

MANUAL DE LABORATORIO DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS



Segundo Semestre, 2025.

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

| DÍA | HORARIO | ACTIVIDAD |
|---|-------------|---|
| Lunes | 08:00-12:00 | Práctica 1: Reconocimiento del terreno y erosión del suelo. |
| Martes | 08:00-12:00 | Práctica 2: Determinación de la pendiente. |
| Miércoles | 08:00-12:00 | Práctica 3: Prácticas para el manejo y conservación de suelos. |
| Jueves | 08:00-12:00 | Práctica 4: Capacidad de uso de la tierra. |
| La evaluación será virtual, según programación | | |

MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Cada grupo de estudiantes debe de traer el material que se le indica en la siguiente tabla.

| No. | Reactivos y Material |
|-----|---|
| 1 | 1 bolsa negra de 24*36 o 1 costal de quintal 5 varillas de 30 cm de largo 10 clavos de 5 pulgadas 10 roldanas (arandelas) grande 20 estacas con punta Nylon para delimitar el área Recipiente plástico de 1 galón Pala Azadón Machete Cinta métrica (todo el material es por grupo) |
| 2 | 2 reglas rectas de 2.10 metros de longitud 1 regla recta de 1.10 metros de longitud 1 piedra 8 estacas con punta por grupo Pita para el amarre y para la plomada Azadón Machete Cinta Métrica 1 plomada Lápiz o marcador (todo el material es por grupo) Cinta métrica |
| 3 | 2 reglas rectas de 2.10 metros de longitud 1 regla recta de 1.10 metros de longitud 1 piedra 8 estacas con punta por grupo Pita para el amarre y para la plomada 10 plantas de izote, té de limón o gandul Azadón Machete |

| | |
|---|--|
| | Cinta Métrica 1 plomada Lápiz o marcador (todo el material es por grupo) |
| 4 | Hojas en blanco Lápices Pala Cubeta |

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS

Para la realización adecuada de las prácticas deberán atenderse las siguientes indicaciones:

1. Presentarse puntualmente a la hora del inicio del laboratorio y permanecer durante la duración de este.
2. Realizar las actividades y hojas de trabajo planteadas durante la práctica.
3. Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.
4. Conocer la teoría (leer el manual antes de presentarse a cada práctica).
5. **No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio**, Si tiene llamadas laborales deberá atender las mismas únicamente en el horario de receso.
6. Si sale del salón de clases sin la autorización del docente perderá el valor de la práctica.
7. No puede atender visitas durante la realización de la práctica.
8. El horario de receso es únicamente de 15 minutos.
9. **Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros (as).**

La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.

Considere que se prohíbe terminantemente comer, beber y fumar. Éstos también serán motivos para ser retirado de la práctica.

Recuerde que para tener derecho al puntaje y aprobar el curso deberá presentarse a las prácticas y realizar las evaluaciones en línea, las cuales estarán habilitadas del **27 de octubre 2025 a las 8:00 al 31 de octubre de 2025 a las 18:00 horas.**

INFORME DE PRÁCTICA

Las secciones de las cuales consta un informe, el punteo de cada una y el orden en el cual deben aparecer son las siguientes:

- a. Resultados
- b. Resumen de la práctica
- c. Conclusiones

Si se encuentran dos informes parcial o totalmente parecidos se anularán automáticamente dichos reportes.

- a. **RESULTADOS:** Es la sección en la que se presentan de manera clara y objetiva los datos obtenidos a partir de la práctica realizada.
- b. **RESUMEN DE LA PRÁCTICA:** Esta sección corresponde al contenido del informe, aquello que se ha encargado realizar según las condiciones del laboratorio.
- c. **CONCLUSIONES:** Constituyen la parte más importante del informe. Son las decisiones tomadas, respuestas a interrogantes o soluciones propuestas a las actividades planteadas durante la práctica.

DETALLES FÍSICOS DEL INFORME

- El informe debe presentarse en hojas de papel bond **tamaño carta**.
- Cada sección descrita anteriormente, debe estar debidamente identificada y en el orden establecido.
- Todas las partes del informe deben estar escritas a mano **CON LETRA CLARA Y LEGIBLE**, a menos que se indique lo contrario.
- Se deben utilizar ambos lados de la hoja.
- No debe traer folder ni gancho, simplemente engrapado.

IMPORTANTE:

Los informes se entregarán al día siguiente de la realización de la práctica al entrar al laboratorio **SIN EXCEPCIONES**. Todos los implementos que se utilizarán en la práctica se tengan listos antes de entrar al laboratorio pues el tiempo es muy limitado. Todos los trabajos y reportes se deben de entregar en la semana de laboratorio no se aceptará que se entregue una semana después.

PRÁCTICA NO. 1

RECONOCIMIENTO DEL TERRENO Y EROSIÓN DE LOS SUELOS

1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Reconocer el terreno e identificar el tipo de manejo y conservación de suelos.
- 1.2. Reconocer las principales causas de la erosión y su importancia dentro del manejo y conservación de suelos.
- 1.3. Realizar un método directo en el campo, para medir la erosión del suelo.

2. Marco Teórico:

El suelo. Es el sustrato sobre el cual se desarrollan las plantas, del cual obtienen agua y elementos nutritivos, entre otros, es necesario que un técnico o profesional agrícola, entienda la génesis (origen) de los suelos y pueda diferenciarlos con claridad en el campo.

El suelo es el soporte físico de la vida y fuente de nutrición de las plantas que se desarrollan en él, e igualmente representa el hábitat de los hongos, bacterias, virus, invertebrados, insectos y animales, todos ellos forman un ciclo de nutrientes.

Así el suelo regula y distribuye el almacenamiento de agua; inmoviliza y desintoxica materiales orgánicos e inorgánicos; y soporta infraestructuras de ingeniería.

Sin embargo, el ser humano (actividades antrópicas) se ha encargado de debilitar las potencialidades del suelo, mediante la realización de actividades inadecuadas como quemas, tala de árboles, contaminación con sólidos y líquidos, monocultivos y prácticas agrícolas irresponsables, sobrepastoreo, entre otras, que generan tres grandes problemas: la erosión, los deslizamientos y la contaminación; lo que afecta la sostenibilidad de los ecosistemas y limita el uso eficiente de los suelos.

Las etapas de desarrollo de un suelo son: 1) formación del material de partida, 2) descomposición de residuos vegetales y animales en algunos casos, 3) incorporación de los productos de la descomposición orgánica en el material mineral de partida u origen; y 4) diferenciación del perfil en horizontes.

Como actividad de campo es importante que se logre diferenciar con claridad, dos cosas: a) el material de partida, que, en esta región, generalmente es material ígneo, que puede ser extrusivo o intrusivo, y en algunos casos de cenizas volcánicas; y b) el reconocimiento del aporte orgánico, el cual puede ser residuos de plantas recién muertas, que pueden estar en proceso de descomposición y que no se diferencian entre hojas y tallos.

El suelo es un material esencial y la base de muchas construcciones. Se define como el conjunto de sedimentos no consolidados, resultado de la alteración de rocas o transportados por agentes como el agua, el viento o el hielo, con la posibilidad de contener materia orgánica. La mecánica de suelos se especializa en el análisis de las propiedades del suelo para su uso en la construcción.

Soporte estructural: El suelo proporciona la base para edificios, carreteras, puentes y otras estructuras.

Estabilidad de taludes y cimientos: El suelo es fundamental para la estabilidad de taludes y para el diseño de cimientos seguros.

Construcción de terraplenes y muros: Se utiliza para construir terraplenes y muros de contención que estabilizan el terreno.

Análisis geotécnico: La mecánica de suelos ayuda a analizar y resolver problemas relacionados con la estabilidad volumétrica, la saturación de agua, la erosión y otros desafíos geotécnicos.

Tipos de suelo:

Suelos granulares (arenosos): Tienen buena permeabilidad y drenaje, pero baja capacidad de soporte.

Suelos cohesivos (arcillosos): Pueden tener alta capacidad de soporte, pero pueden ser problemáticos por su expansión y contracción con la humedad.

Suelos limosos: Tienen una textura fina y pueden ser problemáticos por su baja resistencia y alta permeabilidad.

Suelos orgánicos: Contienen materia orgánica en descomposición y pueden ser inestables.
Pruebas de suelo:

Ensayo de compactación: Determina la densidad máxima del suelo para asegurar una buena compactación.

Prueba de permeabilidad: Mide la velocidad con la que el agua pasa a través del suelo.

Ensayo de corte directo: Evalúa la resistencia al corte del suelo.

Prueba de consolidación: Evalúa la deformación del suelo bajo carga.

En resumen, el suelo es un material complejo y fundamental en la ingeniería civil. Su estudio y análisis son cruciales para garantizar la seguridad, estabilidad y durabilidad de las construcciones

Reconocimiento del terreno. Para hacer buenas prácticas de conservación de suelos, es necesario hacer un reconocimiento del lugar, primeramente, para tener la idea más clara del tipo de prácticas que se van a realizar, es necesario la buena observación ya que depende mucho del tipo de suelo, (textura, profundidad, estructura, color, pedregosidad superficial o interna, inclinación). También se observan otras características, como colindancias, zanjones, tipo de vegetación. Es bueno conocer la cantidad de lluvia que cae al año en la zona, para lo cual se puede preguntar a las personas que viven en el área o conseguir registros de las estaciones meteorológicas más cercanas.

Las prácticas de conservación de suelos se aplican principalmente en suelos inclinados o de laderas, aunque también es necesario aplicarse en suelos planos.

Un reconocimiento de terreno en ingeniería civil implica evaluar las propiedades y condiciones del suelo y la roca en un sitio específico para proyectos de construcción o ingeniería. Este proceso ayuda a determinar la viabilidad del proyecto y a diseñar estructuras seguras y eficientes.

Pasos para realizar un reconocimiento de terreno:

1. Revisión de antecedentes:

Recopilación de información existente sobre el terreno, como estudios geotécnicos previos, mapas geológicos, datos históricos de la zona y planos de construcciones cercanas.

Esta información ayuda a orientar las investigaciones posteriores y a identificar posibles riesgos o problemas.

2. Inspección visual del terreno:

Visita al sitio para observar la topografía, la geomorfología, la presencia de afloramientos rocosos, cuerpos de agua, vegetación, y estructuras existentes.

Identificación de posibles deslizamientos, hundimientos, o zonas inestables.

Análisis de la actividad geológica y geomorfológica, como la presencia de terrazas, fallas, o depósitos sedimentarios.

3. Estudios de campo:

Perforaciones: Se realizan perforaciones en el terreno para obtener muestras de suelo y roca a diferentes profundidades.

Ensayos de penetración: Se utilizan para determinar la resistencia del suelo a la penetración de un objeto.

Pruebas de laboratorio: Se analizan las muestras de suelo y roca en laboratorio para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, como la densidad, la plasticidad, la resistencia a la compresión, etc.

4. Análisis de resultados:

Se analizan los datos obtenidos de los estudios de campo y laboratorio para evaluar la estabilidad del terreno, la capacidad de carga, y otros factores importantes para el diseño.

Se identifican posibles riesgos geotécnicos, como deslizamientos, hundimientos, o problemas de cimentación.

Erosión del suelo. El suelo, como recurso natural, tiene gran importancia porque de él dependen las materias primas que la población requiere, como el alimento, vestido, construcción de viviendas, entre otras; de aquí la premisa de que, al incrementarse la población, se incrementa la demanda de estos bienes. Sin embargo, la extensión de suelo productivo se reduce por fenómenos como su degradación (erosión, exceso de sales y degradación química, física y biológica), así como por las urbanizaciones. La pérdida de suelo productivo es constantemente amenazada por la erosión, que puede ser hídrica y eólica, pérdidas que reducen el potencial de producción.

El objetivo de la conservación del suelo es el de manejar, proteger y mantener, o si es posible, incrementar, la capacidad productiva del suelo, utilizándolo sin que se pierda. Por lo tanto, se debe limitar la erosión a una tasa de pérdida tolerable.

Las formas de medir la erosión hídrica son: 1) métodos directos (en campo) y 2) métodos indirectos (ecuación universal de pérdidas de suelo)

La erosión del suelo es un proceso natural que puede acelerarse por la construcción de viviendas y afectar la estabilidad de los terrenos. Para prevenir la erosión alrededor de las viviendas, se pueden implementar

diversas medidas como el uso de cobertura vegetal, sistemas de drenaje y la construcción de muros de contención.

Causas de la erosión del suelo en zonas de construcción:

Remoción de la vegetación: La vegetación actúa como un escudo natural contra la erosión, ya que sus raíces ayudan a mantener el suelo unido. La construcción a menudo implica la eliminación de la vegetación, dejando el suelo expuesto al viento y al agua.

Desnivelación del terreno: La nivelación del terreno puede desplazar grandes cantidades de suelo, haciéndolo más susceptible a la erosión.

Escorrentía superficial: El agua de lluvia que corre sobre la superficie del terreno puede arrastrar partículas de suelo, especialmente en zonas con pendientes.

Lluvias intensas: Las lluvias torrenciales pueden causar daños significativos al suelo, especialmente en áreas con pendientes y sin protección vegetal.

Medidas de prevención y control de la erosión:

Cobertura vegetal: Sembrar césped, plantas y arbustos alrededor de la vivienda ayuda a proteger el suelo de la erosión. Las raíces de las plantas actúan como una red que sujeta el suelo y reduce el impacto del agua y el viento.

Sistemas de drenaje: Instalar drenajes franceses o sistemas de recolección de aguas pluviales puede desviar el agua de lluvia lejos de los cimientos de la casa, evitando que erosione el suelo.

Muros de contención: Los muros de contención pueden construirse para estabilizar pendientes y evitar deslizamientos de tierra.

Control de la escorrentía: Implementar medidas para reducir la velocidad y el volumen del agua de escorrentía, como la construcción de terrazas o zanjas de infiltración.

Uso de materiales de cobertura: La paja, el mantillo de madera o la grava pueden ayudar a proteger el suelo de la erosión.

Recomendaciones adicionales:

Consultar con expertos: Si se va a construir en una zona propensa a la erosión, es recomendable consultar con ingenieros geotécnicos o especialistas en control de erosión para evaluar el terreno y diseñar soluciones adecuadas.

Mantenimiento: Es importante mantener la cobertura vegetal en buen estado y revisar periódicamente los sistemas de drenaje para asegurar su correcto funcionamiento.

Métodos directos para medir la erosión hídrica.

Método de varillas, clavos y roldanas: Un método directo en el campo es el de reconocimiento (FAO, 1997), con el cual se obtiene una primera aproximación del volumen de la erosión en una situación determinada.

Ventaja: es de bajo costo y sencillo, no se requiere de personal tecnificado, se pueden efectuar muchas mediciones para que los resultados sean confiables y representativos.

Este método ampliamente utilizado consiste en clavar en el suelo una varilla medidora de manera que en su parte superior se puedan "leer" los cambios en el nivel de la superficie del suelo.

Una medición directa se utiliza cuando la erosión está localizada, los índices de erosión son elevados y la posición de la erosión es predecible, como en las tierras en pendiente, deforestadas, o los pasos de ganado a través de los pastizales. No es recomendable para suelos de tierras cultivables.

La siguiente figura muestra el método directo con el uso de varillas para medir el cambio del nivel de la superficie de suelo

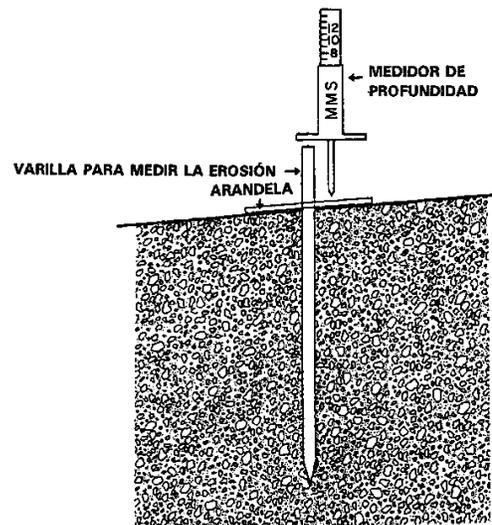


Figura 1. Varillas para medir el cambio del nivel de la superficie.

Parcela de escurrimiento. El método de las parcelas de campo, su mejor uso es para demostración, la finalidad es demostrar hechos conocidos. Se utiliza para mostrar a los agricultores que se está produciendo una erosión grave en su terreno, o mostrarles que la erosión es mucho menor que una parcela que está cubierta de vegetación, que en una parcela descubierta o desnuda.

En este caso, las magnitudes reales de la erosión no son importantes, por lo que no es necesario proceder a hacer repeticiones, ni recurrir a sistemas colectores complicados que tratan de captar toda la pérdida de suelo.

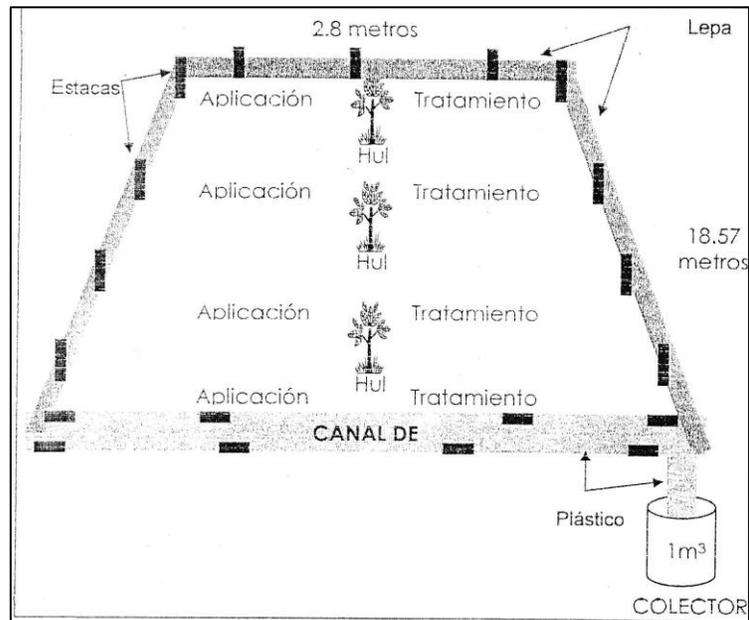


Figura 2. Parcela de escurrimiento para medir la erosión del suelo.

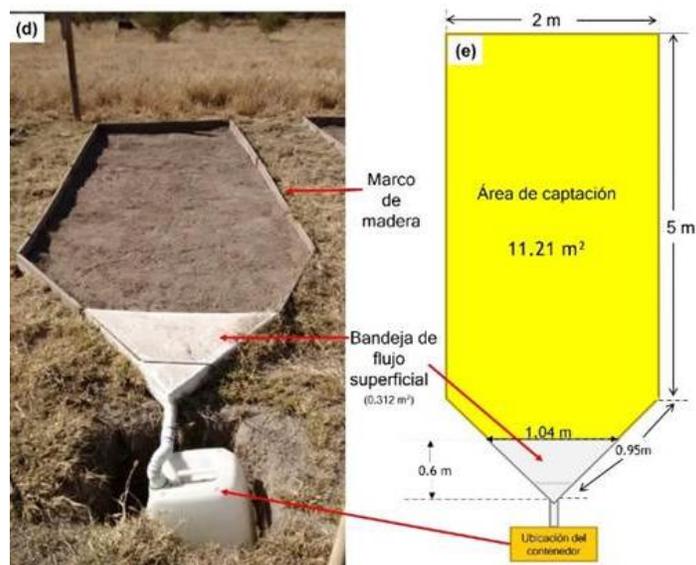


Figura 3. Ejemplo de parcela de escurrimiento.

3. Práctica 1:

3.1. Evaluación visual del suelo

- Identificar el componente o área de la finca (suelo agrícola, potrero, área de hortalizas, otros) que se quiere evaluar.
- Dentro del componente a evaluar, identificar áreas relativamente homogéneas o parecidas en cuanto a pendiente, grado de erosión, cobertura, tipo de labranza, entre otros.

- c. En cada área relativamente parecida, realizar al menos tres muestreos de suelo. La evaluación visual se debe realizar en suelo sin remover o no perturbado.
- d. Muestreo del suelo: con una pala cuadrada, extraer un cubo de suelo de 20 cm de largo x 20 cm de ancho y 20 cm de profundidad. Teniendo cuidado que no se desbarate al momento de extraerlo. Recordar limpiar el material vegetal grueso en el sitio donde se va a realizar el muestreo, en el caso que hay vegetación creciendo solo debe de cortarse el follaje, es decir que las raíces deben de quedar en el suelo.
- e. El cubo extraído se levanta a una altura de un metro, posteriormente se deja caer sobre un saco o plástico, si quedan todavía terrones grandes se vuelven a levantar y dejar caer. Una vez tendida la tierra ubique los terrones más grandes en un extremo y los terrones más finos en el otro extremo.
- f. Proceder a evaluar cada uno de los ocho indicadores, auxiliándose de la tarjeta de calificación de indicadores. Ver que esta tarjeta asigna valor o calificación visual para cada indicador (0= condición pobre; 1= condición moderada; 2= condición buena), comparando la tierra puesta en la bolsa plástica o saco, con las imágenes que se muestran en este instructivo para cada indicador. Ver anexo.
- g. La condición obtenida para cada indicador se multiplica por un factor, dando como resultado el valor total de la condición de ese indicador en ese suelo.
- h. Proceder a sumar los valores totales de los ocho indicadores. Este valor o puntaje total califica o valora el estado del suelo en: 1. Suelo Pobre; si el valor total es menor a 10 puntos. 2. Suelo Medio o Moderado; si el valor total está entre 10 a 25 puntos. 3. Suelo Bueno; si el valor total es superior a 25 puntos.

3.2 Determinación de la erosión del suelo por método directo

- a. Primero realizar un recorrido de campo, en un terreno, para detectar los tipos de erosión (laminar, surcos y cárcavas).
- b. Identificado un terreno con problemas de erosión hídrica, implementar los dos métodos directos de medición de la erosión.
 - **Método de varillas, clavos y roldanas:** distribuir las varillas, clavos y roldanas a cada 10 o 20 metros, para medir el cambio del nivel de la superficie.
 - **Método por parcela de escurrimiento:** se utilizará como demostrativa, realizándose con las dimensiones que se presentan en la figura, en un lugar definido en el campo.

3.3 Reportar: Según la tarjeta de valoración visual colocada en el Anexo, realizar la sumatoria para poder realizar el reporte de dicha práctica.

PRÁCTICA No. 2

DETERMINACIÓN DE LA PENDIENTE

1. Propósito de la práctica

- 1.1. Elaborar y calibrar un nivel en A.
- 1.2. Determinar la pendiente de un terreno y el trazo de curvas a nivel.
- 1.3. Seleccionar y diseñar las prácticas para el manejo y conservación de suelos.

2. Marco Teórico

Determinación de la pendiente de un terreno

Existen distintos tipos de prácticas de conservación de suelos, las cuales van a depender de varios factores como: la textura, porcentaje de la pendiente, cantidad de lluvia en el lugar, deforestación entre otros.

Para realizar cualquier tipo de práctica de conservación de suelos en un terreno, primero se debe conocer la pendiente del mismo. La pendiente se refiere a la diferencia de altura entre dos puntos en el terreno y se expresa en grados o en porcentaje. Conocer su medida es esencial, ya que influye en la toma de decisiones relacionadas con el tipo de cultivo, las obras de conservación del suelo a implementar y el espaciamiento entre estructuras.

El porcentaje de pendiente de un terreno determina el distanciamiento necesario entre las obras de conservación del suelo, como las curvas a nivel, que deben ser ajustadas en función de esta pendiente para garantizar su efectividad.

La distancia entre cada curva se determina con base en la siguiente tabla, en donde, la pendiente del terreno determina la distancia entre cada curva.

Tabla 2. Determinación de la distancia entre curvas a nivel según la pendiente del terreno.

| Pendiente del Terreno | Distancia entre Curvas |
|-----------------------|------------------------|
| 5 % | Cada 20 metros |
| 10 % | Cada 15 metros |
| 15 % | Cada 12 metros |
| 20 % | Cada 9.5 metros |
| 25 % | Cada 7.2 metros |
| 30 % | Cada 6.0 metros |
| 35 % | Cada 5.5 metros |
| 40 % | Cada 5.0 metros |

El implemento más práctico y conocido para determinar la pendiente de un terreno, es el Nivel en A, también puede determinarse con un clinómetro, con un nivel de manguera, nivel óptico, entre otros.

El nivel en “A”: es una herramienta con forma de “A” mayúscula, fácil de construir y utilizar. Es muy útil y eficaz para la determinación de la pendiente de un terreno y para el buen manejo de los terrenos ya sean inclinados o planos.

Nivel Óptico:

Un nivel óptico, también conocido como nivel topográfico o equaltímetro, es un instrumento utilizado para medir desniveles entre puntos o transferir cotas de un punto conocido a otro desconocido. Se usa principalmente en topografía para determinar la diferencia de altura entre diferentes puntos y establecer líneas horizontales.

Nivelación diferencial o geométrica. Consiste en medir las distancias verticales y elevaciones de manera directa. Se realiza con el objetivo de establecer puntos de control mediante el corrimiento de una cota, entendiéndose como tal las operaciones encaminadas a la obtención de la elevación de un punto determinado partiendo de otro conocido. La nivelación geométrica o diferencial se clasifica en simple o compuesta.

Nivelación Simple: Es aquella en el cual desde un punto o una sola posición del aparato se puede conocer las cotas o elevaciones de los diferentes puntos que deseamos nivelar. En este se sitúa el nivel en el punto más conveniente el cual ofrezca mejores condiciones de visibilidad. La primera lectura se hace sobre el estadal colocada en el punto estable y fijo que se toma como un BM el cual podrá ser conocido o asumido.

Nivelación compuesta: La nivelación es igual a la simple con la única diferencia que el aparato se plantara más de una vez y por consiguiente la altura del instrumento será diferente cada vez que se cambie. Este tipo de nivelación se realiza cuando los terrenos son bastantes accidentados y exceden visuales de 200m. en otras palabras, la nivelación compuesta es una serie de nivelaciones simples amarradas entre sí por puntos de cambio o de liga del aparato.

Conceptos básicos:

Para el dominio de la nivelación es indispensable el dominio de los siguientes términos.

Lectura de espalda o vista atrás (LE o VA): es una lectura de hilo central efectuada sobre el estadal situado sobre el punto inicial de cota conocida el cual puede ser un BM o un punto de liga. También es conocida como lectura aditiva pues siempre se suma.

Altura de instrumento (HI o AI): es la elevación de la línea de colimación del telescopio cuando el equipo está nivelado medido a partir de una superficie de referencia. La elevación de un punto conocido más la vista atrás es la altura de instrumento buscada.

$$HI = Cota conocida + Vista Atrás = BM + VA$$

Lectura de frente o vista al frente (LF o VF): es una lectura de hilo central efectuada sobre el estadal situada sobre el punto siguiente de avanzada en el estudio es decir sobre el punto sobre el cual queremos conocer la elevación. Esta lectura es necesaria para calcular las elevaciones de los puntos siguientes simplemente

restando la altura del instrumento a la vista de frente. También conocida como lectura deductiva pues siempre se resta.

$$Cota = \text{Altura de instrumento} - \text{Vista Alfrente} = HI - VF$$

Lectura intermedia (LI): es una lectura de hilo central sobre el estadal en puntos de detalle cuyas elevaciones deseemos saber. Las lecturas intermedias son muy usadas para dejar referencias en el desarrollo del trabajo de campo. Toda lectura entre VA y VF es intermedia. Las lecturas intermedias son deductivas y con lecturas de mira sobre puntos de elevación desconocidos.

Puntos de liga o cambio: es un punto intermedio entre dos referencias en el cual se hacen dos lecturas de enlace, una de frente y una hacia atrás.

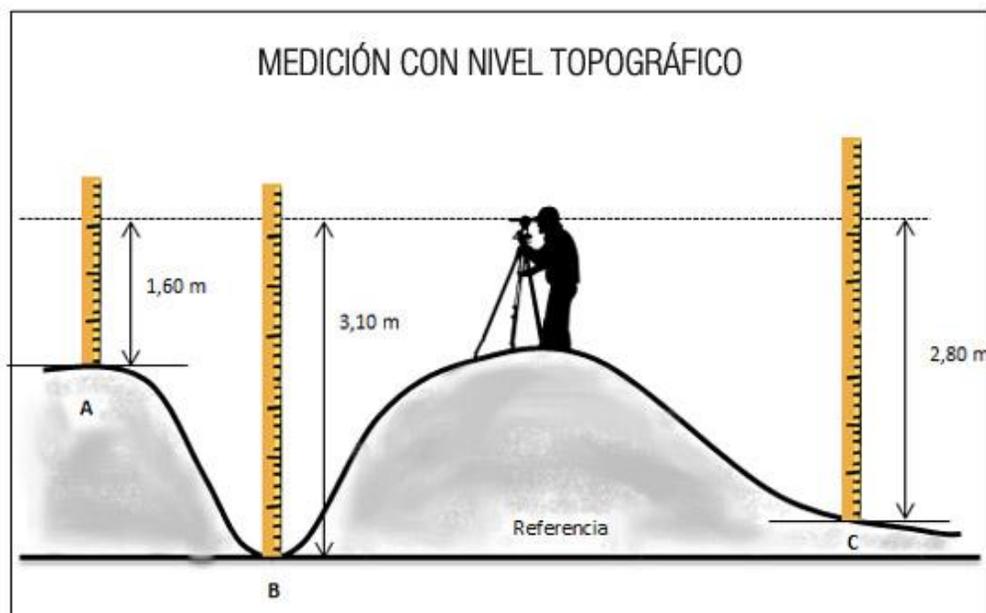


Figura 4. Nivelación topográfica.

Nivelación con manguera: es un proceso que consiste en transportar o pasar puntos de referencia para nivelar una superficie empleando una manguera de plástico transparente llena de agua libre de burbujas y de algún resto de suciedad. En caso de que no se tenga a la mano una toma de agua, se puede usar tubos de vidrio translúcidos, esta técnica se utiliza para trasponer medidas a nivel para dar un estado de horizontalidad.

Materiales: Se necesita una manguera transparente, un balde o fuente de agua, y dos marcas (pueden ser estacas o barras).

Preparación: Se coloca la manguera en posición horizontal, asegurándose de que no haya dobleces ni burbujas.

Llena de agua: Se llena la manguera de agua hasta que se igualen los niveles en ambos extremos.

Nivelación: Se ubican las marcas en los puntos que se quieren nivelar, asegurando que los extremos de la manguera estén a la misma altura.

Verificación: Si las marcas están a la misma altura, los puntos están nivelados. Si no, se debe ajustar la posición de las marcas hasta que el nivel de agua en la manguera sea igual en ambos extremos.

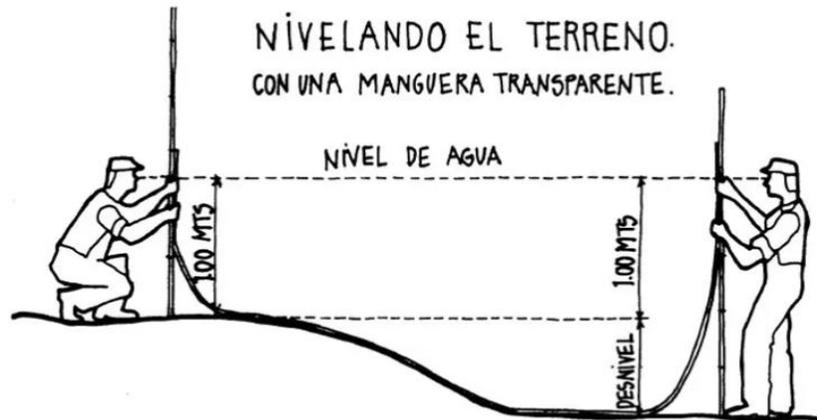


Figura 5. Nivelación con manguera.

Curvas a nivel: se les llama curvas de nivel a las líneas perpendiculares a la pendiente de la ladera en las cuales todos los puntos están alineados al mismo nivel.

El trazo de estas líneas permite implementar prácticas específicas de conservación de suelos, como barreras vivas, barreras muertas, acequias de ladera, entre otras, con el objetivo de reducir la erosión del suelo, aumentar la retención del agua y recuperar la productividad de los terrenos de ladera cuando se emplea en conjunto con otras tecnologías sustentables.

Las curvas de nivel también son importantes en el campo de la ingeniería civil, ya que con ella se pueden determinar las pendientes para distintas aplicaciones, tales como; el diseño de carreteras y sistemas de drenaje hasta el análisis de estabilidad de taludes y la construcción de edificios.

Prácticas de manejo y conservación de suelos.

Existen distintos tipos de prácticas de manejo y conservación de suelos, lo cual va a depender de varios factores para poder tomar el mejor criterio a utilizar; estos factores son la textura, color, porcentaje de pendiente, cuánto llueve en ese lugar, deforestación entre otros.

Entre las prácticas de manejo y conservación de suelos más utilizadas están las prácticas mecánicas, que son las que no llevan ningún tipo de plantas, sino que se realizan a base de técnicas y equipo en donde solamente se utiliza el suelo y materiales inertes. Dentro de ellas están:

Labranza mínima. Consiste en la rotura del suelo solo en las fajas en donde se va a sembrar. Es el término que se utiliza para definir el hecho de reducir al mínimo la labranza, reduciendo la remoción de la capa arable del suelo, para permitir una buena germinación de la semilla y establecimiento de los cultivos. La labranza mínima combina la siembra en contorno, disminuyendo así la erosión del suelo, las actividades culturales se realizan siguiendo las curvas a nivel.

Labranza cero con mulch. Los residuos de cultivo no se queman, sino que se utilizan como mulch. Consiste en dejar sobre el terreno los rastrojos del cultivo anterior, con la finalidad de tener cobertura para proteger el suelo de la erosión, mantener la humedad y la actividad de los microorganismos del suelo. Los rastrojos evitan que la radiación solar alcance directamente la superficie del suelo, reduciendo las temperaturas y manteniendo un rango de 5° y 10° C en las horas pico, en comparación con el comportamiento de las temperaturas en el suelo sin cobertura, bajo las mismas condiciones. El espacio restante del terreno no se rotura y se controlan las malezas manualmente. La importancia de esta práctica es el alto grado de protección que da a los terrenos inclinados, al no roturar completamente el suelo; así como también por incrementar la disponibilidad de nutrientes y el mejoramiento de las condiciones del mismo, al facilitar la aplicación de abono orgánico, o estiércol fresco o descompuesto.

Curvas a nivel. Es una práctica muy utilizada para la conservación de suelos. Esta práctica consiste en el trazo correcto de líneas perpendiculares a la pendiente de la ladera en las cuales todos los puntos están alineados al mismo nivel. El trazo de estas líneas permite reducir la erosión del suelo, aumentar la retención del agua y recuperar la productividad de los terrenos de ladera cuando se emplea en conjunto con otras tecnologías sustentables. Una característica es que las líneas tienden a juntarse conforme aumenta la pendiente.

Curvas al contorno. Es una línea que se traza siguiendo el contorno de los terrenos y puede ir a nivel o a desnivel constante. La curva al contorno sirve como guía en el surcado de los terrenos, en lugares donde puede entrar el arado. Además, sirve de guía para el establecimiento de obras de conservación de suelos. No se recomienda hacer trazos al “ojo”, ya que se corre el riesgo de que los surcos sean el inicio de zanjones y cárcavas.

La siembra en contorno o en curvas de nivel es una práctica de conservación de suelos que consiste en preparar las hileras del cultivo en contra de la pendiente del terreno, siguiendo las curvas a nivel. Ventajas: se puede usar en cualquier cultivo y clase de suelos, aumenta la infiltración y la capacidad de retención de la humedad del suelo, disminuye la erosión eólica e hídrica y la velocidad de la escorrentía, se puede utilizar en cultivos anuales y perennes, facilita la realización de las labores de cultivo, son económicas y de fácil adopción por parte de los productores.

Terraza individual. Es una estructura en forma circular con diámetro de 1.5 a 2.1 m dependiendo del tipo de planta a establecer. Si es para plantas de tronco delgado como la Papaya, el diámetro a usar es de 1.5 m y para árboles de tallo grueso como el mango, aguacate, naranja y plátano, el mínimo es de 2.1 m. Las terrazas individuales se usan para el manejo de árboles frutales en terrenos con pendientes de 12% a 60%. El banco o terraplén de la terraza debe tener una pequeña inclinación hacia adentro, o pendiente inversa, de 5 a 10%. Debe llevar a un lado un pequeño canal de desagüe que evita que el agua almacenada vaya a desbordarse por el talud inferior o de relleno. Se recomienda hacer la construcción de las terrazas individuales antes de

establecer la plantación de los árboles frutales, ya que así se evita destruir hasta más del 70% del sistema radicular y también causar otros problemas a los árboles.

Estudio del suelo. Antes de construir, es crucial realizar estudios geotécnicos para determinar la capacidad portante del suelo, su comportamiento ante cargas y la presencia de riesgos como deslizamientos o hundimientos.

Manejo de taludes. Se utilizan técnicas como el diseño de terraplenes, muros de contención y sistemas de drenaje para estabilizar taludes y prevenir deslizamientos.

Control de erosión. Se implementan medidas como la siembra de vegetación, la construcción de barreras y la aplicación de técnicas de bioingeniería para reducir la erosión del suelo causada por el agua y el viento.

Compactación del suelo. Se utilizan equipos especializados para compactar el suelo, aumentando su densidad y resistencia, lo que mejora su capacidad para soportar cargas.

Sistemas de drenaje. Se diseñan sistemas de drenaje para evitar la acumulación de agua en el suelo, lo que puede causar problemas de estabilidad y erosión.

Uso de materiales alternativos. En algunos casos, se pueden utilizar materiales alternativos como geotextiles y geosintéticos para mejorar la estabilidad del suelo y reducir la necesidad de excavaciones.

3. Práctica 2:

3.1 El procedimiento para la construcción de un Nivel en A, es el siguiente:

- a) **Medición y corte de las varas:** se miden y se cortan dos varas de 2.10 metros de largo, se les hace una marca a 2.00 metros a cada una, luego se hace otra marca a un metro de cada una, las cuales se atraviesan en su extremo superior, los 10 centímetros sobrantes será el punto de amarre, se amarran fuertemente, dándoles por lo menos 5 vueltas al amarre y se hace un nudo de media chonga. Luego se corta otra vara de 1.10 metros que será el travesaño.
- b) **Amarrado de las patas:** en un lugar más o menos plano, se colocan dos estacas separadas a dos metros una de la otra, para que sirvan de apoyo a las patas del nivel.
- c) **Amarre del travesaño:** dejando un sobrante de 5 centímetros a cada lado, se colocará el travesaño sobre las marcas de un metro realizadas en las patas, luego se hace el amarre bien fuerte, por lo menos de 5 vueltas más dos vueltas “mordidas”, haciendo nudos de media chonga.
- d) **Colocación de la plomada:** se utiliza una piedra, de preferencia que sea alargada o cualquier objeto pesado el cual se amarra fuertemente con una punta de la pita; luego se cuelga y se amarra al sobrante de la pita del nudo de media chonga que se hizo donde se amarraron las patas. Se debe tener cuidado de que la pita que sostiene la plomada quede en medio de las dos patas; así mismo, la piedra debe quedar una cuarta abajo del travesaño.

Nivelación del nivel: las estacas que se han enterrado separadas a 2 metros, sirven para apoyar las patas del nivel, donde roza la pita de la plomada, se hace una marca (primera). Se le da media vuelta al nivel, cambiando en esta forma la posición de las patas, debiendo quedar apoyadas en las estacas y en el mismo lugar donde estuvieran las otras; donde roza la pita de la plomada se hace la segunda marca. La parte media de las dos

marcas en el punto del nivel, allí quedará la tercera marca que será la que se utilizará; las otras dos marcas se borran. El nivel debe quedar bien firme, cuando por cualquier motivo se desnivela, se debe hacer nuevamente la nivelación para encontrar el nuevo punto de nivel.

3.2 Medición de la pendiente del terreno utilizando el nivel en “A”

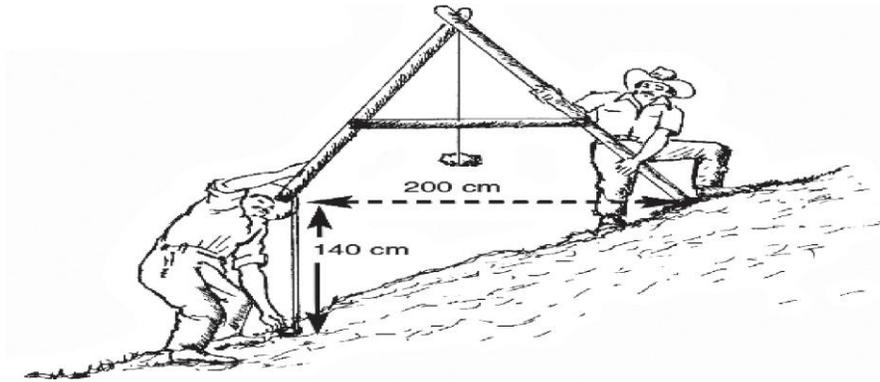


Figura 6. Medición de la pendiente utilizando el nivel tipo “A”

- En el terreno, buscar puntos con pendientes más representativos.
- En uno de los puntos, colocar el nivel, con la abertura de las patas, en dirección de la pendiente.
- Nivelar el aparato, haciendo coincidir la pita de la plomada a la marca que se encuentra en el travesaño.
- Al estar nivelado el aparato, medir en centímetros el espacio que existe entre el suelo y la pata.
- El espacio encontrado se divide entre dos, que en metros es la abertura del aparato, y el resultado es la pendiente expresada en porcentaje.
- El procedimiento se repite en cada uno de los puntos seleccionados.
- Se realiza la sumatoria de las diferentes pendientes y se divide entre el número de lecturas, para obtener la pendiente promedio.

Trazo de la línea madre: el trazo de la línea madre se hace ubicándose en la parte más alta del terreno, proyectando una línea imaginaria hacia abajo, colocando estacas a la distancia recomendada de acuerdo a la pendiente del terreno, la clase de cultivo que se establecerá. Cuando hay más de una inclinación, se traza la línea madre, formada por los puntos o guías en el terreno donde se establecerán las obras de conservación de suelo.



Figura 7. Trazo de línea madre en la medición de pendiente de un terreno.

El porcentaje de la pendiente de un terreno es el número de metros que uno baja o sube en altura cada vez que camina 100 m. Se puede observar que a mayor porcentaje de la pendiente menor la distancia entre curvas.

La distancia entre cada curva se determina con base en la Tabla 1 del marco teórico de la presente práctica, en donde, la pendiente del terreno determina la distancia entre cada curva.

Nivel de agua o nivel de manguera

En obras civiles pequeñas como la de una casa, donde las pendientes no sean muy pronunciadas se puede hacer uso de la manguera de albañil, en un método muy simple y práctico. El nivel de manguera se basa en el principio de la igualdad de los líquidos en reposo que estén comunicados, independientemente de su posición. Este método consiste en utilizar una manguera transparente llena de agua para marcar un nivel en varillas colocadas en los lugares donde se desee conocer el desnivel.

Primero se toma como base una banqueta, donde se coloca una varilla y se marca una altura en esta (ejemplo +1 m del nivel de piso terminado). Después se coloca otra varilla en el lugar donde se quiera obtener el desnivel. En esta varilla se coloca un extremo de la manguera ya con agua y una persona la mantiene firme pegada a la varilla; después, el otro extremo de la manguera se lleva a la primera varilla que ya está marcada a un metro de la banqueta por una segunda persona, quien buscará hacer coincidir el nivel del agua de la manguera con la marca en la varilla. Una vez logrado esto, se le avisará a la persona que sostiene el otro extremo de la manguera pegada a la segunda varilla, que marque el nivel del agua de la manguera en la varilla.

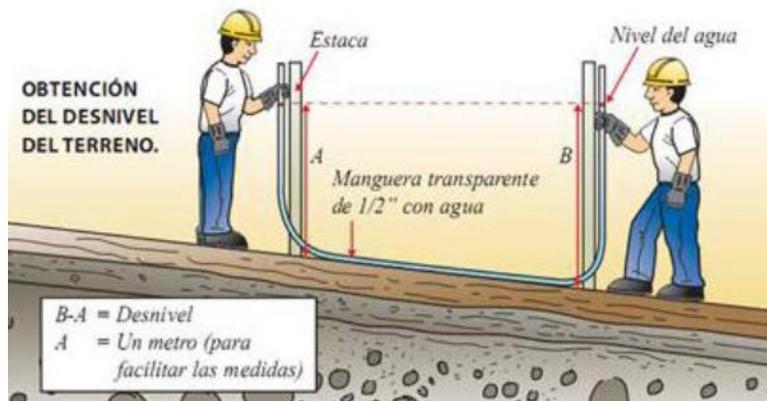
Como las marcas en cada varilla están a un mismo nivel entonces medimos la segunda varilla desde la marca hecha hasta el suelo, y a la medida obtenida le restamos 1 m. La diferencia es la diferencia de alturas (DV). Recordemos que es indispensable mantener la misma cantidad de agua en la manguera mientras se hace esto, cuidando mucho que no se tire el agua por que tendrá que empezar de nuevo.

Debe cuidarse, al llenar la manguera, que no le queden burbujas de aire, pues entonces no da el nivel correcto. (Facultad de Ingeniería UNICEN, 2015)

Para determinar la pendiente realizamos la medición de la distancia Horizontal con una cinta métrica y operamos la siguiente fórmula:

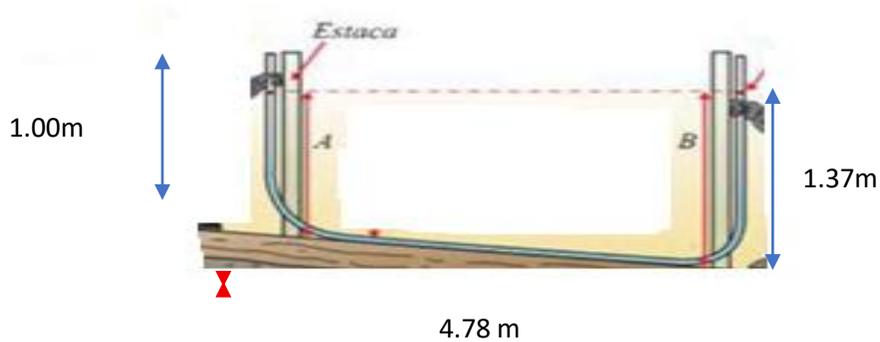
$$Pe(\%) = \frac{DV}{DH} * 100$$

$$Pe(g^{\circ}) = \tan.^{-1} \left(\frac{DV}{DH} \right)$$



Ejemplo:

a) Determinar el porcentaje de pendiente y los grados de inclinación de la siguiente figura



$$Pe(\%) = \frac{1.37-1.00}{4.78} * 100 = \mathbf{7.74\%}$$

$$Pe(g^{\circ}) = \tan.^{-1} \left(\frac{1.37-1.00}{4.78} \right) = 4.426203 = \mathbf{4^{\circ}25'34.33''}$$

NIVELES

Fundamentos de un nivel.

Un instrumento estacionado entre dos puntos cuyo desnivel se pretende calcular y sobre los que se han situado dos reglas graduadas verticales, dirige dos visuales horizontales respectivamente a cada una de ellas, obteniéndose obviamente el resultado apetecido por diferencia entre las dos lecturas realizadas.

Todo problema estriba, pues, en conseguir, con la mayor precisión posible la horizontalización de una visual cualquiera. Un nivel tórico acoplado a un anteojo de tal manera que el eje de colimación de este sea paralelo a la tangente al nivel en el centro de su burbuja (directriz), supuesto suficiente sensibilidad en el nivel, resuelve evidentemente el problema.

MÉTODO DEL PUNTO EXTREMO.

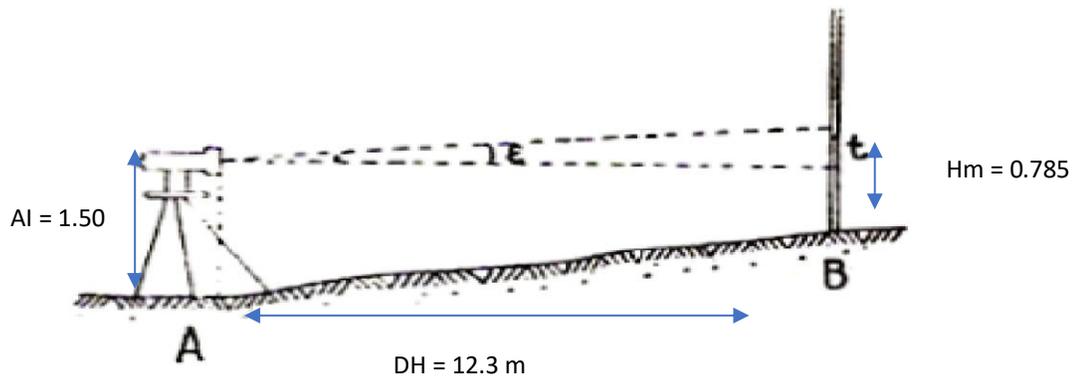
Por este método se estaciona el instrumento en uno de los puntos y se colocará la mira en el otro. Si la visual es horizontal el desnivel vendrá dado por la expresión:

$$\text{Desnivel} = \text{AI} - \text{Hm}$$

diferencia entre la altura **i** del instrumento y la lectura **m** de mira.

$$Pe(\%) = \frac{HI - Hm}{DH} * 100$$

Ejemplo:



$$Pe(\%) = \frac{1.5 - 0.785}{12.3} * 100 = \mathbf{5.81\%}$$

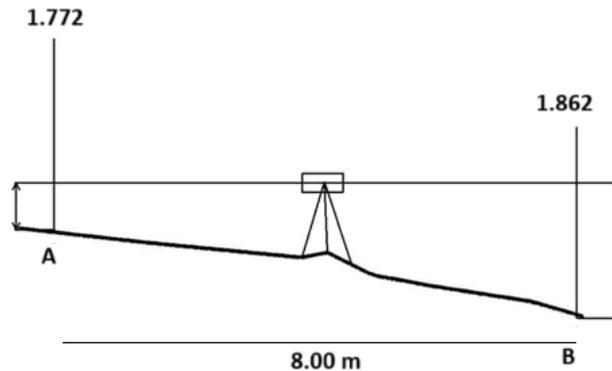
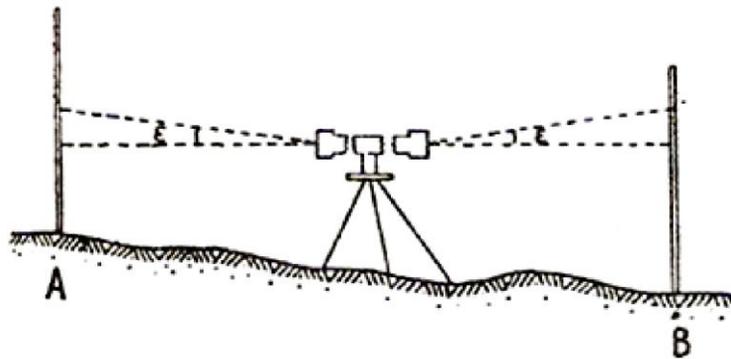
MÉTODO DEL PUNTO MEDIO.

Es el más recomendable y el que ha de usarse, siempre que sea posible, por eliminar todos los errores sistemáticos del nivel, incluso los de defectuosa corrección. Consiste en estacionar un nivel a la mitad de la

distancia que separa los dos puntos cuyo desnivel pretendemos hallar; la diferencia de las lecturas de mira nos dará siempre el desnivel.

Según sabemos, ha de apreciarse hasta el milímetro en la lectura de mira, lo que limita la longitud de las visuales; por otra parte, la nivelación es más precisa a distancias cortas que a distancias largas y por eso suele limitarse la longitud de nivelada a 80 metros, lo que permite obtener desniveles, por este método, hasta doble distancia.

$$Pe(\%) = \frac{Hm A - Hm B}{DH} * 100$$

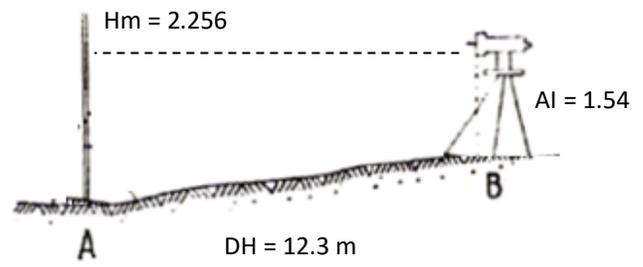
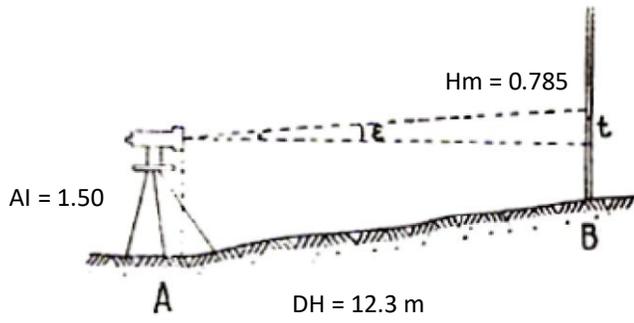


$$Pe(\%) = \frac{1.772 - 1.862}{8.0} * 100 = -1.125\%$$

MÉTODO DE ESTACIONES RECÍPROCAS.

Los métodos estudiados tienen el inconveniente de su falta de comprobación; esto puede conseguirse utilizando el método de estaciones recíprocas, que exige hacer dos estaciones, primero en A para hallar el desnivel de A a B por el método del punto extremo y después en B, para hallarlo en sentido opuesto. Con este método también se eliminan los errores sistemáticos del nivel.

Ejemplo:



$$PeAB(\%) = \frac{1.5 - 0.785}{12.3} * 100 = \mathbf{5.813\%} \quad PeBC(\%) = \frac{1.54 - 2.256}{12.3} * 100 = \mathbf{-5.821\%}$$

HOJA DE TRABAJO No. 2

Encuentre la pendiente que hay en el terreno de la figura que se muestra a continuación.

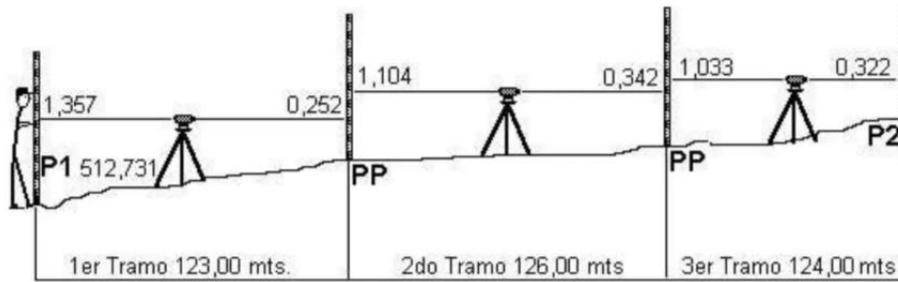


Figura 8.

PRÁCTICA No. 3

PRÁCTICAS PARA EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

1. Propósito de la práctica

- 1.1. Conocer las distintas prácticas agronómicas para el manejo y conservación de suelos.
- 1.2. Valorar las distintas prácticas agronómicas para el manejo y conservación de suelos.
- 1.3. Conocer las distintas prácticas mecánicas utilizadas en el manejo y conservación de suelos.

2. Marco teórico

Rotación de cultivos. Se define como la sucesión recurrente y más o menos regular de diferentes cultivos en el mismo terreno. Ventajas: reduce las necesidades de labranza y maquinaria, evita problemas de compactación de suelos, se produce un intercambio de nutrientes más estables, mejora la fertilidad del suelo, disminuye la erosión del suelo, son económicas y de fácil adopción por parte de los productores. La rotación de cultivos consiste en alternar plantas de diferentes familias con necesidades nutritivas diferentes en un mismo lugar durante distintos ciclos, evitando que el suelo se agote y que las enfermedades que afectan a un tipo de plantas se perpetúen en un tiempo determinado.

Abonos verdes. Se refieren al uso de material vegetal verde (hojas, ramas) que no está descompuesto, para incorporarlo como abono a la capa superficial del suelo. Se les dice abonos verdes a varias clases de leguminosas que se usan para abonar el suelo, los más conocidos son: maní forrajero (*Arachis pintoi*), frijol de abono (*Mucuna deeringianum*), canavalia (*Canavalia ensiformis*), vigna (*Vigna spp.*), dolichos (*Dolichus lablab*) y algunas especies arbustivas y arbóreas como el gandul (*Cajanus cajan*), madrecaao (*Gliricidia sepium*) y pito (*Erythrina* sp.), crotalaria (*Crotalaria juncae*), entre otros.

La importancia de los abonos verdes y plantas de cobertura es que mantienen y aumentan el contenido de materia orgánica en el suelo y con el uso de leguminosas, por la capacidad que tienen de fijar nitrógeno de la atmósfera, también se logra aumentar la cantidad de este elemento disponerlo al cultivo. Además, mejora otras condiciones del suelo como la estructura, la retención de humedad, el ablandamiento del suelo y la filtración. Ventajas: control de malezas, disminuyen la erosión del suelo, ayudan a la fijación de nitrógeno en el suelo, se puede asociar con cultivos anuales o perennes, mantienen la humedad del suelo, mejora la fertilidad del suelo, son económicas y de fácil adopción. El distanciamiento de siembra es dependiendo de las especies, pero por lo regular es de 80 cm, entre surcos y 50 cm, entre posturas colocando dos semillas por postura.

Barreras vivas. Son hileras de material vegetativo perenne que se siembran en el terreno, a distanciamientos cortos (0.15 m). Se establecen en curvas a nivel o al contorno de los terrenos con pendientes menores a un 35 % y sus objetivos principales son disminuir la velocidad de la escorrentía superficial, detener el suelo arrastrado por el agua lluvia en los terrenos y aumentar la humedad en los mismos. La distancia entre barrera dependerá de la pendiente del terreno. Algunas plantas que se pueden usar como barrera viva son: Zacate Elefante (*Pennisetum purpureum*), Izote (*Yuca elephantipes*), Vetiver (*Vetiveria zizanioides*), Piña (*Ananas comosus*), entre otras.

Esta práctica se recomienda en pendientes hasta del 15%; en pendientes mayores, deberán ir acompañadas de otras prácticas y obras de conservación de suelo y agua como: labranza de conservación o acequias de laderas o ambas en el caso de cultivos limpios, y de terrazas individuales, si se establecen frutales.

Ventajas: Es una práctica de conservación de suelo aplicable a todos los sistemas agrícolas de ladera, que retiene la tierra erosionada, soporta altas escorrentías de agua por la acción filtrante de las barreras vivas lo que provoca la acumulación de sedimentos y la formación de capas orgánicas, la capa orgánica (mulch) formada reduce la velocidad de la escorrentía, se favorece la filtración del agua al subsuelo y el suelo almacena mayor humedad, de tal forma que se mejoran las condiciones para los cultivos, se disminuyen las pérdidas de suelo, agua y nutrientes. Las barreras vivas son sencillas, de simplicidad en el diseño y facilidad de mantenimiento. Son económicas y de fácil adopción por parte de los productores.



Figura 9. Barrera viva siguiendo el trazo de curvas a nivel

Siembra en contorno o en curvas a nivel: La siembra en contorno es un tipo de labranza en laderas que sigue los trazos de las curvas a nivel. Cuando se remueve el suelo por el mismo surco se puede llegar a conseguir la formación de pequeñas terrazas.

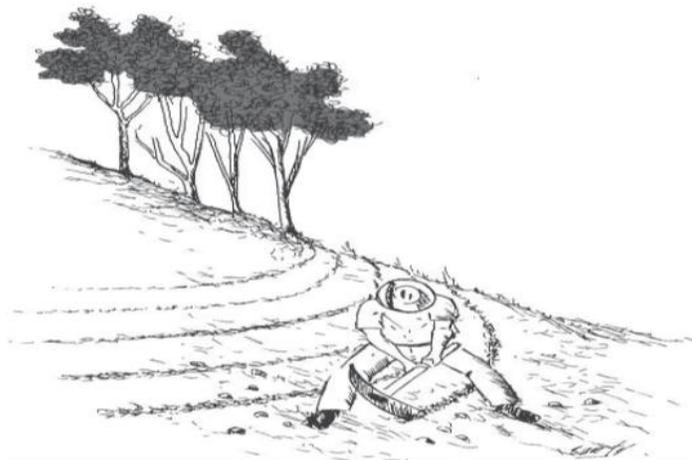


Figura 10. siembra en contorno siguiendo el trazo de las curvas a nivel

Prácticas Agronómicas

Siembra en contorno o en curvas a nivel: en su reporte, muestre fotografías de un terreno cultivado con siembra en contorno o en curvas a nivel.

Barreras vivas: en las curvas a nivel realizadas en la Práctica No. 1, sembrar plantas acordes a la zona que se desea conservar como ejemplo Izote (Yuca elephantipes) u otra planta, a 20 cm de espacio entre cada una.

Acequias de ladera (agronómicas): en su reporte, muestre fotografías de un terreno cultivado con siembra en contorno o en curvas a nivel.

Prácticas Mecánicas

Acequias de ladera (mecánicas): en su reporte, muestre fotografías de un terreno en donde se utilice material inerte.

Barreras muertas: En las curvas a nivel realizadas en la Práctica No. 1, colocar piedras como barreras muertas.

En ingeniería civil, el manejo y conservación del suelo son cruciales para la estabilidad de estructuras y la prevención de problemas como la erosión y la degradación. Esto implica técnicas para mejorar la calidad del suelo, controlar la erosión, y asegurar la estabilidad de terraplenes y taludes.

Manejo del suelo en ingeniería civil:

Estabilización de suelos:

Se utilizan técnicas como la compactación, la adición de materiales estabilizadores (como cal o cemento) o la sustitución del suelo existente por material más adecuado para mejorar la capacidad de carga y la resistencia al corte del suelo.

Control de la erosión: Se implementan medidas como la construcción de terrazas, muros de contención, sistemas de drenaje y la revegetación para reducir la pérdida de suelo por acción del agua y el viento. Llamadas barreras vivas.

Mecánica de suelos: Se estudian las propiedades físicas y mecánicas del suelo para diseñar estructuras seguras y estables, considerando factores como la resistencia, la compresibilidad y la permeabilidad.

Conservación del suelo en ingeniería civil:

Prevención de la erosión: Se priorizan acciones para evitar la erosión, como la revegetación de taludes, la construcción de obras de protección y el manejo adecuado del agua superficial.

Mejora de la calidad del suelo: Se busca mantener o mejorar la fertilidad del suelo para asegurar su capacidad de soportar vegetación, lo cual contribuye a la estabilidad de las estructuras y a la prevención de la erosión.

Uso sostenible del suelo: Se fomenta un enfoque que minimice el impacto de las obras de ingeniería en el suelo, considerando su capacidad de soporte y su función ecológica.

Importancia en proyectos de ingeniería:

Estabilidad de taludes y terraplenes: Un buen manejo y conservación del suelo aseguran la estabilidad de taludes en cortes y terraplenes, evitando deslizamientos y colapsos.

Durabilidad de las estructuras: La selección adecuada del suelo y la implementación de medidas de conservación contribuyen a la durabilidad de las obras civiles, reduciendo el riesgo de daños por erosión o deterioro.

Impacto ambiental: Un enfoque sostenible en el manejo del suelo minimiza el impacto ambiental de los proyectos de ingeniería, protegiendo los recursos naturales y la calidad del entorno.

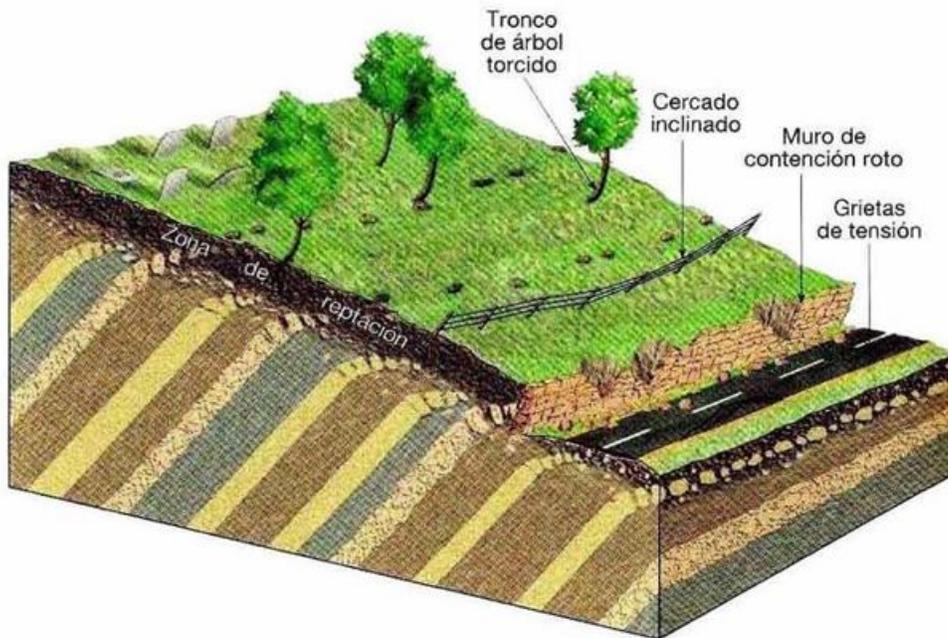


Figura 11. Conservación de suelos.

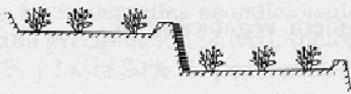
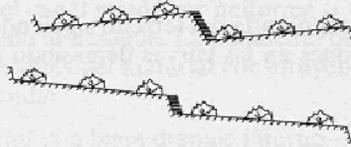
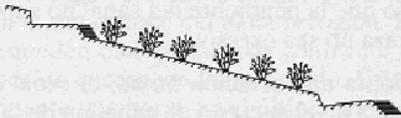
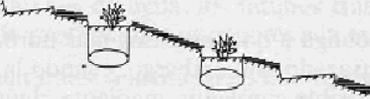
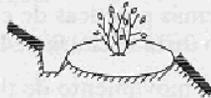
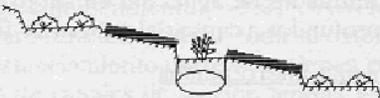
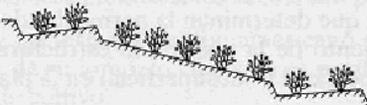
| Uso de la tierra y cultivo | Vista de la sección transversal | Tipo |
|---|--|---|
| A. Tipo Continuo (para suelos profundos y pendientes de 7° a 25°) | | |
| 1. Para arroz o para riego de inundación. |  | Terrazas de banco a nivel o de irrigación |
| 2. Principalmente para cultivos sin riego o de regadío en en la estación seca. |  | Terraza de banca inclinada a. En contrapendiente b. Con la pendiente hacia fuera. |
| B. Tipo Discontinuo (para suelos poco profundos a profundos y pendientes de 7° a 30°) | | |
| 3. Para cultivos de tierras altas, especialmente para cultivos semipermanentes. |  | Acequia de ladera |
| 4. Para cultivos forestales o árboles frutales en pendientes pronunciadas. |  | Terrazas de huerto |
| 5. Para plantas o árboles individuales. |  | Terracetas individuales |
| C. Tipo transitorio (para suelos profundos y pendientes de 7° a 25°) | | |
| 6. Para agricultura mixta o para cambios futuros en el uso de la tierra. |  | Terrazas convertibles |
| 7. Para ir completando un sistema de bancales durante un período de tiempo. |  | Terrazas intermitentes |

Figura 12. Prácticas mecánicas y agronómicas.

3. Práctica 3.

La importancia de la implementación de las prácticas de conservación de suelos, en las diferentes regiones

Describe cuales son los factores que favorecen la erosión del suelo en nuestro país

Conocía algún método de conservación de suelo, descríbalos.

Qué entiende por rozas y describa cómo afecta el suelo.

ESTABILIDAD DE TALUDES: A una superficie de suelo expuesto que se sitúa en un ángulo con la horizontal se le llama talud sin restricciones. La pendiente puede ser natural o construida. Si la superficie del suelo no es horizontal, un componente de la gravedad hará que el suelo se mueva hacia abajo, como se muestra en la figura 13. Si la pendiente es lo suficientemente grande, puede ocurrir falla de la pendiente, es decir, la masa de suelo en la zona abcdea puede deslizarse hacia abajo. La fuerza motriz supera la resistencia del suelo al corte a lo largo de la superficie de ruptura.

En muchos casos se espera que los ingenieros civiles realicen cálculos para comprobar la seguridad de los taludes naturales, taludes de excavaciones y terraplenes compactados. Este proceso, llamado análisis de estabilidad del talud, implica la determinación y la comparación del corte desarrollado a lo largo de la superficie de ruptura más probable con la resistencia del suelo al corte.

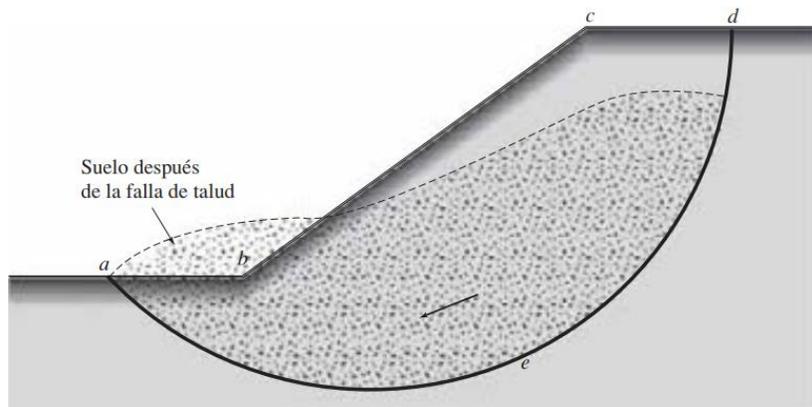


Figura 13. Falla de talud.

El análisis de la estabilidad de un talud no es una tarea fácil. La evaluación de variables tales como la estratificación del suelo y sus parámetros de resistencia al corte en el lugar puede llegar a ser una tarea formidable. Las filtraciones a través del talud y la elección de una superficie de deslizamiento potencial añaden complejidad al problema. En este ejemplo se explican los principios básicos que intervienen en el análisis de estabilidad de taludes.

Factor de seguridad: La tarea del ingeniero encargado de analizar la estabilidad de taludes es determinar el factor de seguridad. En general, el factor de seguridad se define como

$$FS_s = \frac{c' + \sigma' \tan(\phi')}{c'_d + \sigma'_d \tan(\phi'_d)} ; \quad FS_{c'} = \frac{c'}{c'_d} ; \quad FS_{\phi'} = \frac{\tan(\phi')}{\tan(\phi'_d)}$$

C' = cohesión

Φ' = ángulo de fricción de drenado

σ' = esfuerzo normal efectivo en la superficie potencial de falla

Cuando se hace una comparación de las ecuaciones anteriores se puede determinar lo siguiente:

$$FS_s = FS_{c'} = FS_{\phi'}$$

Cuando FS es igual a 1, el talud está en un estado de fallo inminente. En general, un valor de 1.5 para el factor de seguridad con respecto a la resistencia es aceptable para el diseño de un talud estable.

Estabilidad de taludes infinitos

Al considerar el problema de la estabilidad de taludes, podemos comenzar con el caso de un talud infinito, como se muestra en la figura 14. Un talud infinito es aquel en el que H es mucho mayor que la altura del talud. La resistencia del suelo al corte puede ser dada por la ecuación

Vamos a evaluar el factor de seguridad contra una posible falla del talud a lo largo del plano AB situado a una profundidad H por debajo de la superficie del suelo. La falla del talud se puede producir por el movimiento del suelo por encima del plano AB de derecha a izquierda.

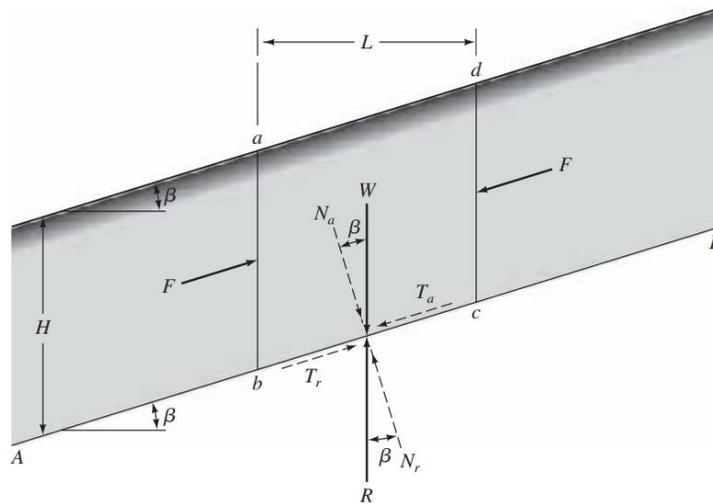


Figura 14. Análisis de un talud infinito (sin filtraciones)

Haciendo un análisis en la figura anterior se llega a las siguientes ecuaciones de factor de seguridad para un talud infinito.

$$FS_s = \frac{c'}{\gamma H * \cos^2(\beta) * \tan(\beta)} + \frac{\tan(\phi')}{\tan(\beta)}$$

Para suelos granulares, $c'=0$, y el factor de seguridad, FS_s , se hace igual a $(\tan \phi') / (\tan \beta)$. Esto indica que, en talud infinito en la arena, el valor de FS_s es independiente de la altura H, y el talud es estable, siempre y cuando $\beta < \phi'$ para suelos no cohesivos se llama ángulo de reposo.

Si un suelo posee cohesión y fricción, la profundidad del plano a lo largo del cual se produce el equilibrio crítico puede ser determinada al sustituir $FS_s = 1$ y $H = H_{cr}$ en la ecuación anterior. Por lo tanto.

$$H_{cr} = \frac{c'}{\gamma} * \frac{1}{\cos^2(\beta) * (\tan(\beta) - \tan(\phi'))}$$

Si hay filtración a través del suelo y el nivel freático coincide con la superficie del suelo, el factor de seguridad con respecto a la resistencia se puede obtener como

$$FS_s = \frac{c'}{\gamma_{sat} H * \cos^2(\beta) * \tan(\beta)} + \frac{\gamma' * \tan(\phi')}{\gamma_{sat} * \tan(\beta)}$$

γ_{sat} = peso unitario del suelo saturado

γ' = peso unitario efectivo del suelo

EJEMPLO:

En la figura 15 se muestra un talud infinito. Los parámetros de la fuerza de corte en la interfase de suelo y roca son los siguientes: $c' = 18 \text{ kN/m}^2$, $\phi' = 25^\circ$.

- Si $H = 8 \text{ m}$ y $\beta = 20^\circ$, encuentre el factor de seguridad contra el deslizamiento sobre la superficie de la roca.
- Si $\beta = 30^\circ$, halle la altura, H , para la que $F_s = 1$.

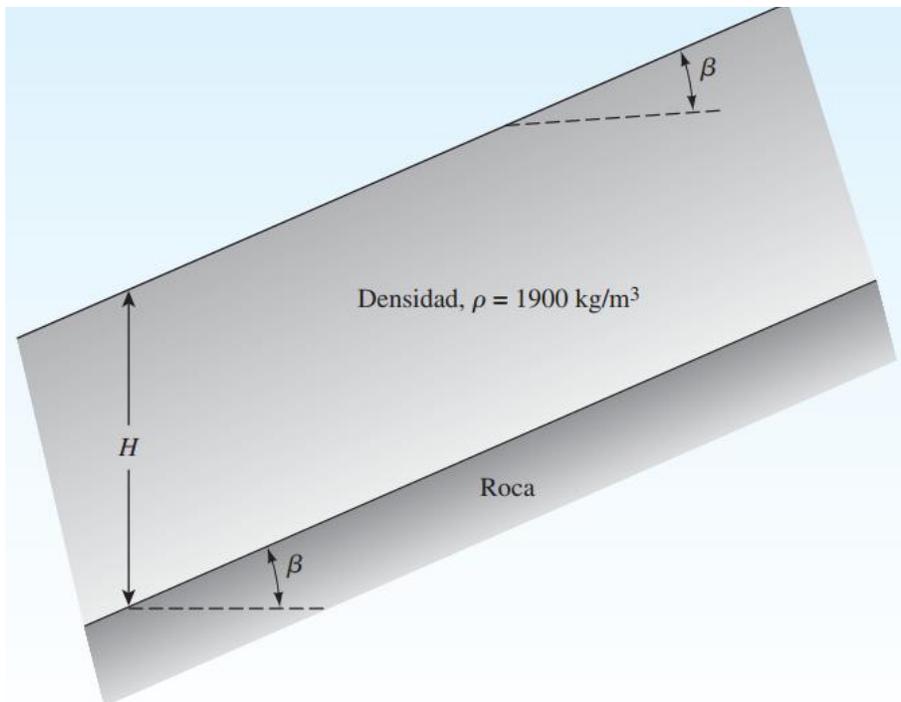


Figura 15.

Solución:

a) Dado que la densidad del material del talud es de $\rho=1900 \text{ kgf/m}^3$ el peso específico del suelo es:

$$\gamma = \rho * g = 1900 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 18639 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} * \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\gamma = 18639 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} = 18.64 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$$

De la ecuación de factor de seguridad obtenemos:

$$FS_s = \frac{c'}{\gamma H * \cos^2(\beta) * \text{tang}(\beta)} + \frac{\text{tang}(\phi')}{\text{tang}(\beta)}$$

$$FS_s = \frac{18\text{KN/m}^2}{18.64 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 8\text{m} * \cos^2(20) * \text{tang}(20)} + \frac{\text{tang}(25)}{\text{tang}(20)}$$

$$FS_s = 0.376 + 1.28 = 1.656$$

b)

$$H_{cr} = \frac{c'}{\gamma} * \frac{1}{\cos^2(\beta) * (\text{tang}(\beta) - \text{tang}(\phi'))}$$

$$H_{cr} = \frac{18\text{KN/m}^2}{18.64 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}} * \frac{1}{\cos^2(30) * (\text{tang}(30) - \text{tang}(25))}$$

$$H_{cr} = 11.6\text{m}$$

¿Cuándo se usa el modelo de talud infinito?

- En laderas largas y poco profundas.
- En estudios preliminares donde se quiere un análisis **rápido y conservador**.
- En suelos superficiales o vegetales (ej. análisis de estabilidad de laderas con lluvias intensas).

Se recomienda seguir leyendo sobre la estabilidad de taludes, especialmente la de taludes finitos.

HOJA DE TRABAJO No. 3

Consulte la figura 15. Si hubo infiltración a través del suelo y el nivel freático coincidió con la superficie del suelo, ¿cuál sería el valor de F_s ? Utilice $H = 8 \text{ m}$, $\rho_{\text{sat}} = 1900 \text{ kg/m}^3$ y $\beta = 20^\circ$

PRÁCTICA No. 4

CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA

1. Propósito de la práctica

- 1.1. Identificar un método y procedimiento de clasificación de tierras basado en su capacidad de uso, adaptado a las condiciones de la República de Guatemala, para su aplicación en estudios técnicos de tierras, con un enfoque principal en fines forestales.
- 1.2. Proponer una base conceptual útil en estudios de tierras y suelos estableciendo un procedimiento técnico uniformizado para la clasificación de tierras por capacidad de uso.
- 1.3. Disponer de un instrumento que pueda ser útil, principalmente en las tareas de ordenamiento espacial en el territorio de productores agropecuarios y forestales.

2. Marco Teórico

Capacidad de uso de la tierra: el uso de la tierra se clasifica o evalúa en base al razonamiento de uso actual y uso potencial del suelo, de dicha comparación se determina la intensidad de uso, con lo cual se permite clasificar como uso correcto, sobre uso y sub-uso, de las unidades de suelo sujetas al estudio.

La capacidad de uso del suelo es una forma de clasificar los suelos según un ordenamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo, fundamentado en la aptitud natural que presenta el suelo para producir constantemente bajo tratamiento continuo y usos específicos.

Este ordenamiento proporciona una información básica que muestra la problemática de los suelos bajo los aspectos de limitaciones de uso, necesidades y prácticas de manejo que requieren y también suministra elementos de juicio necesarios para la formulación y programación de planes integrales de desarrollo agrícola.

Guatemala es un país que, a pesar de tener relativamente una pequeña extensión territorial, cuenta con gran diversidad de condiciones biofísicas.

Se considera un primer nivel representado por la región natural, la cual está definida por límites que incluyen criterios geológicos, climáticos, edafológicos e hidrográficos (fisiográficos). Se diferencian rangos en los niveles de los factores limitantes, según la región natural en que se dividió el país.

Las categorías de capacidad de uso, presentan un ordenamiento de mayor a menor intensidad de uso posible. Como factores que limitan la utilización de las tierras, se han considerado aquellos que afecten directamente a los usos forestales en cuanto a su crecimiento, manejo y conservación; de fácil medición o estimación y de bajo costo.

Para la clasificación de tierras por su capacidad de uso, se hacen agrupaciones de interpretación con fines agrícolas, para lo cual se deben definir las unidades de mapeo, donde se puedan generalizar las potencialidades del suelo, limitaciones de uso y problemas de manejo.

Con la finalidad de considerar las variaciones geológicas, topográficas, climáticas y edáficas (fisiográficas), así como la influencia que generan estos componentes sobre la capacidad de uso de las tierras, se hizo una división del país en lo que se le denominó regiones naturales.

Con ello se pretende evitar resultados divergentes al aplicar de una manera global los distintos niveles de los factores limitantes de la capacidad de uso de la tierra. Siguiendo límites naturales comprendidos entre los componentes fisiográficos (suelo, clima, geología y relieve), se identificaron siete regiones naturales en Guatemala.

La delimitación de cada una de las Unidades Naturales se realizó con el apoyo del Mapa Geológico de Guatemala (IGN) a escala 1/500,000 y del Mapa Hipsométrico de Guatemala (IGN) a escala 1/500,000 y se hace necesario enfatizar, que esta regionalización, es específicamente para los fines de aplicación de la presente metodología de clasificación de tierras según su capacidad de uso. Los usos para otros fines deben fundamentarse.

Las regiones definidas son las siguientes: Tierras de la Llanura Costera del Pacífico, Tierras Volcánicas de la Bocacosta, Tierras Altas Volcánicas, Tierras Metamórficas, Tierras Calizas Altas del Norte, Tierras Calizas Bajas del Norte, Tierras de las Llanuras de Inundación del Norte.

Las metodologías para la clasificación de tierras, son: Clasificación agrológica del USDA, Clasificación de tierra del Centro Científico Tropical (CCT) de Costa Rica, Clasificación de tierras de T. C. Sheng y la metodología que se ha venido validando a nivel nacional, que es la Clasificación de tierras del INAB.

Factores que determinan la capacidad de uso de la tierra.

Entre los factores que se consideran como determinantes están la profundidad efectiva del suelo y la pendiente del terreno, ambos varían en sus rangos dentro de las regiones en que se dividió al país.

Adicionalmente se consideran la pedregosidad (superficial e interna) y el drenaje superficial, como factores que en forma temporal o permanente pueden modificar la capacidad de uso de la tierra.

Estos cuatro factores fueron considerados dentro del esquema adoptado en virtud de que, a juicio de expertos, son los que principalmente definen la aptitud física para el crecimiento, manejo y conservación, de una unidad de tierra cuando es utilizada para propósitos específicos como usos de naturaleza forestal y agroforestal.

Categorías de capacidad de uso.

Las categorías de capacidad de uso que se emplean en la metodología se ordenan en forma decreciente en cuanto a la intensidad de uso soportable sin poner en riesgo la estabilidad (física) del suelo, se presentan a continuación. No se incluyen criterios de fertilidad de suelos, ni aspectos ligados a la producción (acceso, mercados y costos), por lo que son categorías indicativas de usos mayores en términos de la protección que ofrecen a las capas superiores del suelo.

Las categorías son las siguientes:

- Agricultura sin limitaciones (A): áreas con aptitud para cultivos agrícolas sin mayores limitaciones de pendiente, profundidad, pedregosidad o drenaje. Permiten cultivos agrícolas en monocultivo o asociados en forma intensiva o extensiva y no requieren o, demandan muy pocas, prácticas intensivas de conservación de suelos. Pueden ser objeto de mecanización.
- Agricultura con mejoras (Am): áreas que presentan limitaciones de uso moderadas con respecto a la pendiente, profundidad, pedregosidad y/o drenaje. Para su cultivo se requieren prácticas de manejo y

conservación de suelos, así como medidas agronómicas relativamente intensas y acordes al tipo de cultivo establecido.

- Agroforestería con cultivos anuales (Aa): áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad efectiva del suelo, donde se permite la siembra de cultivos agrícolas asociados con árboles y/o con obras de conservación de suelos y prácticas o técnicas agronómicas de cultivo.
- Sistemas Silvopastoriles (Ss): áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad, drenaje interno que tienen limitaciones permanentes o transitorias de pedregosidad y/o drenaje. Permiten el desarrollo de pastos naturales o cultivados y/o asociados con especies arbóreas.
- Agroforestería con cultivos permanentes (Ap): áreas con limitaciones de pendiente y profundidad, aptas para el establecimiento de sistemas de cultivos permanentes asociados con árboles (aislados, en bloques o plantaciones, ya sean especies frutales y otras con fines de producción de madera y otros productos forestales).
- Tierras forestales para producción (F): áreas con limitaciones para usos agropecuarios; de pendiente o pedregosidad, con aptitud preferente para realizar un manejo forestal sostenible, tanto del bosque nativo como de plantaciones con fines de aprovechamiento, sin que esto signifique el deterioro de otros recursos naturales. La sustitución del bosque por otros sistemas conlleva a la degradación productiva de los suelos.
- Tierras forestales de protección (Fp): áreas con limitaciones severas en cualquiera de los factores limitantes o modificadores; apropiadas para actividades forestales de protección o conservación ambiental exclusiva. Son tierras marginales para uso agrícola o pecuario intensivo.

Tienen como objetivo preservar el ambiente natural, conservar la biodiversidad, así como las fuentes de agua. Estas áreas permiten la investigación científica y el uso ecoturístico en ciertos sitios habilitados para tales fines, sin que esto afecte negativamente el o los ecosistemas presentes en ellas. También se incluyen las áreas sujetas a inundaciones frecuentes, manglares y otros ecosistemas frágiles. Las áreas cubiertas con mangle, están sujetas a regulaciones reglamentarias especiales que determinan su uso o protección.

Esta categoría también incluye las zonas denominadas bosques de galería, las cuales son áreas ubicadas en las márgenes de los ríos, riachuelos o quebradas y en los nacimientos de agua.

Tienen como función, retener sedimentos que proceden de las partes altas, la protección de los cauces, espejos de agua y captación del agua de lluvia, a través de la parte aérea de la vegetación existente. Los bosques de galería pueden delimitarse con una franja de 15 a 30 metros de ancho de cobertura vegetal a partir de las márgenes de los ríos, riachuelos, quebradas y nacimientos de agua, a lo largo de los mismos.

3. Práctica 4:

3.1. Fase de gabinete

Realizar un conocimiento general del área. Interesa conocer su localización geográfica, ubicación política, acceso, extensión, información relevante sobre clima y sus principales variables (precipitación pluvial, temperatura, vientos) y otras características del área como zonas de vida, formas de la tierra y origen de los suelos, clasificaciones existentes sobre el sitio.

- Realizar en una hoja de papel un mapa del paisaje o un mapa de unidades fisiográficas incluyendo todas las variables posibles dadas en el marco teórico.
- Realizar en una hoja de papel un mapa de pendientes.

3.2 Fase de campo

- Verificar los límites del área a trabajar.
- Determinar las profundidades del suelo mediante cortes de camino, a dos profundidades de 0 – 30 cm y de 30 – 60 cm. A dichos cortes realizar observaciones de textura organolépticas y tomar datos para clasificarlos. Indicar en el nivel en donde se manifiestan los factores modificadores. Esto puede indicarse o anotarse en el mapa de paisaje o mapa de unidades fisiográficas.
- Chequeo de pendientes, el cual consiste en medir en el campo las pendientes máximas. Esto puede realizarse mediante el nivel en A o el nivel de manguera para efectos de la práctica.
- Se procede a las verificaciones de las unidades de cobertura y uso de la tierra predominante en cada una de las unidades.
- Para el análisis de las muestras de suelo utilizar la tabla de análisis visual del suelo que se encuentra en el anexo.
- Matrices de decisión y asignación de categorías de uso.

Se deben combinar los niveles de los factores profundidad de suelos y pendientes, para poder asignar categorías de capacidad de uso. Los rangos de los niveles varían según la región natural en que fue dividido el país, tal y como se presenta en los cuadros 1 a 7 del manual de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso del INAB.

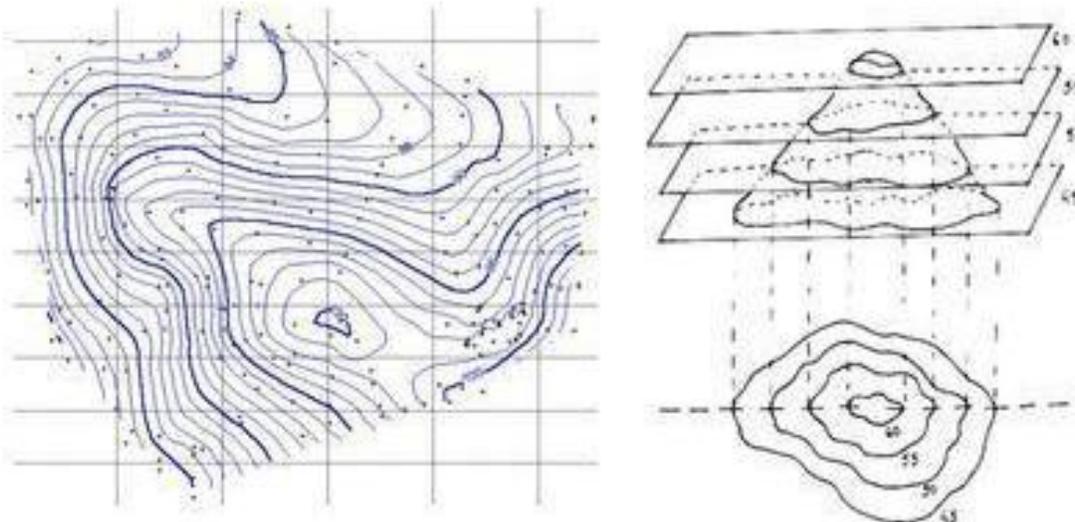


Figura 16. Curvas de nivel

3.3 Reportar

En el reporte se debe realizar el mapa de la capacidad y uso del suelo. A cada unidad de tierra identificada en el mapa resultante del proceso anterior, con base en los niveles adoptados por cada factor limitante (cuadros 1 a 7), se le asigna una categoría de capacidad de uso.

Seguidamente esta categoría deberá ser analizada a la luz de los factores modificadores de pedregosidad y drenaje a efecto de determinar la categoría de capacidad de uso definitiva.

Si en la fase de campo fueron separadas zonas de limitación por estos factores modificadores podrían hacerse las sobre posiciones que sean necesarias para separar otras unidades de tierra.

El producto resultante es el Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra.

HOJA DE TRABAJO No. 4

Realizar un Plan de manejo y conservación de suelos y de agua de las prácticas realizadas en el laboratorio, en caso que las prácticas de dicho laboratorio no fueran realizadas en un área fuera de la Universidad, realizar un estudio de caso de su localidad. Dentro de este plan debe de incluir el tema de capacidad de uso de la tierra.

El plan de manejo y conservación de suelos y agua es una herramienta designada a apoyar a manejar los recursos de un área, qué debe de incluir el plan:

- Un diagrama o foto del área
- Una lista del manejo del área a trabajar
- Un diagrama o mapa de descripciones de suelos
- Localización e itinerario para instalar nuevas prácticas de conservación
- Un plan de operación y mantenimiento de las prácticas a proponer

PRÁCTICA ALTERNATIVA

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

1. Propósito de las prácticas

- Identificar los tipos de suelos mediante algún método fácil y práctico para determinar de forma aproximada su tipo, textura, color, y característica.
- Diferenciar entre un suelo arcilloso, franco, limo, arenoso por medio del tacto y formación de rollos de suelo húmedo.
- Aprender a clasificar los suelos de acuerdo a los sistemas SUCS y AASHTO.

2. Marco Teórico

2.1. Identificación del suelo.

Suelo: Es la capa compuesta de materiales orgánicos y minerales que cubren la superficie terrestre, siendo un medio de crecimiento para las plantas superiores con diversas propiedades, como textura, estructura, acidez, las cuales influyen en la producción de plantas.

Origen de los suelos.

¿De dónde provienen los suelos? Los suelos se originan con la acumulación de material parental meteorizado y finalmente dividido o separado de la roca madre, y que con su interacción con los organismos vivos se inicia entre ellos la fase constructiva de los procesos de formación del suelo. Así se van diferenciando las capas que descansan sobre el material parental, cada una con espesores que pueden variar desde pocos milímetros hasta varios metros. Las características y el espesor de los suelos dependen de la intensidad con que actúen los procesos de formación, el tiempo que haya durado su acción y la resistencia del material original a sufrir esos cambios. El suelo está formado de sustancias en estado sólido, líquido y gaseoso. La porción sólida está constituida por materiales orgánicos, resultantes de las plantas y animales vivos o muertos, y de sus productos, y materiales inorgánicos o minerales, formados de los residuos de la descomposición de la roca madre.

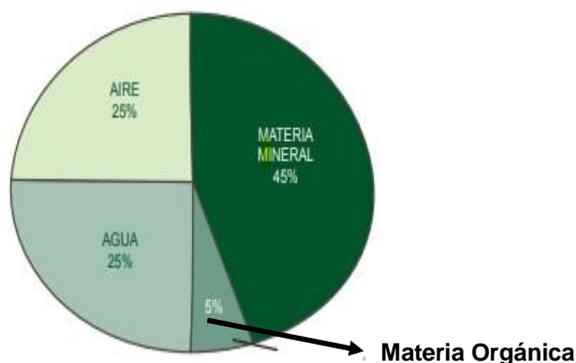
La parte orgánica del suelo está formada de sustancias vivas y muertas, en las cuales se incluyen raíces de plantas, hongos, algas, bacterias, larvas de insectos, roedores. Estos son muy importantes por su capacidad de retención de nutrientes y agua.

La parte líquida del suelo consiste en agua con cantidades variables de materia mineral, de anhídrido carbónico y oxígeno; debido a ella, los nutrientes penetran en las plantas para contribuir a su desarrollo.

La parte gaseosa del suelo también es muy importante; tanto las raíces de las plantas como un número considerable de microorganismos, que desempeñan un papel esencial en los procesos evolutivos del suelo, necesitan cantidades variables de oxígeno proveniente del aire para su existencia.

Como se observa en la Fig. 1, la mayor proporción del suelo está formada de materia mineral, la cual proviene de la descomposición de las rocas.

Fig. 1. Composición de un suelo.
(Adaptado de Suárez, F. de C.)



Características del suelo.

El color del suelo se utiliza para clasificarlo, sirve como indicador de los minerales dominantes presentes en el mismo, además de las condiciones de drenaje, es indicador del contenido y estado de descomposición de la materia orgánica. La herramienta que se utiliza para medir o determinar la coloración del suelo es la tabla Munsell, en ella se muestra una paleta con las diferentes tonalidades que puede tener el suelo y se utiliza comparando la muestra de suelo humedecida contra el color mostrado en la tabla. Según su color, un suelo puede ser:

- Rojo: Se caracteriza por tener un buen drenaje, pasa mucho tiempo seco.
- Amarillo: Es suelo que pasa mucho tiempo húmedo, pero no inundado.
- Amarillo con motes oscuros: Pasa algún tiempo saturado, pero a veces drena.
- Oscuro-gris: No hay drenaje, pasa todo el tiempo saturado, cubierto con agua.
- Gris pálido: Es un suelo con poca presencia de materia orgánica, la cual está totalmente descompuesta.
- Negro: Suelo con un alto porcentaje de materia orgánica descompuesta, presencia de humus.
- Café: Es un suelo con alto contenido de materia orgánica no descompuesta.

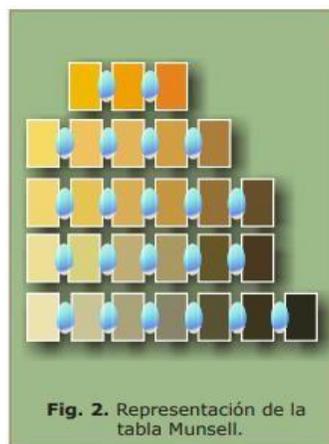


Fig. 2. Representación de la tabla Munsell.



Fig 3. Diferentes texturas de suelo.

| Partícula | Tamaño (mm) |
|-----------|-------------|
| Arena | 2.0-0.05 |
| Limo | 0.05-0.002 |
| Arcilla | < 0.002 |

Clasificación de los suelos:

Existen dos tipos de clasificación de suelos en el área de ingeniería civil:

- Sistema SUCS
- Sistema ASHTOO

Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. Cada letra es descrita debajo (con la excepción de Pt). Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otros. También se le denomina clasificación modificada de Casagrande.

| Símbolo | G | S | M | C | O | Pt | H | L | W | P |
|-------------|-------|-------|------|---------|---------------------------|------------------------------------|------------------|------------------|---------------|--------------|
| Descripción | Grava | Arena | Limo | Arcilla | Limos orgánicos y arcilla | Turba y suelos altamente orgánicos | Alta plasticidad | Baja plasticidad | Bien graduado | Mal graduado |

Si el suelo tiene entre un 5-12% de finos, pasantes del tamiz #200 se considera que ambas distribuciones de granos tienen un efecto significativo para las propiedades ingenieriles del material. Estaríamos hablando por ejemplo de gravas bien graduadas, pero con limos. En esos casos se debe usar doble simbología, por ejemplo: GW-GM correspondiente a "grava bien graduada" y "grava con limo o grava limosa"

Si el suelo tiene más del 15% del peso retenido por el tamiz #4 ($R_{\#4} > 15\%$), hay una cantidad significativa de grava, y al sufijo "con grava" se le puede añadir el nombre del grupo, pero el símbolo del grupo no cambia. Por ejemplo, SP-SM con grava se refiere a "Arena pobremente graduada con limo y grava"

Cuando un suelo presente simbología doble como en los casos mencionados, la primera letra siempre se repetirá. Por ejemplo: SP-SC, el "S"(arena) se repite.

Sistema unificado de clasificación de suelos y tabla de símbolos:

| DIVISIONES PRINCIPALES | | Símbolos del grupo | NOMBRES TÍPICOS | IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO | |
|------------------------|---|--|--|---|--|
| SUELOS DE GRANO GRUESO | GRAVAS | Gravas limpias | Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos. | $Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 | |
| | | (sin o con pocos finos) | Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos. | Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: | |
| | | Gravas con finos | Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo. | Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. | |
| | | (apreciable cantidad de finos) | Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla. | Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$. | |
| | ARENAS | Arenas limpias | Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos. | $< 5\% \rightarrow$ GW, GP, SW, SP. $> 12\% \rightarrow$ GM, GC, SM, SC. | $Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 |
| | | (pocos o sin finos) | Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos. | 5 al 12% -> casos límite que requieren usar doble símbolo. | Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW. |
| | | Arenas con finos | Arenas limosas, mezclas de arena y limo. | Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. | Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble. |
| | | (apreciable cantidad de finos) | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla. | Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$. | |
| | | Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200 | | | |
| | | Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm) | | | |
| SUELOS DE GRANO FINO | Limos y arcillas: | | Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad. | | |
| | | Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas. | | | |
| | | Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad. | | | |
| | Límite líquido menor de 50 | | Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos. | | |
| | | Arcillas inorgánicas de plasticidad alta. | | | |
| | | Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos. | | | |
| | Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200 | Límite líquido mayor de 50 | Turba y otros suelos de alto contenido orgánico. | | |

Clasificación del suelo según AASHTO (ASOCIACIÓN ESTADOUNIDENSE DE FUNCIONARIOS DE CARRETERAS Y TRANSPORTES DEL ESTADO).

Es ampliamente utilizado para clasificar el suelo para la construcción de carreteras, autopistas y aeródromos (pistas de aterrizaje, calles de rodaje) especialmente para material de subrasante. Los requisitos previos del sistema de clasificación de suelos AASHTO son:

1. Análisis mecánico
2. Límite líquido
3. Índice de plasticidad.

Tamaño de grano

- Grava: fracción que pasa el tamiz de 75 mm y se retiene en el tamiz n. ° 10 (2 mm) de EE. UU.
- Arena: Fracción que pasa el tamiz # 10 y retiene el tamiz # 200
- Limo y Arcilla: Fracción que pasa el tamiz # 200

Plasticidad

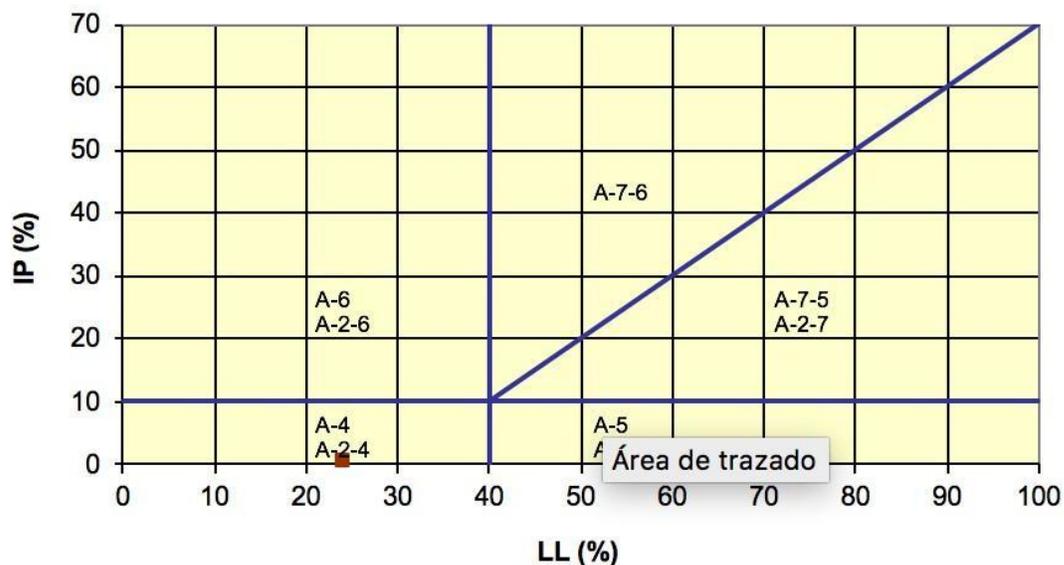
- El término limoso se aplica cuando las fracciones finas tienen un PI < 10
- Se aplica el término arcilloso cuando las fracciones finas tienen PI > 11

Nota: Si se encuentran adoquines y rocas (más de 75 mm), se excluyen de la porción de la muestra de suelo en la que se realiza la clasificación. Sin embargo, se registra el% de edad de dicho material.

Grupos

Los suelos se clasifican en ocho grupos, A-1 a A-8. Los grupos principales A-1, A-2 y a-3 representan los suelos de grano grueso y los A-4, A-5, A-6 y A-7 representa suelos de grano fino. A-8 se identifican mediante inspección visual. Los rangos de LL y PI para los grupos A-4, A-5 A-6 y A-7 se muestran en la siguiente figura.

Clasificación fracción limoso-arcillosa (AAHSTO)



Clasificación fracción limoso-arcillosa (AAHSTO).

Índice de grupo (GI)

Para la evaluación cualitativa de un suelo determinado, también se ha desarrollado un número denominado Índice de grupo.

$$IG = (F_{200} - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F_{200} - 15)(IP - 10)$$

Dónde:

F o F 200 es el% de edad que pasa # 200 tamices expresados como número entero

(también llamado fracción fina)

- LL es el límite líquido del suelo
- PI es el índice de plasticidad del suelo

Cuanto mayor sea el valor de IG, más débil será el suelo y viceversa. Por lo tanto, la calidad del rendimiento de un suelo como material de subrasante es inversamente proporcional al IG. Un suelo con un IG de cero se considera el mejor. Si la ecuación da un valor negativo para GI, considéralo cero. Siempre redondee el GI al número entero más cercano.

GI = 0 para suelos de los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 y A-3. Para los grupos A-2-6 y A-2-7, use GI parcial solo para PI.

$$IG = 0.01(F_{200} - 15) (IP - 10)$$

Descripción de grupos y subgrupos.

- **Grupo A-1.** El material típico de este grupo es una mezcla bien graduada de fragmentos de piedra o gravas, arena gruesa, arena fina y un aglutinante de suelo no plástico o de plástico ligero. Este grupo también incluye fragmentos de piedra, gravas, arena gruesa, cenizas volcánicas, etc., sin un aglutinante bien clasificado de material fino.
 - El subgrupo A-1-a incluye aquellos materiales que consisten predominantemente en fragmentos de piedra o grava, con o sin un aglomerante bien clasificado de material fino. El subgrupo A-1-b incluye aquellos materiales que consisten predominantemente en arena gruesa con o sin un aglomerante de suelo bien graduado.
- **Grupo A-3.** El material típico de este grupo es arena fina de playa o arena fina soplada en el desierto sin finos limosos o arcillosos o con una pequeña cantidad de limo no plástico. Este grupo incluye también mezclas depositadas por la corriente de arena fina mal graduada y cantidades limitadas de arena gruesa y grava.
- **Grupo A-2.** Este grupo incluye una amplia variedad de materiales “granulares”, que están en el límite entre los materiales que caen en los grupos A-1 y A-3 y los materiales de arcilla limosa del grupo A-4 a A-7. Incluye cualquier material que no supere el 35% del cual pase un tamiz # 200 y que no pueda clasificarse como A-1 o A-3 debido a que tenga un contenido de finos o plasticidad, o ambos, que excedan las limitaciones para esos grupos.
- **Grupo A-4.** El material típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, el 75% o más del cual generalmente pasa el tamiz # 200. El grupo también incluye una mezcla de tierra fina y limosa y hasta 64% de arena y grava retenida en el tamiz # 200.
- **Grupo A-5.** El material típico de este grupo es similar al descrito en el Grupo A-4, pero puede ser muy elástico, como lo indica el límite alto de líquido.
- **Grupo A-6.** El material típico de este grupo es un suelo de arcilla plástica del 75% o más del cual generalmente pasa el tamiz # 200. El grupo también incluye mezclas de suelo arcilloso fino y hasta 64% de arena y grava retenidas en el tamiz # 200. Los materiales de este grupo generalmente tienen un cambio de volumen alto entre los estados húmedo y seco.

- **Grupo A-7.** El material típico de este grupo es similar al descrito en el Grupo A-6, pero tiene las características de los límites de líquidos altos del grupo A-5 y puede ser elástico y estar sujeto a grandes cambios de volumen.
 - El subgrupo A-7-5 incluye aquellos materiales que tienen índices de plasticidad moderados en relación con el límite de líquido y que pueden ser altamente elásticos y estar sujetos a cambios considerables de volumen.
 - El subgrupo A-7-6 incluye aquellos materiales que tienen altos índices de plasticidad en relación con el límite de líquido y que están sujetos a cambios de volumen extremadamente altos.
- **Grupo A-8.** El material típico de este grupo es el suelo de turba y lodo que normalmente se encuentra en áreas obviamente inestables y pantanosas. Caracterizado por:
 - Baja densidad
 - Alta compresibilidad
 - Alto contenido de agua y
 - Alto contenido de materia orgánica.

Tabla 1.7 Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO

| Clasificación general | Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200) | | | | | | |
|----------------------------------|---|--------|-------------|----------------------------------|--------|--------|--------|
| | A-1 | | A-3 | A-2 | | | |
| Clasificación de grupo | A-1-a | A-1-b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 |
| Análisis por mallas (% que pasa) | | | | | | | |
| Malla núm. 10 | 50 máx | | | | | | |
| Malla núm. 40 | 30 máx | 50 máx | 51 mín | | | | |
| Malla núm. 200 | 15 máx | 25 máx | 10 máx | 35 máx | 35 máx | 35 máx | 35 máx |
| Para la fracción que pasa | | | | | | | |
| Malla núm. 40 | | | | | | | |
| Límite líquido (LL) | | | | 40 máx | 41 mín | 40 máx | 41 mín |
| Índice de plasticidad (IP) | 6 máx | | No plástico | 10 máx | 10 máx | 11 mín | 11 mín |
| Tipo usual de material | Fragmentos de roca, grava y arena | | Arena fina | Grava y arena limosa o arcillosa | | | |
| Clasificación de la capa | Excelente a buena | | | | | | |
| Clasificación general | Materiales de limo y arcilla (más de 35% de la muestra total pasa la malla núm. 200) | | | | | | |
| Clasificación de grupo | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 | | | |
| Análisis por mallas (% que pasa) | | | | | | | |
| Malla núm. 10 | | | | | | | |
| Malla núm. 40 | | | | | | | |
| Malla núm. 200 | 36 mín | 36 mín | 36 mín | 36 mín | | | |
| Para la fracción que pasa | | | | | | | |
| Malla núm. 40 | | | | | | | |
| Límite líquido (LL) | 40 máx | 41 mín | 40 máx | 41 mín | | | |
| Índice de plasticidad (IP) | 10 máx | 10 máx | 11 mín | 11 mín | | | |
| Tipo usual de material | Principalmente suelos limosos | | | Principalmente suelos arcillosos | | | |
| Calificación subrasante | Regular a malo | | | | | | |

^aSi $IP \leq LL - 30$, la clasificación es A-7-5.

^bSi $IP > LL - 30$, la clasificación es A-7-6.

Identificación de suelos

| Cantidad | Descripción de Materiales |
|-------------------|---|
| 1lb/tipo de suelo | Suelo de diferentes tipos (3 tipos de suelo). |
| 1 | Gotero |
| 1 | Pachón de 500mm lleno de agua |
| 1 | Servidora o cuchara grande |
| 3 | Libreta y lápiz |

4. Práctica.

Identificación de tipos de suelos:

1. Tomar una porción de suelo en la mano (aproximadamente del tamaño de una cucharada grande).
2. Agregar agua lentamente con un gotero.
3. Manipular el suelo con la mano de menor destreza hasta que tome una consistencia pegajosa (la mano más usada es la menos sensible).
4. Manipular el suelo hasta que tome forma de bola.
5. Tratar de formar algunas figuras con el suelo que se tiene.
6. Basado en el Cuadro 3 siguiente, proceder a clasificar el tipo de textura del suelo.
7. Registrar los datos obtenidos.

Cuadro 3. Formas para determinar textura de suelo.

| TIPO | CARACTERÍSTICAS | FIGURA |
|------------------|---|---|
| Arenoso | El suelo permanece suelto y separado y puede ser acumulado sólo en forma de pirámide. | A  |
| Arena Franca | El suelo contiene suficiente limo y arcilla para volverse pegajoso y se le puede dar forma de bola que fácilmente se deshace. | B  |
| Franco Limoso | Parecido a arena franca, pero se le puede dar forma enrollándolo como un pequeño y corto cilindro. | C  |
| Franco | Contiene casi la misma cantidad de arena, limo y arcilla. Puede ser enrollado como cilindro de 6 pulgadas de largo aproximadamente, que se quiebra cuando se dobla. | D  |
| Franco Arcilloso | Parecido al franco, aunque puede ser doblado en forma de 'U' sin excederse y no se quiebra. | E  |
| Arcilla Fina | El suelo puede tomar forma de círculo, pero mostrando grietas. | F  |
| Arcilla Pesada | El suelo puede tomar forma de círculo sin mostrar ninguna grieta. | G  |

Adaptado de: Agricultural Compendium for Rural Development in the Tropics and Subtropics.

ANEXO

| Evaluación Visual del Suelo | | |
|----------------------------------|-------------------|---------------|
| Tarjeta de Calificación | | |
| Indicadores de Calidad del Suelo | | |
| Uso del suelo: | | |
| Comunidad: | Municipio: | |
| Lote/Parcela: | Finca: | Fecha: |

| Tipo de suelo: (marcar con X) | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|--------------------------|---------------------|--------------------------|-----------|--------------------------|
| Textura | Arenoso: | <input type="checkbox"/> | Arcilloso: | <input type="checkbox"/> | Franco: | <input type="checkbox"/> |
| Humedad | Seco: | <input type="checkbox"/> | Ligeramente húmedo: | <input type="checkbox"/> | Húmedo: | <input type="checkbox"/> |
| Estación | Invierno: | <input type="checkbox"/> | Verano: | <input type="checkbox"/> | Canícula: | <input type="checkbox"/> |

| Indicadores visuales: | Calificación | | | Factor | Calificación del Indicador |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|
| Estructura y consistencia | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | x 3 | <input type="text"/> |
| Porosidad | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | x 2 | <input type="text"/> |
| Color | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | x 2 | <input type="text"/> |
| Moteado y abundancia | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | x 1 | <input type="text"/> |
| Conteo de lombrices | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | x 2 | <input type="text"/> |
| Compactación | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | x 1 | <input type="text"/> |
| Cobertura | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | x 3 | <input type="text"/> |
| Profundidad | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | x 3 | <input type="text"/> |
| Suma de los indicadores | <input type="text"/> |

Calificación → **0= Condición Pobre** **1= Condición Moderada** **2= Condición Buena**

| | | | |
|-------------------------------|--|--|---------------|
| Coordenadas WGS84_UTM: | Interpretación de Calidad del Suelo | | Puntos |
| X: _____ | Suelo Pobre | | menos de 10 |
| Y: _____ | Suelo Moderado | | 10 a 25 |
| pH: | Suelo Bueno | | Más de 25 |
| Acido: | | | |
| Alcalino | | | |

6/ Instructivo 2: Evaluación visual de suelos —————

GLOSARIO

ABONOS VERDES: Son plantas con capacidad de adaptarse a diversos suelos y climas, de rápido crecimiento y alto poder de producción de material vegetativo. Se cultivan con el fin de proteger y recuperar el suelo.

AGRICULTURA DE PRECISIÓN: comprende la aplicación de nuevas tecnologías de la Información a la producción agrícola con el fin de mejorar la productividad de los cultivos y disminuir el impacto medioambiental, sin afectar a su calidad.

CAPACIDAD SOPORTE DEL SUELO: esfuerzo vertical al que puede ser sometida una masa de suelo, por efecto de la construcción de estructuras sobre ella, sin que presenten asentamientos que pongan en peligro la integridad o la funcionalidad de dichas estructuras.

CURVAS A NIVEL: Son líneas imaginarias que unen puntos de la misma altitud en el terreno. El espaciado de las curvas a nivel depende de la pendiente del terreno.

EROSIÓN EDÁFICA: es un proceso normal del desarrollo del paisaje, pero solamente en algunas partes del mundo domina otros procesos de desnudamiento. Los otros procesos principales de remoción de sedimentos son los movimientos en masa y los procesos de transporte en masa, y cada uno de ellos es dominante en ambientes adecuados. **EROSIÓN EÓLICA:** Es el desgaste de las Rocas o la remoción del suelo debido a la acción del viento. Ésta se produce en zonas áridas y semiáridas, en zonas de montaña, donde la temperatura cumple el rol de romper la roca -por dilatación y contracción- y la erosión eólica pueda actuar con mayor eficacia.

EROSIÓN FLUVIAL: Es la erosión que se presenta en los cursos de agua (quebradas y ríos). La fuerza tractiva del agua vence la resistencia de los materiales, produciéndose procesos de socavación lateral y de fondo. Los procesos movilizan además de arcillas y limos, otros materiales como arenas, gravas, cantos y bloques, en las formas de acarreo e disolución, suspensión y acarreo de fondo. Los volúmenes movilizados por erosión fluvial son altos, en cauces erosionados.

EROSIÓN HÍDRICA: Es la erosión por agua lluvia y abarca la erosión provocada por el impacto de las gotas sobre el suelo desnudo, como también la acción hidráulica que arranca y transporta las partículas de suelo por el escurrimiento en laderas y taludes. **EROSIÓN LAMINAR:** arrastre de partículas superficiales de este, así como los elementos nutritivos, por un exceso de lluvia, riego o viento a muy corta distancia.

EROSIÓN: La erosión del suelo es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua. El proceso se presenta gracias a la presencia del agua en las formas: pluvial (lluvias) o de escorrentía (escurrimiento), que en contacto con el suelo (las primeras con impacto y las segundas con fuerzas tractivas), vencen la resistencia de las partículas (Fricción o cohesión) del suelo generándose el proceso de erosión.

INCORPORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS: Son cualquier material orgánico que se incorpora al suelo para mejorar sus propiedades físicas y químicas.

LABRANZA CONSERVATIVA: Es la remoción y volteo del suelo que busca mejorar las condiciones para el crecimiento de los cultivos, el control de malezas y plagas del suelo y el mantenimiento de la capacidad de infiltración.

LÍMITE DE CONTRACCIÓN: es la frontera en la cual la muestra de suelo pasa de un estado sólido a un estado semisólido.

LÍMITE LÍQUIDO: es la frontera en la cual la muestra de suelo pasa de un estado de consistencia plástica a un estado líquido.

LÍMITE PLÁSTICO: es la frontera en la cual la muestra de suelo pasa de un estado semi sólido a estado plástico.

METEORIZACIÓN DE LOS SUELOS: es el proceso de alteración y separación de la roca y materiales del suelo sobre y cerca de la superficie de la Tierra por descomposición química o desintegración física.

PESO ESPECÍFICO: es la relación entre el peso del suelo y el volumen que ocupa dicha muestra de suelo.

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS: Son prácticas culturales y agronómicas que implican generalmente el uso de material vivo o muerto para el control de la erosión. Algunas prácticas agronómicas son: Curvas de nivel, Labranza conservativa e Incorporación de abonos orgánicos.

PRÁCTICAS MECÁNICAS: Son obras estructurales construidas para controlar el movimiento del agua; entre ellas incluye las obras físicas, control de cárcavas y el drenaje agrícola. Las prácticas mecánicas de conservación de suelos modifican los factores del proceso erosivo para reducir la erosión. Entre las prácticas mecánicas más comunes tenemos: Barreras vivas, Barreras muertas

PRESIÓN ACTIVA DEL SUELO: ocurre cuando existe una relajación en la masa de suelo que lo permite moverse hacia afuera del espacio que limitaba la tensión del suelo, esto es porque el suelo está fallando por extenderse. Esta es la presión mínima a la que el suelo puede ser sometida para que no se rompa.

PRESIÓN LATERAL DEL SUELO: es la presión que el suelo ejerce en el plano horizontal.

PRESIÓN PASIVA DEL SUELO: ocurre cuando la masa de suelo está sometida a una fuerza externa que lleva al suelo a la tensión límite de confinamiento. Esta es la máxima presión a la que puede ser sometido un suelo en el plano horizontal.

PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES: afirma que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso del fluido desalojado.

PRUEBA DE DILATANCIA: se forma con el suelo una pastilla con el contenido de agua adecuado (ni demasiado seco ni que escurra agua), se agita y golpea contra la palma de la otra mano para observar si aparece agua en la superficie del suelo, dando una apariencia lustrosa como de hígado.

PRUEBA DE TENACIDAD: con el suelo húmedo, se forman rollitos de suelo de aproximadamente 3 mm de diámetro. **ROTACIÓN DE CULTIVOS:** Es la práctica de plantar diferentes cultivos secuencialmente en la misma parcela de tierra para mejorar la salud del suelo, optimizar los nutrientes en el suelo y combatir la presión de las plagas y las malezas.

SISTEMA AGROFORESTAL: Implementación de cultivos de árboles en combinación con cultivos agrícolas y/o el pastoreo de animales al mismo tiempo.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELO: se refiere a la agrupación con un rango de propiedades similares (químicas, físicas y biológicas) a unidades que puedan ser georreferenciadas y mapeadas.

SISTEMA SILVOPASTORIL: Son sistemas de producción pecuaria en donde los árboles y/o arbustos interactúan con los componentes tradicionales, forrajes herbáceos y animales, bajo un sistema de manejo integral.

SUELO: para los ingenieros civiles definen a suelo como el conjunto de partículas minerales, producto de la desintegración mecánica o de la descomposición química de rocas preexistentes.

TERRAZAS: Es muy efectiva para controlar la erosión y tal vez, la obra más estética de todas. Existen tres tipos de terrazas que son las utilizadas en el área: Terrazas angostas, Terrazas de banco y Terrazas individuales.

EROSIVIDAD: La erosividad es la capacidad potencial (impacto) que tienen las gotas de agua de lluvia para causar erosión, por arrastre de partículas por el viento, y cursos de agua y hielo.

ERODABILIDAD: Es la susceptibilidad del suelo a la erosión, que depende de las propiedades de cada tipo de suelo. Cuanto mayor sea la erodabilidad, mayor será el porcentaje de erosión que puede sufrir el suelo.

REFERENCIAS

1. Agromatica. (2024). *Cómo medir la textura del suelo*. <https://www.agromatica.es/textura-del-suelo/>
2. ANACAFE. (2024). *Guía de muestreo de suelos*. <https://www.anacafe.org/guia-muestreo-suelos/>
3. AID. (s.f.). *Glosario de conservación de suelos y agua*. México.
4. Conú, L. J. (s.f.). *Determinación de textura por el método de Bouyoucos*. Agroquímica, Química FACNED, Universidad del Cauca.
https://www.academia.edu/9677695/DETERMINACION_DE_TEXTURA_POR_EL_METODO_DE_BOUYOUCOS
5. FAO. (1997). *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía*. Boletín de Suelos de la FAO - 68. <https://www.fao.org/4/T0848S/t0848s00.htm#Contents>
6. FAO. (2016). *Tabla Munsell y su correcto uso en la descripción de los suelos*. FAO. www.munsell.com
7. FAO. (s.f.). *Métodos de reconocimiento. Capítulo 2*.
<https://www.fao.org/4/T0848S/t0848s04.htm#:~:text=Varillas%20para%20la%20medici%C3%B3n%20de%20la%20superficie%20del%20suelo>
8. INAB. (s.f.). *Clasificación de tierras por capacidad de uso. Aplicación de una metodología para tierras de la República de Guatemala*.
https://www.inab.gob.gt/images/centro_descargas/manuales/Clasificaci%C3%B3n%20de%20tierras%20por%20capacidad%20de%20uso.pdf
9. Rivas Bethancourt, B. (2023). *Manual de manejo y conservación de suelos*. Universidad Rural de Guatemala, Laboratorio de Manejo y Conservación de Suelos.
10. Valdivia-Martínez, O., et al. (2022). Ajuste de la ecuación universal de pérdida de suelo en parcelas de escurrimiento ubicadas en una región del centro de México. *Terra Latinoamericana*, 40, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. Universidad Autónoma Chapingo. <https://www.redalyc.org/journal/573/57371833026/html/>