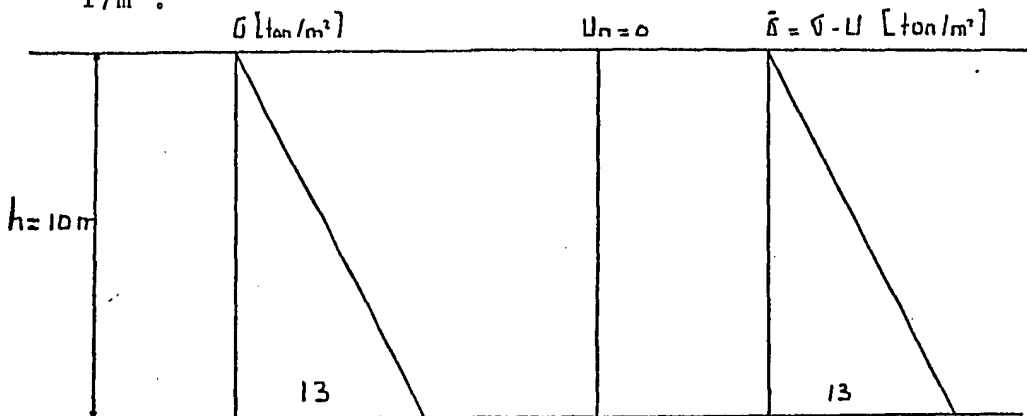
siguientes preguntas, las cuales se plantearán en el transcurso de las distintas clases debiéndose ser resueltas por los alumnos en forma individual o colectiva según se concidere conveniente.

Preguntas para el TEMA II:

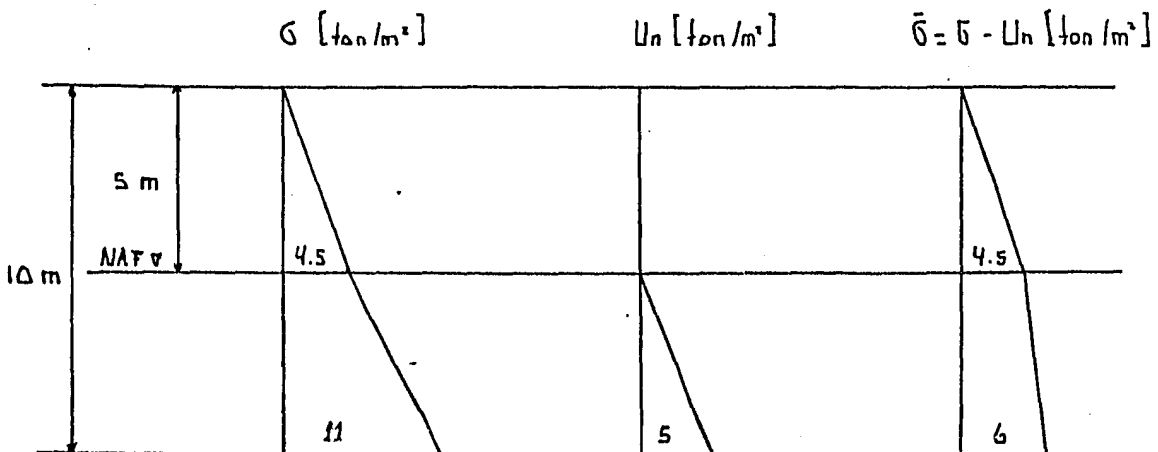
ESFUERZOS EN UNA MASA DE SUELO

44. Calcular los esfuerzos totales, neutros y efectivos en los siguientes casos:

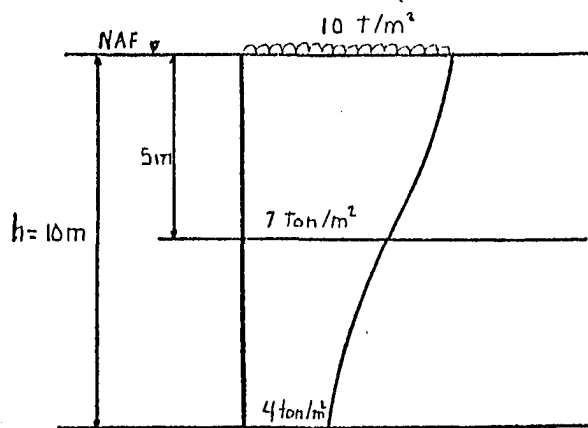
a) Un estrato de 10 m, sin sobrecarga, suelo seco y  $\gamma_m = 1.3 \text{ T/m}^3$ .



b) Un estrato de 10 m, con el NAF a los 5 m de profundidad, suelo seco por encima de dicho nivel, sin sobrecarga.  $\gamma_d = 0.9 \text{ T/m}^3$  y  $\gamma_m = 1.3 \text{ T/m}^3$ .



45. Calcular los esfuerzos totales, neutros y efectivos para un tiempo  $t = 0$  y para un tiempo  $t \rightarrow \infty$ , en el siguiente caso: Considerando una carga uniformemente distribuida, que transmite en la superficie  $10 \text{ T/m}^2$ , a los 5 m de profundidad  $7 \text{ T/m}^2$  y a los 10 m  $4 \text{ T/m}^2$ .

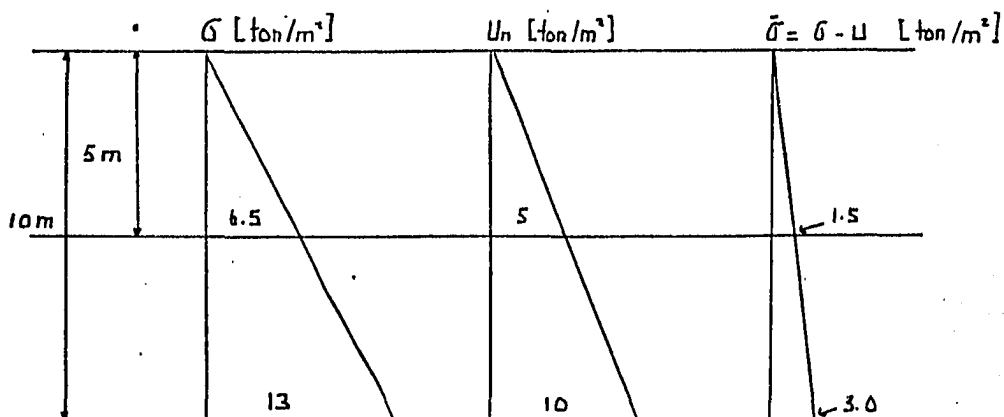


$$\gamma_m = 1.3 \text{ ton/m}^3$$

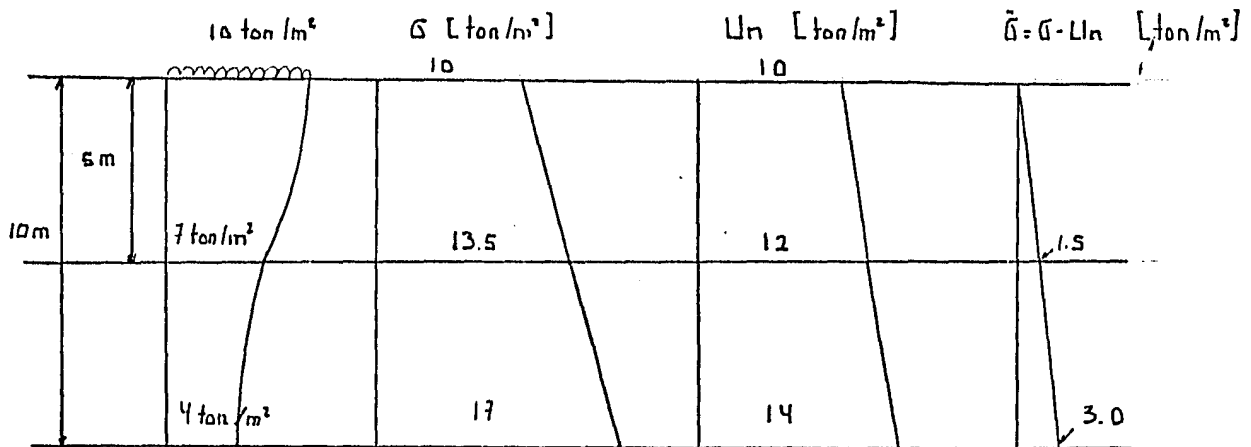
### Solución

- 1) Sea el estrato de suelo en  $t = 0$  :

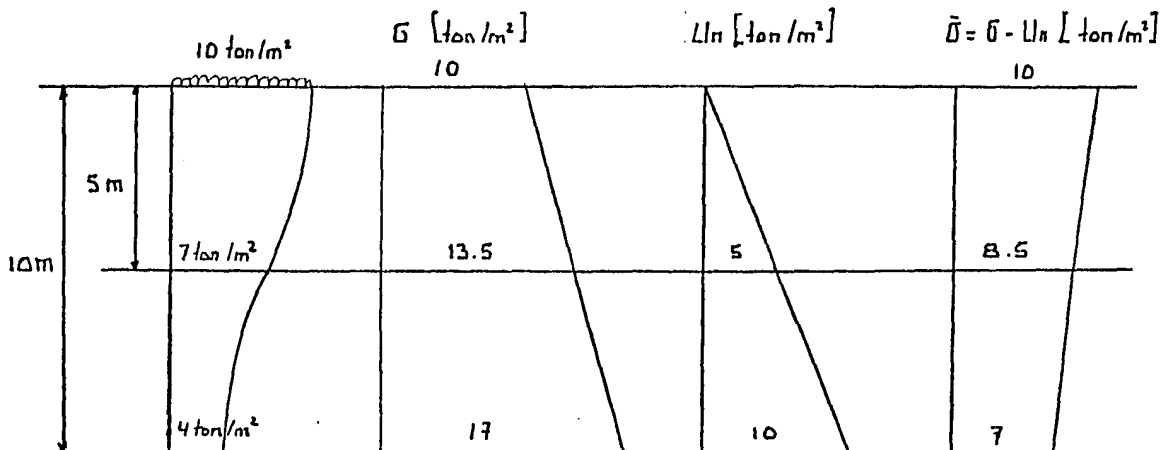
a) Sin sobrecarga.



b) Con sobrecarga



2) Concide rese el estrato de suelo con sobrecarga cuando  $t \rightarrow \infty$



46. Para un suelo con una sobrecarga de  $12 \text{ T/m}^2$  actuando a través de un área rectangular como la de la figura 5. a) Calcular la distribución de presiones debidas a dicha carga a 0, 1, 2, 4 y 8 m de profundidad en los puntos A y C. b) Calcular las presiones efectivas en las mismas profundidades en el punto A.

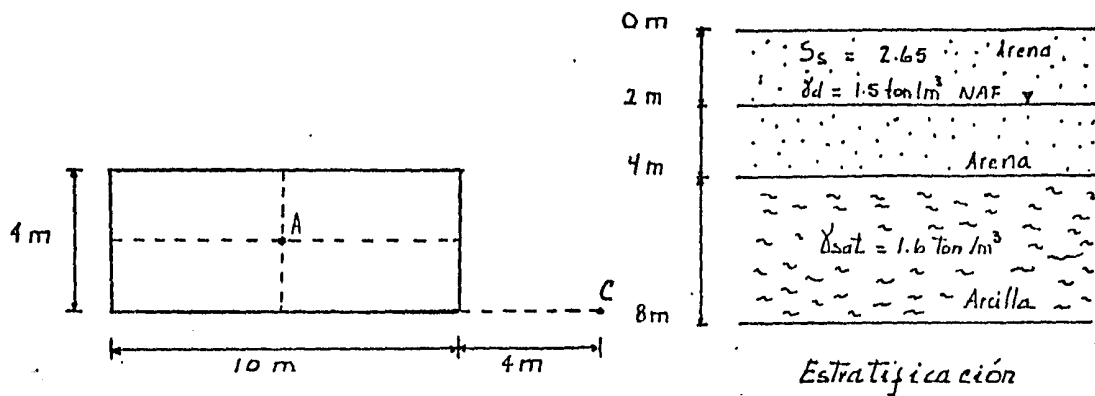


Figura 5

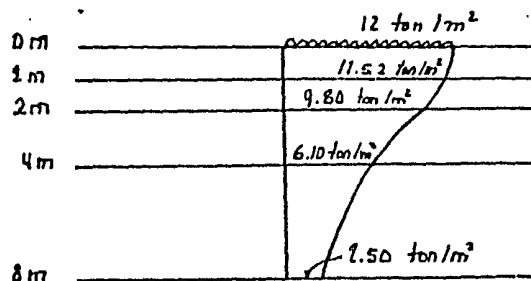
Solución

a) Aplicando el concepto de valor de influencia :

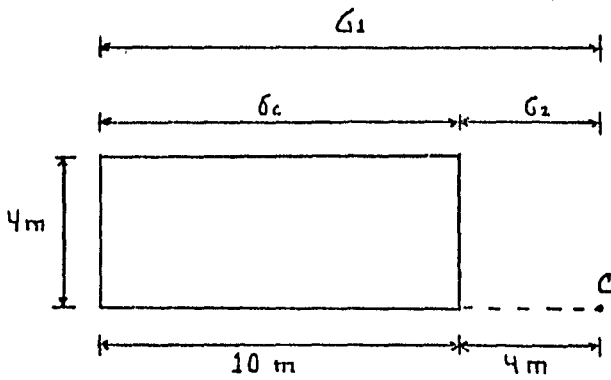
a.1) Punto A

Z	m	n	$W_0$	$\Sigma W_0$	$\sigma_z = \Sigma W_0 U$
0	$\infty$	$\infty$	0.25	1.00	12.00
1	5	1	0.24	0.96	11.52
2	2.5	1	0.204	0.816	9.80
4	1.25	0.5	0.127	0.508	6.10
8	0.625	0.25	0.052	0.208	2.50

Por lo tanto, la distribución de presiones será :



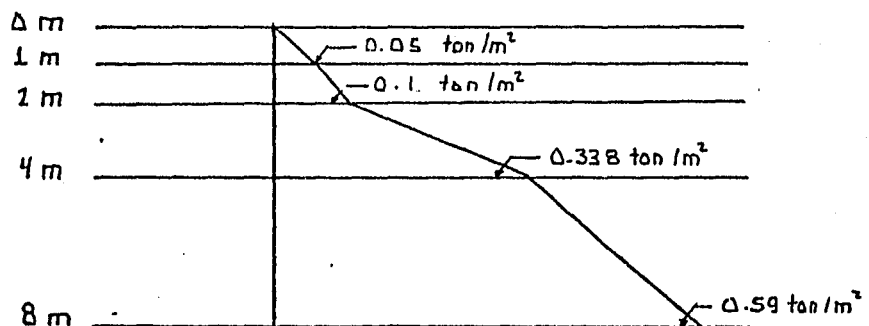
a.2) Punto C



$$\therefore G_c = G_1 + G_2$$

Z	X	Y	m	n	$W_0$	$G_1 = WZn$	X	Y	m	n	$W_0$	$G_2 = \sum W_0 n$	$G_c = G_1 + G_2$
0	14	4	$\infty$	$\infty$	0.25	3	4	4	$\infty$	$\infty$	0.25	3	0
1	14	4	14	4	0.25	3	4	4	4	4	0.246	2.95	0.05
2	14	4	7	2	0.24	2.88	4	4	2	2	0.232	2.76	0.1
4	14	4	3.5	1	0.204	2.448	4	4	1	1	0.176	2.11	0.338
8	14	4	1.75	0.5	0.133	1.6	4	4	0.5	0.5	0.084	1.0	0.59

Por lo tanto, la distribución de presiones será:

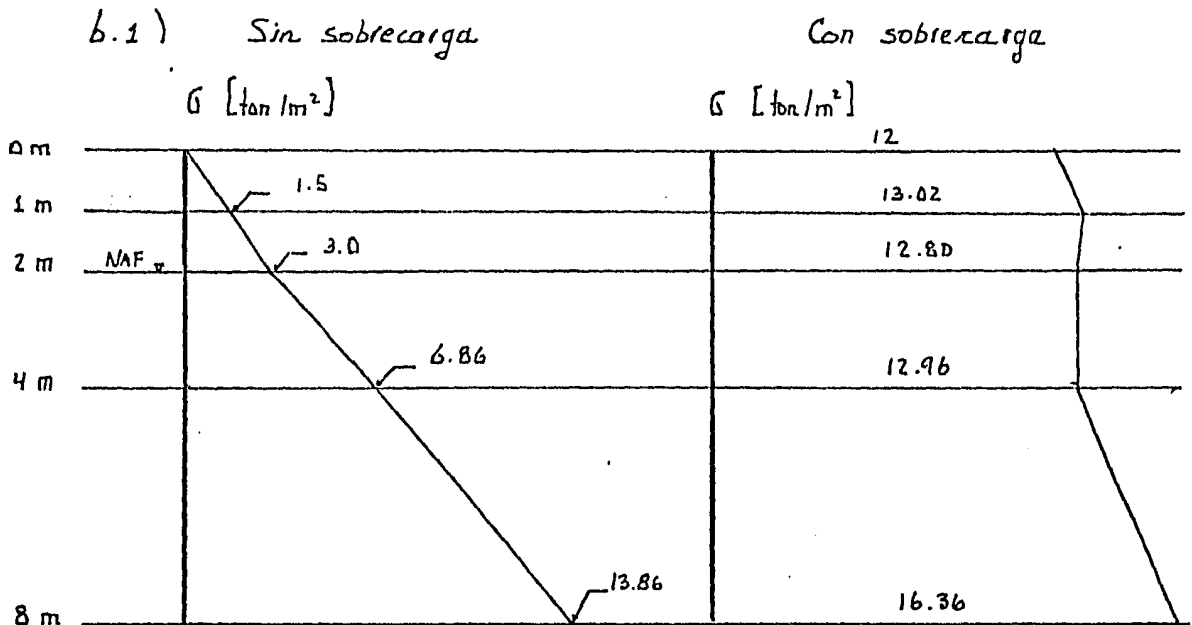


b) Cálculo de presiones efectivas

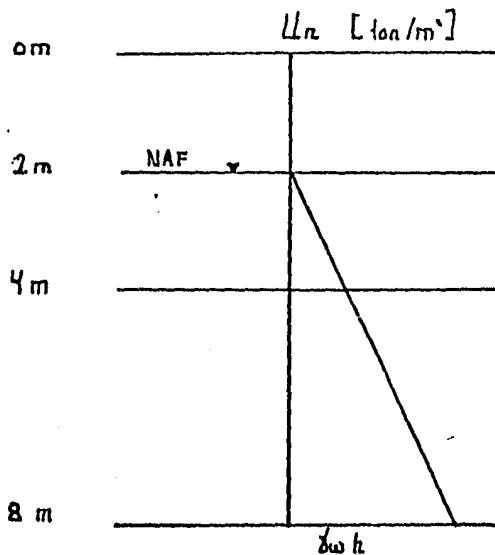
$$\text{Como } \delta d = \frac{S_s}{e+1} \quad ; \quad 1.5 = \frac{2.65}{1+e} \quad \therefore e = 0.766$$

$$\text{entonces } \delta_{sat} = \frac{c + S_s}{e+1} = 1.93 \text{ ton/m}^3$$

Por lo que, los diagramas de presiones totales serán:



Por otra parte, el diagrama de presiones en el agua es:





b.2) Restando del diagrama de presiones totales (con sobrecarga) el correspondiente a presiones en el agua, se obtiene:

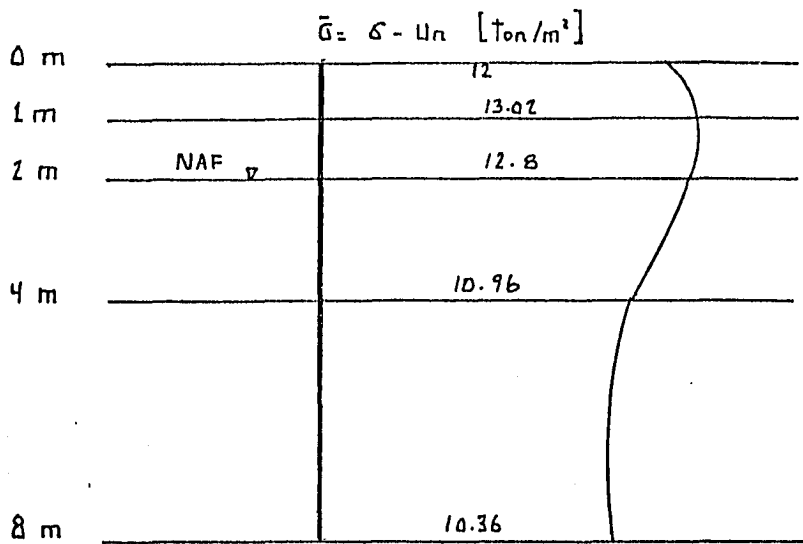


Diagrama de presiones efectivas

NOTA. Los valores de  $W_0$  pueden tabularse en función de los valores  $m$  y  $n$ , - estos se muestran en la gráfica del anexo II-d del Tomo II del libro de Juárez Badillo (área rectangular uniformemente cargada - caso de Boussinesq).

47. Sea una zapata circular a la cual llega una columna que descarga 8 ton. El radio de la zapata es de 1.5 m. Calcular -- los esfuerzos ocasionados en el suelo a profundidades de: 0.5 m, 1 m, 1.5 m y 2.25 m. Dibujar el bulbo de presiones.

Solución

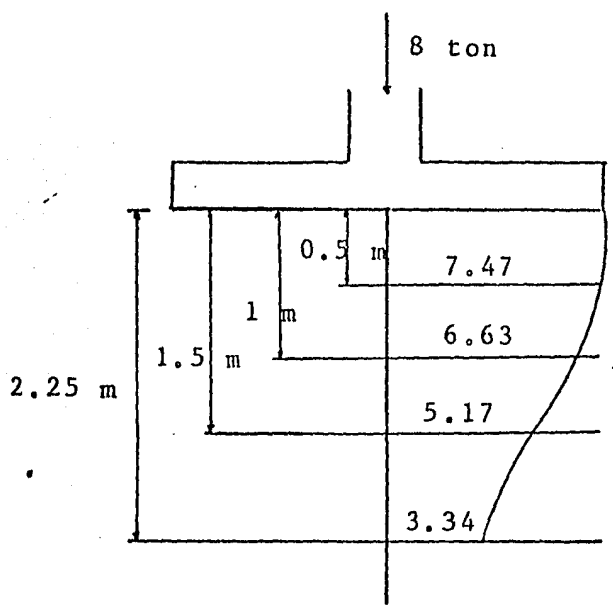
Se sabe que, según la Teoría de Boussinesq:

$$\sigma_z = W \cdot W_0 \quad \text{donde} \quad W_0 = 1 - \left[ \frac{1}{1 + \left[ \frac{r}{z} \right]^2} \right]^{3/2}$$

Por lo tanto

$r/z$	$W_0$	$\sigma = W \cdot W_0$
$\frac{1.5}{0.5} = 3$	0.96838	7.47
$\frac{1.5}{1} = 1.5$	0.82932	6.63453
$\frac{1.5}{1.5} = 1$	0.64645	5.1716
$\frac{1.5}{2.25} = 0.66$	0.41863	3.34904

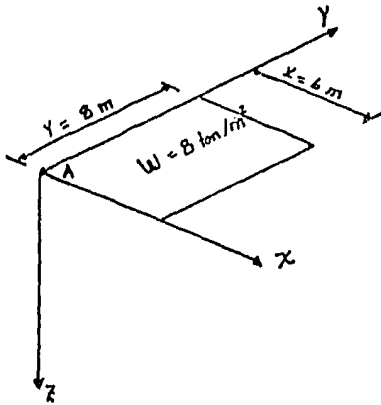
Por lo tanto, la distribución de presiones será:



NOTA: Los valores de  $W_0$  pueden tabularse en función de los correspondientes de  $r/z$  que se encuentran en el anexo II-e del Tomo II del libro de Juárez Baidillo (valores de influencia para área circular uniformemente cargada).

48. Sea una superficie de  $(6 \times 8) \text{ m}^2$  que soporta una carga uniformemente repartida de  $8 \text{ ton/m}^2$ . Calcular los esfuerzos que se producen en el suelo, en el punto A, a profundidades de 1, 3 y 5 metros.

Solución



Como  $\sigma_z = W \cdot W_0$

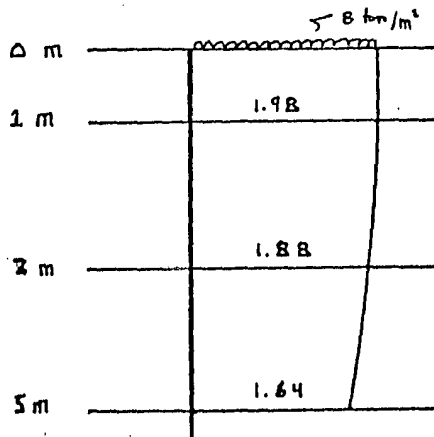
donde  $W = 8 \text{ ton/m}^2$

asimismo  $m = \frac{x}{z}$ ,  $n = \frac{y}{z}$

Por lo tanto:

z	m	n	W <sub>0</sub>	$\sigma_z = W \cdot W_0$
1	$\frac{6}{1} = 6$	$\frac{8}{1} = 8$	0.248	1.984
3	$\frac{6}{3} = 2$	$\frac{8}{3} = 2.60$	0.236	1.888
5	$\frac{4}{5} = 1.20$	$\frac{8}{5} = 1.60$	0.206	1.648

Por lo tanto, la distribución de presiones será:



NOTA. Los valores de  $W_o$  pueden tabularse en función de los valores  $m$  y  $n$ , estos se muestran en la gráfica del anexo II-d del Tomo II del libro de Juárez Badillo (área rectangular uniformemente cargada).

### C O N S O L I D A C I O N

49. La relación de vacíos de una arcilla A disminuyó de 0.572 a 0.502 debido a un incremento de carga de 1.2 a 1.8  $\text{Kg/cm}^2$ . Bajo el mismo incremento de carga la relación de vacíos de una arcilla B pasó de 0.612 a 0.597. El espesor del estrato A es 1.5 veces mayor que el del estrato B, sin embargo el tiempo para alcanzar el 50% de consolidación fue 3 veces mayor para el estrato B que para el A. Calcular la relación entre  $K_A$  y  $K_B$ .

Solución

Datos:	A	B
	$e_0 = 0.572$	$e_0 = 0.612$
	$e_1 = 0.505$	$e_1 = 0.597$
	$h_A = 1.5h_B$	$h_B = 0.67h_A$
	$t_{50} = 0.33t_{50B}$	$t_{50B} = 3t_{50A}$
	$\Delta \bar{\rho} = 0.6 \text{ Kg/cm}^2$	

1°) Obtener los coeficientes de compresibilidad  $a_{vA}$  y  $a_{vB}$

$$a_{vA} = \frac{\Delta e_A}{\Delta p_A} = \frac{0.572 - 0.505}{0.6} = 0.112 \text{ cm}^2/\text{Kg}$$

$$a_{vB} = \frac{\Delta e_B}{\Delta p_B} = \frac{0.612 - 0.597}{0.6} = 0.025 \text{ cm}^2/\text{Kg}$$

2°) De la fórmula del factor Tiempo (expresión 10-41, Tomo I del libro de Juárez Badillo).

$$T = \frac{C_v t}{H^2} = \frac{K(1+e)}{\gamma_w a_v} \cdot \frac{t}{H^2}$$

despejando  $K$ , se obtiene que:

$$K = \frac{T H^2 a_v \gamma_w}{t (1+e)} \quad \dots (1)$$

3°) Así, poniendo los parámetros correspondientes al suelo A en función de los del suelo B, se tiene que:

$$\frac{K_A}{K_B} = \frac{\frac{T_{s0} (1.5 h_B)^3 \alpha_{vA} \gamma_w}{0.33 t_{s0B} (1 + 0.572)}}{\frac{T_{s0} (h_B)^2 \alpha_{vB} \gamma_w}{t_{s0} (1 + 0.612)}}$$

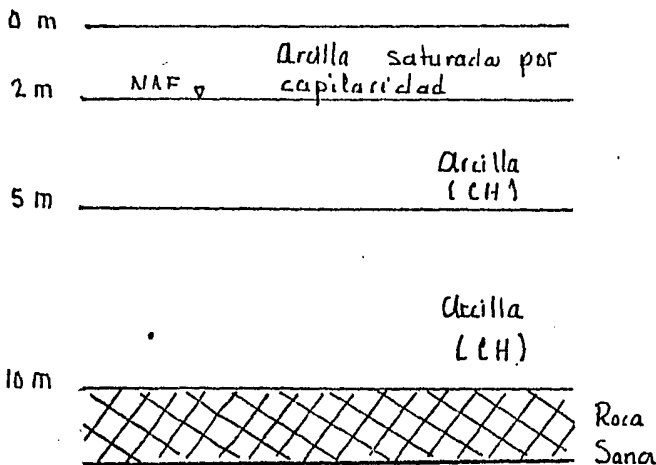
Simplificando y efectuando operaciones:

$$\frac{K_A}{K_B} = \frac{\frac{(2.25) (0.112)}{(0.33) (1.572)}}{\frac{(0.025)}{(1.612)}} = \frac{(2.25) (0.112) (1.612)}{(0.33) (1.572) (0.025)} = 31.3$$

$$\therefore \frac{K_A}{K_B} = 31.3$$

50.. Se vá a construir un edificio de  $(6 \times 8) \text{ m}^2$  sobre un suelo constituido por:

Datos :



$$C_s = 8 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{seg}$$

$$e = 1.112$$

$$C_e = 1.035$$

$$\gamma_m = 1.79 \text{ ton/m}^3$$

$$h = 10 \text{ m}$$

El NAF está a 2 m de profundidad, pero sobre él la arcilla es es tá saturada por capilaridad. La arcilla está normalmente consoli dada y la descarga del edificio a nivel de desplante es de  $8 \text{ ton/m}^2$ . Calcular el asentamiento total que sufrirá el edificio debido al estrato de arcilla (en una esquina del edificio) y calcular el asentamiento a los 7 meses

## Solución:

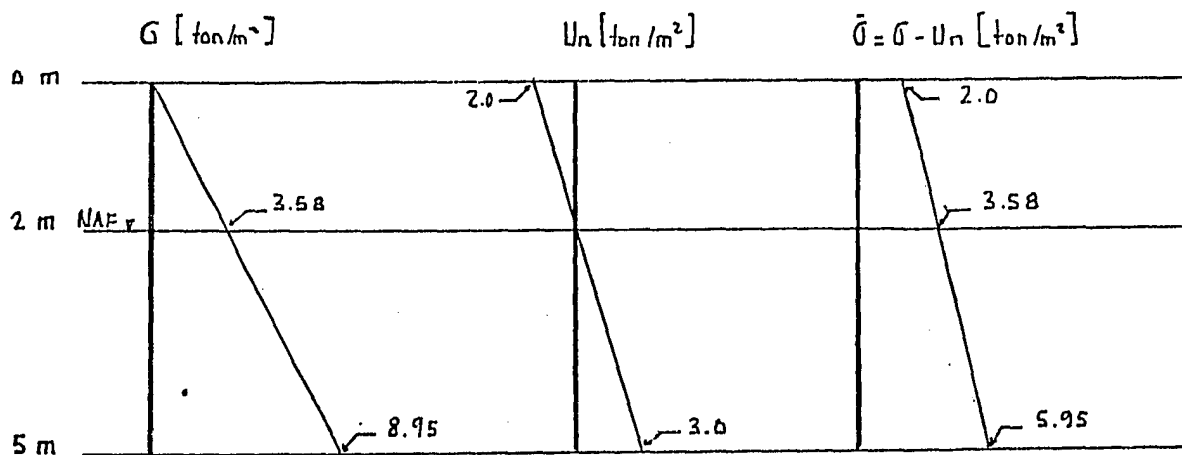
En la práctica es común que el cálculo de asentamientos se lleve a cabo efectuando una partición del estrato de subsuelo bajo consideración, de modo que se evalúa la deformación sufrida por cada capa de suelo bajo la influencia del esfuerzo efectivo, al centro de ésta, siendo el asentamiento total la suma de dichos asentamientos parciales. Por simplicidad, en este ejemplo no se realizará la subdivisión a que se ha hecho referencia, por lo que sólo será necesario obtener el esfuerzo efectivo final (debido a peso propio del suelo y sobrecarga externa) al centro del estrato.

En el caso de la arcilla normalmente consolidada, la ecuación para calcular el hundimiento total (cuando  $t \rightarrow \infty$ ), es:

$$\Delta H = \frac{\Delta e}{1 + e_0} H = \frac{C_c}{1 + e_0} H \log \frac{\bar{P}_0 + \Delta \bar{P}}{\bar{P}_0} \quad \text{--- (1)}$$

Se conocen  $C_c$ ,  $e_0$  y  $H$ , pero se desconocen  $\bar{P}_0$  (presión por peso propio) y  $\Delta \bar{P}$  (presión por la sobrecarga).

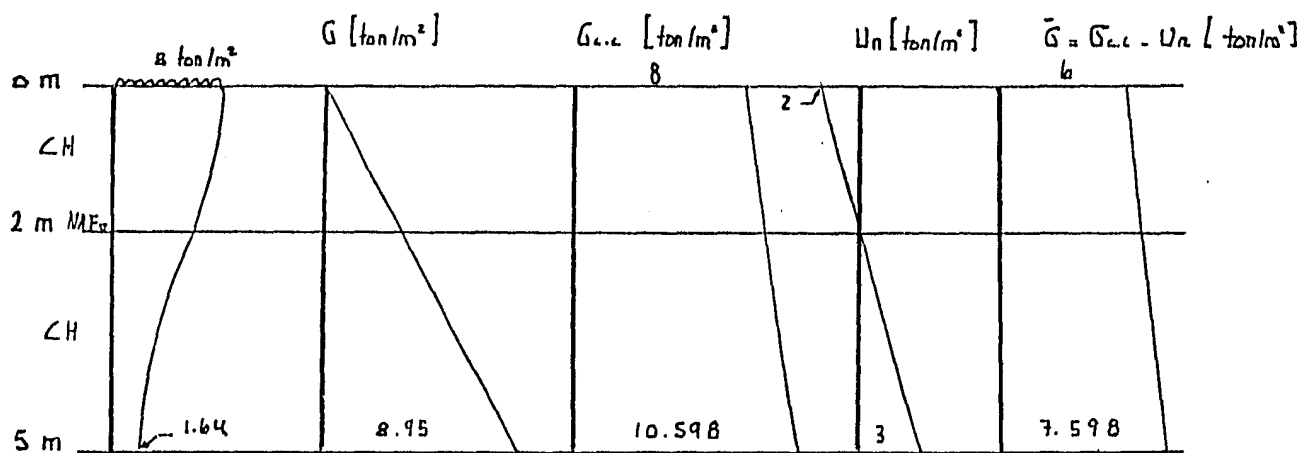
Para obtener  $\bar{P}_0$ , se dibuja el diagrama de presiones (totales, neutras y efectivas) sin carga:



Por lo tanto

$$\bar{P}_0 = 5.95 \text{ ton/m}^2$$

Para obtener  $\Delta \bar{P} + \bar{P}_0$  se requiere dibujar el diagrama de presiones inducidas por la sobrecarga correspondiente al estado final ( $t \rightarrow \infty$ ), para lo que se requiere agregar el bulbo de presiones obtenido en el ejercicio número 48 (superficie de  $6 \times 8 \text{ m}^2$  con una carga uniformemente repartida de  $8 \text{ ton/m}^2$ ).



Por lo tanto  $\bar{\Delta P} + \bar{P}_0 = 7.598 \text{ ton/m}^2$

Substituyendo valores en la ecuación (1) y tomando en cuenta que el espesor efectivo del estrato, en cuanto a drenaje, se tiene que:

$$\Delta H = \frac{1.035}{1 + 1.112} (10) \cdot \log \left[ \frac{7.598}{5.95} \right] = 4.9 \log (1.277)$$

$$\Delta H = 4.9 (0.10618) = .52 \text{ m}$$

$$\therefore \Delta H = 52 \text{ cm}$$

Para calcular el asentamiento a los 7 meses, se aplica la ecuación:

$$T = C_v \frac{t}{H^2}, \text{ en la que } t \text{ se expresa en seg y } H \text{ en cm.}$$

$$t = 7 \text{ meses}$$

$$t = 7(30)(24)(3,600) = 18,144,000 \text{ seg.} = 18.14 \times 10^6 \text{ seg}$$

$$H_{\text{efectiva}} = 10 \text{ m} = 1,000 \text{ cm}$$

Se sabe que  $C_v = 8 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{seg}$ ; por lo tanto:

$$T = C_v \frac{t}{H^2} = \frac{8 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{seg} (18.14 \times 10^6 \text{ seg})}{(1,000 \text{ cm})^2}$$

$$\therefore T = 0.0145$$

Haciendo uso de la tabla X-1 ( U% - T ) del libro de Juárez Badillo, Tomo I, se tiene que para T = 0.0145 el Grado de Consolidación, U%, es igual a 13.25 %. Entonces, el asentamiento para un t = 7 meses será:

$$S_t = \Delta H \left[ \frac{U\%}{100} \right] = 52 \text{ cm.} \left[ \frac{13.25}{100} \right] = 6.89 \text{ cm}$$

$$\therefore S_t = 6.89 \text{ cm}$$

CIERRE. La síntesis del Tema II se dá de hecho con la elaboración del proyecto (específicamente el cálculo de asentamientos) por parte del alumno.



S O L U C I O N

D E L

P R O Y E C T O

FECHA \_\_\_\_\_  
 TIPO DE SONDEO MIXTO  
 No. DE SONDEO 1  
 NOTA DEL SONDEO \_\_\_\_\_

FACULTAD DE INGENIERIA  
 ING. CIVIL, GEOTECNIA  
 REGISTRO DIARIO DE CAMPO

OBRA No. \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACION \_\_\_\_\_

PERSONAL	ENTRO	SALIO

ABREVIATURAS	
C- ARCILLA	M- LIMO
S- ARENA	G- GRAVA
R <sub>2</sub> - RELLENO	B- BOLEOS
PI- MATERIA ORGANICA	
Sh- TUBO SHELBY	D- DENISON
TI- TUBO LISO	Tr- TRICONICA

OBSERVACIONES DEL NIVEL FREATICO	
PROFUNDIDAD DE LA PERFORACION	
PROFUNDIDAD DEL NIVEL HIDROSTATICO	
TIEMPO DE REPOSO	
PROFUNDIDAD DEL ADEME CERRADO	

PROFUNDIDAD												MUESTREO													
DE	A	C	M	S	G	Re	Pt	B								No.	TIPO	REC %	REC	No. DE GOLPES					
																			15	15	15				
0.00	0.45			X															1	TL	20	45	1	4	4
0.45	0.90			X															2	TL	19	45	5	2	6
0.90	1.80			X															3	SH	40	90	-	-	-
1.80	2.25			X															4	TL	7	45	1	2	9
2.25	2.70			X															5	TL	12	45	11	8	7
2.70	3.60	X																	6	SH	73	90	-	-	-
3.60	4.05	X																	7	TL	8	45	-	1	-
4.05	4.50	X																	8	TL	6	45	1	2	1
4.50	5.40	X																	9	SH	86	90	-	-	-
5.40	5.85	X																	10	TL	17	45	1	2	2
5.85	6.30	X																	11	TL	15	45	3	4	6
6.30	7.20			X															12	SH	45	90	-	-	-
7.20	7.65			X															13	TL	13	45	2	2	7
7.65	8.10			X															14	TL	13	45	2	2	5
8.10	9.00			X															15	SH	79	90	-	-	-
9.00	9.45			X															16	TL	9	45	3	7	10
9.45	9.90			X															17	TL	10	45	7	10	10
9.90	10.80			X															18	SH	51	90	-	-	-
10.80	11.25			X															19	TL	20	45	8	19	23
11.25	11.70			X															20	TL	12	45	21	15	10
11.70	12.60			X															21	SH	20	90	-	-	-
12.60	13.05			X															22	TL	20	45	2	5	7
13.05	13.50			X															23	TL	14	45	6	8	7



HORA \_\_\_\_\_  
 TIPO DE SONDEO MIXTO  
 DE SONDEO 2  
 LOCALIDAD DEL SONDEO \_\_\_\_\_

FACULTAD DE INGENIERIA  
 ING. CIVIL, GEOTECNIA

OBRA N° \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACION \_\_\_\_\_

REGISTRO DIARIO DE CAMPO

PERSONAL	ENTRO	SALIO

ABREVIATURAS	
C-ARCILLA	M-LIMO
S-ARENA	G-GRAVA
R <sub>1</sub> -RELLENO	B-BOLEOS
Pi-MATERIA ORGANICA	
Sh-TUBO SHELBY	D-DENISON
Ti-TUBO LISO	Tr-TRICONICA

OBSERVACIONES DEL NIVEL FREATICO	
PROFUNDIDAD DE LA PERFORACION	
PROFUNDIDAD DEL NIVEL HIDROSTATICO	
TIEMPO DE REPOSO	
PROFUNDIDAD DEL ADEME CERRADO	

PROFUNDIDAD										MUESTREO						
	DE	A	C	M	S	G	Re	Pi	B	No.	TIPO	REC %	REC	No. DE GOLPES		
														15	15	15
00	0.45			X										1/45	-	-
45	0.90			X										4	7	8
90	1.80			X										-	-	-
80	2.25			X										4	6	5
25	2.70			X										5	5	4
70	3.60			X										-	-	-
60	4.05			X										5	6	4
05	4.50			X										4	5	7
50	5.40	X												-	-	-
40	5.85	X												1	2	1
85	6.30	X												-	1	2
30	7.20			X										-	-	-
20	7.65			X										25	38	43
65	7.80			X										50/5	-	-
80	8.10													-	-	-
10	9.00			X										-	-	-
00	9.30			X										20	50/5	-
30	9.45													-	-	-
45	9.60			X										50/5	-	-
60	9.90													-	-	-
90	10.80			X										-	-	-
0.80	10.95			X										50/5	-	-
0.95	11.25													-	-	-

FECHA

TIPO DE SONDEO

No. DE SONDEO

COTA DEL SONDEO

MIXTO

2

FACULTAD DE INGENIERIA  
ING. CIVIL, GEOTECNIA

## REGISTRO DIARIO DE CAMPO

OBRA N°

LOCALIZACION

PERSONAL	ENTRO	SALIO

ABREVIATURAS	
C-ARCILLA	M-LIMO
S-ARENA	G-GRAVA
B <sub>1</sub> -RELLENO	B-BOLEOS
PI-MATERIA ORGANICA	
SH-TUBO SHELBY	D-DENISON
TI-TUBO LISO	Tr-TRICONICA

OBSERVACIONES DEL NIVEL FREATICO	
PROFUNDIDAD DE LA PERFORACION	
PROFUNDIDAD DEL NIVEL HIDROSTATICO	
TIEMPO DE REPOSO	
PROFUNDIDAD DEL ADEME CERRADO	

PROFUNDIDAD		MUESTREO													
DE	A	C	M	S	G	Re	PI	B	No.	TIPO	REC %	REC	No. DE GOLPES		
													15	15	15
11.25	11.40								20	TL	12	15	50/45	-	-
11.40	11.70								-	TR	-	30	-	-	-
11.70	12.60								21	SH	83	90	-	-	-
12.60	12.75								22	TL	15	15	50/45	-	-
12.75	13.05								-	TR	-	30	-	-	-
13.05	13.20								23	TL	13	15	50/45	-	-
13.20	13.50								-	TR	-	30	-	-	-
13.50	14.40								24	SH	84	90	-	-	-
14.40	14.70								25	TL	27	30	28	50/5	-
14.70	14.85								-	TR	-	15	-	-	-
14.85	15.00								26	TL	11	15	50/45	-	-
15.00	15.30								-	TR	-	30	-	-	-
15.30	16.20								27	SH	52	90	-	-	-
16.20	16.65								28	TL	29	45	12	19	25
16.65	17.10								29	TL	32	45	17	28	40
17.10	18.00								30	SH	36	90	-	-	-
18.00	18.45								31	TL	32	45	4	10	15
18.45	18.90								32	TL	27	45	8	16	20
18.90	19.80								33	SH	71	90	-	-	-
19.80	20.25								34	TL	28	45	8	16	27

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

ING. CIVIL, GEOTECNIA

## CLASIFICACION

OBRA:-----

FECHA:-----

SONDEO DE MIXTO N° 1-----

N.A.F.-----

OPERADOR:-----

Nº	ELEVACION.	V <sub>n</sub>	V	W <sub>h</sub> +V	W <sub>s</sub> +V	W <sub>w</sub>	W <sub>s</sub>	W.	CLASIFICACION
	m								
1	0.00-0.45	258	116.20	148.6	145.6	3	29.40	10.20	ARENA BIEN GRADUADA POCO LIMOSA CAFE CON GRAVAS
2	0.45 - 0.90	234	112.5	145.1	141.7	3.40	29.20	11.60	ARENA DE FINA A MEDIA CON GRAVAS AISLADAS
3	0.90 - 1.80	C	113.84	181.8	170.7	11.10	56.83	19.50	GRAVA DE FINA A MEDIA GRIS CON GRAVAS AISLADAS DE HASTA 1"
3		2	109.10	161.1	153.55	7.55	44.45	16.90	ARENA BIEN GRADUADA GRIS ARCILLOSA CON GRAVAS
4	1.80 - 2.25	249	113.80	138.6	134.92	3.68	21.12	17.40	ARENA FINA Y GRUESA GRIS MUY POCO LIMOSA CON CONCHAS
5	2.25 - 2.70	149	98.30	126.4	122.98	3.50	24.60	14.20	ARENA FINA Y MEDIA GRIS VERDOSA POCO LIMOSA CON CONCHAS
6	2.70 - 3.60	98 - A	111.85	174.1	152.68	21.42	40.83	52.46	ARCILLA LIMOSA GRIS CON Poca ARENA FINA CON M.O
6		172	99.05	197.6	128.25	69.40	29.15	23.8	ARCILLA ORGANICA CAFE OSCURA
7	3.60 - 4.05	20	101.60	152.9	125.35	32.55	18.75	173.6	ARCILLA ORGANICA CAFE OSCURA
8	4.05 - 4.50	81	109.6	151.90	130.40	31.00	20.80	140	ARCILLA ORGANICA CAFE OSCURA
9	4.50 - 5.40	125	108.28	154.1	145.44	8.88	36.94	24	ARENA FINA POCO LIMOSA CON GRAVAS
9		266	114.32	212.4	193.98	18.42	79.66	23.12	ARENA FINA POCO LIMOSA CON GRAVAS
9		111	110.92	177.1	164.65	12.45	53.73	23.17	ARENA FINA POCO LIMOSA CON GRAVAS
10	5.40 - 5.85	139	99.60	131.5	125.35	6.15	25.75	23.88	ARENA ARCILLOSA GRIS CON CAPA AL FINAL DE GRAVAS

FACULTAD DE INGENIERIA  
ING. CIVIL, GEOTECNIA

CLASIFICACION

OBRA: -----

FECHA: -----

SONDEO DE MIXTO N° 1 -----

N.A.F. -----

OPERADOR: -----

Nº	ELEVACION.	V <sub>n</sub>	V	W <sub>n</sub> +V	W <sub>s</sub> +V	W <sub>w</sub>	W <sub>f</sub>	W.	CLASIFICACION
	m		Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	%	
12	6.30 - 7.20	229	112.30	182.40	169.35	13.85	57.05	22.87	ARENA FINA POCO LIMOSA GRIS
13	7.20 - 7.65	175	98.50	144.20	135.50	8.70	37.00	23.50	LIMO CON Poca ARENA FINA GRIS Y GRAVAS
14	7.65 - 8.10	135	105.50	151.90	144.10	7.80	38.60	20.20	ARENA FINA POCO LIMOSA GRIS
15	8.10 - 9.00	299	114.85	214.60	198.10	16.50	83.25	19.81	ARENA DE FINA A MEDIA GRIS POCO LIMOSA
15		40	105.25	202.00	184.82	17.18	79.57	22.37	ARENA DE FINA A MEDIA GRIS POCO LIMOSA
15		201	116.28	177.80	172.40	7.40	54.72	13.67	ARENA DE FINA A MEDIA GRIS POCO LIMOSA
16	9.00 - 9.45	54	109.85	136.10	133.50	2.60	23.65	10.99	ARENA DE FINA A MEDIA GRIS POCO LIMOSA CON GRAVAS AISLADAS
17	9.45 - 9.90	146	98.05	136.70	129.40	7.30	31.55	23.28	ARENA DE FINA A MEDIA GRIS POCO LIMOSA CON GRAVAS AISLADAS
18	9.90 -10.80	284	115.28	190.40	182.00	8.40	66.72	12.58	ARENA DE FINA A MEDIA GRIS POCO LIMOSA CON GRAVAS AISLADAS
19	10.80-11.25	165	99.60	132.00	128.20	3.80	28.60	13.28	ARENA FINA A MEDIA POCO LIMOSA GRIS
20	11.25-11.70	206	113.30	140.20	136.66	3.54	23.36	15.15	ARENA FINA A MEDIA POCO LIMOSA GRIS
21	11.70-12.60	30	19.40	76.10	67.00	9.10	47.60	19.10	ARCILLA ARENOSA GRIS CLARO Y CAFE
21		43	20.05	66.40	58.65	7.75	38.60	20.07	ARCILLA ARENOSA GRIS CLARO Y CAFE
22	12.60-13.05	34	109.60	155.2	147.9	7.30	38.20	19.06	ARCILLA ARENOSA CAFE Y GRIS
23	13.05-13.50	216	113.25	152.2	147.02	5.18	33.77	16.33	ARENA LIMOSA CAFE CLARO

FACULTAD DE INGENIERIA  
ING. CIVIL, GEOTECNIA

CLASIFICACION

OBRA:-----

FECHA:-----

SONDEO DE MIXTO N° 1-----

N.A.F.-----

OPERADOR:-----

N°	ELEVACION.	V <sub>n°</sub>	V	W <sub>h</sub> +V	W <sub>s</sub> +V	W <sub>w</sub>	W <sub>s</sub>	W.	CLASIFICACION
	m		Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	%	
24	13.50-14.40	24	21.10	65.40	62.55	2.85	41.45	6.87	ARENA DE FINA A MEDIA POCO LIMOSA CAFE CLARO
		32	21.55	77.00	68.80	8.20	47.25	17.35	ARENA DE FINA A MEDIA POCO ARCILLOSA CAFE CLARO
25	14.85-15.30	113	108.52	132.80	129.02	3.78	20.50	16.43	ARENA POCO ARCILLOSA CAFE AMARILLENTO
26	15.30-16.20	9	20.90	70.00	62.75	7.25	41.85	17.32	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE POCO ARCILLOSA
		16	21.90	73.50	66.25	7.25	44.35	16.34	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE POCO ARCILLOSA
		28	21.15	64.50	58.22	6.28	37.07	16.94	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE POCO ARCILLOSA
27	16.20-16.65	78	99.30	123.00	120.12	2.88	20.82	13.83	ARENA FINA CAFE AMARILLENTO
		273	165.50	134.70	130.10	4.60	14.60	31.50	ARCILLA LIMOSA CAFE AMARILLENTO
28	16.65-17.10	215	113.40	140.50	137.40	3.10	24	12.91	ARENA FINA CAFE AMARILLENTO
		45	115.90	129.40	126.95	2.45	11.05	22.17	ARCILLA LIMOSA CAFE AMARILLENTO
29	17.10-18.00	17	21.50	68.70	60.60	8.10	39.10	20.71	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE POCO ARCILLOSA
		1	26.65	82.40	76.35	6.05	49.70	12.17	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE POCO ARCILLOSA
30	18.00-18.45	37	115.78	138.70	136.25	2.45	20.47	11.96	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE POCO LIMOSA
31	18.45-18.90	188	99.70	124.80	121.50	3.30	21.80	15.13	ARENA POCO ARCILLOSA CAFE



FACULTAD DE INGENIERIA

ING. CIVIL, GEOTECNIA

CLASIFICACION

OBRA: -----

FECHA: -----

SONDEO DE MIXTO N° 1 -----

N.A.F. -----

OPERADOR: -----

N°	ELEVACION.	V <sub>n°</sub>	V	W <sub>h</sub> +V	W <sub>s</sub> +V	W <sub>w</sub>	W <sub>s</sub>	W.	CLASIFICACION
	m		Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	%	
32	18.90-19.80	27	20.5	84.5	74.15	10.35	53.65	19.29	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE POCO ARCILLOSA
32		23	19.35	99.30	89.78	9.52	70.43	13.51	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE POCO ARCILLOSA
33	19.80-20.25	212	113.60	160.00	153.70	6.30	40.10	15.71	ARENA DE FINA A MEDIA POCO LIMOSA CAFE AMARILLENTA
34	20.25-20.70	225	114.40	152.30	147.00	5.00	33.40	14.97	ARENA DE FINA A MEDIA POCO LIMOSA CAFE AMARILLENTA
35	20.70-21.60	12	17.55	62.20	54.50	7.70	36.95	20.83	ARENA DE FINA A MEDIA POCO ARCILLOSA CAFE AMARILLENTA
35		31	21.60	62.20	61.50	4.70	39.90	11.77	ARENA DE FINA A MEDIA POCO ARCILLOSA CAFE AMARILLENTA
36	21.60-22.05	236	113.40	155.30	142.30	6.00	35.90	16.71	ARENA DE FINA A MEDIA POCO LIMOSA CAFE CON GRAVAS AISLADAS
37	22.05-22.50	19	101.20	136.00	131.42	4.58	30.22	15.15	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE
38	22.50-23.40	7	21.05	66.10	58.78	7.32	37.73	19.40	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE
38		53	21.10	65.60	59.65	5.95	38.55	15.43	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE CON PEQUEÑAS GRAVAS
38		22	21.90	69.40	60.85	8.55	38.95	21.95	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE POCO ARCILLOSA CON MICA
39	23.40-23.85	57	106.45	145.50	139.8	5.70	33.35	17.09	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE CLARO
40	23.85-24.30	217	113.60	149.20	145.63	4.17	31.43	13.26	ARENA POCO ARCILLOSA CAFE CLARO
41	24.30-25.20	2	21.10	59.00	52.05	6.95	31.05	22.38	ARENA DE FINA A MEDIA GRIS VERSOSA
		49	21.55	68.50	62.30	6.20	40.75	16.21	ARENA ARCILLOSA GRIS VERDOSA

FACULTAD DE INGENIERIA  
ING. CIVIL, GEOTECNIA

CLASIFICACION

OBRA:-----

FECHA:-----

SONDEO DE MIXTO N° 2-----

N.A.F.-----

OPERADOR:-----

N°	ELEVACION.	V <sub>n</sub>	V	W <sub>h</sub> +V	W <sub>s</sub> +V	W <sub>w</sub>	W <sub>s</sub>	W.	CLASIFICACION
	m		Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	%	
1	0.00-0.45	131	108.63	150.50	142.75	7.75	34.12	22.71	ARENA FINA CAFE CLARO
2	0.45-0.90	75	99.35	161.00	150.20	10.80	50.85	21.23	ARENA FINA CAFE CLARO
3	0.90-1.80	37	20.15	60.28	54.18	6.10	34.03	17.92	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE POCO LIMOSA
4		29	20.91	63.40	56.68	6.72	35.77	18.78	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE LIMOSA
5	1.80-2.25	134	111.19	151.30	144.30	7.00	33.11	21.14	ARENA FINA CAFE CLARO
6	2.25-2.70	179	100.00	164.10	155.80	8.30	55.80	14.87	ARENA FINA CAFE CLARO LIMOSA
7	2.70-3.60	78	14.18	62.60	55.93	6.67	41.15	15.97	ARENA FINA LIMOSA CAFE AMARILLENTO
8		61	14.15	71.50	63.42	8.08	49.27	16.39	ARENA FINA LIMOSA CAFE CLARO
9	3.60-4.05	258	116.20	163.80	175.65	6.15	41.45	14.83	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE CLARO
10	4.05-4.50	249	113.80	172.00	165.90	6.10	52.10	11.70	ARENA POCO LIMOSA CAFE CLARO
11	4.50-5.40	90	13.60	92.80	40.68	52.12	27.08	196.42	ARCILLA ORGANICA CAFE OSCURA
12		69	14.82	66.40	30.75	35.65	15.93	223.80	ARCILLA ORGANICA CAFE OSCURA
13		79	14.39	68.50	32.20	36.30	17.81	203.81	ARCILLA ORGANICA CAFE OSCURA
14	5.40-5.85	254	114.58	192.80	140.30	52.50	25.72	203.88	ARCILLA ORGANICA CAFE OSCURA
15	5.85-6.30	222	114.70	184.60	150.22	34.38	35.52	96.8	ARCILLA ORGANICA CAFE OSCURA

FACULTAD DE INGENIERIA  
ING. CIVIL, GEOTECNIA

CLASIFICACION

OBRA:-----

FECHA:-----

SONDEO DE MIXTO N° 2-----

N.A.F.-----

OPERADOR:-----

Nº	ELEVACION.	V <sub>nº</sub>	V	W <sub>h</sub> +V	W <sub>s</sub> +V	W <sub>w</sub>	W <sub>s</sub>	W.	CLASIFICACION
	m		Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	%	
12	6.30-7.20	66	14.12	54.80	47.50	7.30	33.38	21.86	ARENA FINA CAFE CLARO POCO LIMOSA
12		59	14.85	51.80	46.08	5.72	31.23	18.31	ARENA FINA CAFE CLARO POCO LIMOSA
12		82	13.95	59.80	53.70	6.10	39.75	15.34	ARENA DE FINA A MEDIA CAFE CLARO
13	7.20-7.65	126	108.28	162.70	151.90	10.80	43.62	24.75	LIMO ARENO-ARCILLOSO CAFE AMARILLENTO
14	7.65-7.80	98.13	110.10	145.20	141.00	4.20	30.90	13.59	LIMO ARENO ARCILLOSO CAFE AMARILLENTO
15	8.10-9.00	65	14.12	52.60	46.00	6.60	31.88	20.70	ARENA FINA POCO LIMOSA CAFE AMARILLENIA
15		58	14.50	57.80	51.60	6.20	37.10	16.71	ARENA FINA POCO LIMOSA CAFE CLARO
15	8.10-9.00	68	14.82	62.40	53.50	8.90	38.68	23.00	ARENA FINA LIMOSA CAFE AMARILLENIA
16	9.00-9.30	106	103.65	159.50	150.3	9.20	46.85	19.64	LIMO ARENO-ARCILLOSO CAFE AMARILLENTO
17	9.45-9.60	156	96.65	141.40	134.52	6.88	37.87	18.16	LIMO ARENO-ARCILLOSO CAFE AMARILLENTO
18	9.40-10.80	77	14.22	61.70	52.20	9.50	37.98	25	ARENA FINA POCO LIMOSA CAFE CLARO
18		62	14.53	43.30	41.90	6.40	27.27	23.38	LIMO ARENOSO A CAFE CLARO
19	10.80-10.95	83	110.00	159.40	142.50	16.90	32.58	52	ARENA FINA LIMOSA CAFE AMARILLENIA
20	11.25-11.40	30	116.00	151.40	146.20	5.20	30.70	17.21	ARENA FINA LIMOSA CAFE AMARILLENIA
21	11.70-12.40	87	13.41	54.20	46.60	7.60	33.19	22.90	LIMO ARENOSO CAFE CLARO





**U. N. A. M.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
GEOTECNIA**

OBRA: \_\_\_\_\_

LOCALIZACION: \_\_\_\_\_

SONDEO N°: MIXTO -1 ENSAYE N°: \_\_\_\_\_

MUESTRA N°: 11 PROF: 5 85- 630

DESCRIPCION: ARCILLA CAFE POCO ARENCSA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**LIMITES DE PLASTICIDAD  
Y HUMEDAD NATURAL**

FECHA: \_\_\_\_\_ OPERADOR: \_\_\_\_\_ CALCULO: \_\_\_\_\_

**LIMITE LIQUIDO**

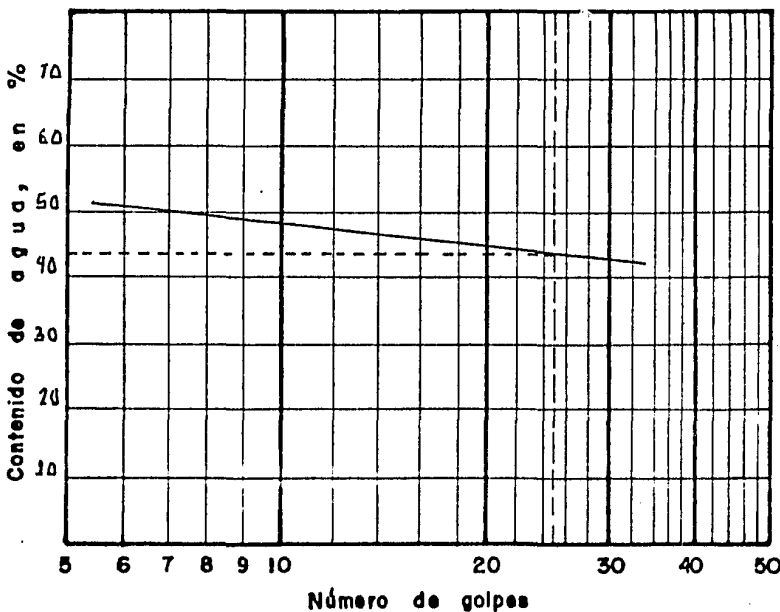
Prueba N°	Cápsula N°	Número de Golpes		Peso cápsula + suelo húmedo	Peso cápsula + suelo seco	Peso del agua	Peso de la cápsula	Peso del suelo seco	Contenido de agua (W) %
				gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
1	601			33 <sup>2</sup> / <sub>4</sub> 39.770	35.071	4.699	24.110	10.961	42.87
2	170			23 <sup>2</sup> / <sub>4</sub> 42.838	37.344	5.494	24.786	12.558	43.75
3	241			13 <sup>2</sup> / <sub>4</sub> 40.808	35.503	5.305	24.255	11.248	47.16
4	420			5/6 46.398	41.038	5.360	30.770	10.268	52.20

**LIMITE PLASTICO**

1	281	_____	32.322	31.154	1.168	23.720	7.434	15.71
2	118	_____	31.990	31.078	0.912	25.014	6.064	15.04

**HUMEDAD NATURAL**

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____



$W = 21.05 \%$

$LL = 44 \%$

$LP = 15.375 \%$

$I_p = 28.625 \%$

$C_r = \frac{LL - W}{I_p} = 0.80$

$F_v = \%$

$T_w = \frac{I_p}{F_w} =$

Clasf. SUCS: CL

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**GEOTECNIA**

OBRA: \_\_\_\_\_

LOCALIZACION: \_\_\_\_\_

SONDEO N°: MIXTO -1 ENSAYE N°: \_\_\_\_\_

MUESTRA N°: 22 PROF: 12.6 - 13.5

DESCRIPCION: ARCILLA ARENOSA GRIS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**LIMITES DE PLASTICIDAD**  
**Y HUMEDAD NATURAL**

FECHA: \_\_\_\_\_ OPERADOR: \_\_\_\_\_ CALCULO: \_\_\_\_\_

**LIMITE LIQUIDO**

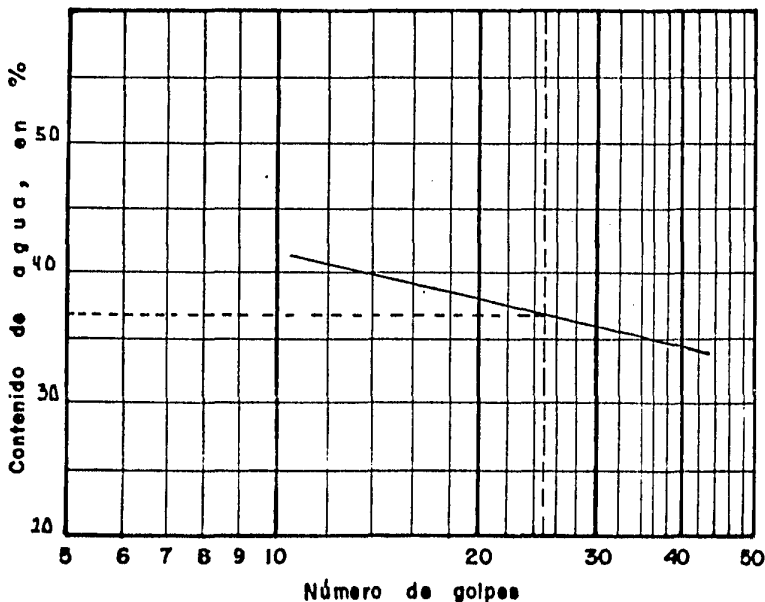
Prueba N°	Cápsula N°	Número de Golpes			Peso cápsula + suelo húmedo	Peso cápsula + suelo seco	Peso del agua	Peso de la cápsula	Peso del suelo seco	Contenido de agua (W)
		—	—	—	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%
1	286			42/43	37.465	33.988	3.477	23.846	10.142	34.28
2	253			24/25	42.361	37.407	4.954	24.136	13.271	37.33
3	199			16/17	42.800	37.723	5.077	24.676	13.041	38.91
4	254			10/11	44.802	38.600	6.202	23.616	14.984	41.39

**LIMITE PLASTICO**

1	159	_____	31.313	30.398	0.915	24.804	6.594	16.36
2	126	_____	30.172	29.454	0.718	24.974	4.980	16.03

**HUMEDAD NATURAL**

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____



$W = 19.06 \%$

$LL = 37.20 \%$

$LP = 16.195 \%$

$Ip = 21.005 \%$

$C_u = \frac{LL - W}{Ip} = 0.86$

$F_v = \%$

$T_w = \frac{Ip}{F_v} =$

Clasif. SUCS: CL

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

**U. N. A. M.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
GEOTECNIA**

OBRA: \_\_\_\_\_

LOCALIZACION: \_\_\_\_\_

SONDEO N°: MIXTO-1 ENSAYE N°: \_\_\_\_\_

MUESTRA N°: 27 PROF: 16.2 - 17.1

DESCRIPCION: ARCILLA ARENO-LIMOSA CAFE

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**LIMITES DE PLASTICIDAD  
Y HUMEDAD NATURAL**

FECHA: \_\_\_\_\_ OPERADOR: \_\_\_\_\_ CALCULO: \_\_\_\_\_

**LIMITE LIQUIDO**

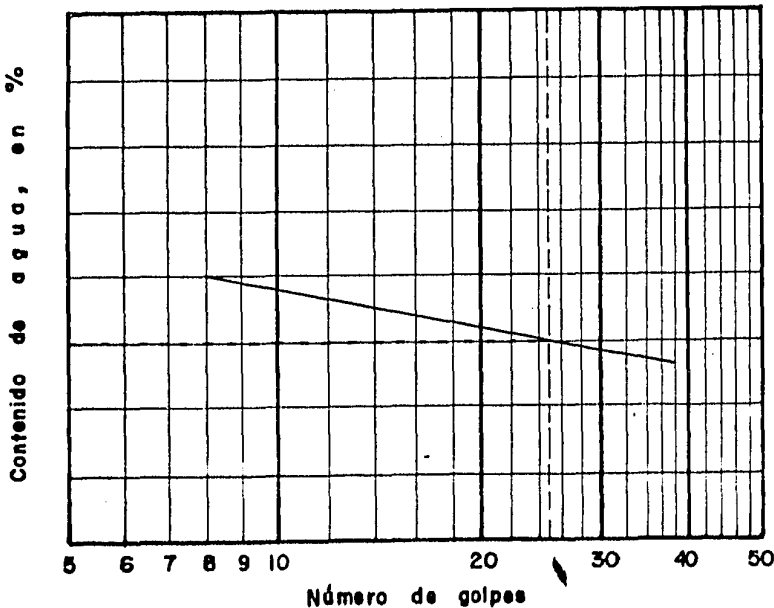
Prueba N°	Cápsula N°	Número de Golpes		Peso cápsula + suelo húmedo	Peso cápsula + suelo seco	Peso del agua	Peso de la cápsula	Peso del suelo seco	Contenido de agua (w)
				gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%
1	164		37/38	42.387	37.943	4.444	24.685	13.258	23.51
2	233		27/28	42.723	37.935	4.788	24.06	13.929	34.37
3	110		16/17	44.613	39.500	5.113	25.434	14.064	26.25
4	102		8	48.252	41.509	6.743	24.655	16.854	40.00

**LIMITE PLASTICO**

1	280	_____	30.685	29.652	1.033	23.995	5.657	18.26
2	103	_____	32.803	31.556	1.247	24.805	6.751	18.47

**HUMEDAD NATURAL**

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____



$W = \text{_____} \%$

$LL = \underline{35} \%$

$LP = \underline{18.365} \%$

$Ip = \underline{16.635} \%$

$C_r = \frac{LL - W}{Ip} = \underline{1.272}$

$F_v = \text{_____} \%$

$T_w = \frac{Ip}{F_v} = \text{_____}$

Clasif. SUCS: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_



**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**GEOTECNIA**

OBRA: \_\_\_\_\_

LOCALIZACION: \_\_\_\_\_

SONDEO N°: MIXTO -2 ENSAYE N°: \_\_\_\_\_

MUESTRA N°: 13 PROF: 7.2 - 7.85

DESCRIPCION: ARCILLA ARENCSA CAFE AMARILLENTO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**LIMITES DE PLASTICIDAD**  
**Y HUMEDAD NATURAL**

FECHA: \_\_\_\_\_ OPERADOR: \_\_\_\_\_ CALCULO: \_\_\_\_\_

**LIMITE LIQUIDO**

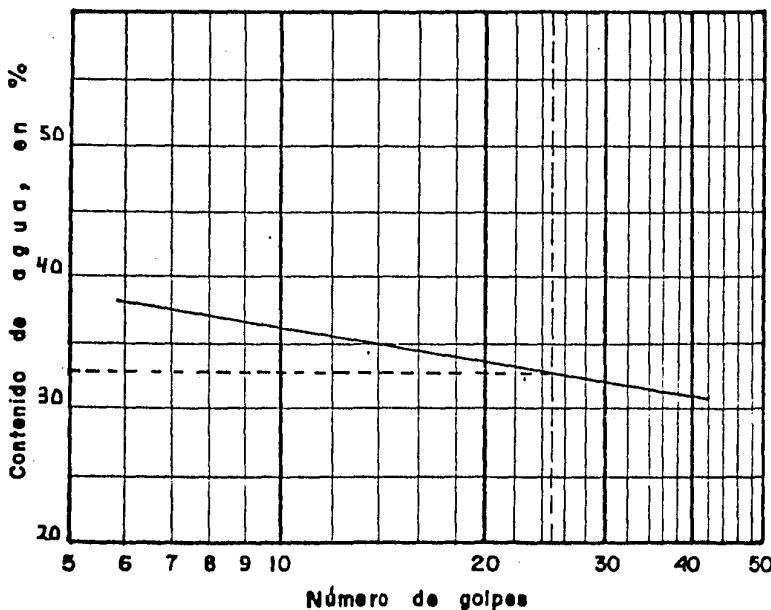
Prueba N°	Cápsula N°	Número de Golpes		Peso cápsula + suelo húmedo	Peso cápsula + suelo seco	Peso del agua	Peso de la cápsula	Peso del suelo seco	Contenido de agua (w)
				gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%
1	156		42	57.730	49.915	7.765	24.640	25.33	30.66
2	729		22/23	54.910	47.693	7.217	25.596	22.097	32.66
3	110-A		13/14	56.252	48.187	8.065	24.639	23.548	34.25
4	285		5/6	56.393	47.35	9.041	23.630	23.722	38.11

**LIMITE PLASTICO**

1	721	_____	38.210	36.251	1.959	25.670	10.58	18.51
2	159	_____	36.845	34.983	1.867	24.804	10.18	18.29

**HUMEDAD NATURAL**

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____



$w = \underline{24.7} \%$

$LL = \underline{32.90} \%$

$LP = \underline{18.40} \%$

$Ip = \underline{14.50} \%$

$C_r = \frac{LL - w}{Ip} = \underline{0.56}$

$F_v = \underline{\hspace{2cm}} \%$

$T_w = \frac{Ip}{F_v} = \underline{\hspace{2cm}}$

Clasif. SUCS: C-L

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

**J. W. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**GEOTECNIA**

OBRA: \_\_\_\_\_

LOCALIZACION: \_\_\_\_\_

SONDEO N°: MIXTO -2 ENSAYE N°: \_\_\_\_\_

MUESTRA N°: 16 PROF: 9.00 - 9.30

DESCRIPCION: ARCILLA ARENOSA CAFE CLARO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**LIMITES DE PLASTICIDAD**  
**Y HUMEDAD NATURAL**

FECHA: \_\_\_\_\_ OPERADOR: \_\_\_\_\_ CALCULO: \_\_\_\_\_

**LIMITE LIQUIDO**

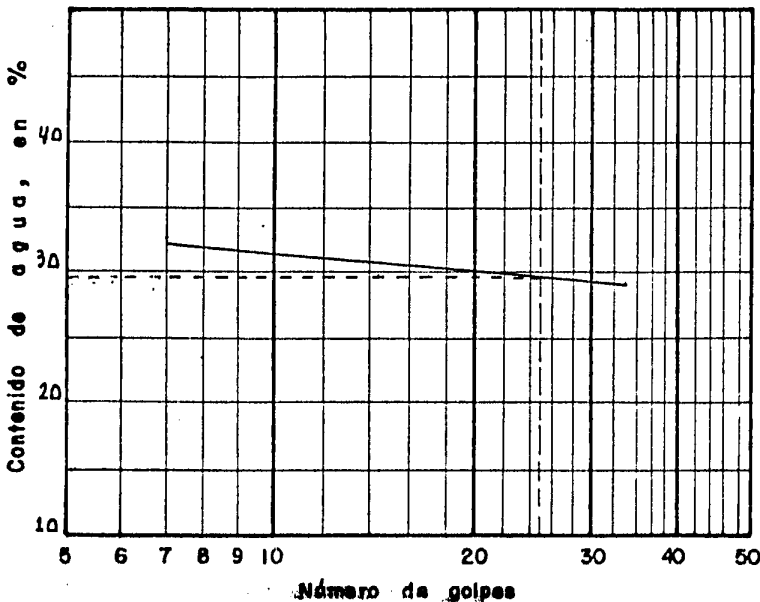
Prueba N°	Cápsula N°	Número de Golpes		Poso cápsula + suelo húmedo	Poso cápsula + suelo seco	Poso del agua	Poso de la cápsula	Poso del suelo seco	Contenido de agua (W)
		—	—	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%
1	159	34	45	44.078	39.730	4.348	24.804	14.926	29.13
2	127	25	26	44.133	39.864	4.269	25.306	14.558	29.32
3	102	15	16	45.213	40.486	4.727	24.655	15.831	29.86
4	126	7	7	50.400	44.159	6.241	24.914	19.185	32.53

**LIMITE PLASTICO**

1	100	_____	32.422	31.318	1.104	24.500	6.818	16.19
2	176	_____	32.597	31.442	1.155	24.236	7.206	16.03

**HUMEDAD NATURAL**

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____



$W = 19.72 \%$

$LL = 29.70 \%$

$LP = 16.11 \%$

$I_p = 13.59 \%$

$C_u = \frac{LL - W}{I_p} = 0.734$

$F_v = \%$

$T_w = \frac{I_p}{F_v} = \%$

Clasif. SUCS: CL

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**GEOTECNIA**

OBRA : \_\_\_\_\_

LOCALIZACION : \_\_\_\_\_

SONDEO N° : MIXTO - 2 ENSAYE N° : \_\_\_\_\_

MUESTRA N° : 28 PROF : 16.2 - 16.65

DESCRIPCION : ARCILLA LIMO-ARENOSA CAPE

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**LIMITES DE PLASTICIDAD**  
**Y HUMEDAD NATURAL**

FECHA : \_\_\_\_\_ OPERADOR : \_\_\_\_\_ CALCULO : \_\_\_\_\_

**LIMITE LIQUIDO**

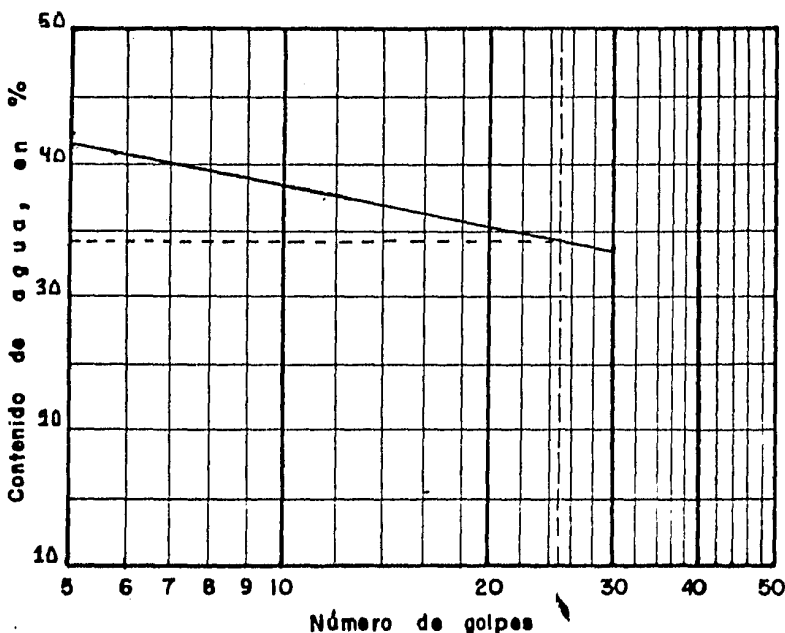
Prueba N°	Cápsula N°	Número de Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo gr.	Peso cápsula + suelo seco gr.	Peso del agua gr.	Peso de la cápsula gr.	Peso del suelo seco gr.	Contenido de agua (w) %
1	212	30	39.686	37.537	2.149	31.110	6.427	33.44
2	227	21/22	45.433	41.797	3.636	31.159	10.628	34.18
3	191	11/12	40.744	36.464	4.280	24.970	11.494	31.24
4	127	5	42.536	37.420	5.116	25.306	12.114	42.23

**LIMITE PLASTICO**

1	267	_____	31.974	30.822	1.152	24.380	6.442	17.88
2	143	_____	33.173	31.890	1.283	24.784	7.106	18.06

**HUMEDAD NATURAL**

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____



$W = 31.68 \%$

$LL = 34 \%$

$LP = 17.97 \%$

$Ip = 16.03 \%$

$C_r = \frac{LL - W}{Ip} = 0.144$

$F_v = \%$

$T_w = \frac{Ip}{F_v} =$

Clasif. SUCS : CL

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**U. N. A. M.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
GEOTECNIA**

OBRA : \_\_\_\_\_

LOCALIZACION : \_\_\_\_\_

SONDEO N° : MIXTO - 2 ENSAYE N° : \_\_\_\_\_

MUESTRA N° : 31 PROF : 18.00 - 18.45

DESCRIPCION : ARCILLA ARENOSA CAFE

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**LIMITES DE PLASTICIDAD  
Y HUMEDAD NATURAL**

FECHA : \_\_\_\_\_ OPERADOR : \_\_\_\_\_ CALCULO : \_\_\_\_\_

**LIMITE LIQUIDO**

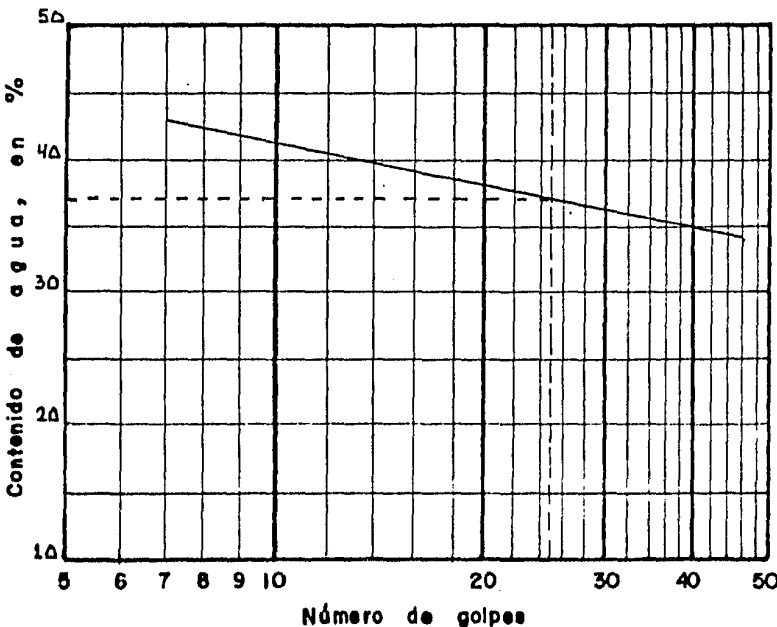
Prueba N°	Cápsula N°	Número de Golpes		Peso cápsula + suelo húmedo	Peso cápsula + suelo seco	Peso del agua	Peso de la cápsula	Peso del suelo seco	Contenido de agua (w)
		—	—	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%
1	113		46	50.530	44.018	6.512	24.715	19.303	33.73
2	263		26 <sup>7</sup>	45.630	39.891	5.739	23.846	16.045	35.77
3	254		14 <sup>7</sup>	45.385	39.373	6.012	23.616	15.757	38.15
4	266		6	51.270	43.018	8.252	24.133	18.885	43.69

**LIMITE PLASTICO**

1	216	_____	44.488	42.258	2.230	31.134	11.124	20.05
2	201	_____	42.952	40.921	2.031	30.732	10.189	19.93
		_____						

**HUMEDAD NATURAL**

		_____						
		_____						
		_____						



$W = 34.04 \%$

$LL = 37 \%$

$LP = 19.99 \%$

$I_p = 17.01 \%$

$C_r = \frac{LL - W}{I_p} = 0.174$

$F_v = \%$

$T_w = \frac{I_p}{F_w} =$

Clasif. SUCS : CL

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**U. N. A. M.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
GEOTECNIA**

OBRA : \_\_\_\_\_

LOCALIZACION : \_\_\_\_\_

SONDEO N° : MIXTO - 2 ENSAYE N° : \_\_\_\_\_ LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

MUESTRA N° : 34 PROF : 19.80 - 20.25

DESCRIPCION : ARCILLA ARENOSA CAFE

**LIMITES DE PLASTICIDAD  
Y HUMEDAD NATURAL**

FECHA : \_\_\_\_\_ OPERADOR : \_\_\_\_\_ CALCULO : \_\_\_\_\_

**LIMITE LIQUIDO**

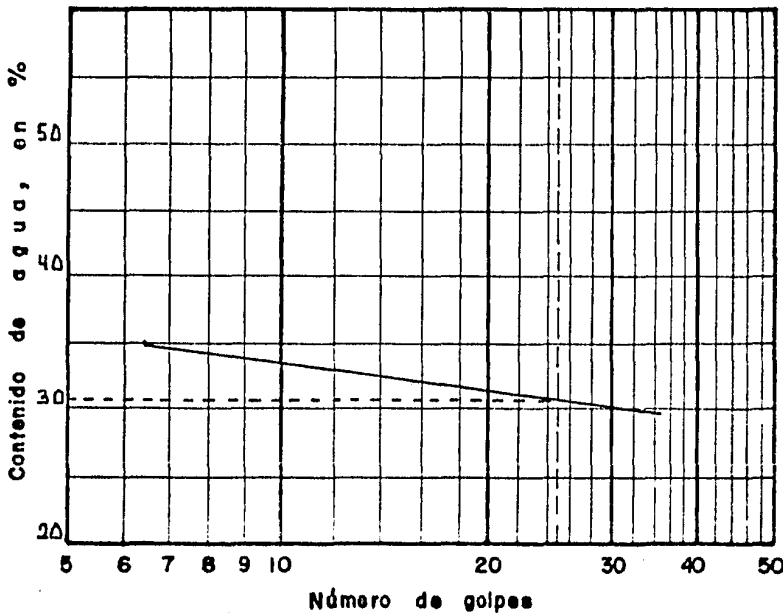
Prueba N°	Cápsula N°	Número de Golpes		Peso cápsula + suelo húmedo	Peso cápsula + suelo seco	Peso del agua	Peso de la cápsula	Peso del suelo seco	Contenido de agua (W)
				gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%
1	199	34	35	41.120	37.346	3.774	24.676	12.671	29.76
2	176	24	25	40.313	36.554	3.759	24.236	12.318	30.52
3	722	15	16	43.558	39.144	4.414	25.260	13.884	31.79
4	160	6	7	43.735	38.746	4.989	24.495	14.251	35.00

**LIMITE PLASTICO**

1	602	_____	31.030	30.074	0.956	24.090	5.984	15.98
2	711	_____	32.710	31.736	0.974	25.462	6.274	15.52

**HUMEDAD NATURAL**

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____



$W = 78.1 \%$

$LL = 30.50 \%$

$LP = 15.75 \%$

$Ip = 14.75 \%$

$C_r = \frac{LL - W}{Ip} = -2.22$

$F_v = \%$

$T_w = \frac{Ip}{F_w} =$

Clasif. SUCS : CL

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

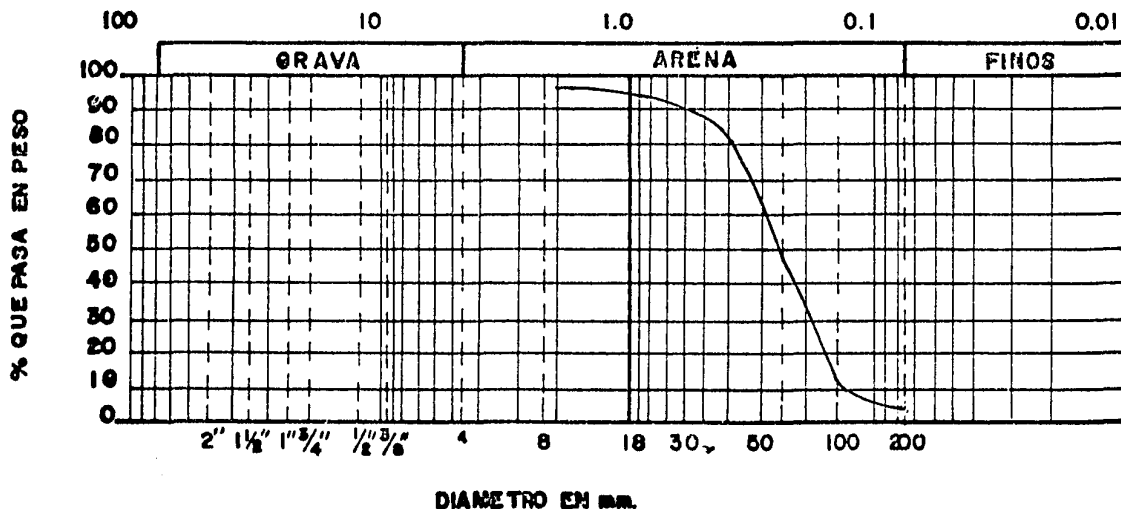
**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**GEOTECNIA**

**GRANULOMETRIA POR MALLAS**

<b>OBRA</b> _____ <b>LOCALIZACION</b> _____ <b>ENSAYE No.</b> _____ <b>CONDEO No.</b> MIXTO - 1 <b>MUESTRAS No.</b> 3 <b>FACT.</b> 0.90 - 1.80 <b>DESCRIPCION</b> ARENA FINA CAPE CLARO Y <b>FECHA</b> FRAGMENTOS DE CONCHAS <b>OPERADOR</b> _____ <b>CALCULO</b> (3) (4) (5)	<b>PESO DE LA MUESTRA</b> _____ <b>RECIPIENTE No.</b> Para obtener el contenido de agua <b>PESO RECIPI ± SUELO HUMEDO (gr.)</b> _____ <b>PESO RECIPI ± SUELO SECO (gr.)</b> _____ <b>PESO AGUA (gr.)</b> _____ <b>PESO RECIPIENTE (gr.)</b> _____ <b>PESO MUESTRA SECA (gr.)</b> 200.00 <b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> (4) (5)
--	--

Malla No.	Abertura.	Peso suelo retenido	Por ciento reten. parcial	Por ciento que pasa	Malla No.	Abertura	Peso o suelo retenido	Por ciento reten. parcial	Por ciento que pasa
	mm.	gr.	%	%		mm.	gr.	%	%
2"	50.80				10	2.00	0.80	0.40	99.60
1 1/2"	36.10				20	0.84	0.50	0.25	99.35
1"	25.40				40	0.42	25.15	12.58	86.71
3/4"	19.05				60	0.25	78.45	39.22	47.55
1/2"	12.70				100	0.149	73.00	36.50	11.05
3/8"	9.52				200	0.074	12.41	6.20	4.85
No. 4	4.75				PASA 200		9.69	4.85	0
Pasa No. 4					SUMA		200.00	100.00	
SUMA									

**CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO**



$D_{10} = 0.14$   
 $D_{30} = 0.22$   
 $D_{60} = 0.28$

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.28}{0.14} = 2 > 3 = \text{---} \%$   
 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0484}{0.028} = 1.73 < 4 = \text{---} \%$   
 $e = \text{---} \%$   
 $S = 95.15 \%$   
 $F = 4.85 \%$

**CLASIFICACION SUCC.** SP

**OBSERVACIONES** \_\_\_\_\_

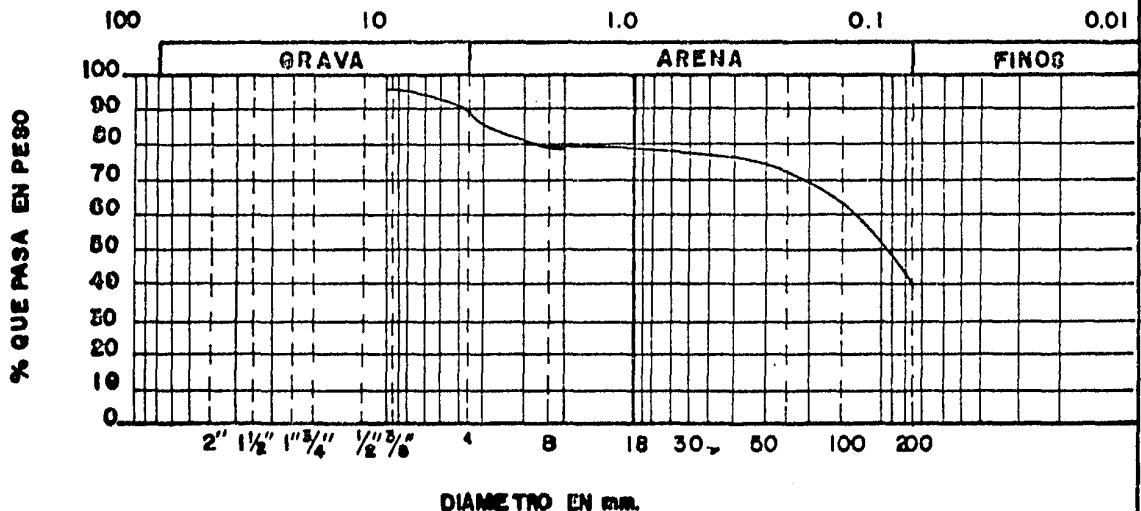
**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**GEOTECNIA**

**GRANULOMETRIA POR MALLAS**

CERA _____ LOCALIZACION _____ ENSAYE No. _____ SONDEO No. <u>MIXTO - 1</u> MUESTRAS No. <u>10</u> PROF. <u>5.40 - 5.80</u> DESCRIPCION <u>ARENA FINA CON GRAVAS Y</u> <u>FRAGMENTOS DE CONCHA</u> FECHA _____ OPERADOR _____ CALCULO _____ (3) _____ (4) _____ (5) _____	PESO DE LA MUESTRA _____ RECIPIENTE No. <u>Para obtener el contenido de agua</u> PESO RECIPI ± SUELO HUMEDO (gr.) _____ PESO RECIPI ± SUELO SECO (gr.) _____ PESO AGUA (gr.) _____ PESO RECIPIENTE (gr.) _____ PESO MUESTRA SECA (gr.) <u>200.00</u> CONTENIDO DE HUMEDAD (%) (3) _____ (4) _____ (5) _____
--	--

Malla No.	Abertura mm.	Peso suelo retenido gr.	Por ciento reten. parcial %	Por ciento que pasa %	Malla No.	Abertura mm.	Peso suelo retenido gr.	Por ciento reten. parcial %	Por ciento que pasa %
2"	50.80				10	2.00	21.70	10.85	78.91
1 1/2"	36.10				20	0.84	1.12	0.56	78.35
1"	25.40				40	0.42	1.50	0.75	77.60
3/4"	19.05				60	0.25	9.75	4.875	72.725
1/2"	12.70	6.77	3.385	96.615	100	0.149	17.75	8.875	63.85
3/8"	9.52	3.93	1.965	94.650	200	0.074	48.80	24.40	39.45
No. 4	4.75	9.78	4.89	89.760	PASA 200		78.90	39.45	—
Peso No. 4					SUMA		200.00	100.00	
SUMA									

**CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO**



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} > 3" = \frac{2.00}{0.074} = \underline{26.88} \%$
$D_{30} = \underline{\hspace{2cm}}$	$e = \frac{10.24}{100} = \underline{10.24} \%$
$D_{60} = \underline{0.139}$	$s = \frac{50.31}{100} = \underline{50.31} \%$
	$f = \frac{39.45}{100} = \underline{39.45} \%$

CLASIFICACION SUCC. SP

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

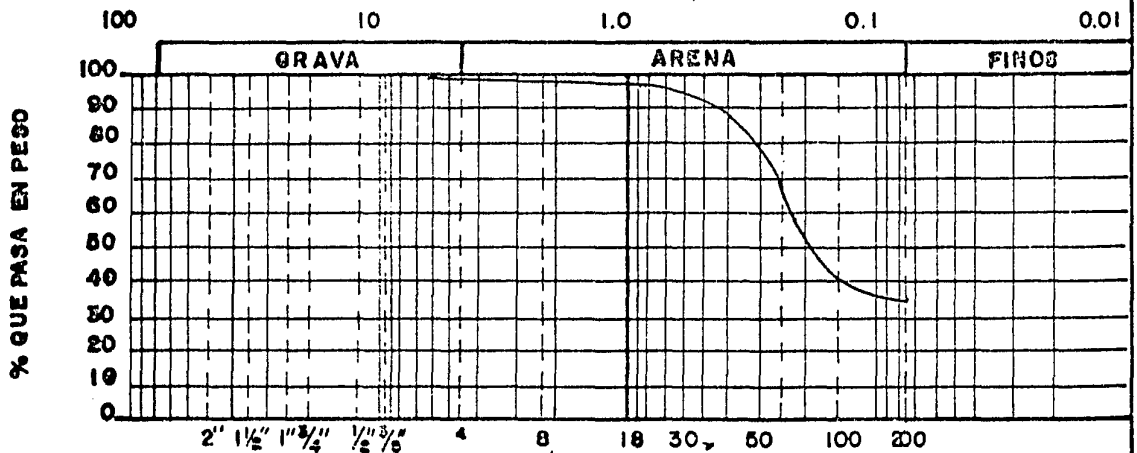
**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**GEOTECNIA**

**GRANULOMETRIA POR MALLAS**

OSRA _____					PESO DE LA MUESTRA _____				
LOCALIZACION _____					RECIPIENTE No. Para obtener el contenido de agua _____				
ENSAYE No. _____ SONDEO No. MIXTO - 1					PESO RECIP ± SUELO HUMEDO (gr.) _____				
MUESTRAS No. 18 PROY. 9.90 - 10.80					PESO RECIP ± SUELO SECO (gr.) _____				
DESCRIPCION ARENA FINA GRIS CLARO CON					PESO AGUA (gr.) _____				
FECHA FRAGMENTOS DE MADERA					PESO RECIPIENTE (gr.) _____				
OPERADOR _____					PESO MUESTRA SECA (gr.) 175.00				
CALCULO (3) (4) (5)					CONTENIDO DE HUMEDAD (%) (1) (5)				

Malla No.	Abertura mm.	Peso suelo retenido gr.	Por ciento reten. parcial %	Por ciento que pasa %	Malla No.	Abertura mm.	Peso suelo retenido gr.	Por ciento reten. parcial %	Por ciento que pasa %
2"	50.80				10	2.00	1.35	0.77	97.10
1 1/2"	38.10				20	0.84	0.80	0.46	96.64
1"	25.40				40	0.42	11.75	6.71	89.93
3/4"	19.05				60	0.25	38.75	22.14	67.78
1/2"	12.70				100	0.149	48.45	27.69	40.10
3/8"	9.52				200	0.074	16.65	9.51	30.58
No. 4	4.75	3.73	2.13	97.87	PASA 200		53.52	30.58	—
Pasa No. 4					SUMA		175.00	100.00	
SUMA									

**CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO**



DIAMETRO EN mm.

$D_{10} =$ _____	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____	$> 3'' =$ _____ %
$D_{30} =$ _____	$C_c = \frac{(D_{50})^2}{D_{10} \times D_{60}} =$ _____	$G =$ 2.13 %
$D_{60} =$ 0.240		$S =$ 67.78 %
		$F =$ 30.58 %

CLASIFICACION SUCA Arena mal graduada contaminada

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

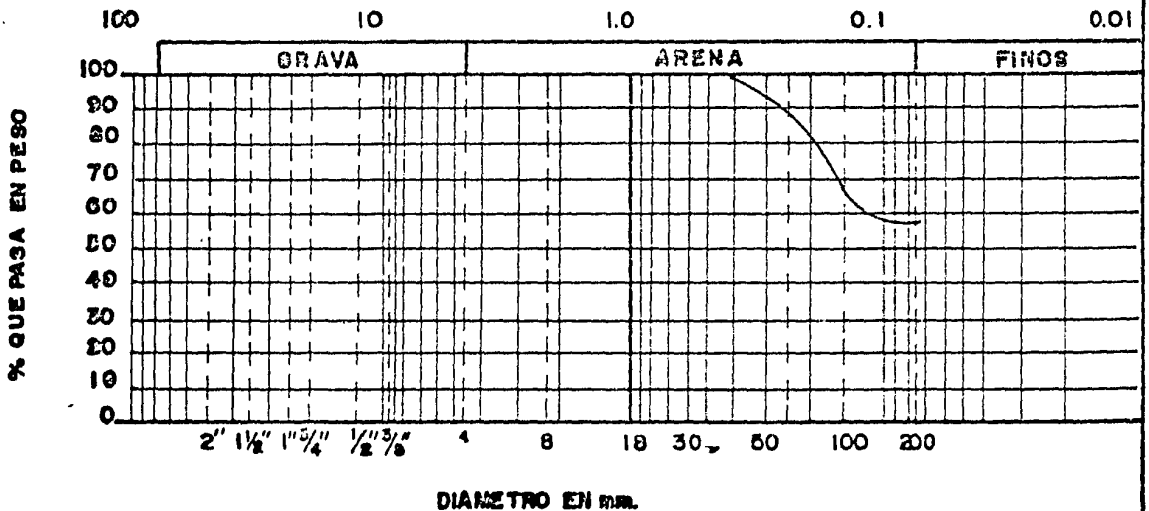


**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**GEOTECNIA**

**GRANULOMETRIA POR MALLAS**

<b>OSRA</b> _____ <b>LOCALIZACION</b> _____ <b>ENSAYE No.</b> _____ <b>SONDEO No.</b> MIXTO -1 <b>MUESTRA No.</b> 26 <b>PROF.</b> 15.30 - 16.20 <b>DESCRIPCION</b> ARENA FINA ARCILLOSA <b>FECHA</b> _____ <b>OPERADOR</b> _____ <b>CALCULO</b> (3) (4) (5)					<b>PESO DE LA MUESTRA</b> _____ <b>RECIPIENTE No.</b> Para obtener el contenido de agua <b>PESO RECIP ± SUELO HUMEDO (gr.)</b> _____ <b>PESO RECIP ± SUELO SECO (gr.)</b> _____ <b>PESO AGUA (gr.)</b> _____ <b>PESO RECIPENTE (gr.)</b> _____ <b>PESO MUESTRA SECA (gr.)</b> 200.00 <b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> (3) (4) (5)				
Malla No.	Abertura	Peso suelo retenido	Por ciento reten. total	Por ciento que pasa	Malla No.	Abertura	Peso suelo retenido	Por ciento reten. total	Por ciento que pasa
	mm.	gr.	%	%		mm.	gr.	%	%
2"	50.80				10	2.00			
1 1/2"	36.10				20	0.84			
1"	25.40				40	0.42	1.92	0.96	99.04
3/4"	19.05				60	0.25	22.63	11.31	87.73
1/2"	12.70				100	0.149	44.00	22.00	65.73
3/8"	9.52				200	0.074	16.30	8.15	57.58
No. 4	4.75				PASA 200		115.15	57.58	-
Pasa No. 4					SUMA		200.00	100.00	
SUMA									

**CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO**



$D_{10} =$ _____	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____	$> 3" =$ _____ %
$D_{30} =$ _____		$e =$ _____ %
$D_{60} =$ <u>D. 11</u>	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} =$ _____	$S =$ <u>42.42</u> %
		$F =$ <u>57.58</u> %

**CLASIFICACION SUCA** Suelo fino

**OBSERVACIONES** \_\_\_\_\_

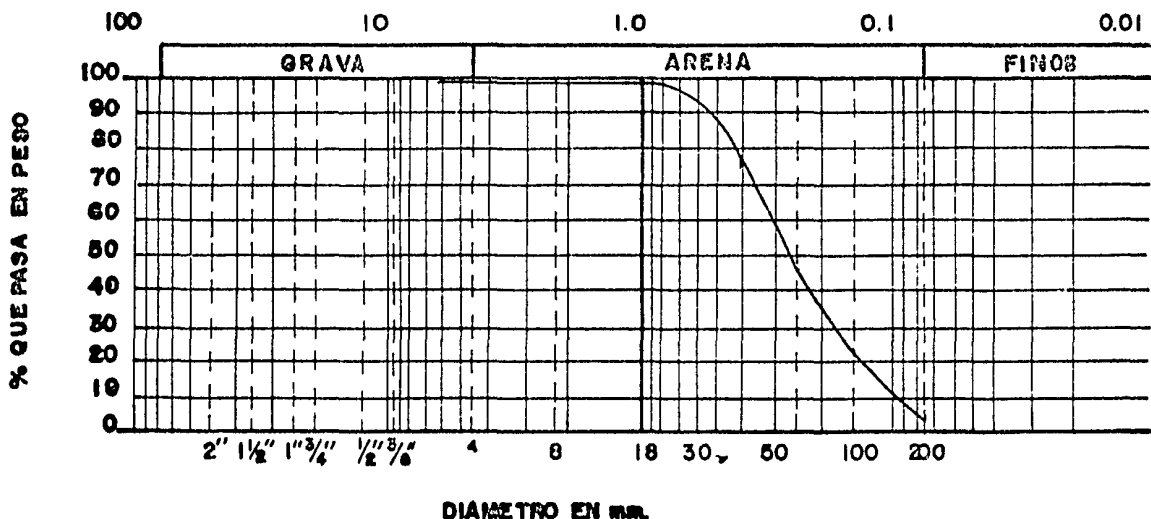
**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**GEOTECNIA**

**GRANULOMETRIA POR MALLAS**

OCRA _____ LOCALIZACION _____ ENSAYE No. _____ MUESTRA No. <u>32</u> <b>CON DEO (S. MIXTO - 1)</b> DESCRIPCION <u>ARENA FINA GRIS CLARO</u> FECHA _____ OPERADOR _____ CALCULO _____ (3) _____ (4) _____ (5)	PESO DE LA MUESTRA _____ RECIPIENTE No. Para obtener el contenido de agua _____ PESO RECIPI ± SUELO HUMEDO (gr.) _____ PESO RECIPI ± SUELO SECO (gr.) _____ PESO AGUA (gr.) _____ PESO RECIPIENTE (gr.) _____ PESO MUESTRA SECA (gr.) <u>170.00</u> CONTENIDO DE HUMEDAD (3) (%) <u>(4)</u> <u>(5)</u>
---	---

Malla No.	Abertura	Peso suelo retenido	Por ciento reten. parcial	Por ciento que pasa	Malla No.	Abertura	Peso suelo retenido	Por ciento reten. parcial	Por ciento que pasa
	mm.	gr.	%	%		mm.	gr.	%	%
2"	50.80				10	2.00	0.15	0.088	99.272
1 1/2"	38.10				20	0.84	0.20	0.1176	99.15
1"	25.40				40	0.42	34.70	20.411	78.74
3/4"	19.05				60	0.25	55.30	32.530	46.21
1/2"	12.70				100	0.149	39.40	23.170	23.04
3/8"	9.52				200	0.074	7.05	4.147	18.88
No. 4	4.75	1.10	0.64	99.36	PASA 200		32.10	18.88	
Peso No. 4					SUMA		170.00		
SUMA									

**CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO**



D <sub>10</sub> = _____	$C_w = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{\quad}{\quad} = \quad$	> 3" = _____ %
D <sub>30</sub> = _____		e = <u>0.64</u> %
D <sub>60</sub> = _____	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{\quad}{\quad} = \quad$	s = <u>80.47</u> %
		f = <u>18.88</u> %

CLASIFICACION SUELO SP

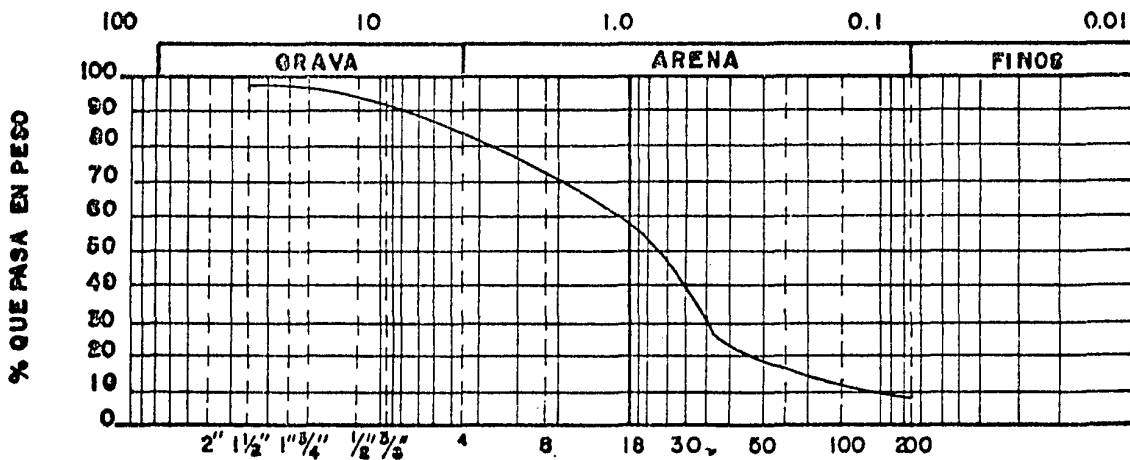
OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**GEOTECNIA**

**GRANULOMETRIA POR MALLAS**

OSRA _____					PESO DE LA MUESTRA _____				
LOCALIZACION _____					RECIPIENTE No. Para obtener el contenido de agua _____				
ENSAYE No. _____ SONDEO No. MIXTO - 2					PESO RECIP ± SUELO HUMEDO (gr.) _____				
MUESTRA No. 3 PROC. 0.90 - 1.80					PESO RECIP ± SUELO SECO (gr.) _____				
DESCRIPCION ARENA FINA A MEDIAS CON					PESO AGUA (gr.) _____				
FECHA GRAVA COLOR CAFE					PESO RECIPIENTE (gr.) _____				
OPERADOR _____					PESO MUESTRA SECA (gr.) 200.00				
CALCULO (3) (4) (5)					CONTENIDO DE HUMEDAD (%) (1) (5)				
Malla No.	Abertura	Peso suelo retenido	Por ciento reten. parcial	Por ciento que pasa	Malla No.	Abertura	Peso suelo retenido	Por ciento reten. parcial	Por ciento que pasa
	mm.	gr.	%	%		mm.	gr.	%	%
2"	50.80				10	2.00	26.60	13.30	70.37
1 1/2"	36.10				20	0.84	39.70	19.85	50.52
1"	25.40				40	0.42	51.25	25.63	24.90
3/4"	19.05				60	0.25	14.00	7.00	17.90
1/2"	12.70	5.22	2.61	97.39	100	0.149	9.40	4.70	13.20
3/8"	9.52	12.13	6.07	91.33	200	0.074	7.60	3.80	9.40
No. 4	4.75	15.31	7.655	83.67	PASA 200		18.79	9.40	-
Peso No. 4					SUMA		200.00	100.00	
SUMA									

**CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO**



**DIAMETRO EN mm.**

$D_{10} = 0.090$	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.2}{0.09} = 13.33 > 3 =$	$G = 16.33 \%$
$D_{30} = 0.460$	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(0.46)^2}{0.09 \times 1.2} = 1.96$	$S = 74.27 \%$
$D_{60} = 1.20$		$F = 9.40 \%$

CLASIFICACION SUCS SW - SL

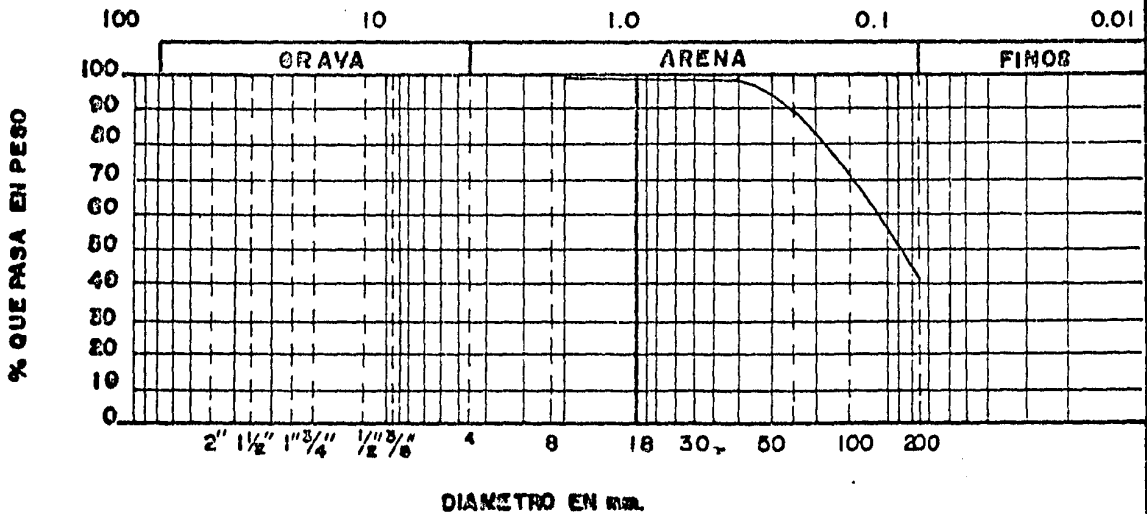
OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**G E O T E C N I A**

**GRANULOMETRIA POR MALLAS**

CERA _____ LOCALIZACION _____ ENSAYE No. _____ SONDEO No. MIXTO - 2 MUESTRA No. 12 PISC. 6.30 - 7.20 DESCRIPCION ARENA FINA POCO ARCILLOSA FECHA _____ OPERADOR _____ CALCULO (3) (4) (5)					PESO DE LA MUESTRA _____ RECIPIENTE No. Para obtener el contenido de agua _____ PESO RECIPIENT ± SUELO HUMEDO (gr.) _____ PESO RECIPIENT ± SUELO SECO (gr.) _____ PESO AGUA (gr.) _____ PESO RECIPIENTE (gr.) _____ PESO MUESTRA SECA (gr.) 200.00 CONTENIDO DE HUMEDAD (%) (4) (5)				
Malla No.	Abertura.	Peso suelo retenido	Por ciento reten. parcial	Por ciento que pasa	Malla No.	Abertura	Peso suelo retenido	Por ciento reten. parcial	Por ciento que pasa
	mm.	gr.	%	%		mm.	gr.	%	%
2"	50.80				10	2.00	0.80	0.40	99.60
1 1/2"	36.10				20	0.84	0.20	0.10	99.50
1"	25.40				40	0.42	1.36	0.68	98.82
3/4"	19.05				60	0.25	21.20	10.60	88.22
1/2"	12.70				100	0.149	30.65	15.33	72.90
3/8"	9.52				200	0.074	64.18	32.09	40.81
No. 4	4.75				PASA 200		81.61	40.81	-
Pasa No. 4					SUMA		200.00	100.00	
SUMA									

**CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{30} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{60} =$  0.1

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_  $> 3" =$  \_\_\_\_\_ %  
 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} =$  \_\_\_\_\_  $e =$  \_\_\_\_\_ %  
 $S =$  59.19 %  
 $F =$  40.81 %

CLASIFICACION SUCC. SP

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

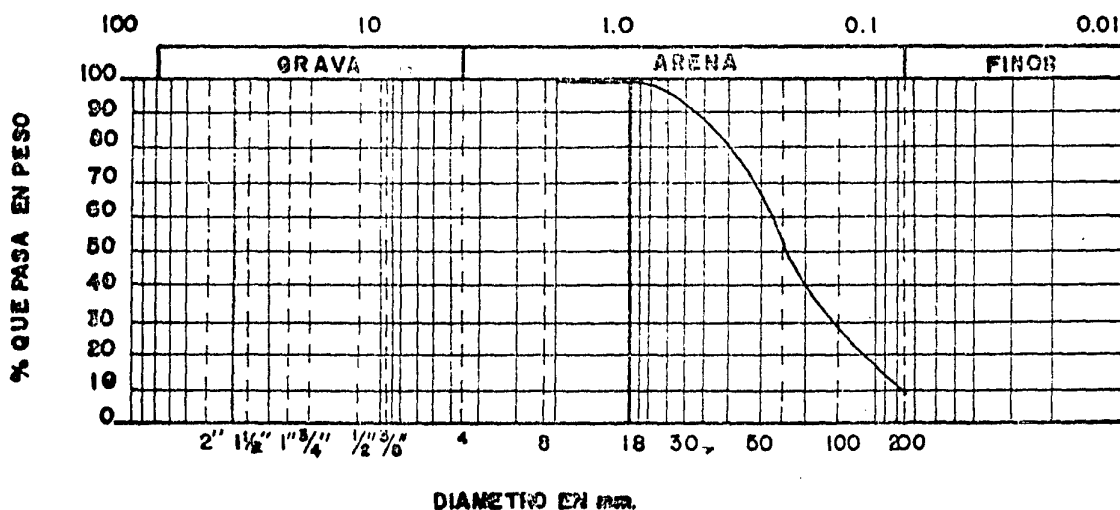
**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**GEOTECNIA**

**GRANULOMETRIA POR MALLAS**

<b>OBRA</b> _____					<b>TIPO DE LA MUESTRA</b> _____				
<b>LOCALIZACION</b> _____					<b>RECIPIENTE No.</b> Para obtener el contenido de agua _____				
<b>ENSAYE No.</b> _____		<b>CONDICION</b> No. MIXTO - 2			<b>PESO RECIPI ± SUELO HUMEDO (gr.)</b> _____				
<b>MUESTRA No.</b> 18		<b>FECHA</b> 9.90 - 10.80			<b>PESO RECIPI ± SUELO SECO (gr.)</b> _____				
<b>DESCRIPCION</b> ARENA FINA GRIS CLARO					<b>PESO AGUA (gr.)</b> _____				
<b>FECHA</b> _____					<b>PESO RECIPI (gr.)</b> _____				
<b>OPERADOR</b> _____					<b>PESO MUESTRA SECA (gr.)</b> 200.00				
<b>CALCULO</b> (3) (4) (5)					<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> (1) (5)				

Malla No.	Abertura mm.	Peso que se retenido gr.	Por ciento reten. porcent %	Por ciento que pasa %	Malla No.	Abertura mm.	Peso que se retenido gr.	Por ciento reten. porcent %	Por ciento que pasa %
2"	50.80				10	2.00	1.20	0.60	99.40
1 1/2"	38.10				20	0.84	1.10	0.55	98.85
1"	25.40				40	0.42	32.68	16.34	87.51
3/4"	19.05				60	0.25	58.80	29.40	53.11
1/2"	12.70				100	0.149	48.30	24.15	28.96
3/8"	9.52				200	0.074	39.05	19.53	9.44
No. 4	4.75				PASA 200		18.87	9.44	-
Pasa No. 4					SUMA		200.00	100.00	
SUMA									

**CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO**



$D_{10} = 0.074$   
 $D_{30} = 0.149$   
 $D_{60} = 0.280$

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.280}{0.074} = 3.78$   
 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(0.149)^2}{0.074 \times 0.280} = 1.07$

$> 3" = \text{---} \%$   
 $G = \text{---} \%$   
 $S = 90.56 \%$   
 $F = 9.44 \%$

**CLASIFICACION SUCS.** SP (caso frontera)

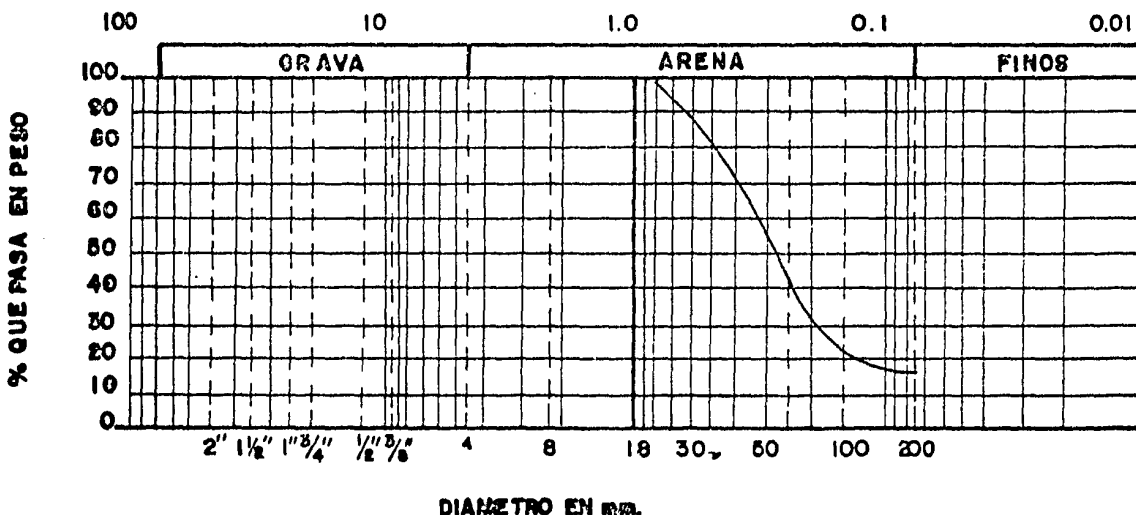
**OBSERVACIONES** No hay datos para clasificar finos.

**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**GEOTECNIA**

**GRANULOMETRIA POR MALLAS**

<b>OBRA</b> _____ <b>LOCALIZACION</b> _____ <b>ENLAYE No.</b> _____ <b>SONDEO No.</b> <u>MIXTO - 2</u> <b>MUESTRAS No.</b> <u>27</u> <b>PROF.</b> <u>15.30 - 16.20</u> <b>DESCRIPCION</b> <u>ARENA ARCILLOSA CAPE</u> <b>FECHA</b> _____ <b>OPERADOR</b> _____ <b>CALCULO</b> _____ (3) _____ (4) _____ (5)					<b>PESO DE LA MUESTRA</b> _____ <b>RECIPIENTE No.</b> <u>Para obtener el contenido de agua</u> <b>PESO RECIPI ± SUELO HUMEDO (gr.)</b> _____ <b>PESO RECIPI ± SUELO SECO (gr.)</b> _____ <b>PESO AGUA (gr.)</b> _____ <b>PESO RECIPIENTE (gr.)</b> _____ <b>PESO MUESTRA SECA (gr.)</b> <u>200.00</u> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> _____ (A) _____ (B)				
Malla No.	Abertura mm.	Peso suelo retenido gr.	Por ciento reten. parcial %	Por ciento que pasa %	Malla No.	Abertura mm.	Peso suelo retenido gr.	Por ciento reten. parcial %	Por ciento que pasa %
2"	50.80				10	2.00			
1 1/2"	36.10				20	0.84	0.47	0.24	99.77
1"	25.40				40	0.42	49.78	24.89	74.88
3/4"	19.05				60	0.25	63.48	31.74	43.14
1/2"	12.70				100	0.149	40.50	20.25	22.89
3/8"	9.52				200	0.074	10.40	5.20	17.69
No. 4	4.75				PASA 200		35.37	17.69	-
Pasa No. 4					SUMA		200.00	100.00	
SUMA									

**CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO**



$D_{10} =$ _____	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $> 3'' =$ _____ %
$D_{30} =$ <u>0.190</u>	$G =$ _____ %
$D_{60} =$ <u>0.320</u>	$S =$ <u>82.31</u> %
$C_c = \frac{(D_{50})^2}{D_{10} \times D_{60}} =$ _____	$F =$ <u>17.69</u> %

**CLASIFICACION SUCS.** SC Arena mal graduada y contaminada  
**OBSERVACIONES** No hay datos para clasificar finos



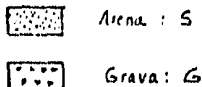
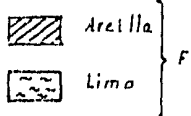




ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO

EN EL SONDEO 1

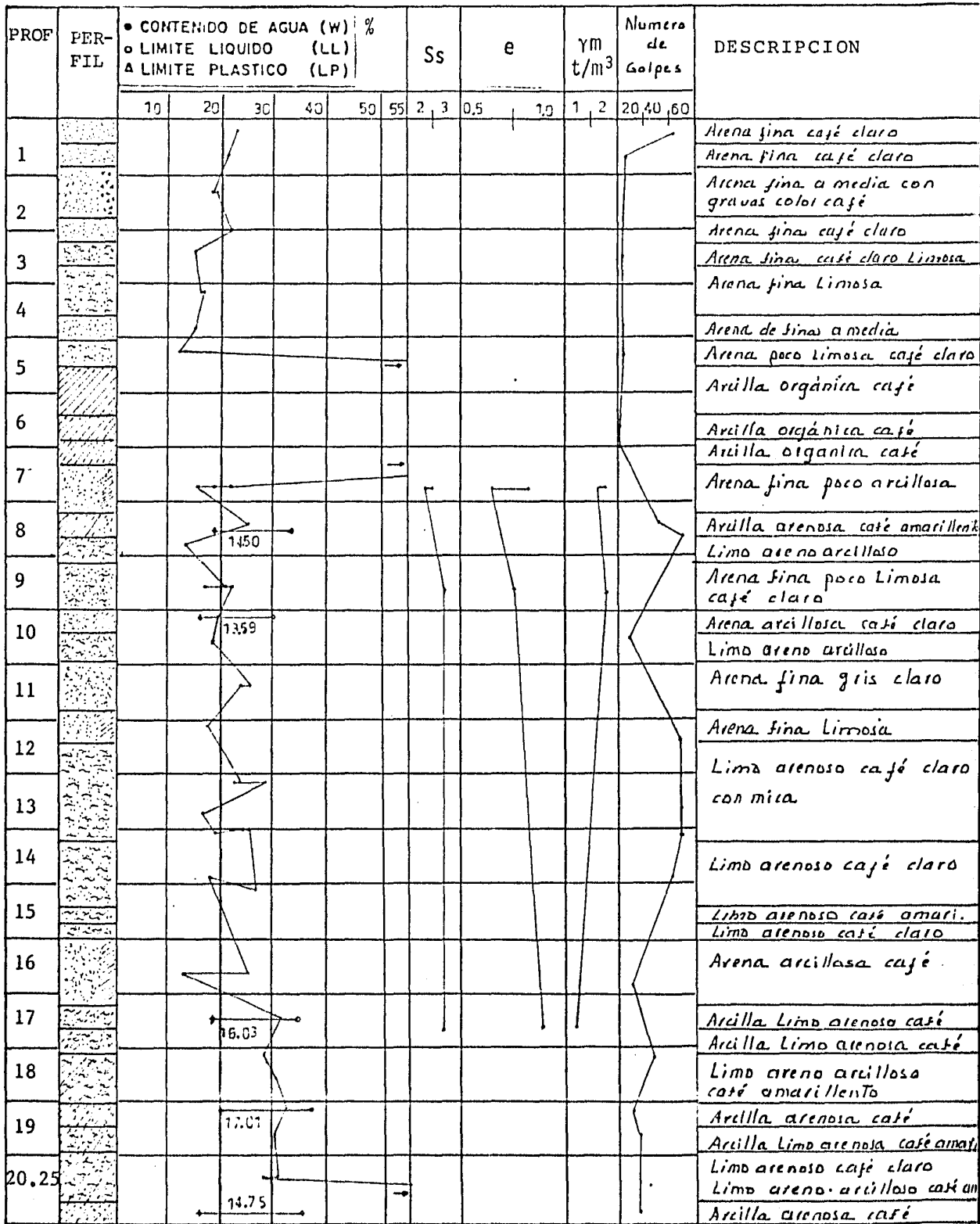
PROF (m)	PERFIL	CONTENIDO DE AGUA (W) %					Ss			e			Ym t/m <sup>3</sup>	Lum. de Golpes	DESCRIPCION	
		10	20	30	40	50	1	2	3	1	2	3				
1																Arena de fina a media con gravas
2																Arena de fina a media con gravas (SM)
3																Arena fina y gruesa muy poco limosa (SP)
4																Arcilla limosa con poca arena (CL)
5																Arcilla orgánica café (C)
6																Arcilla orgánica café (C)
7																Arcilla orgánica café (C)
8																Arcilla orgánica café (C)
9																Arcilla orgánica café (C)
10																Arcilla orgánica café (C)
11																Arcilla orgánica café (C)
12																Arcilla orgánica café (C)
13																Arcilla orgánica café (C)
14																Arcilla orgánica café (C)
15																Arcilla orgánica café (C)
16																Arcilla orgánica café (C)
17																Arcilla orgánica café (C)
18																Arcilla orgánica café (C)
19																Arcilla orgánica café (C)
20																Arcilla orgánica café (C)
21																Arcilla orgánica café (C)
22																Arcilla orgánica café (C)
23																Arcilla orgánica café (C)
24																Arcilla orgánica café (C)
25,2																Arcilla orgánica café (C)



Fuga de agua : →

# ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO

## EN EL SONDEO 2



**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA,**  
**GEOTECNIA**

**PRUEBA DE CONSOLIDACION**

**CALCULOS**

DATOS GENERALES:

$A_c = 50.01 \text{ cm}^2$   $W_i = 425.06 \%$   $W_f = 233.95 \%$   $L_w =$  \_\_\_\_\_

$S_s = 2.21$   $e_i = 10.00$   $e_f = 4.23$   $L_p =$  \_\_\_\_\_

$h_i = 2.52 \text{ cm}$   $G_i = 100.00 \%$   $G_f = 100.00 \%$   $I_p =$  \_\_\_\_\_

$W_s = 25.3 \text{ gr.}$

$2H_0 = \frac{10 W_s}{\gamma_w S_s A_c} = \frac{10 (25.3)}{(1) (2.21) (50.01)} = 2.29 \text{ mm}$

OBRA N° \_\_\_\_\_

UBICACION: \_\_\_\_\_

APARATO N° \_\_\_\_\_ ANILLO N° \_\_\_\_\_

SONDEO N° SM - 1 MUESTRA: 6

PROFUNDIDAD: 2.70 - 3.60 m

OPERADOR: \_\_\_\_\_ CALCULO: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

PRESION APLICADA Kg/cm <sup>2</sup>	LECTURA FINAL MICROMETRO mm	DEFORMACION DE LA MUESTRA mm	ESPESOR DE MUESTRA H mm	H - H <sub>0</sub> mm	RELACION DE VACIOS e	COEFICIENTE DE COMPRESION C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /Kg	H <sub>m</sub> mm	H <sub>m</sub> <sup>2</sup> mm <sup>2</sup>	t <sub>50</sub> seg	COEF. DE CONSOLIDACION C <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /seg	COEF. DE PERMEABILIDAD K <sub>m</sub> cm/seg	r	PRESION MEDIA p <sub>m</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	m <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /Kg
0.00	20.790	—	25.200	22.910	10.00	—								
0.25	20.485	0.305	24.895	22.605	9.87	0.520	25.048	627.402	129	0.00973	0.5 x 10 <sup>-6</sup>		0.125	0.04755
0.50	20.050	0.740	24.460	22.170	9.68	0.760	24.678	609.004	108	0.01128	0.7 x 10 <sup>-6</sup>		0.375	0.0594
1.00	18.611	2.179	23.021	20.731	9.05	1.260	23.740	563.590	204	0.00552	0.5 x 10 <sup>-6</sup>		0.750	0.09144
2.00	12.398	8.392	16.808	14.518	6.34	2.710	22.915	396.607	1440	0.00055	0.1 x 10 <sup>-6</sup>		1.500	0.2283
4.00	8.329	12.461	12.739	10.449	4.56	0.890	14.774	218.271	930	0.00047	0.1 x 10 <sup>-6</sup>		3.000	0.27907
8.00	5.480	15.310	9.890	7.600	3.32	0.310	11.315	128.029	684	0.00037	0.04 x 10 <sup>-6</sup>		6.000	0.12146
* 4.00	5.618	15.112	10.088	7.798	3.40	0.020	9.989	99.780					* 6.000	0.0378
* 2.00	5.929	14.861	10.339	8.049	3.51	0.055	10.214	104.325					* 2.000	0.0084
* 1.00	6.251	14.539	10.661	8.371	3.66	0.150	10.500	110.250					* 1.500	0.02235
* 0.50	6.591	14.199	11.001	8.711	3.80	0.280	10.831	117.310					* 0.750	0.04545
* 0.25	6.912	13.878	11.312	9.032	3.94	0.560	11.162	124.590					* 0.375	0.08614
* 0.00	7.560	13.230	11.970	9.680	4.23	1.160	11.646	135.630					* 0.125	0.16912

OBSERVACIONES:

\* DE6CA26A

# PRUEBA DE CONSOLIDACION.

U. N. A. M.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
GEOTECNIA

## DATOS GENERALES

OBRA N° \_\_\_\_\_  
LOCALIZACION \_\_\_\_\_  
APARATO N° \_\_\_\_\_ ANILLO N° \_\_\_\_\_  
OPERADOR \_\_\_\_\_  
CALCULO \_\_\_\_\_

SONDEO N° SONDEO MIXTO - 1  
MUESTRA N° \_\_\_\_\_  
PROFUNDIDAD \_\_\_\_\_  
CLASIFICACION ARCILLA ORGANICA  
COLOR CAFE OSCURO  
FECHA \_\_\_\_\_

### HUMEDAD ANTES DE LA PRUEBA.

Peso de probeta inalterada + anillo N° <u>13</u> + vidrio N° <u>77</u>	<u>477.17</u>	Gr.
Peso de anillo N° <u>13</u> ( <u>241.77</u> ) + vidrio N° <u>77</u> ( <u>102.56</u> )	<u>344.33</u>	"
Peso de probeta inalterada	<u>132.84</u>	"
Peso de probeta seca + anillo N° <u>13</u> + vidrio N° <u>77</u>	<u>369.63</u>	"
Peso de probeta seca	<u>25.30</u>	"
Peso de agua	<u>107.54</u>	"
Contenido de agua	<u>425.06</u>	%

### HUMEDAD DESPUES DE LA PRUEBA.

Peso de Probeta consolidada + anillo N° <u>13</u> + vidrio N° <u>77</u>	<u>428.82</u>	Gr.
Peso de anillo N° _____ ( _____ ) + vidrio N° _____ ( _____ )	<u>344.33</u>	"
Peso de probeta consolidada	<u>84.49</u>	"
Peso de probeta seca + anillo N° <u>13</u> + vidrio N° <u>77</u>	<u>369.63</u>	"
Peso de probeta seca	<u>25.30</u>	"
Peso de agua	<u>59.19</u>	"
Contenido de agua	<u>233.95</u>	%

### HUMEDAD TESTIGO

Peso de muestra inalterada + vidrio N° _____	_____	Gr.
Peso de muestra seca + vidrio N° _____	_____	"
Peso de vidrio N° _____	_____	"
Peso de muestra seca	_____	"
Peso de agua	_____	"
Contenido de agua	_____	%

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

**U. N. A. M.**

**FACULTAD DE INGENIERIA  
GEOTECNIA**

**PRUEBA DE CONSOLIDACION**

**DATOS DEL ENSAYO**

Aparato N° \_\_\_\_\_

Operador \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

Muestra N° \_\_\_\_\_

Prueba \_\_\_\_\_

Profundidad \_\_\_\_\_

p 0.25 kg/cm<sup>2</sup>

Δp 0.25 kg/cm<sup>2</sup>

p 0.5 kg/cm<sup>2</sup>

Δp 0.25 kg/cm<sup>2</sup>

Fecha y Hora	Tiempo	Microómetro	Deformación
2-VI-80	min.	mm.	mm.
	0	20.790	0.00
	0.83 (5")		
	.17 (10")		
	.25 (15")	20.603	Δ.187
	.5 (30")	20.594	Δ.196
	1	20.580	Δ.210
	1.5		
	2	20.562	Δ.228
	3		
	4	20.549	Δ.241
	8	20.531	Δ.259
	12		
	15	20.520	Δ.270
	20		
	25		
	30	20.511	Δ.279
	45		
	60	20.502	Δ.288
	90		
	120	20.495	Δ.295
	240	20.490	Δ.300
3-VI-80	960	20.485	Δ.305

Fecha y Hora	Tiempo	Microómetro	Deformación
3-VI-80	min.	mm.	mm.
	0	20.485	0.00
	0.83		
	.17		
	.25	20.411	Δ.074
	.5	20.390	Δ.095
	1	20.358	Δ.127
	1.5		
	2	20.310	Δ.175
	3		
	4	20.255	Δ.230
	8	20.211	Δ.274
	12		
	15	20.174	Δ.311
	20		
	25		
	30	20.150	Δ.335
	45		
	60	20.130	Δ.355
	90		
	120	20.113	Δ.372
	300	20.090	Δ.395
4-VI-80	650	20.070	Δ.415
	1440	20.050	Δ.435

U. N. A. M.

FACULTAD DE INGENIERIA  
GEOTECNIA

PRUEBA DE CONSOLIDACION

DATOS DEL ENSAYO

Aparato N° \_\_\_\_\_

Muestra N° \_\_\_\_\_

Operador \_\_\_\_\_

Prueba \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

Profundidad \_\_\_\_\_

$p$  1.0 Kg/cm<sup>2</sup>

$\Delta p$  0.5 kg/cm<sup>2</sup>

$p$  2.0 kg/cm<sup>2</sup>

$\Delta p$  1.0 kg/cm<sup>2</sup>

Fecha y Hora	Tiempo	Micrómetro	Deformación
	min.	mm.	mm.
	0	20.050	0.00
	0.83 (5")		
	.17 (10")		
	.25 (15")	19.928	0.122
	.5 (30")	19.893	0.157
	1	19.831	0.219
	1.5		
	2	19.742	0.308
	3		
	4	19.613	0.437
	8	19.482	0.568
	12		
	15	19.352	0.698
	20		
	25		
	30	19.250	0.800
	45		
	60	19.149	0.901
	90		
	120	19.052	0.998
	300	18.913	1.137
	630	18.782	1.268
	1440	18.611	1.439

Fecha y Hora	Tiempo	Micrómetro	Deformación
	min.	mm.	mm.
	0	18.611	0.00
	0.83		
	.17		
	.25	18.390	0.221
	.5	18.300	0.311
	1	18.150	0.461
	1.5		
	2	17.930	0.681
	3		
	4	17.610	1.001
	8	17.130	1.481
	12		
	15	16.470	2.141
	20		
	25		
	30	15.500	3.111
	45		
	60	14.570	4.041
	90		
	120	13.720	4.891
	300	13.030	5.581
	630	12.665	5.946
	1440	12.398	6.213

U. N. A. M.

FACULTAD DE INGENIERIA  
GEOTECNIA

PRUEBA DE CONSOLIDACION

DATOS DEL ENSAYO

Aparato N° \_\_\_\_\_

Operador \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

Muestra N° \_\_\_\_\_

Prueba \_\_\_\_\_

Profundidad. \_\_\_\_\_

p 4.0 kg/cm<sup>2</sup>

Δp 2.0 kg/cm<sup>2</sup>

p 8.0 kg/cm<sup>2</sup>

Δp 4.0 kg/cm<sup>2</sup>

Fecha y Hora	Tiempo	Micrómetro	Deformación
	min.	mm.	mm.
	0	12.398	0.00
	0.83 (5")		
	.17 (10")		
	.25 (15")	12.180	0.218
	.5 (30")	12.100	0.298
	1	11.990	0.408
	1.5		
	2	11.810	0.588
	3		
	4	11.550	0.848
	8	11.180	1.218
	12		
	15	10.690	1.708
	20		
	25		
	30	10.070	2.328
	45		
	60	9.540	2.858
	90		
	120	9.090	3.308
	300	8.725	3.673
	630	8.725	3.673
	1440	8.329	4.069

Fecha y Hora	Tiempo	Micrómetro	Deformación
	min.	mm.	mm.
	0	8.329	0.00
	0.83		
	.17		
	.25	8.130	0.199
	.5	8.070	0.259
	1	7.970	0.359
	1.5		
	2	7.822	0.507
	3		
	4	7.635	0.694
	8	7.359	0.970
	12		
	15	6.979	1.350
	20		
	25		
	30	6.652	1.677
	45		
	60	6.299	2.030
	90		
	120	6.053	2.276
	240	5.879	2.450
	630	5.689	2.640
	2880	5.480	2.849





U. N. A. M.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
GEOTECNIA.

GRAFICA  
TIEMPO-DEFORMACION

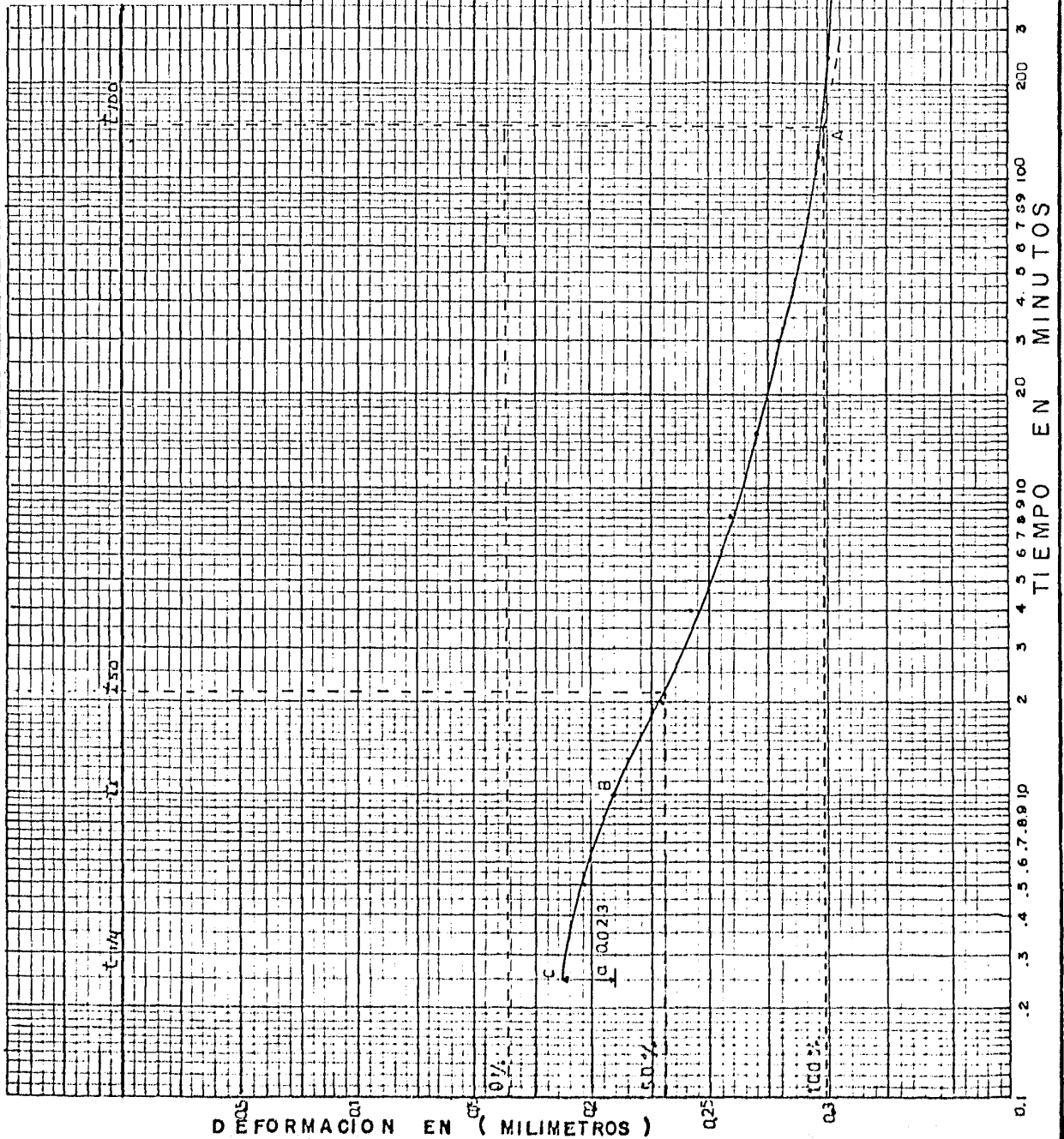
Muestra N° \_\_\_\_\_

Ensayo N° \_\_\_\_\_

Elevacion \_\_\_\_\_  
 $P = 0.25$   $AP = 0.25$   $\text{Kg/cm}^2$

$t(50\%) = 129$  seg.

$C_v$  \_\_\_\_\_  $\text{cm}^2/\text{seg}$



U. N. A. M.  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 GEOTECNIA.

GRAFICA  
 TIEMPO-DEFORMACION

Muestra N° \_\_\_\_\_

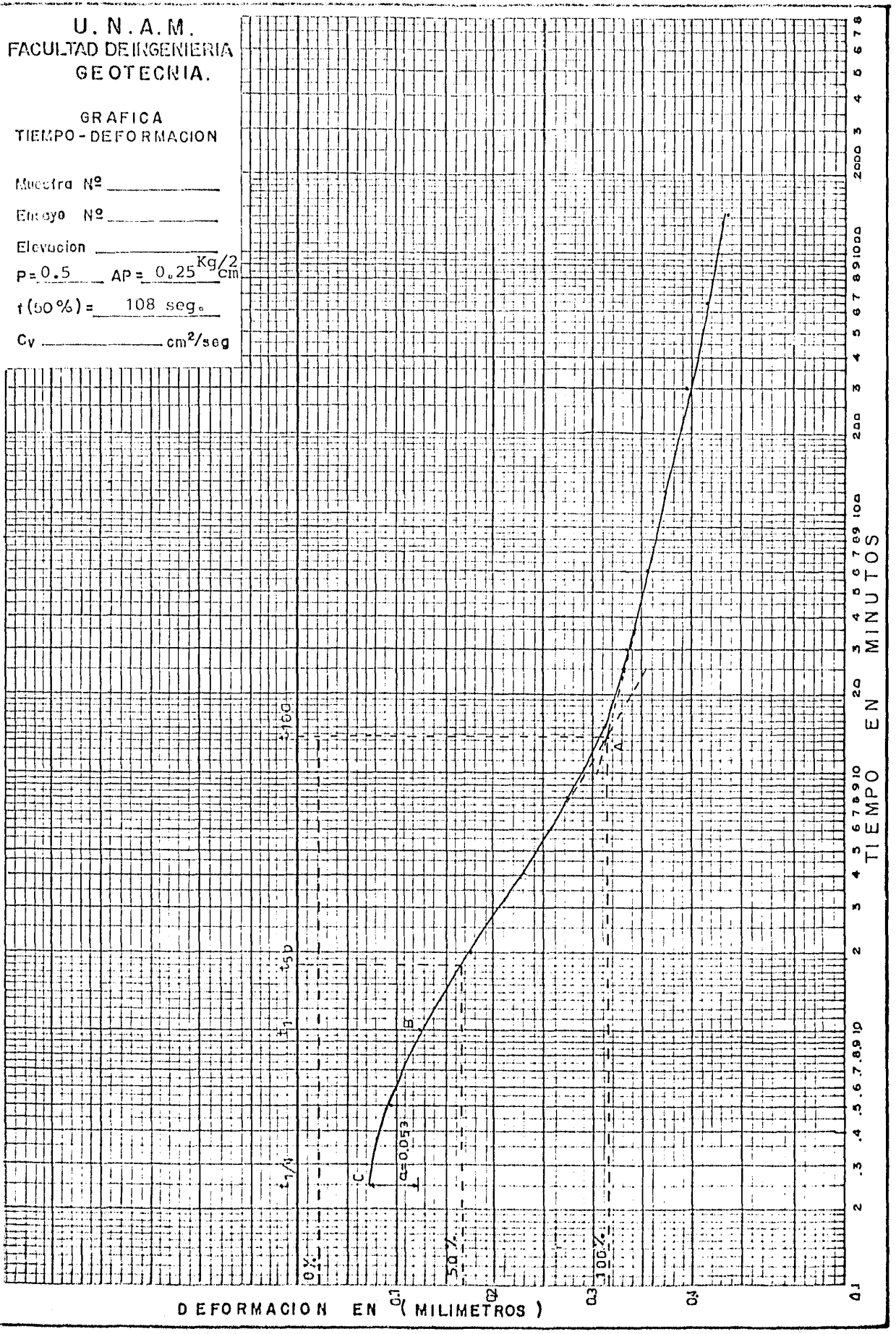
Ensayo N° \_\_\_\_\_

Elevacion \_\_\_\_\_

$P = 0.5$      $AP = 0.25 \frac{Kg}{cm^2}$

$t(50\%) = 108 \text{ seg.}$

$C_v$  \_\_\_\_\_  $cm^2/seg$



DEFORMACION EN ( MILIMETROS )

TIEMPO EN MINUTOS

U. N. A. M.  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 GEOTECNIA.

GRAFICA  
 TIEMPO-DEFORMACION

Muestra N° \_\_\_\_\_

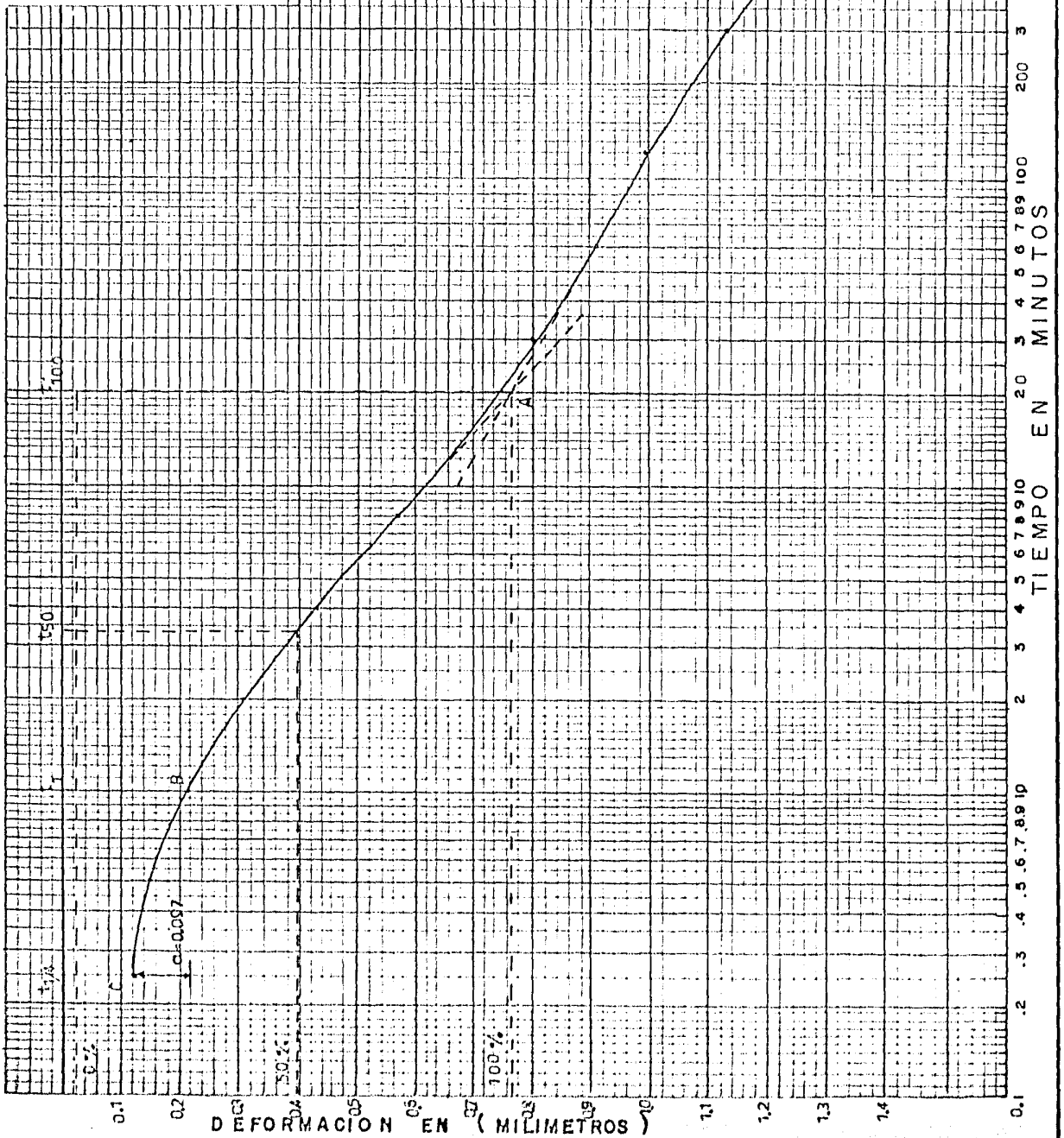
Ensayo N° \_\_\_\_\_

Elevacion \_\_\_\_\_

P = 1.0 AP = 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>

t(50%) = 204 seg.

Cv \_\_\_\_\_ cm<sup>2</sup>/seg



U. N. A. M.  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 GEOTECNIA.

GRAFICA  
 TIEMPO - DEFORMACION

Muestra N° \_\_\_\_\_

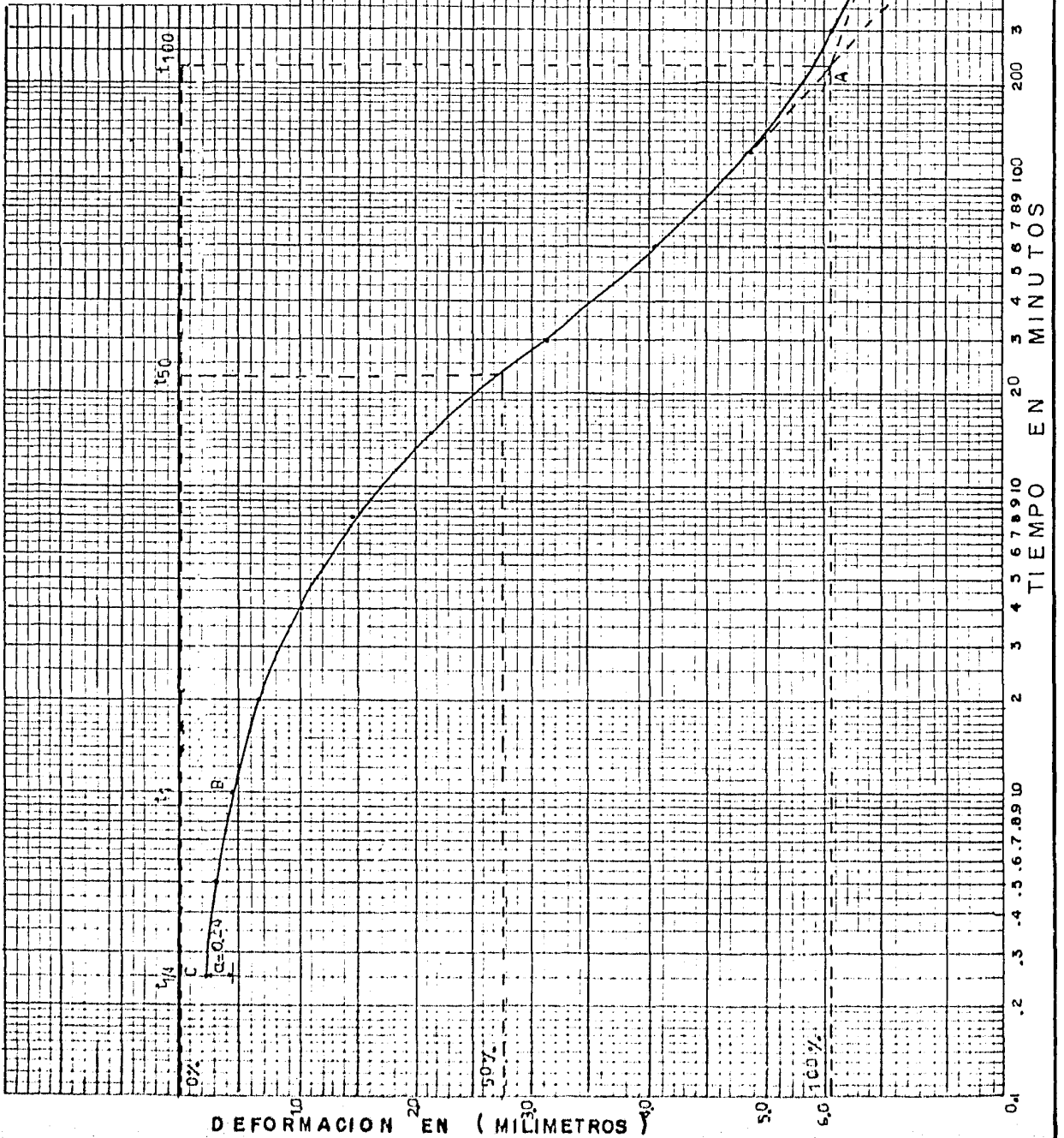
Ensayo N° \_\_\_\_\_

Elevacion \_\_\_\_\_

$P = 2.0$   $A_P = 1.0 \text{ Kg/cm}^2$

$t(50\%) = 1440 \text{ seg.}$

$C_v$  \_\_\_\_\_  $\text{cm}^2/\text{seg}$



U. N. A. M.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
GEOTECNIA.

GRAFICA  
TIEMPO - DEFORMACION

Muestra N° \_\_\_\_\_

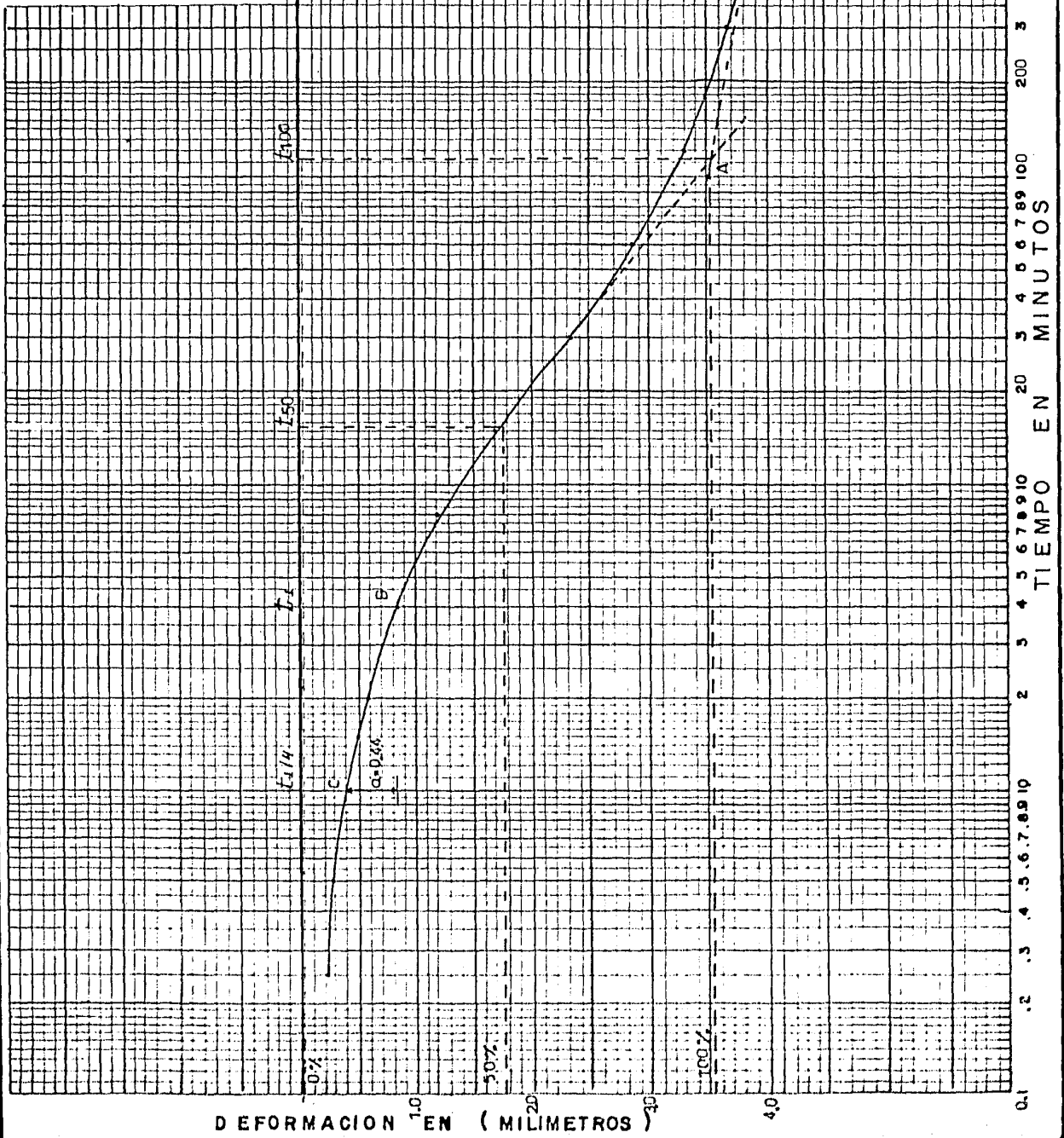
Ensayo N° \_\_\_\_\_

Elevacion \_\_\_\_\_

P = 4.0 AP = 2.0 Kg/cm<sup>2</sup>

t(50%) = 930 seg.

Cv \_\_\_\_\_ cm<sup>2</sup>/seg



U. N. A. M.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
GEOTECNIA.

GRAFICA  
TIEMPO - DEFORMACION

Muestra N° \_\_\_\_\_

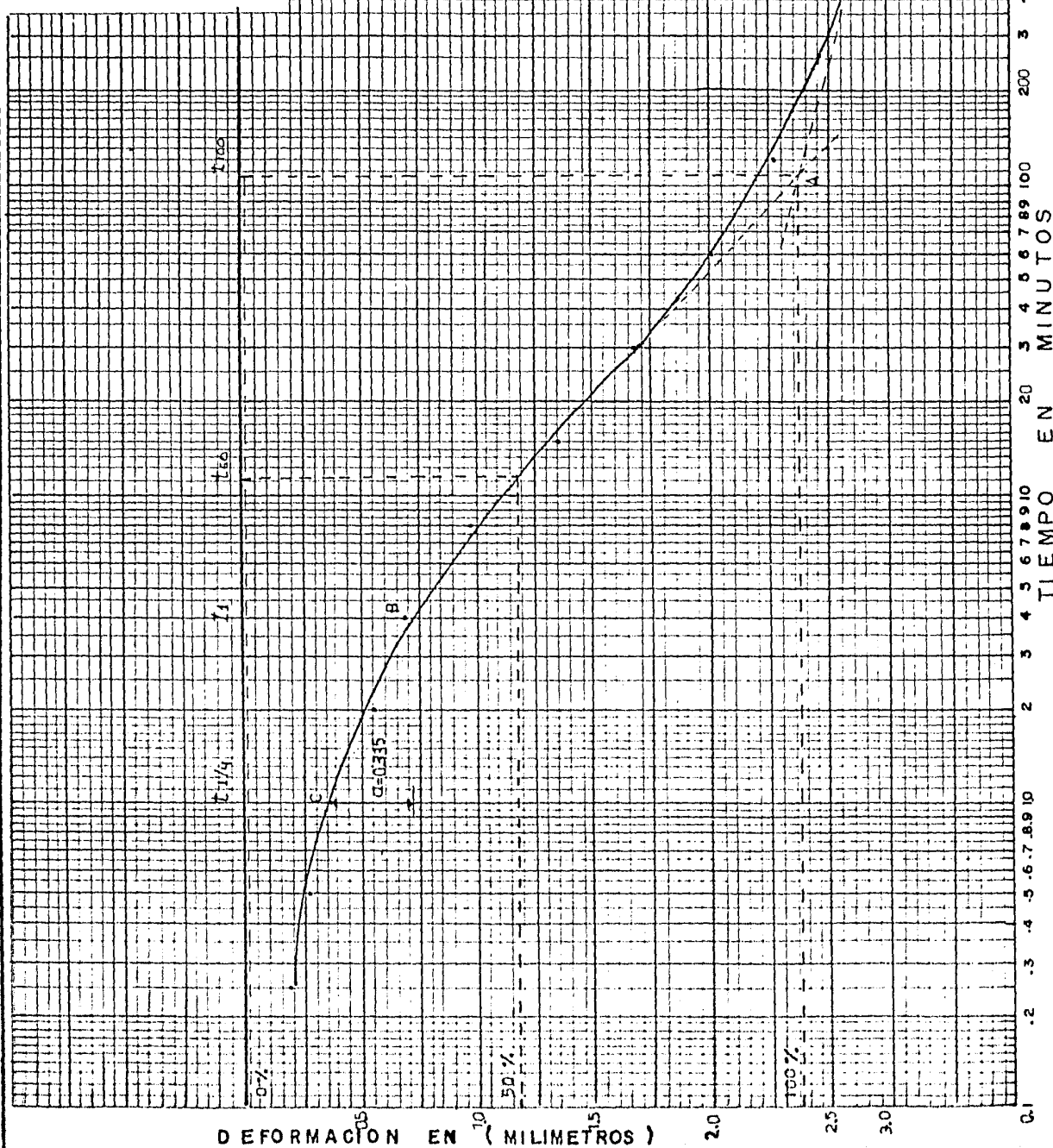
Ensayo N° \_\_\_\_\_

Elevacion \_\_\_\_\_

P = 8.0 AP = 4.0 Kg/cm<sup>2</sup>

t(50%) = 684 seg.

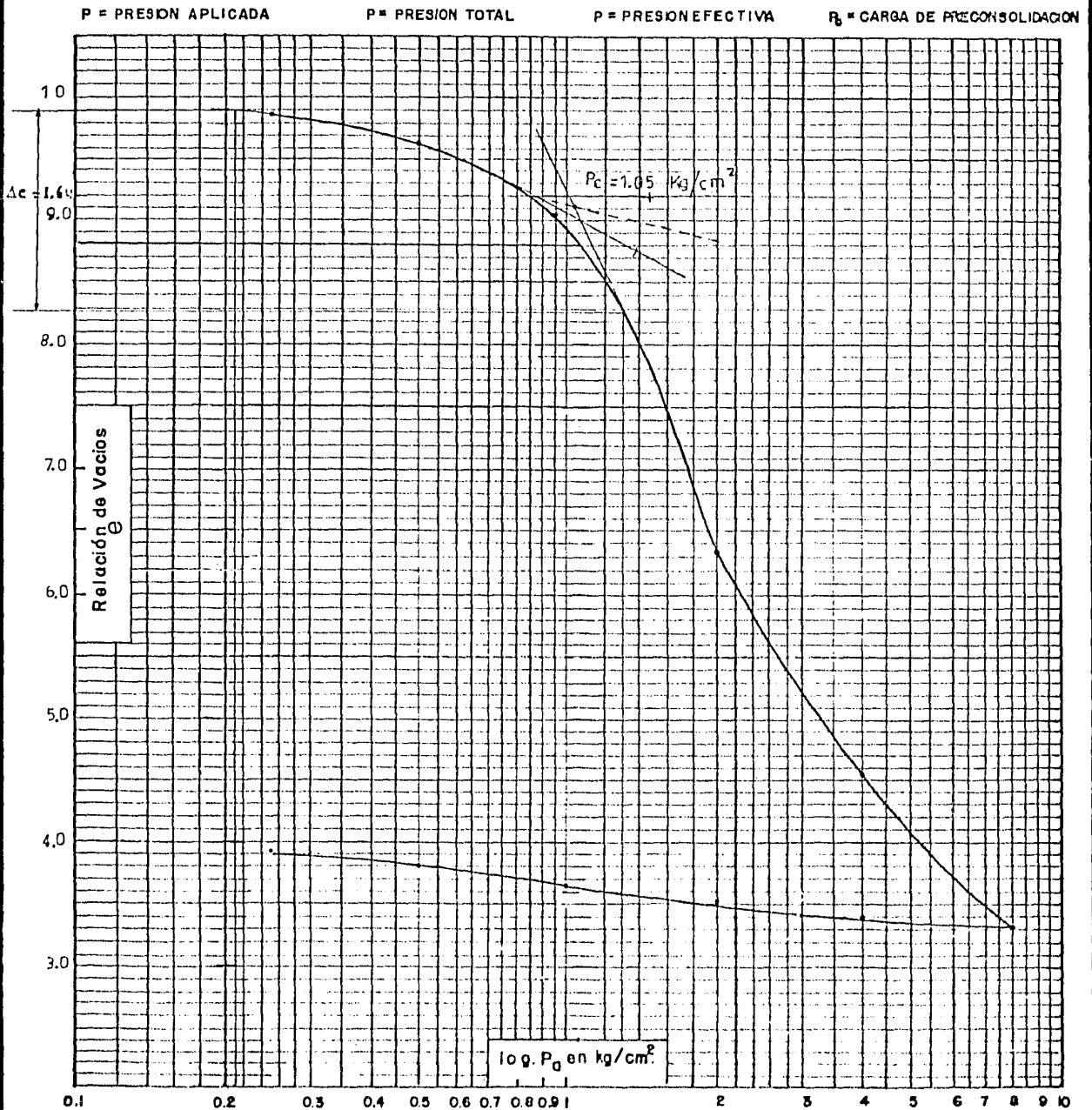
Cv \_\_\_\_\_ cm<sup>2</sup>/seg



**U. N. A. M.**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**GEOTECNIA**  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos.  
**PRUEBA DE CONSOLIDACION**

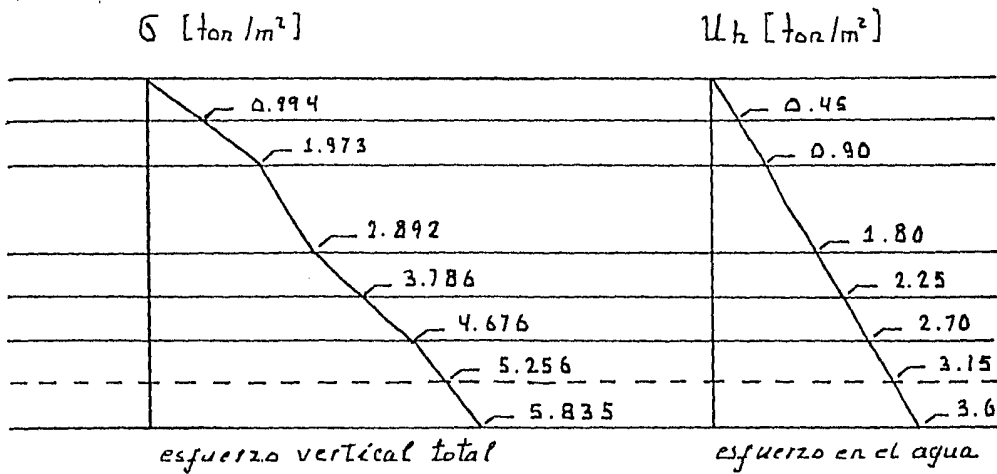
Obra N° \_\_\_\_\_ Sondeo \_\_\_\_\_ Localización \_\_\_\_\_

SIMBOLO MUESTRA PROFUNDIDAD  $\omega$ (%)  $\theta_0$   $S_r$ (%)  $p$ (kg/cm<sup>2</sup>)  $\bar{p}$ (kg/cm<sup>2</sup>)  $P_c$ (kg/cm<sup>2</sup>)  
 (m)



Hundimiento del estrato arcilloso de 2.70 a 3.60 m de profundidad registrado en el Sondeo Mixto - 1

Diagramas de presiones en  $T=0$



Esfuerzos efectivos sin carga: (a la mitad del estrato)

$$\sigma = \sigma_{\text{peso propio}} = 5.256 \text{ ton/m}^2$$

$$u = u_h = 3.15 \text{ ton/m}^2$$

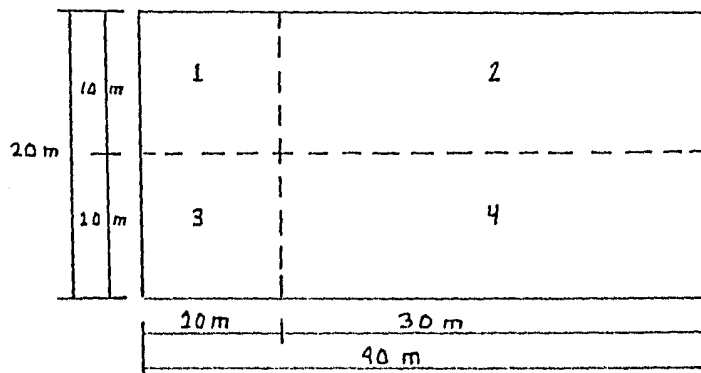
$$\therefore \bar{p}_0 = \sigma - u = 5.256 - 3.15 = 2.106 \text{ ton/m}^2$$

$$\Rightarrow \bar{p}_0 = 2.106 \text{ ton/m}^2 \approx 0.21 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzos efectivos con carga y  $T = \infty$

$$\bar{p} = \bar{p}_0 + \Delta \bar{p}$$

Cálculo de  $\Delta \bar{p}$ :





Para los cuadros (1) y (3):

$$m = \frac{x}{z} = \frac{10}{3.15} = 3.17$$

$$n = \frac{x}{z} = \frac{10}{3.15} = 3.17$$

$$W_0 = 0.245$$

(gráfica de Boussinesq. Anexo II-d del libro de Suárez Badillo, Tomo II)

Para los cuadros (2) y (4):

$$m = \frac{x}{z} = \frac{10}{3.15} = 3.17$$

$$n = \frac{y}{z} = \frac{10}{3.15} = 3.17$$

$$W_0 = 0.2475$$

Considerando que el edificio comunica 1 ton/m<sup>2</sup>/piso y sabiendo que son 11 plantas se tendrá que:

$$W = \frac{8.800 \text{ ton/nivel}}{800 \text{ m}^2/\text{nivel}} = 11 \text{ ton/m}^2$$

Entonces,  $\Delta \bar{P}$  será:

$$\Delta \bar{P} = W \times W_0 = 11 \text{ ton/m}^2 [2 \times 0.245 + 2 \times 0.2475] = 10.835 \text{ ton/m}^2$$

$$\therefore \Delta \bar{P} = 10.835 \text{ ton/m}^2$$

$$\bar{P} = \bar{P}_a + \Delta \bar{P}$$

$$\bar{P} = 2.106 + 10.835 = 12.941 \text{ ton/m}^2$$

$$\rightarrow \bar{P} = 12.941 \text{ ton/m}^2 \approx 1.30 \text{ Kg/m}^2$$

Llevarlo  $\bar{P}$  a la curva de compresibilidad, se obtiene:

$$\Delta e = 1.64$$

Luego entonces:

$$\Delta H = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \cdot H \quad \text{en que } H = H_{\text{Total del estriato}} = 0.90 \text{ m y } e_0 = 10$$

$$\Delta H = \frac{1.64}{1 + 10} \cdot 0.90 = 0.1342 \text{ m}$$

$$\therefore \Delta H = 13.42 \text{ cm}$$

## C O N C L U S I O N E S

De acuerdo a los resultados anteriores, si se construyera el edificio con una cimentación superficial de manera que ésta comunicara al suelo una carga - de  $11 \text{ ton/m}^2$ , se presentaría un hundimiento total (para un tiempo indefinido) de 13.42 cm en el estrato de arcilla limosa que se encuentra a una profundidad de 2.70 a 3.60 m.

Inmediatamente abajo de este estrato de arcilla limosa se encuentra otro estrato de arcilla orgánica cuya compresibilidad puede ser del orden o incluso mayor que la del estrato mencionado y con un espesor de, aproximadamente, 90 - cm.

Abajo de estos estratos se encuentran ya diferentes capas de arena de diferentes características que no presentarían problemas de hundimiento tan graves; por otro lado, la variación del incremento del esfuerzo efectivo ( P ) con la profundidad, es tal, que la magnitud de este incremento a profundidades del orden de 15 m o mayores es muy pequeña, por lo que aún cuando existieran depósitos de materiales compresibles a más de 15 m de profundidad estos no sufrirían deformaciones importantes.

Para valuar el asentamiento en el punto considerado hace falta llevar a - cabo análisis de compresibilidad como el aquí presentado en cada uno de los es - tratos de este sondeo, en que los contenidos de arcilla o limo sean importan - tes; asimismo, para cuantificar la magnitud de los asentamientos diferenciales es indispensable llevar a cabo un análisis de asentamientos con los datos pro - venientes del Sondeo 2. Esto último permite, por otra parte conocer el asenta - miento total en el punto en que se lleva a cabo el Sondeo 2 ya que si bien se "piensa" que los asentamientos en el punto correspondiente al Sondeo 1 no serán de gran magnitud, pudiera ser que los que se presentan bajo el punto S-2 sí lo sean, y por lo tanto estos últimos podrían condicionar el tipo de cimentación a usarse.

Otro factor que condiciona la elección del tipo de cimentación, es la exis - tencia o no de estructuras colindantes así como sus características estructura - les; ya que de no haber estructuras colindantes o bien si las que hay son for - madas a base de marcos, y si los asentamientos diferenciales de la estructura analizada son aceptables, es muy probable que los hundimientos totales sufri - dos por ésta, aunque fueran de cierta magnitud, no afectarían sensiblemente a los edificios vecinos. Si por otra parte, los predios adyacentes están ocupa - dos por viviendas unifamiliares de escasa altura es muy probable que asentamien - tos totales, aún cuando pequeños, produzcan daños realmente importantes en di - chas estructuras.

Debido a que la presión efectiva final en el estrato analizado es mayor - que la presión de preconsolidación (  $P_c$  ), y por lo tanto se "cae" en el tramo virgen de la curva de compresibilidad, es deseable reducir dicha presión final, lo que se puede lograr efectuando una excavación, teniéndose con esto que la - cimentación sería de las del tipo compensada. Por otra parte, y dado que no - se conocen la magnitud de los asentamientos diferenciales, es conveniente que la cimentación sea relativamente rígida (esto reduciría los efectos negativos de dichos asentamientos diferenciales). Por lo antes expuesto se concluye que es conveniente que la cimentación esté constituida por un cajón desplantado a una profundidad entre 1 y 2.5 m, dependiendo la elección de ésta última del - uso que se desee dar a ese espacio (cisterna, estacionamiento, etc.).

## V. CONCLUSIONES

Los profesores desde siempre han diseñado actividades de aprendizaje para instrumentar sus cursos. Sin embargo, en muchas ocasiones debido a la carencia de una formación didáctica sucede que los ejercicios que proponen los docentes funcionan un tanto "a ciegas", cayéndose muchas veces en la repetición excesiva y - la mecanización por una parte y en la falta de actividades globalizadoras para el alumno por otra.

Es justamente en este sentido donde pueden aprovecharse los aportes de la didáctica moderna, con ayuda de la cual se puede - lograr un diseño más racional de las actividades de aprendizaje, optimizándolas en función de un mejor aprovechamiento por parte de los alumnos.

Finalmente es importante comentar, que la didáctica proporciona sólo LINEAMIENTOS generales y que es el docente en última - instancia quién deberá interpretar y retomar dichos lineamientos en función de su formación pedagógica, de su experiencia docente y de su creatividad.

## VI. B L I B L I O G R A F I A .

1. Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A., "Mecánica de Suelos", tomo I. México: Limusa, 1980 ( 3ra. ed., 6ta. reimpr. ).
2. Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A., "Mecánica de Suelos", tomo II. México: Limusa, 1981 (2da. ed., 2da. reimpr. ).
3. Terzaghi K. y Peck R. B., "Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica". Buenos Aires: El Ateneo, 1967 ( 2da. ed. ).
4. Sowers G. B. y Sowers G. F., "Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones". México: Limusa, 1975
5. Diáz Barriga, Angel, "Un enfoque metodológico para la elaboración de programas escolares". Revista Perfiles Educativos. México: CISE, U.N.A.M. Oct-Nov-Dic, No. 10.
6. Piaget, Jean, "Biología y Conocimiento". México: Siglo XXI, 1975.
7. Rodríguez, Azucena, "El programa como instrumento de trabajo". SUA, Facultad de Filosofía y Letras de la U.N.A.M. México: 1978.
8. Lafourcade, Pedro, "El problema de los contenidos curriculares". Planeamiento, conducción y evaluación en la enseñanza superior. Buenos Aires: Kapelusz, 1974.
9. Lattaro, Edith, "La enseñanza y el aprendizaje, fundamentos de la práctica educativa". CESEFI, Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M. México: septiembre 1983.
10. Valdés Ferreira, Irma, "Recursos y técnicas didácticas". CESEFI, Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M. México: septiembre 1983.
11. Henri Salvat, "La escuela, una carrera de obstáculos". Artículo del libro El fracaso escolar. México: Ediciones de Cultura Popular, 1979 ( 1ra. ed., 1ra. reimpr. ).

12. Lucien Seve, "Los dones no existen", op. cit.
13. Michel Ramuz, "Biología y educación", op. cit.
14. Guy Boisson, "Inteligencia y herencia", op. cit.
15. Michel Venet, "La selección en la Universidad", op. cit.