

CORTE DIRECTO DE LOS SUELOS

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar la resistencia al corte de una muestra de suelo, en condición no consolidada no drenada (UU) a partir del ensayo de corte directo.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

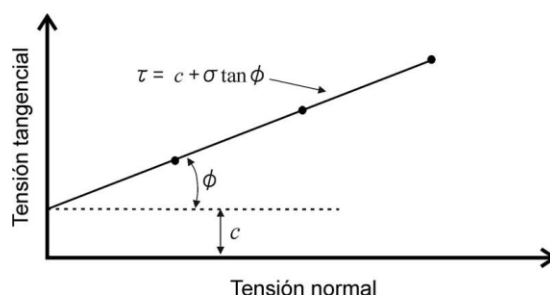
- Determinar la resistencia al corte del suelo, siguiendo el procedimiento establecido en la norma INV E-154-13 para una muestra en condición UU.
- Identificar los parámetros de resistencia de la muestra, como la cohesión y el ángulo de fricción interna, con el fin de reconocer la capacidad de carga y estabilidad del tipo de suelo.

INTRODUCCIÓN

El ensayo de corte directo es un procedimiento de laboratorio utilizado para determinar las propiedades mecánicas de los suelos frente a la acción de esfuerzos combinados. En este ensayo, la resistencia se evalúa al inducir una fuerza de corte a lo largo de un plano horizontal previamente definido, donde ocurre la posible falla del material (P, 2022).

La resistencia al corte, también conocida como resistencia al esfuerzo tangencial, corresponde al esfuerzo máximo que el suelo puede soportar antes de experimentar una falla, la cual se manifiesta mediante el deslizamiento relativo de sus partículas a lo largo de un plano interno. Este comportamiento se describe mediante la Ley de Coulomb, que establece la relación entre el esfuerzo cortante, el esfuerzo normal, la cohesión y el ángulo de fricción interna del suelo, parámetros fundamentales para el análisis geotécnico (P, 2022).

Figura 1. Criterio de Rotura de Mohr-Coulomb



Nota. Parámetros de resistencia al corte. Geotecnia Fácil [Imagen], 2022.

La cohesión se define como la resistencia al corte que mantiene unidas las partículas de un suelo, sin la necesidad de una presión externa de confinamiento. Esta representa la capacidad que posee un suelo para mantenerse unido y resistir la falla por un esfuerzo cortante, incluso en condiciones cuando la fuerza normal es igual a 0, y se representa en unidades de presión y tensión kPa o kN/m² (Cohesion of Soil, n.d.).

En ángulo de fricción (ϕ) por su parte, es una medida de la resistencia al corte de los suelos, que se da por el entrelazamiento de sus partículas y la resistencia a la fricción entre los granos del suelo. Este representa la pendiente de la envolvente de resistencia al corte que esta dado en el criterio de falla de Mohr-Coulomb, siendo mayor para suelos granulares como la arena y la grava, y más bajo para suelos finos como los limos y las arcillas (Angle of Internal Friction, n.d.).

El ensayo de corte directo presenta diferentes variaciones, siendo una de las principales el tipo de muestra utilizada. Esta puede ser inalterada, cuando se procura conservar al máximo las propiedades in situ del suelo mediante la extracción cuidadosa de muestras representativas, y a partir de esta se extraen pequeñas probetas en el laboratorio, así mismo, esta puede ser remoldeada, cuando el suelo es previamente alterado, desintegrado y posteriormente compactado en el laboratorio bajo condiciones controladas de densidad y contenido de humedad, de acuerdo con los requerimientos del ensayo (Farjad, 2025).

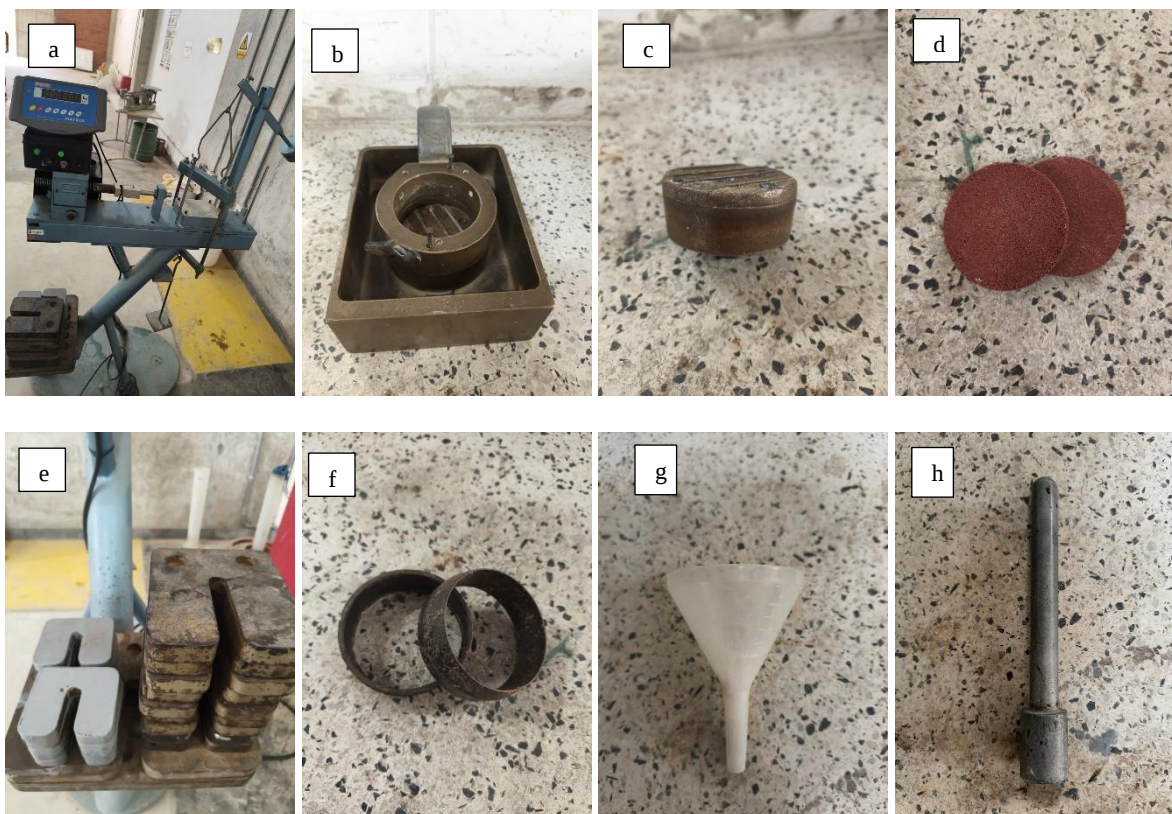
Adicionalmente a estas condiciones de la muestra, el ensayo también se puede realizar de tres maneras, cuando la muestra se encuentra en condición no consolidada no drenada (UU), la cual es una prueba rápida donde el corte se inicia sin permitir una consolidación de la muestra bajo el esfuerzo normal. La otra condición es consolidada no drenada (CU), esta es una prueba lenta donde se permite a la muestra consolidarse por efecto de la caga, pero se desarrolla a una velocidad rápida sin permitir el drenado del suelo. Por último, está la condición consolidada drenada (CC), la cual es la manera más completa de realizar el ensayo ya que también se deja consolidar la muestra, pero a su vez se va aplicando una fuerza de corte a una velocidad muy lenta, asegurando así que agua en los poros se disipe (Coffey Testing, 2024).

El ensayo de corte directo es de gran importancia en la geotecnia y la ingeniería civil, ya que permite determinar parámetros fundamentales de resistencia del suelo, los cuales ayudan a predecir el comportamiento y la estabilidad del terreno frente a diferentes condiciones de carga, permitiendo evaluar la capacidad del suelo para soportar estructuras y resistir esfuerzos cortantes. La información obtenida mediante este ensayo contribuye a prevenir posibles fallas, proporcionando mayor seguridad y confiabilidad en el diseño en la construcción de obras civiles. Además, es ampliamente utilizado en aplicaciones como el diseño de cimentaciones, la estabilización de taludes, el análisis de muros de contención y otras obras donde la resistencia al corte del suelo es un factor determinante (Rockswise, n.d.)

MATERIALES Y EQUIPOS

- (a) Aparato de corte
- (b) Caja de corte
- (c) Pistón
- (d) Piedras porosas
- (e) Pesas de carga
- (f) Anillo de corte para muestras
- (g) Embudo
- (h) Pisón
- (i) Deformímetros

Figura 2. Materiales y equipos.





Nota. Registro fotográfico materiales y equipos de laboratorio.

Fuente. Rivera (2026).

PROCEDIMIENTO

Nota: El procedimiento descrito a continuación se hace a partir de una muestra remoldeada obtenida de un suelo alterado, y la condición del ensayo para este caso va a ser no consolidada no drenada (UU).

- Primero se deben tomar las dimensiones de la caja de corte (diámetro y altura) con el fin de determinar el volumen de la muestra.
- Seguido a esto, se debe remoldear la muestra de suelo dentro de la caja de corte según las condiciones de humedad y compactación deseadas. A partir de esto se recomienda realizar una compactación de la muestra por capas (3 capas) y dando 25 golpes suaves con el pisón por cada capa, con el material en condiciones de humedad optima.

Nota: Se debe colocar una piedra porosa húmeda debajo de la primera capa y encima de la superficie de la muestra.

- Luego se procede a ensamblar correctamente la caja de corte en el equipo, y se toman las mediciones de la altura restante en diferentes puntos desde la superficie de la caja hasta la muestra, para determinar el volumen de la probeta, además de verificar el funcionamiento adecuado de la celda y el mecanismo de carga.
- Con la caja de corte en el equipo, se pone el pistón junto con el balín de aluminio en la parte superior de la muestra. Se procede a colocar una precarga para asegurar que todos los componentes están en contacto y alineados, se tiene en cuenta que esta no debe ser tan alta con el fin de que no le cause compresión a la muestra.

- Se fija el equipamiento, y se calibran los equipos de medición horizontal y vertical (deformímetros), tomando la lectura inicial de desplazamiento relativo en cada uno, y luego se llena de agua la cubeta de la caja de corte con el fin de evitar el efecto de las presiones negativas internas.
- Se coloca la carga normal restante para las condiciones del ensayo, activando el mecanismo de carga horizontal hasta que se dé un precorte inicial, el cual se da en el momento en el que la punta del embolo de carga, haga contacto con el marco superior de la caja, se registra ese valor y se retiran los fijadores para darle comienzo al ensayo.
- Para iniciar el ensayo se ajusta la velocidad del equipo, en este caso rápida para que no exista un drenado en la muestra, se registran los valores de desplazamiento relativo y carga vertical y horizontal aplicadas. Se inicia el proceso de corte activando de nuevo el equipo y se comienza el registro de datos. Los valores se deben tomar de acuerdo con el desplazamiento, inicialmente los valores se deben anotar en desplazamientos laterales relativos de 0.1 %, 0.2 %, 0.3 %, 0.4 %, 0.5 %, 1.0 %, 1.5 %, 2.0 %, 2.5 %, 3.0 % y luego cada 2 % adicional de desplazamiento lateral relativo, hasta el final del ensayo. Se puede dar fin al corte hasta llegar a un desplazamiento relativo lateral equivalente al 10% de diámetro inicial del espécimen.
- Esta toma de datos también depende del comportamiento de la muestra, el ensayo puede finalizar cuando la celda de carga muestre valores repetitivos mientras la muestra continua su desplazamiento lateral, así mismo, si se observa un aumento y disminución repentina de la carga, se puede dar fin al ensayo de corte y se registran los valores de falla.
- Por último, se debe realizar el desmontaje de la caja retirando la carga vertical y devolviendo el embolo de carga, para revisar el corte sufrido por el espécimen y realizar el respectivo registro, además, se puede tomar una muestra del suelo para llevarlo al horno y conocer su contenido de humedad al finalizar el ensayo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con los datos registrados en el laboratorio determinar el desplazamiento horizontal, el área corregida, el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante para cada uno de los datos obtenidos a lo largo del ensayo.

$$A_c = \frac{D^2}{2} \left(\theta - \frac{\delta}{D} \sin(\theta) \right) \quad [1]$$

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{\delta}{D} \right) \quad [2]$$

$$\sigma = \frac{N}{A_c} \quad [3]$$

$$\tau = \frac{T}{A_c} \quad [4]$$

Graficar la curva esfuerzo cortante vs desplazamiento horizontal y la curva desplazamiento vertical vs desplazamiento horizontal, para cada una de las muestras ensayadas.

Con los resultados obtenidos realizar el grafico esfuerzo cortante vs esfuerzo normal, graficando los 3 puntos de falla de acuerdo con cada uno de los ensayos realizados. A partir de esto se debe obtener la envolvente de falla y establecer la ecuación de la recta, que en este caso está relacionada con la ecuación de Mohr-Coulomb.

$$\tau = c + \sigma \times \tan(\varphi) \quad [5]$$

Donde:

c = Cohesión del suelo

τ = Esfuerzo cortante

σ = Esfuerzo normal

φ = Angulo de fricción interna

A partir de los resultados obtenidos se deben responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la cohesión y el ángulo de fricción interna del suelo?
- Según la cohesión y el ángulo de fricción ¿Qué tipo de suelo podría ser?
- ¿Qué características posee el tipo de suelo identificado?
- ¿Qué relación tienen estos valores con la capacidad portante del suelo?

BIBLIOGRAFÍA

- P, J. (2022, August 29). Ensayo de corte directo: Metodología, procedimientos y cálculos. [geotecniafacil.com. https://geotecniafacil.com/ensayo-de-corte-directo/#introduccion_ensayo_corte_directo](https://geotecniafacil.com/ensayo-de-corte-directo/#introduccion_ensayo_corte_directo)
- Farjad, M. (2025, August 17). What is disturbed and undisturbed soil sampling? GeoPard - Software De Mapeo Para Agricultura De Precisión. <https://geopard.tech/es/blog/muestreo-de-suelo-perturbado-y-no-perturbado/>
- Coffey Testing. (2024, May 30). Triaxial testing - Coffey testing. <https://www.coffeytesting.com/triaxial-testing/>
- Cohesion of soil. (n.d.). <https://www.geoengineer.org/education/soil-mechanics/soil-cohesion>
- Angle of internal friction. (n.d.). <https://www.geoengineer.org/education/soil-mechanics/angle-of-internal-friction>
- Trazando Cimientos Seguros: La importancia del Ensayo de Corte Directo en la Ingeniería Civil – rockswise. (n.d.). <https://rockswise.com/trazando-cimientos-seguros-la-importancia-del-ensayo-de-corte-directo-en-la-ingenieria-civil-mv-post10/>
- Instituto Nacional de Vías. (2013). *Ensayo de corte directo en condición consolidada drenada (CD)* (Norma INV E-154-13). Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. invias.gov.co



FORMATO TOMA DE DATOS

Tabla 1. Datos iniciales de la muestra.

	ESPÉCIMEN 1			ESPÉCIMEN 2			ESPÉCIMEN 3		
Forma de la muestra	Cilíndrica			Cilíndrica			Cilíndrica		
Altura inicial de la caja (cm)									
Diámetro de la caja (cm)									
Altura final de la caja (cm)									
Altura de la probeta (cm)									
Diámetro de la probeta (cm)									
Peso del suelo (gr)									
Área de la probeta (cm ²)									
Volumen de la probeta (cm ³)									
Densidad del suelo (gr/cm ³)									

Tabla 2. Toma de datos ensayo de corte.

ESPÉCIMEN 1			ESPÉCIMEN 2			ESPÉCIMEN 3		
Área inicial (cm ²)			Área inicial (cm ²)			Área inicial (cm ²)		
Carga normal aplicada (kg)			Carga normal aplicada (kg)			Carga normal aplicada (kg)		
Esfuerzo normal (kg/cm ²)			Esfuerzo normal (kg/cm ²)			Esfuerzo normal (kg/cm ²)		
Lectura deformación horizontal (# Rayas)	Lectura deformación vertical (# Rayas)	Lectura de carga horizontal (kg)	Lectura deformación horizontal (# Rayas)	Lectura deformación vertical (# Rayas)	Lectura de carga horizontal (kg)	Lectura deformación horizontal (# Rayas)	Lectura deformación vertical (# Rayas)	Lectura de carga horizontal (kg)
5			5			5		
10			10			10		
15			15			15		
20			20			20		
25			25			25		
30			30			30		
35			35			35		
40			40			40		
45			45			45		
50			50			50		
55			55			55		
60			60			60		
65			65			65		
70			70			70		
75			75			75		
80			80			80		
85			85			85		
90			90			90		
95			95			95		
100			100			100		



110		
115		
120		
125		
130		
135		
140		
145		
150		
155		
160		
165		
170		
175		
180		
185		
190		
195		
200		
205		
210		
215		
220		
225		
230		
235		
240		
245		
250		
255		
260		
265		
270		
275		
280		
285		
290		
295		
300		

110		
115		
120		
125		
130		
135		
140		
145		
150		
155		
160		
165		
170		
175		
180		
185		
190		
195		
200		
205		
210		
215		
220		
225		
230		
235		
240		
245		
250		
255		
260		
265		
270		
275		
280		
285		
290		
295		
300		

110		
115		
120		
125		
130		
135		
140		
145		
150		
155		
160		
165		
170		
175		
180		
185		
190		
195		
200		
205		
210		
215		
220		
225		
230		
235		
240		
245		
250		
255		
260		
265		
270		
275		
280		
285		
290		
295		
300		

CONTENIDO DE HUMEDAD			
	ESPÉCIMEN 1	ESPÉCIMEN 2	ESPÉCIMEN 3
Peso de la tara (gr)			
P. tara + Suelo húmedo (gr)			
P. tara + Suelo seco (gr)			