

Conociendo el suelo

Referencia. Composición granular. Estados del suelo. Ángulo crítico en arena. Resistencia a la compresión. Carga sobre arena. Excavaciones en arena.

Referencia

John Atkinson. *The Mechanics of Soils and Foundations*. Second Edition. Taylor and Francis Group. Great Britain, 2007.

La transformación del suelo, sea por los procesos naturales, o influenciados éstos por acción del hombre, se muestran en partículas de distinta composición y tamaño. En términos generales, es posible identificar las partículas a partir de su tamaño, originando una denominación y una clasificación. ¿Cómo conocerla desde un primer acercamiento con los suelos en la perspectiva de la Ingeniería? Experimentos sencillos, casi domésticos, nos permiten esta relación.

Composición granular

Curva de clasificación

◆ Objetivos

- Clasificar los suelos en función de su tamaño.
- Apreciar su textura y forma.
- Representar esta clasificación en forma gráfica.

Materiales e implementos

Materiales

Muestras de diferentes suelos:

- Arena y grava (de playa o de construcción)
- Suelo del jardín o parque

Implementos

- Lupa
- Dispositivo de cocina para calentar el suelo
- Balanza (de cocina)
- Botella limpia, transparente.

Pasos

- Calentar las muestras aproximadamente a 100° C.
- Separar los granos, si quedaran grumos.

Proporción por peso

- Agrupar los granos según los siguientes tamaños:

Rango de tamaño	Probable identificación
< 0.02 mm	Arcilla
De 0.02mm a 0.06 mm	Limo
De 0.06 mm a 2 mm	Arena
> 2 mm	Grava

Sugerencias

Limo: se seca en las manos, se limpia fácilmente de los zapatos, por ejemplo.
Arcilla: deja las manos sucias, hay que raspar para limpiar.
Limo, arena y grava: de aspecto redondeado.
Arena y grava: visible a simple vista.
Arcilla y limo: requiere del uso de la lupa.

- Pesarse cada grupo. Obtener un porcentaje del total, por grupo. Obtener porcentajes acumulados (de menor a mayor hasta completar 100%).
- Aprender la forma y textura por grupo: ¿redondeado o anguloso? ¿alargado o como hojuela? ¿suave o rugoso?
- Graficar una curva de clasificación granular (o diagrama de barras): porcentaje por grupo - tamaño de los granos.
- Graficar una curva de *porcentaje más fino que un tamaño dado*: porcentaje acumulado - tamaño de los granos.
- Clasificar la muestra según la concentración de las curvas: bien graduada (sin predominancia de ningún grupo), o pobremente graduada (con predominio de algún grupo).

Proporción por volumen

- Introducir una muestra del suelo en una botella, hasta completar 3/4 de la misma.
- Completar la botella con agua.
- Agitar bien.
- Esperar que el material se asiente (hasta que el agua esté clara en la parte superior), o un máximo de 24 horas.
- Observar el orden del asentamiento:
- En el fondo se asentarán primero los granos más grandes.
- Arriba estarán los granos más finos.
- Si aún pasadas las 24 horas, el agua en la parte superior está turbia, ese material es arcilla.
- Estimar las proporciones de los distintos tamaños.
- Preparar los gráficos de clasificación según tamaño. Debe obtenerse los mismos resultados.

Estados del suelo

Suelo suelto y suelo denso

Objetivos

- Conocer las características de suelos, en el caso de arena, para estado suelto y estado denso: gravedad específica, relación de vacíos, volumen específico, contenido de agua, peso unitario, esfuerzo vertical, presión de poro, esfuerzo efectivo.

Materiales e implementos

Materiales

Arena limpia (aproximadamente de 1 mm de diámetro, redondeada. Proveniente de la playa o arena de cuarzo suave de construcción).

Implementos

Dos tazas medidoras de cocina, transparentes, una más grande que otra.

Balanza (de cocina)

Pasos

- Pesar arena suficiente para llenar 3/4 del depósito chico (taza más pequeña), W_s
- Colocar la taza más pequeña dentro de la más grande.
- Llenar la taza más pequeña con agua.

Suelo en estado suelto

- Lentamente, vaciar la arena en la taza pequeña, dejando que el agua rebose en la más grande.
- Medir el volumen del agua rebosada. Este también es el volumen desplazado por la arena, V_s .
- Calcular la *gravedad específica* de la arena, con $G_s = W_s / V_s$. Debe estar alrededor de 2.65 g/cm^3 .
- Medir el volumen ocupado por la arena en la taza, tal como está, sin compactar, V .
- En suelos saturados, el volumen de vacíos está ocupado por el agua $V_w = V - V_s$. Su peso es W_w .
- Calcular:
 - Relación de vacíos: $e = V_w / V_s$
 - Volumen específico de la arena: $v = V / V_s$
 - Contenido de agua: $w = W_w / W_s$
 - Peso unitario: $\gamma = W / V$. Donde $W = W_w + W_s$
- Medir la altura de la arena, z_s . También, el altura del agua, z_w .
- Calcular:

- El esfuerzo vertical, a una altura z de arena: $\sigma_z = \gamma z + \gamma_w z_w$.
- Presión de poro, para h_w (la altura debajo del tablero de agua): $u = \gamma_w h_w$
- Esfuerzo efectivo en el fondo de la taza, considerando la altura total debajo del tablero de agua): $\sigma = \sigma - u$.

Suelo en estado denso

- Vibre la taza (golpeándola suavemente). La arena es más densa. Vuelva a calcular los parámetros del estado anterior. Compare los resultados.

Ángulo crítico en arena

Las pendientes: caso de arena

Objetivos

- Conocer del ángulo crítico de fricción (o ángulo de resistencia al corte), ϕ'_c .
- Saber del efecto de drenaje en la estabilidad de pendientes.

Materiales e implementos

Materiales

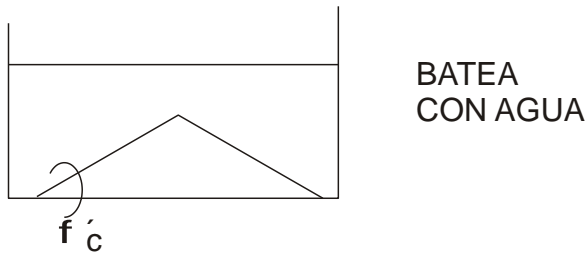
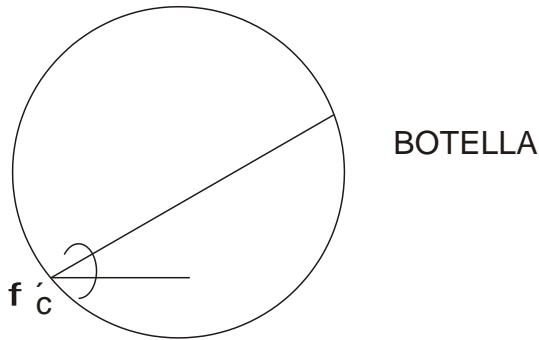
Arena limpia (aproximadamente de 1 mm de diámetro, redondeada. Proveniente de la playa o arena de cuarzo suave de construcción). Arena y grava (de playa o de construcción)

Implementos

Taza o vaso de plástico
Batea lavable.
Botella limpia, transparente.
Tubo de caucho.

Pasos

- ◆ **Primera experiencia**
- Secar la arena.
- Llenar la taza (o el vaso) de plástico.
- Vaciar la arena sobre una superficie plana, formándose un cono.
- Medir el ángulo de la pendiente del cono. Ese es el *ángulo crítico de fricción*.



EXPERIMENTOS PARA EL ÁNGULO CRÍTICO DE FRICCIÓN

♦ Segunda experiencia

- Llenar la botella hasta la mitad de arena.
- Rodar la botella sobre una superficie plana, y mirarla transversalmente.
- La arena formará continuamente un ángulo de falla. Es el *ángulo crítico de fricción*.

♦ Tercera experiencia

- Llenar la batea hasta la mitad con arena seca.
- Vibrarla para que esté más densa y forme una superficie plana.
- Mecer (o mover desde un extremo) la batea formando la arena una pendiente. Esta pendiente pasa por un *pico* o *máximo*, y al descansar el ángulo que forma es el *ángulo crítico de fricción*.

♦ Cuarta experiencia

- Verter agua sobre la batea, sin llenarla.
- Lentamente, vaciar arena dentro del agua sin perturbarla, formando un cono.
- El ángulo de la pendiente del cono es el mismo que en el caso de arena seca: el *ángulo crítico de fricción* es el mismo, tanto en arena seca como en la saturada.

♦ Quinta experiencia

- Utilice el tubo de caucho como un sifón para vaciar lentamente la batea, sin perturbar el agua.

- A medida que drena el agua, la pendiente de la arena disminuye, quedando más plana. Ella muestra el efecto del drenaje en la estabilidad de pendientes.

Resistencia a la compresión en suelos no confinados

Falla a la compresión

Objetivos

- Medir la resistencia en arena y arcilla en muestra sin confinar.
- Conocer la influencia del contenido de agua.

Materiales e implementos

Materiales

Arena limpia (aproximadamente de 1 mm de diámetro, redondeada. Proveniente de la playa o arena de cuarzo suave de construcción).

Arcilla (del jardín)

Disponibilidad de agua.

Implementos

Taza de plástico (cilíndrica)

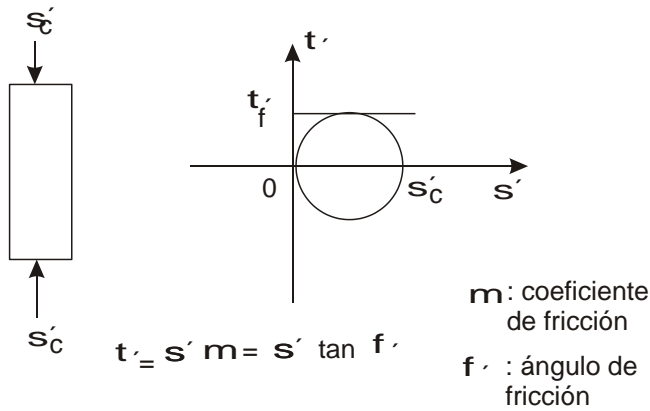
Dispositivo de cocina para secar el suelo

Balanza (de cocina)

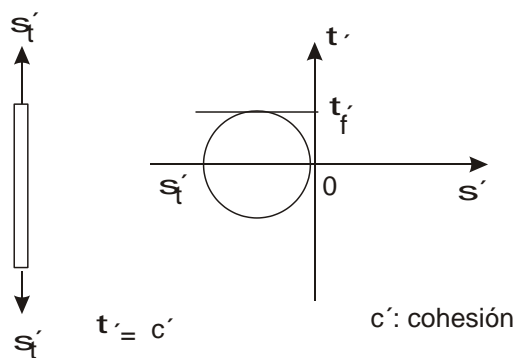
Pasos

♦ Caso de arena

- Anotar el área interna de la taza, A .
- Agregar agua a la arena y con ayuda de la taza de plástico, formar un *castillo de arena*.
- Colocar en la balanza y medir el peso, W_s .
- Con la mano en la parte superior del *castillo de arena*, presionar (observando la medida de la balanza) hasta la falla anotando la máxima carga, W_p .
- Calcule $W_f = W_p - W_s$, como la carga para provocar la falla.
- El valor W_f/A es la *resistencia a la compresión de la arena sin confinar*.
- Secar la arena del *castillo* y medir el peso de la arena seca. Calcular el contenido de agua.
- Variando los contenidos de agua, volver a calcular la resistencia a la compresión. Hacer un gráfico: *resistencia - contenido de agua*.



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



RESISTENCIA A LA TENSIÓN

- ◆ **Caso de arcilla**
 - Agregar agua a la arcilla y con el auxilio de la taza de plástico, moldear un *castillo de arcilla*.
 - Repetir la experiencia anterior y encontrar la *resistencia a la compresión de arcilla sin confinar*. Encontrar el contenido de agua.
 - Repetir la experiencia con diferentes contenidos de agua y el elaborar el gráfico respectivo.
- ◆ **Comparación**
 - Compare los resultados. Explique la influencia de la presión de poro.

Carga sobre arena sin drenar

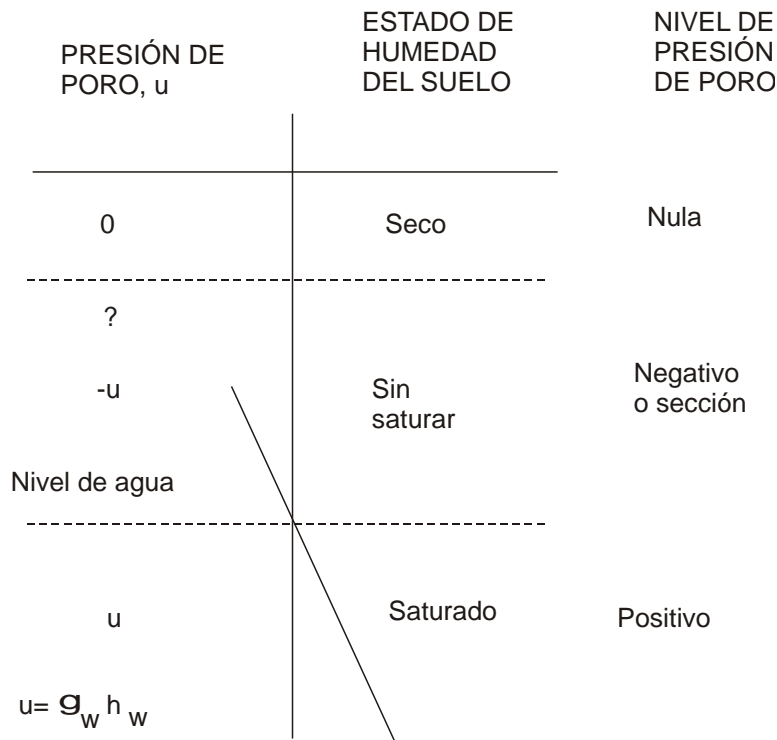
Conceptos

Tres estados de la materia en los suelos

Los poros de los suelos están ocupados por agua o aire (o ambos). De esta manera se reconoce que los suelos tienen materia en los tres estados:

- Las partículas de suelo se comportan como *sólidos* (resistentes a la deformación por la atracción entre sus moléculas).

- El agua se comporta como *líquido* (estrictamente como *líquido viscoso*, debido a la atracción de sus moléculas suficiente para resistirse a los cambios de volumen). La acción de fuerzas que actúan sobre las moléculas próximas a los sólidos, provocan una tensión del líquido en el fenómeno conocido como *capilaridad*. Ello explica la *presión de poro* (la presión del agua en los poros, que puede ser positiva o negativa).
- El aire se comporta como *gas*, no tiene resistencia a los cambios de forma y muy escasa a los cambios de volumen.



PRESIÓN DE PORO

Este agregado de materias en los tres estados, conforman el suelo con características proporcionadas por cada uno de ellos, y otras propias de la interacción entre ambos.

Caso de suelos secos

Bajo esfuerzo normal

- El volumen decrece en forma no lineal y en un proceso que no es reversible.

Bajo esfuerzo cortante

- Si el suelo es denso, se expande rodando las partículas unas sobre otras.
- Si el suelo es suelto, se comprime

Caso de suelos saturados

Suelo suelto bajo compresión

- El volumen tiende a decrecer tomando tiempo por la naturaleza viscosa del agua.

Suelo denso bajo esfuerzo cortante

- Tiende a expandirse lentamente debido a la viscosidad del agua.

- Se incrementa la presión de poro en forma desigual: *mínima* cerca de la salida del agua, y *máxima* en el centro.
- Esta gradiente de la presión de poro causa el flujo de agua y la disminución de volumen.

- En ese tiempo, la presión de poro decrece.

Experiencia en la playa

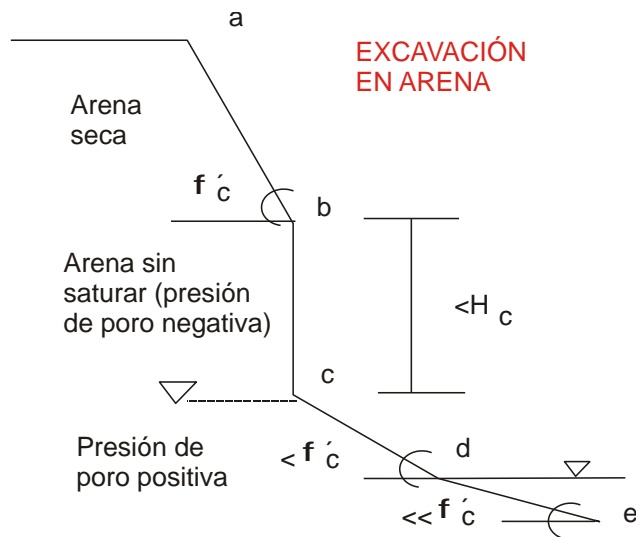
Acercarse a arena suave cerca al mar.

- Al caminar, las huellas se muestran secas por un momento.
- Presionar con el pie y mantener presionado: la arena sube por el costado del pie, luce seca por un momento, y luego vuelve a su apariencia original.
- Al retirar el pie, la arena luce húmeda con algo de agua.

La arena es densa en la playa. Al presionar el pie rápidamente, se produce un *drenaje por corte* y la presión de poro decrece.

La presión de poro negativa hace que la arena luzca seca. Al esperar, el exceso de presión de poro se disipa y el flujo de agua va hacia la huella. Al retirar el pie, el agua aparece en la superficie.

Excavaciones en arena



Cerca de la playa elegir dos lugares para excavar. Uno cerca del mar. Otro, alejado un poco de la marca de la marea alta.

Observe el nivel de dificultad al excavar en la medida que avanza.

- En la parte seca, ¿cómo se comporta la arena?
- En la parte parcialmente húmeda, ¿es posible un talud vertical?
- Al acercarse al nivel del agua de mar, quitando el agua del espacio para excavar, ¿cómo es el talud?
- ¿Cómo es debajo del nivel de agua del mar?

El perfil de la excavación debe ser parecido al de la figura adjunta.

- ¿Qué pasa al subir la marea?
- ¿Qué sucede cuando el sol ilumina uno de los lados del agujero?