



Modalidad Abierta y a Distancia



Itinerario 2: Mitigación y Preparación a la Respuesta Bioingeniería para la Mitigación de Desastres

Guía didáctica

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Geociencias

Itinerario 2: Mitigación y Preparación a la Respuesta Bioingeniería para la Mitigación de Desastres

Guía didáctica

Carrera	PAO Nivel
▪ Gestión de Riesgos y Desastres	VII

Autor:

Mendoza Hidalgo Ulbio Fernando



P R E V _ 4 0 0 1

Asesoría virtual
www.utpl.edu.ec

Universidad Técnica Particular de Loja

Itinerario 2: Mitigación y Preparación a la Respuesta Bioingeniería para la Mitigación de Desastres

Guía didáctica

Mendoza Hidalgo Ulbio Fernando

Diagramación y diseño digital:

Ediloja Cía. Ltda.

Telefax: 593-7-2611418.

San Cayetano Alto s/n.

www.ediloja.com.ec

edilojacialtda@ediloja.com.ec

Loja-Ecuador

ISBN digital - 978-9942-39-750-8



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Usted acepta y acuerda estar obligado por los términos y condiciones de esta Licencia, por lo que, si existe el incumplimiento de algunas de estas condiciones, no se autoriza el uso de ningún contenido.

Los contenidos de este trabajo están sujetos a una licencia internacional Creative Commons – **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0)**. Usted es libre de **Compartir** – copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. **Adaptar** – remezclar, transformar y construir a partir del material citando la fuente, bajo los siguientes términos: **Reconocimiento**– debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciatante. **No Comercial**-no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. **Compartir igual**-Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original. No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Índice

1. Datos de información.....	7
1.1. Presentación de la asignatura	7
1.2. Competencias genéricas de la UTPL	7
1.3. Competencias específicas de la carrera.....	7
1.4. Problemática que aborda la asignatura.....	8
2. Metodología de aprendizaje.....	9
3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje.....	10
Primer bimestre	10
Resultado de aprendizaje 1 y 2	10
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje	10
Semana 1	10
Unidad 1. ¿Qué es la bioingeniería?	11
1.1. Concepto de bioingeniería	11
1.2. Conceptos básicos.....	12
Actividades de aprendizaje recomendadas	16
Autoevaluación 1.....	17
Semana 2	19
Unidad 2. Procesos de remoción en masa	19
2.1. Tipos de movimientos en masa	19
2.2. Caídas	20
2.3. Volcamiento.....	22
2.4. Deslizamiento de roca o suelo	22
2.5. Propagación lateral	24
Actividades de aprendizaje recomendadas	25
Semana 3	26
2.6. Flujo.....	26
2.7. Reptación.....	28
Actividades de aprendizaje recomendadas	30
Semana 4	31

2.8. Condiciones que favorecen los procesos de remoción en masa	31
Actividades de aprendizaje recomendadas	38
Autoevaluación 2.....	39
Semana 5	41
Unidad 3. Obras de bioingeniería	41
3.1. Taponamiento de grietas	41
Actividades de aprendizaje recomendadas	43
Semana 6	43
3.2. Ventanas de evacuación.....	43
Actividades de aprendizaje recomendadas	44
Semana 7	45
3.3. Gusanillos o montículos	45
Actividades de aprendizaje recomendadas	46
Semana 8	47
Actividades finales del bimestre.....	47
Actividades de aprendizaje recomendadas	47
Segundo bimestre	48
Resultado de aprendizaje 1 y 2	48
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje	48
Semana 9	48
3.4. Zanjas de drenaje	48
Actividades de aprendizaje recomendadas	52
Semana 10	53
3.5. Filtros vivos.....	53
Actividades de aprendizaje recomendadas	55
Semana 11	56

3.6. Trinchos	56
Actividades de aprendizaje recomendadas	58
Semana 12	59
3.7. Disipadores	59
Actividades de aprendizaje recomendadas	60
Autoevaluación 3.....	61
Semana 13	63
Unidad 4. Revegetación	63
4.1. Influencia de vegetación.....	63
4.2. Uso de pastos.....	66
4.3. Arbustos y árboles nativos en la prevención y mitigación de	
riesgos.....	67
Actividades de aprendizaje recomendadas	70
Semana 14	71
4.4. Guadua.....	71
Actividades de aprendizaje recomendadas	72
Semana 15	72
4.5. Hidrosiembra	72
Actividades de aprendizaje recomendadas	74
Autoevaluación 4.....	75
Semana 16	77
Actividades finales del bimestre	77
Actividades de aprendizaje recomendadas	77
4. Solucionario	78
5. Referencias bibliográficas	82



1. Datos de información

1.1. Presentación de la asignatura



1.2. Competencias genéricas de la UTPL

- Pensamiento crítico y reflexivo.
- Organización y planificación del tiempo.

1.3. Competencias específicas de la carrera

- Maneja y evalúa datos relacionados con la gestión de riesgo (mapas temáticos de riesgo, reportes, guías metodológicas), tener una percepción más profunda, el procesamiento óptimo de la información, basado en el estudio de indicadores para tal efecto.
- Contribuye a la construcción de un pensamiento pragmático y analítico que le permita en la resolución de problemas, la comprensión, el establecimiento de analogías en caso similares y la búsqueda acertada a través del procesamiento de la información en la toma de decisiones acertadas.

- Aplica los conocimientos científicos tecnológicos para atender situaciones de emergencia y entender los procesos que lo originan (amenazas, vulnerabilidades y riesgos).

1.4. Problemática que aborda la asignatura

Estimado estudiante, la problemática que plantea esta asignatura corresponde al Itinerario 2: Mitigación y preparación a la respuesta Bioingeniería para la mitigación de desastres, la cual nos permite comprender las diferentes técnicas de bioingeniería con materiales vivos para la estabilización de taludes y que se pueden implementar en los diferentes procesos relacionados con la degradación, erosión, escorrentía; producto de los riesgos naturales o antrópicos relacionados con los movimientos en masa.



2. Metodología de aprendizaje

Apreciado estudiante, en la presente asignatura se abarca todos los temas propuestos en el currículo, los enmarca como una breve introducción y también indica las fuentes de lectura necesarias, complementarias, para reforzar en su enseñanza. Esta guía se basa principalmente en la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), los cuales se resuelven de manera independiente con la ayuda de la guía didáctica. El pensamiento crítico y la toma de decisiones en problemas relacionados con su profesión.

Como parte de su aprendizaje, es importante que se le muestren varias autoevaluaciones, una para cada elemento, para que pueda evaluar su conocimiento y dar las respuestas correspondientes.

Finalmente, es útil considerar el proceso de autoaprendizaje como un desafío que requiere voluntad y compromiso, ya que la actividad requiere una organización suficiente y una distribución adecuada del tiempo.



3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje

**Resultado de
aprendizaje 1
y 2**



Primer bimestre

- Aplica elementos de bioingeniería para mitigar riesgos de remoción en masa en terrenos con problemas relacionados con la erosión de suelos.
- Implementa medidas para que zonas vulnerables dejen de ser un riesgo para los transeúntes.

Esta materia presenta dos resultados de aprendizaje que abarca la totalidad del tema, por lo que al final del curso el alumno tendrá conocimiento de los múltiples fundamentos teóricos necesarios para comprender cuáles son los fenómenos naturales o antrópico que conllevan a desestabilizar un talud.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje



Semana 1

Apreciados estudiantes, la más cordial bienvenida al i tinerario 2: Mitigación y preparación a la respuesta Bioingeniería para la mitigación de desastres. Para empezar con nuestro estudio se detallarán conceptos básicos que permitan entender el contenido de la asignatura enmarcado en el fundamento de la materia.

Unidad 1. ¿Qué es la bioingeniería?

En esta unidad repasaremos aspectos elementales que es importante conocerlos antes de adentrarnos en las herramientas que nos brinda la bioingeniería para los procesos de movimientos en masa y cuáles serían los procesos que nos ayudan en la estabilización con base en las diferentes técnicas.



“No hay aprendizaje sin teoría. La experiencia por sí sola no enseña nada. Si contamos con una teoría, luego la experiencia nos puede ayudar a aprender”

William E. Deming

1.1. Concepto de bioingeniería

La bioingeniería es una disciplina que utiliza técnicas y estrategias basadas en la naturaleza para solucionar problemas de ingeniería y medioambientales. Una de las aplicaciones de la bioingeniería es la estabilización de taludes, que consiste en la protección de laderas y contra la erosión y el deslizamiento de tierra.

La bioingeniería es la inclusión de pastos, arbustos, árboles y otros tipos de vegetación en el diseño de medidas y obras de ingeniería para mejorar o proteger taludes, terraplenes y estructuras frente a la erosión y otros tipos de inestabilidad “superficial” y protección contra inundaciones de ríos.

La bioingeniería utiliza los efectos mecánicos e hidrológicos beneficiosos de la comunidad vegetal para realizar una tarea técnica:

- La vegetación puede aumentar la resistencia al agrietamiento del suelo.
- Protege el terreno abierto de la erosión laminar.
- Atrapa partículas de suelo deslizándose por la pendiente.

Estas características hacen de la biotecnología un aliado ideal en sistemas de protección y nos ayudan a determinar tanto los factores positivos y negativos de su uso tal como se indica en la tabla 1 y 2, además de proponer recursos relacionados con la reducción de riesgos y la adaptación al cambio

climático, tales como trabajos de conservación y/o prevención a pequeña escala relacionados con la estabilización de taludes, control de erosión, manejo de suelos, protección costera, etc.

Tabla 1
Sistemas de protección usando biotecnología

Categoría	Descripción
Vegetación convencional	Siembra por semillas, estolones o macetas
Plantas maderables utilizadas como refuerzo.	Estacas vivas y colchones de maleza
Estructuras de vegetación	Gaviones, estructuras de llantas utilizadas, muros criba, geomallas, revestimientos sintéticos.

Nota. Adaptado de *Sistemas de protección utilizando biotecnología* (modificada de Gray y Sotir, 1992) p. 294, Suarez. J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales.

Tabla 2
Factores positivos y negativos de la vegetación

Factores positivos	Factores Negativos
1. Intercepta la lluvia.	Transmiten al suelo fuerza del viento.
2. Aumenta la capacidad de infiltración	Aumentan el peso sobre el talud.
3. Extrae la humedad del suelo	Algunas especies causan grietas por desecación, ya que extraen toda el agua.
4. Sus raíces refuerzan el suelo, aumentando la resistencia al cortante	
5. Anclan el suelo superficial a mantos más profundos	
6. Retienen las partículas del suelo disminuyendo susceptibilidad a la erosión.	

Nota. Adaptado de *La presente tabla ayuda a determinar la pertinencia o no del uso de vegetación por Zilbert y Downs, 2013, p(15)*, Manual de Bioingeniería Reduciendo riesgos y adaptándonos al cambio climático.

1.2. Conceptos básicos

Erosión. – Según Cisneros (2012), la erosión es el desgaste que se produce en la tierra debido al rozamiento constante de factores externos (como el viento o el agua) u otros cuerpos. La erosión hídrica, tal como se indica en la

figura 1, es el proceso por el cual las partículas del suelo son desplazadas, transportadas y depositadas por los siguientes factores principales: la energía cinética de la gota de lluvia, escorrentía en movimiento, gravedad.

Figura 1
Tipos de erosión

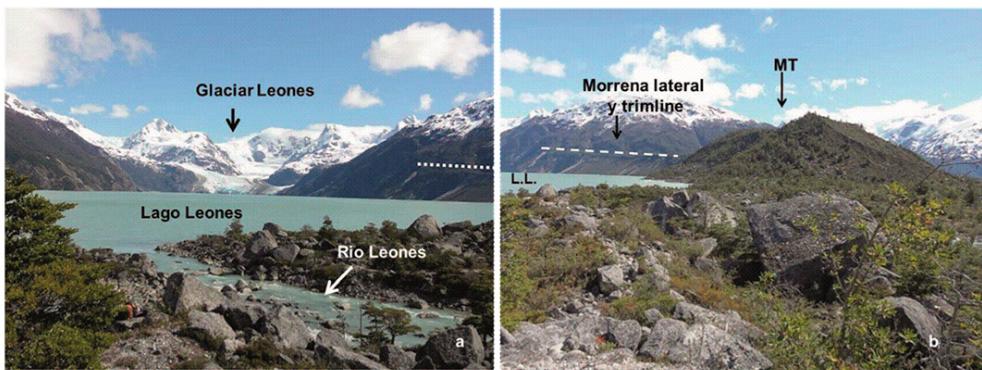


Nota. Tomado de Garganta por erosión litoral [Fotografía], por Banco de Imágenes Geológicas, 2014, [Flickr](#). CC BY 2.0

Geomorfología. El estudio de los accidentes geográficos a escala continental regional y durante largos períodos de tiempo enfatiza las variaciones en los procesos geomorfológicos del continente y sus relaciones con otras partes del sistema terrestre, como el clima y la ecología. Las condiciones morfogenéticas observadas en la Tierra se comparan en muchos casos con la evolución de los accidentes geográficos en otros entornos del sistema solar . Los procesos tectónicos y volcánicos son los más importantes en relación con los procesos superficiales, como se puede observar en la figura 2, debido a su escala espacial y temporal. La investigación en esta área de la geomorfología es de carácter histórico porque tiene como objetivo comprender los procesos responsables del desarrollo de las formas del relieve.

Figura 2

Geomorfología del terreno



Nota. Tomado de *Retroceso glaciar reciente en el Campo de Hielo Norte, región de Aysén, Chile: relación con variaciones climáticas* (Sección inicial) por Mardones, M. Aguayo, M. Smith, E. Ruiz, P., 2018, Revista de geografía Norte Grande.

Infiltración. - La infiltración es el proceso por el cual el agua del suelo penetra en el suelo, la tasa de absorción es la capacidad del suelo para absorber la lluvia o el riego. Una disminución en la velocidad hace que el suelo se sature. Si la precipitación supera la infiltración, se produce escorrentía si no existe una barrera física. Esto se refiere a la conductividad hidráulica saturada del suelo cerca de la superficie.

Talud. - Es una superficie inclinada con relación al plano horizontal que debe asumir permanentemente la estructura del suelo, y los encontramos en la naturaleza como taludes o en las estructuras civiles como terraplenes. La importancia de la estabilidad de taludes está determinada por la probabilidad de falla y el riesgo de daño. La probabilidad de falla depende de las condiciones y entorno del talud mismo, como su geometría, características geotécnicas, condiciones topográficas, condiciones hidrológicas, etc. El riesgo de daño en caso de evento está determinado por sus ventajas materiales, estructuras expuestas a fallas potenciales. Para lo cual, se determinan los factores de seguridad con los que se diseña el talud en estas condiciones. Sin embargo, durante la vida útil del talud, este está expuesto a efectos de degradación que pueden generar inestabilidad. Por eso es importante asegurar la estabilidad del talud durante su vida. Con base en estos conceptos se pretende estabilizar el talud a través de diferentes métodos y tecnologías que pretenden ser más eficientes, económicas y respetuosas con el medioambiente , tanto a nivel estético como ecológico. La aplicación de la biotecnología surge como una

alternativa a la estabilización de taludes utilizando plantas o sus partes (materia viva) que se colocan y colocan para su uso en refuerzo de suelos, drenaje y barreras de movimiento de suelos.

Geoproducto. - Materiales que enmarcan su estructura en fibras de origen natural con hilados o entretejidas con filamentos de propileno que incrementan la resistencia al esfuerzo y duración en el tiempo en taludes de gran inclinación. Las cuales preservan los taludes de efectos erosivos en los cuales se puede revegetar las superficies expuestas, como se puede observar en la figura 3, con técnicas como la hidrosiembra, ya que pueden realizar la retención de semillas, además de impedir los efectos erosivos por la caída de gotas de lluvia o vientos.

Figura 3

Instalación de malla orgánica



Nota. Tomado de *Manual de técnicas de estabilización biotécnica en taludes de infraestructuras de obra civil* (p. 22), por Universidad de Córdova, 2014.

Estimados estudiantes hemos culminado la primera semana de aprendizaje. Continúe con el mismo esfuerzo y dedicación. A continuación, se colocan actividades de aprendizaje que ayudarán a profundizar en los temas planteados en esta unidad.



Actividades de aprendizaje recomendadas

1. Participe sus inquietudes académicas a través de la mensajería del EVA, chat de tutoría y consulta o correo electrónico.
2. Lea la (pp 1 a 11) de manera comprensiva y analice [Manual de bioingeniería](#)
¿Qué es la bioingeniería?
3. Revisar detenidamente el video donde le ayudará a tener una idea más detallada de lo concerniente a la bioingeniería.
[Método de estabilización de taludes a través de revegetación o bioingeniería.](#)
4. Analizar la incidencia de [La vegetación en los taludes](#) y, determine los efectos y funciones que cumple la misma.
5. Se ha culminado la unidad 1 y con ello es importante medir nuestros conocimientos, para lo cual es necesario desarrollar la siguiente autoevaluación.



Autoevaluación 1

Escoja la respuesta correcta.

1. ¿Cuál es el factor negativo de la vegetación?
 - a. Intercepta la lluvia.
 - b. Extrae humedad del suelo.
 - c. Transmiten al suelo fuerza del viento.
2. ¿Cuál es el factor positivo de la vegetación?
 - a. Aumentan el peso sobre el talud.
 - b. Anclan el suelo superficial a mantos profundos.
 - c. Algunas especies causan grietas por desecación, ya que extraen toda el agua.
3. ¿Qué estudia la Geomorfología?
 - a. Desgaste que se produce en tierra debido al rozamiento de factores externos.
 - b. Proceso por el cual las partículas del suelo son desplazadas.
 - c. Accidentes geográficos a escala continental, regional.
4. La probabilidad de falla en un talud depende de las condiciones y entorno del talud que están dadas por...
 - a. Retención de partículas.
 - b. Mantos profundos.
 - c. Características geotécnicas.
5. ¿Qué factor se toma en cuenta para estabilizar un talud?
 - a. Factor de seguridad.
 - b. Factor de estructura.
 - c. Factor de probabilidad.

6. ¿Qué materiales constituyen la estructura de los geoproductos?

- a. Láminas de acero.
- b. Fibras de origen natural con filamentos de propileno.
- c. Láminas de cobre.

Conteste con verdadero o falso según corresponda.

- 7. () La bioingeniería es el uso de hormigón armado.
- 8. () La vegetación no protege la erosión laminar.
- 9. () La infiltración es el proceso por el cual el agua del suelo penetra en el suelo.
- 10. () La erosión hídrica es el proceso de partículas desplazadas.



Comprueba las respuestas consultando el solucionario que se encuentra en al final de la guía, si tus respuestas fueron acertadas en su totalidad Felicidades. Si falla en algunas de ellas, no se desanime, vuelva a revisar los contenidos con seguridad mejorará su conocimiento.

[Ir al solucionario](#)



Unidad 2. Procesos de remoción en masa

Muy bien querido estudiante es momento de continuar. En la presente unidad se trabajará en el estudio de temas concernientes a los movimientos en masa y tipos de flujos.



“Más fuerte que las leyes físicas es la visión de las cosas”

(Fernando Rielo – Transfiguración)

2.1. Tipos de movimientos en masa

En esta unidad se establecerá como se producen los procesos de remoción en masa, como ocurren en la Tierra a muchas escalas, en diferentes lugares, bajo condiciones geológicas, geomorfológicas, climáticas e incluso sociales. En este sentido, es necesario establecer criterios y estandarizar la información relacionada con su investigación.

Primero, para comenzar, le pido por favor tenga en cuenta los conceptos básicos de la unidad 1 que nos ayudará a entender los temas que se analizarán en la semana 2 y 3.

A los tipos de procesos de remoción en masa se los clasifica según su tipo como se indica en la figura 4.

Figura 4

Tipos de movimientos en masa



Nota. Adaptado de *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas* (p. 3), por Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.

2.2. Caídas

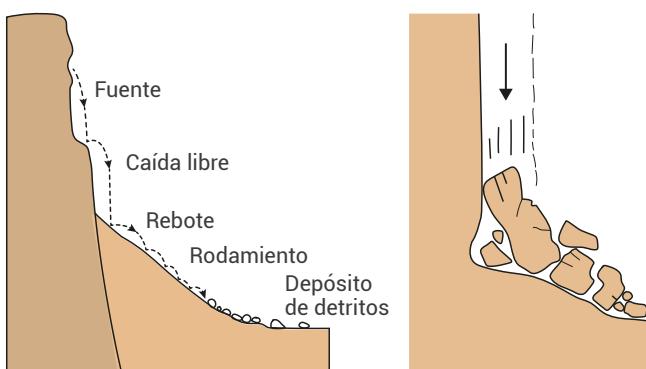
La caída es un tipo de movimiento de masa en el que uno o más bloques de suelo o roca, como se observa en la figura 5 y 6, se desprenden de un talud sin un desplazamiento significativo de esa superficie. Una vez removido, el material cae principalmente por el aire a medida que avanza, capaz de impactar, rebotar y rodar, lo que puede ocurrir rápidamente o muy rápidamente en taludes con mucha roca alterada y fracturada.

Figura 5
Caída de rocas



Nota. Tomado de Sí se puede en Valle Gran Rey advierte del evidente riesgo de caídas y desplomes de piedras en la carretera GM1 [Fotografía], por [elpaiscanario](#), 2016, Elpaiscanario. CC BY 2.0

Figura 6
Caída de rocas



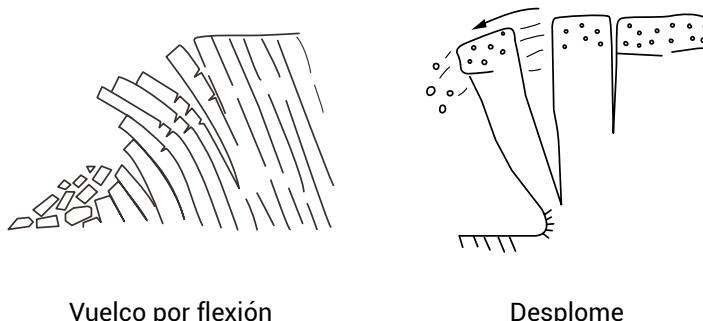
Nota. Adaptado de *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas* (p. 6), por Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.

2.3. Volcamiento

Consiste en una rotación o espiral de un ambiente rocoso con sistemas de discontinuidad constituidos por bloques o columnas con deformación gradual en la dirección de la pendiente, con el eje de rotación sobre su base relacionado con la rotación o inclinación de la sección como se explica en la figura 7 y puede provocar una caída y un colapso. Los movimientos pueden ser lentos o graduales.

Figura 7

Mecanismos de vuelco



Nota. Adaptado de *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas* (p. 7), por Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.

2.4. Deslizamiento de roca o suelo

Estos son movimientos que ocurren en el suelo, roca o una combinación de ambos a lo largo de una o más superficies planas o cóncavas donde el original se desliza hacia abajo en distancias variables. La velocidad a la que se producen puede ser lenta o extremadamente rápidos, con velocidades que puede ir desde algunos milímetros al año o recorrer algunos metros por segundo, indicar que los deslizamientos se pueden dividir en deslizamientos rotacionales y traslacionales.

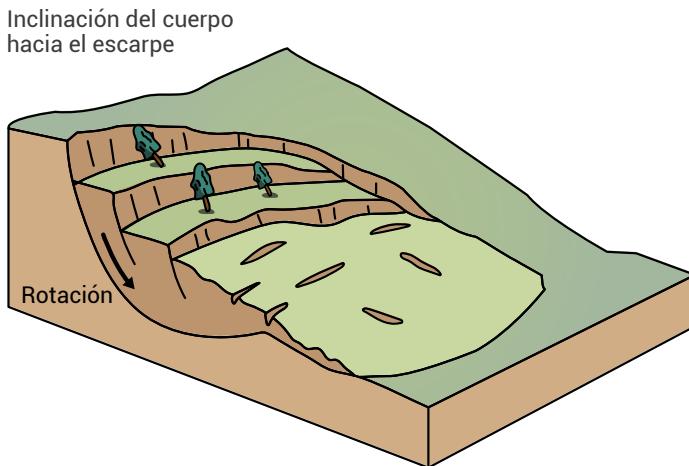
2.4.1. Deslizamientos rotacionales

Conlleva, inicialmente, el movimiento lento de suelo, roca o ambos a lo largo de una superficie de falla circular y cóncava sobre la cual se desliza, como se explica en la figura 8. Finalmente, se desarrolla sobre un terreno

homogéneo, uniforme e isotrópico, y en su etapa inicial la deformación de los materiales es mínima, la cual se deforma gradualmente y evoluciona en movimientos complejos a medida que la masa se desplaza.

Este tipo de movimiento puede involucrar tanto pequeñas como grandes cantidades de material; y las velocidades de la masa desplazada también pueden ser muy variables en la fase final.

Figura 8
Deslizamiento Rotacional



Nota. Adaptado de *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas* (p. 14), por Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.

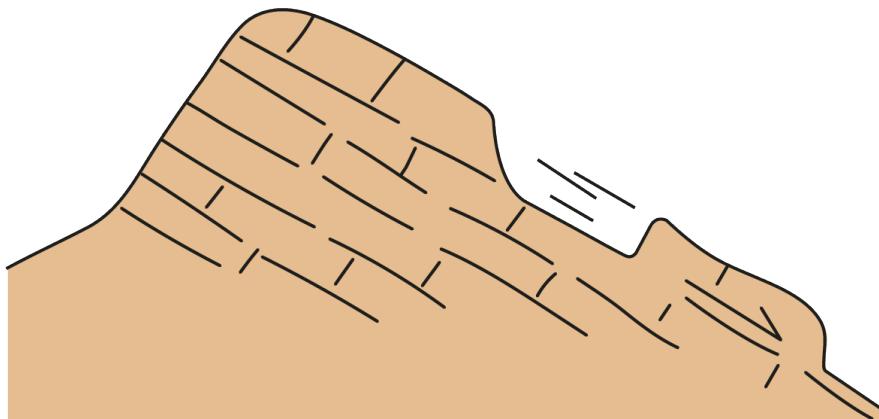
2.4.2. Deslizamientos traslacionales

Movimiento lento o rápido de suelo o masa rocosa, o movimiento rápido de suelo o masa rocosa, o ambos, a lo largo de una superficie deslizante, suave o ligeramente ondulada, como se puede observar en la figura 9. Ocurren en áreas con superficies discontinuas o juntas, planos de falla o sistemas de juntas, formando losas o paquetes estratificados con bases no soportadas que se mueven pendiente abajo.

Se pueden encontrar cortando grietas o juntas en la masa rocosa, puede hacer que la cuña se deslice tal como se indica en la figura.

Figura 9

Deslizamiento translacional



Nota. Adaptado de *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas* (p. 10), por Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.

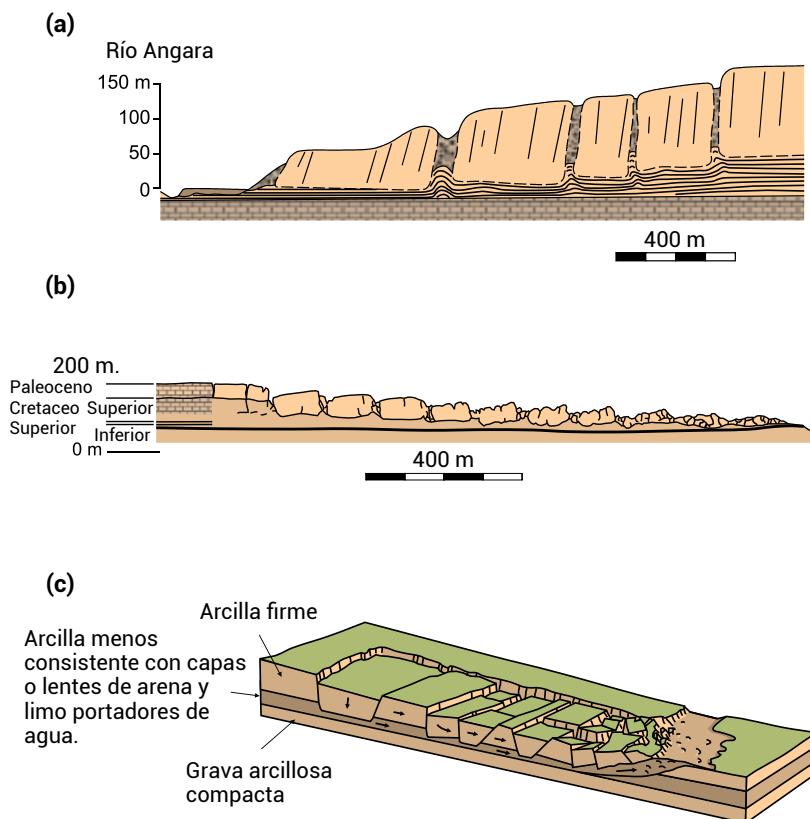
2.5. Propagación lateral

Se caracteriza por el movimiento lento de la masa debido a la deformación interna (expansión) del material y se considera el último paso de una serie de movimientos donde la deformación interna domina a los demás mecanismos de movimiento, generalmente sobre una superficie casi plana en el paisaje.

Hay dos tipos como se indica en la figura 10:

- **Difusión lateral lenta**, generalmente para materiales blandos que se encuentran en capas gruesas de roca, cuando se produce un desgarro o agrietamiento debido a factores desencadenantes, el material se desplaza hacia las grietas provocando movimientos lentos.
- **Desplazamiento lateral rápido**, característico de materiales limosos sensibles o arenas de baja cohesión de baja a media densidad que provocan movimientos muy rápidos y peligrosos debido a factores desencadenantes como terremotos, dando lugar a licuefacción.

Figura 10
Esquema de expansiones



Nota. Adaptado de *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas* (p. 10), por Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimado estudiante le invito a realizar las siguientes actividades:

1. Participe sus inquietudes académicas a través de la mensajería del EVA, chat de tutoría y consulta o correo electrónico.
2. Revisar el presente video donde usted podrá identificar de mejor manera los [Tipos de deslizamiento parte I](#).
3. Realizar una lectura comprensiva con la revisión de la (pp 45 a 58) de [Remociones en masa](#).



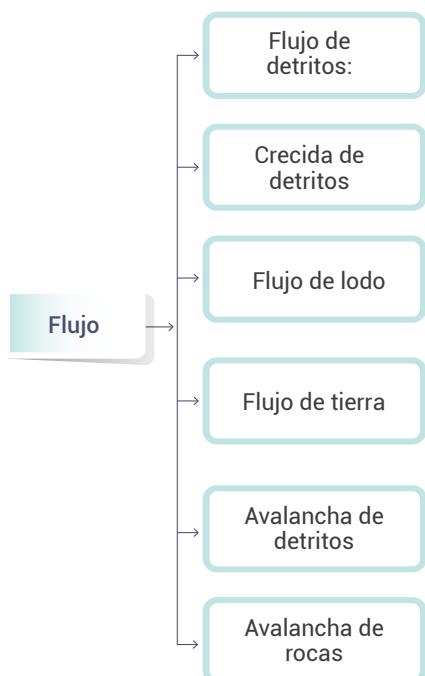
Apreciado estudiante continuamos con el aprendizaje sobre la unidad, se trabajará en el estudio de temas concernientes a los movimientos en masa y tipos de flujos.

2.6. Flujo

Son los movimientos de masas de bloques de piedra, escombros y material fino descompuesto que se comportan como un “fluido”, deformaciones continuas y sin fracturas definidas, donde el agua es el principal factor de movimiento, de los cuales se tiene la clasificación siguiente:

Figura 11

Tipos de flujo



Nota. Adaptado de *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas* (p. 17), por Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007.

- a. **Flujo de detritos:** por lo general, contienen cantidades medianas a grandes de material grueso de varios diámetros, incluidos fragmentos de roca, escombros y roca triturada. Crean trazos lineales claramente definidos en forma de un pasaje alargado con embudos o conos divergentes en los extremos, generalmente conectados a una red de drenaje; las tasas de movilización suelen ser de rápidas a muy rápidas.
- b. **Crecida de detritos:** inundación muy rápida que arrastra grandes cantidades de escombros a su paso, formando ríos de roca y lodo de gran velocidad y gran poder destructivo, afectando a los elementos vulnerables sepultándolos parcial o totalmente.
- c. **Flujo de lodo:** por lo general, contiene cantidades variables de material fino con altas cantidades de limo y arcilla. Ocurren cuando el agua debilita significativamente la tierra y la vegetación y alcanza una gran intensidad cuando la intensidad y duración de las lluvias son prolongadas.
- d. **Avalancha de detritos:** son flujos que van de lentos a muy rápidos, se dan principalmente en suelos fangosos con material grueso (bloques, grava) a una pendiente de más de 50 grados respecto al fino.

Es importante precisar que, en las quebradas con diques disipadores de energía, las piedras se obstruyen, por lo que en su parte inferior se forma material de grano fino.

- e. **Avalancha de rocas:** desplazamientos extremadamente rápidos en forma de flujos de rocas fracturadas resultantes de deslizamientos de rocas de tamaño significativo que arrastran material a lo largo de su camino.

No son muy comunes, pero son muy peligrosos cuando aparecen en los embalses de los ríos y valles. Sus yacimientos suelen contener grandes trozos de roca, y alcanzan una gran cantidad de material y pueden viajar muchos kilómetros.

2.7. Reptación

La reptación es el movimiento lento de que se puede dar en una pendiente que se puede dividir en:

- a. **Reptación de suelo:** deformación del terreno que sufre movimientos lentos o muy lentos, prácticamente imperceptibles, con movimiento mm/año, sin superficie de falla definida, constituido principalmente por materiales de cubierta mal reforzados y bajo.

Se desarrollan en pequeñas laderas bajo la influencia de la gravedad, como se observa en la figura 12 y están relacionados con el humedecimiento y secado del agua de lluvia como consecuencia de las fluctuaciones climáticas.

Figura 12

Reptación de suelo



Nota. Mendoza, U., 2023

- b. **Solifluxión:** la solifluxión es el proceso geológico por el cual el suelo y materiales sueltos se desplazan lentamente debido a la acción del agua. Es un fenómeno común en regiones con climas fríos, donde el agua se congela y se expande, debilitando la estructura del suelo. La solifluxión puede causar daños significativos a las estructuras y a la infraestructura, y puede ser difícil de prevenir o controlar. Tal como se observa en la figura 13.

Teniendo los procesos para la solifluxión se pueden citar:

- Condiciones climáticas y geológicas que favorecen la solifluxión.
- Efectos de la solifluxión en el paisaje y en la infraestructura humana.
- Métodos para prevenir o controlar la solifluxión, como la construcción de mampostería y la estabilización del suelo con plantas.

Figura 13

Solifluxión



Nota. Tomado de *Lóbulos de solifluxión* [Fotografía], por Banco de Imágenes Geológicas, 2005, [Flickr](#). CC BY 2.0

- c. **Gelifluxión:** la gelifluxión es un proceso geológico similar a la solifluxión, pero en lugar de involucrar el movimiento del suelo debido al agua congelada, la gelifluxión involucra el movimiento del suelo debido a la expansión del hielo. La gelifluxión puede ocurrir cuando el hielo se acumula debajo del suelo, como en un permafrost, como se observa en la figura 14, y se expande debido a un aumento de la temperatura. Esto puede causar el desplazamiento del suelo y puede tener un impacto significativo en el paisaje y en la infraestructura humana.

Métodos para prevenir o controlar la gelifluxión, como la protección del suelo contra el aumento de la temperatura o la construcción de estructuras sobre pilares o sobre el suelo congelado.

Figura 14
Gelifluxión



Nota. Tomado de *De Yésero al pico Erata* [Fotografía], por [Rocayflor](#), 2023, Rocayflor. CC BY 2.0



Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimados estudiantes tomar en cuenta que de acuerdo al proceso de remoción en masa se aplicará el proceso de bioingeniería, para lo cual se deben realizar las siguientes actividades para ir profundizando en los temas propuestos:

1. Participe sus inquietudes académicas a través de la mensajería del EVA, chat de tutoría y consulta o correo electrónico.
2. Visualizar el siguiente video donde aporta un mayor conocimiento concerniente al tema abordado en la presente semana [Deslizamiento y otros movimientos del terreno parte 4](#).
3. Realizar una lectura comprensiva sobre [Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas](#) de la (pp 46 a 59) donde se detalla sobre el tema de la presente semana relacionado a flujos.
4. Realizar una lectura comprensiva desde (pp 247 a 253) sobre el tema propuesto para la presente semana en el [Libro de geomorfología](#).



Semana 4

Distinguido estudiante continuamos con el aprendizaje sobre la unidad, se trabajará en el estudio de temas concernientes a los movimientos en masa y tipos de flujos.

2.8. Condiciones que favorecen los procesos de remoción en masa

Los factores o condiciones que favorecen la presencia de los procesos de remoción en masa se pueden resumir en la geología (con la presencia de materiales débiles y estructura con fracturas); los procesos físicos (principalmente la precipitación, sismicidad y erupciones volcánicas); la morfología (en especial las pendientes); así como los procesos antrópicos que se pueden llegar a generar tanto por el uso del suelo, la indebida planificación, que llegan a generar cambios en la geomorfología.

Para comenzar, le pido por favor revisar los conceptos básicos de la unidad 1 que nos ayudará a entender los temas que se analizarán en la semana 2 y 3.

2.8.1. Geología

Cada formación geológica tiene una susceptibilidad especial a los deslizamientos, y los mapas de deslizamientos muestran la densidad del número o magnitud de movimientos característicos de áreas específicas de cada formación geológica.

Cuando un talud está formado por diferentes tipos de rocas, el comportamiento geotécnico en su conjunto difiere del comportamiento de cada material por separado. Se deben estudiar las propiedades de cada tipo de roca, las propiedades de sus discontinuidades y, a su vez, la interacción de propiedades y discontinuidades dentro del conjunto.

Describir la ubicación y el contexto geológico del deslizamiento: indicar en qué región se encuentra el deslizamiento, y describir la geología de la zona (por ejemplo, tipos de rocas, estructuras geológicas, procesos geológicos relevantes).

Analizar las causas geológicas del deslizamiento: identificar y describir los factores geológicos que contribuyen al deslizamiento, como la presencia de ciertas rocas o estructuras geológicas, la actividad sísmica o volcánica, o el cambio en el régimen de agua (por ejemplo, a causa de la deforestación o el cambio climático).

Evaluar el impacto del deslizamiento en la población y el medioambiente: describir cómo el deslizamiento ha afectado a la población local y al medioambiente , incluyendo el número de personas afectadas y la pérdida de propiedades o recursos naturales.

Proponer medidas de prevención y mitigación: sugerir maneras de minimizar el riesgo de futuros deslizamientos, como la estabilización de laderas con mampostería o la construcción de sistemas de drenaje adecuados.

Es importante tener en cuenta que la geología, como se observa en la figura 15, es solo uno de los factores que pueden contribuir a los deslizamientos, y es necesario realizar un análisis completo que incluya otros factores como la topografía, la hidrología y el uso del suelo.

Figura 15

Condiciones Geológicas



Nota. Tomado de *Geología de la Arboleada en EITB* [Fotografía], por MineralesDB, 2017, [Mineralesdb](#). CC BY 2.0

2.8.2. Procesos físicos

2.8.2.1. Agua

Según Suárez (1998), el agua es el factor más común asociado con el derrumbe de taludes, ya que la mayoría de los deslizamientos de tierra ocurren después de fuertes lluvias o durante períodos lluviosos, y la gestión de aguas subterráneas es uno de los sistemas más efectivos para la prevención de deslizamientos de tierra.

La precipitación es la cantidad o altura de agua de lluvia que cae sobre un área durante un período de tiempo, que tiene un efecto directo sobre la infiltración y las condiciones del agua subterránea, y que a su vez afecta la estabilidad de las laderas o taludes (p 233).

Según Tarbuck (2005), cuando los poros del sedimento se llenan de agua, se destruye la cohesión entre las partículas, como se indica en la figura 16, lo que les permite deslizarse unas sobre otras con relativa facilidad. Por ejemplo, si la arena está ligeramente mojada, pegará bastante bien. Sin embargo, si se agrega suficiente agua para llenar los espacios entre los granos, la arena fluirá gradualmente en todas las direcciones. Por lo tanto, la saturación reduce la resistencia interna de los materiales que son fácilmente movidos por la gravedad (p 428).

Figura 16

Deslizamiento saturación de agua



Nota. Tomado de Japón y los daños por deslizamientos de tierra [Fotografía], por Paisvulnerable, 2023, [Paisvulnerable](#). CC BY 2.0

2.8.2.2. Sismicidad

Según Suárez (1998), los movimientos sísmicos pueden desencadenar deslizamientos de tierra. En un terremoto, hay un triple efecto: aumento del esfuerzo cortante, reducción de la resistencia debido al aumento de la presión intersticial y deformación asociada con la onda sísmica; puede alcanzar la falla por corte e incluso la licuefacción en suelos granulares saturados.

Cuando una roca se rompe en una zona de falla geológica, la energía liberada se irradia en todas las direcciones. La fuente de movimiento o zona de liberación de energía no suele ser un punto, sino una línea o área generalmente extendida a lo largo de las fallas. Los terremotos que causan el mayor daño, son los terremotos relativamente poco profundos, como se observa en la figura 16, el antes y después de un evento sísmico.

Figura 17

Cambio en el relieve después de un evento sísmico



Nota. Tomado de *Procesos de ladera cosísmicos del terremoto de Cinchona* (Sección principal), por Quesada, A. Barrantes, G., 2009.

2.8.2.3. Volcanismo

Algunos de los deslizamientos de tierra más grandes que han ocurrido están asociados con la actividad volcánica.

Los pequeños terremotos a menudo ocurren antes de las erupciones volcánicas, que están asociadas con el ascenso de volúmenes de magma por el volcán.

Los deslizamientos pueden estar físicamente asociados a una erupción y coincidir con grandes explosiones en un cráter volcánico: en la fase inicial de una erupción se forman flujos piroclásticos formando nuevos domos o expandiendo algunos domos existentes, provocando deslizamientos.

La deposición de materiales aumenta por la pendiente de las laderas y los deslizamientos pueden continuar durante varios meses después de la erupción. El problema más grave son los lahares que se presenta en los volcanes nevados. Cuando se producen erupciones en glaciares o depósitos de nieve o hielo, las altas temperaturas pueden provocar flujos de lodo, que pueden aumentar en tamaño y características a medida que descienden, arrastrando nieve, hielo, agua, lodo y rocas como se puede observar en la figura 18. Las paredes del valle se debilitan y los materiales de inundación de los ríos y barrancos pueden convertirse en el flujo.

Figura 18

Caída de rocas y flujos



Nota. Tomado de *Los volcanes* [Fotografía], por Biblioteca de investigaciones, 2023, [bibliotecadeinvestigaciones](#). CC BY 2.0

2.8.2.4. Procesos de origen antrópico

En la siguiente infografía los cambios antrópicos más importantes que afectan significativamente la estabilidad de los taludes son:

Cambios antrópicos.

Observe las siguientes figuras acerca de los cambios antrópicos.

Figura 19

Uso de pendientes para el paso de personas y animales



Nota. Tomado de *Cuatro países de Latinoamérica en la lista mundial de los más devastados por la deforestación en el 2018 [Fotografía]*, por ANRed, 2019, ANRed. CC BY 2.0

Figura 20

Deforestación



Nota. Tomado de *Cuatro países de Latinoamérica en la lista mundial de los más devastados por la deforestación en el 2018 [Fotografía]*, por ANRed, 2019, ANRed. CC BY 2.0



Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimado estudiante le invito a realizar las siguientes actividades:

1. Participe sus inquietudes académicas a través de la mensajería del EVA, chat de tutoría y consulta o correo electrónico.
2. Realizar una lectura comprensiva sobre los procesos de origen antrópico de las páginas 335 – 354 en [Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales](#).
3. Determinar en su lugar de residencia cuáles de las condiciones que favorecen los procesos de remoción en masa se encuentran determinadas en su plan de desarrollo y ordenamiento territorial.
4. Se ha culminado la unidad 2 y con ello es importante medir nuestros conocimientos, para lo cual es necesario desarrollar la siguiente autoevaluación.



Autoevaluación 2

Escoja la respuesta correcta:

1. El tipo de movimiento en masa denominado caída se refiere a:
 - a. Bloques de roca.
 - b. Reptación.
 - c. Erosión.
2. La propagación lateral es un movimiento.
 - a. Lento.
 - b. Rápido.
 - c. Muy rápido.
3. Los flujos de detritos se encuentran compuestos con:
 - a. Lodo.
 - b. Agua.
 - c. Material grueso.
4. La avalancha de rocas son desplazamientos.
 - a. Lentos.
 - b. Muy lentos.
 - c. Extremadamente rápidos.
5. El movimiento de reptación su desplazamiento se mide en:
 - a. M /seg.
 - b. Km /h.
 - c. Mm /año.
6. Los procesos de origen antrópico se ocasionan por:
 - a. Sismicidad.
 - b. Volcanismo.
 - c. Cambios en la vegetación.

Conteste con verdadero o falso según corresponda:

7. () El volcamiento se produce en arenas.
8. () Los deslizamientos rotacionales se dan en flujos de lodo.
9. () La difusión lateral lenta produce licuefacción.
10. () En los flujos el principal factor es la gravedad.



Comprueba las respuestas consultando el solucionario que se encuentra en al final de la guía, si tus respuestas fueron acertadas en su totalidad Felicidades. Si falla en algunas de ellas, no se desanime, vuelva a revisar los contenidos con seguridad mejorará su conocimiento.

[Ir al solucionario](#)



Unidad 3. Obras de bioingeniería

Grandioso seguimos avanzando con el estudio en este primer bimestre, en esta unidad se dará a conocer las obras de bioingeniería que nos ayudan en la estabilización de taludes.



"En la vida hay dos alternativas: aceptar las cosas tal como son, o asumir la responsabilidad de cambiarlas"

Fred Fisher

3.1. Taponamiento de grietas

El taponamiento de grietas es una técnica de bioingeniería que se utiliza para estabilizar taludes y prevenir deslizamientos de tierra. Consiste en llenar las grietas y fisuras en el suelo con materiales vivos, como plantas, semillas y otros materiales orgánicos. El objetivo es mejorar la estabilidad del suelo y proteger contra futuros deslizamientos de tierra.

Una vez que se ha seleccionado el material adecuado para el taponamiento de grietas, se coloca en la fisura y se riega para asegurar que esté bien establecido. Las plantas y otros materiales orgánicos ayudan a estabilizar el suelo al crecer raíces y crear una red de soporte natural. Además, estos materiales pueden mejorar la retención de agua en el suelo, lo que puede ayudar a reducir el riesgo de deslizamientos de tierra causados por la erosión.

Es importante tener en cuenta que el taponamiento de grietas es solo una parte de un enfoque más amplio para la estabilización de taludes. Otros métodos pueden incluir la construcción de muros de contención, la instalación de drenajes y la reforestación.

El proceso de taponamiento de grietas suele consistir en varias etapas:

- **Limpieza y preparación de la grieta:** antes de proceder a la reparación, es necesario limpiar y preparar la grieta. Esto incluye eliminar cualquier suciedad o residuos que puedan obstaculizar el proceso de reparación y asegurar que la grieta esté completamente libre de humedad, como se puede observar en la figura 21.
- **Aplicación del material de relleno:** una vez que se ha preparado la grieta, se procede a aplicar el material de relleno. Este puede ser una mezcla de polvo y agua, o bien una resina o cera de origen natural. El objetivo es llenar la grieta de manera uniforme y asegurar que quede completamente sellada.
- **Sellado de la grieta:** una vez que se ha aplicado el material de relleno, se procede a sellar la grieta con un adhesivo. A menudo, se utilizan materiales como la cera de abejas o la resina de poliéster para sellar la grieta. El objetivo es proporcionar una barrera impermeable y duradera para evitar que el agua y otros contaminantes entren en la estructura y causen daños adicionales. Es importante realizar un seguimiento con el objetivo de verificar la presencia o no de erosión que puede ser mecánica o química, dando como resultado fisuras o grietas.

Figura 21

Relleno y Finalización del taponamiento y sellamiento de grietas



Nota. Tomado de *Manual de procedimientos para el manejo de procesos denudativos con obras de Bioingeniería* (p. 53), por Suarez, L. Sánchez, F., 2015.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimado estudiante le invito a realizar las siguientes actividades:

1. Participe sus inquietudes académicas a través de la mensajería del EVA, chat de tutoría y consulta o correo electrónico.
2. Observar el video: [Como sujetar la tierra de un talud con red de coco](#).
3. Realizar una lectura comprensiva de (pp 41 a 65) del [Manual de obras de bioingeniería en zonas de laderas con procesos de remoción de masas para altitudes superiores a 3000 m.s.n.m.](#)



Semana 6

3.2. Ventanas de evacuación

Las ventanas de evacuación son una medida de estabilización de taludes utilizada para mejorar el drenaje en una ladera. Se trata de una abertura en la ladera a través de la cual el agua puede drenar hacia el fondo. Esto ayuda a evitar la acumulación de agua en la ladera y reduce el riesgo de deslizamientos de tierra. Las ventanas de evacuación suelen utilizarse en combinación con otros métodos de estabilización de taludes, como la colocación de geotextiles o la construcción de terraplenes y que realizan en las siguientes etapas:

- **Diseñar la ventana:** es importante tener en cuenta el tamaño y la forma de la ventana, así como la ubicación y el ángulo de la ladera.
- **Excavar la zona de la ventana:** se debe excavar la zona de la ventana hasta la profundidad necesaria para que el agua pueda drenar hacia el fondo.
- **Colocar una malla de refuerzo:** se coloca una malla de refuerzo en la parte superior de la ventana para evitar que se deslice la tierra.

- **Rellenar la ventana con materiales de drenaje:** se colocan materiales de drenaje, como piedras o arena, en la parte inferior de la ventana para permitir que el agua drene hacia el fondo, como se puede observar en la figura 22.
- **Colocar la capa superior:** se coloca una capa de tierra o materiales de relleno en la parte superior de la ventana para protegerla y asegurar que la tierra no se deslice.

Figura 22

Construcción ventana de evacuación



Nota. Tomado de *Efectividad de la Bioingeniería para el tratamiento de la erosión y los movimientos en masas en laderas* (p. 112), por Florez, G., 2014, Universidad de Manizales.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimado estudiante le invito a realizar las siguientes actividades:

1. Participe sus inquietudes académicas a través de la mensajería del EVA, chat de tutoría y consulta o correo electrónico.
2. Revisar el video: [Drenajes en taludes](#).

- Realizar una lectura comprensiva a las páginas 111, 112 y 147 del documento [Efectividad de la bioingeniería para el tratamiento de la erosión y los Movimientos en masa de laderas](#).



Semana 7

3.3. Gusanillos o montículos

Los gusanillos o montículos son una técnica de estabilización de taludes que se utiliza para mejorar la estabilidad de laderas suaves o inclinadas. Consisten en la creación de pequeños montículos o *mounds* en la superficie del talud, con el objetivo de mejorar la estabilidad de la ladera y reducir el riesgo de deslizamientos. Estos montículos se construyen utilizando materiales como tierra, rocas o geotextiles y se disponen de manera tal que se distribuya la carga de manera equilibrada a lo largo del talud. Los gusanillos o montículos pueden ser una solución efectiva para estabilizar taludes en áreas sujetas a erosión o deslizamientos.

Así como elementos de protección en la construcción de edificios y carreteras, además otros materiales que se pueden utilizar para construir montículos son: el cemento, el ladrillo y el metal. Estos materiales se utilizan principalmente en la construcción de montículos artificiales, como muelles, puentes y otras estructuras de ingeniería, como se observa en la figura 23.

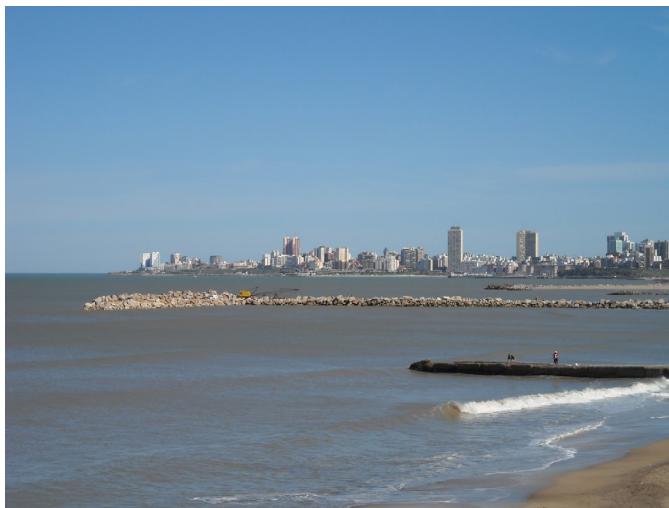
Los parámetros que se deben tener en cuenta para su construcción son:

- Altura y anchura de los montículos:** la altura y anchura de los montículos deben ser suficientes para proporcionar una estabilidad adecuada al talud, pero también deben tener en cuenta el impacto visual y ambiental.
- Pendiente del talud:** la pendiente del talud es un factor importante a considerar al diseñar los montículos, ya que la inclinación del talud afecta la estabilidad de los montículos.
- Materiales:** se deben utilizar materiales resistentes y duraderos para construir los montículos, como rocas o geotextiles.

- **Diseño y disposición:** el diseño y la disposición de los montículos deben tener en cuenta el tipo de suelo y el clima de la zona, para garantizar que los montículos sean estables y duraderos.
- **Consideraciones ambientales:** es importante tener en cuenta el impacto ambiental de la construcción de los montículos y minimizar al máximo su impacto en el medioambiente .

Figura 23

Muro de escollera



Nota. Tomado de Espigones La Perla Norte hacia Comet [Fotografía], por Mar del Plata, mi Nikon y yo, 2010, [mdpminikonyo](#). CC BY 2.0



Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimado estudiante le invito a realizar las siguientes actividades:

1. Participe sus inquietudes académicas a través de la mensajería del EVA, chat de tutoría y consulta o correo electrónico.
2. Revisar el video: [Angel el Levita haciendo una escollera junto a los Baños de Fitero Navarra 13 10, 2014.](#)
3. Realiza una lectura comprensiva de (pp 287 a 296) de [Muros de escollera en urbanizaciones.](#)



Semana 8



Actividades finales del bimestre

Estimado estudiante, hemos conseguido culminar del primer bimestre, para el examen bimestral, dedique esta semana a revisar y analizar los contenidos de cada una de las unidades revisadas.



“Si no persigues lo que quieras, nunca lo tendrás. Si no vas hacia delante, siempre estarás en el mismo lugar”

Nora Roberts



Actividades de aprendizaje recomendadas

Adicionalmente, recomiendo realizar las siguientes actividades:

1. Revise las actividades de aprendizaje propuestas para cada semana.
2. Aplique sus conocimientos para resolver las autoevaluaciones al final de cada unidad y una vez finalizada cada una de ellas, puede revisar el solucionario que se encuentra al final de la presente guía didáctica y establecer la respuesta correcta.
3. Analice las referencias y otras fuentes, los temas que tiene planteadas dudas.
4. No olvide pedir asesoría a su docente tutor, por medio de mensajería o durante los horarios de tutoría respectivos, para que este le explique de forma más detallada los temas que aún no logra entender del todo.



Mucha suerte con su evaluación, continuaremos con el desarrollo de los siguientes temas en el segundo bimestre.



Segundo bimestre

Resultado de aprendizaje 1 y 2

- Aplica elementos de bioingeniería para mitigar riesgos de remoción en masa en terrenos con problemas relacionados con la erosión de suelos.
- Implementa medidas para que zonas vulnerables dejen de ser un riesgo para los transeúntes.

Como se mencionó al inicio del primer bimestre, la materia presenta un resultado de aprendizaje, por lo que al finalizar este curso el estudiante ha adquirido conocimientos de varios fundamentos teóricos necesarios. Con el fin de tener el conocimiento teórico para los diferentes procesos que conlleva una obra de bioingeniería en la estabilización de taludes.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje



Semana 9

3.4. Zanjas de drenaje

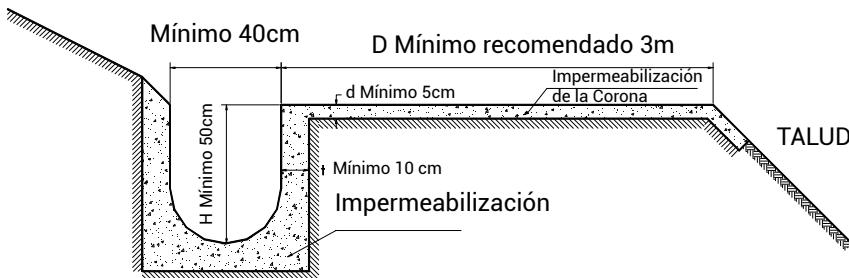
Las zanjas de drenaje son canales o conductos que se construyen para evacuar el exceso de agua de un área determinada. Se utilizan para prevenir inundaciones, erosiones del suelo y para controlar el flujo de agua en un terreno. Las zanjas de drenaje pueden ser de distintos tipos y tienen diversas aplicaciones. Algunas de ellas son:

Zanjas de drenaje superficial: son aquellas que se construyen cerca de la superficie del suelo y que tienen como objetivo el evacuar el agua de lluvia y de riego que se acumula en la superficie.

Los pozos en la cresta o parte superior de la pendiente se utilizan para recolectar y dirigir cantidades suficientes de agua de lluvia, evitando que fluya cuesta abajo.

La zanja de cumbre o coronación no debe construirse demasiado cerca del borde superior del talud, como se indica en la figura 24, para que no se convierta en el inicio y guía de un deslizamiento en los últimos cortes o una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos que sucedió un daño a la corona o cresta de una pendiente. Se recomienda que las zanjas sean completamente impermeables y que se proporcione suficiente pendiente para asegurar una rápida eliminación del agua acumulada. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, a pesar de la impermeabilización inicialmente lograda, con el tiempo se producen movimientos en el suelo que provocan grietas en la impermeabilización y, por lo tanto, penetraciones, lo que conduce a un debilitamiento de la resistencia del suelo y, por lo tanto, a su falla: la recomendación para la resistencia al agua debe aumentarse de forma adecuada con mantenimiento. Se ha sugerido que la zanja del dosel debe repararse al menos cada dos años para crear grietas y hendiduras que parezcan impermeables.

Figura 24
Diseño zanja de coronación



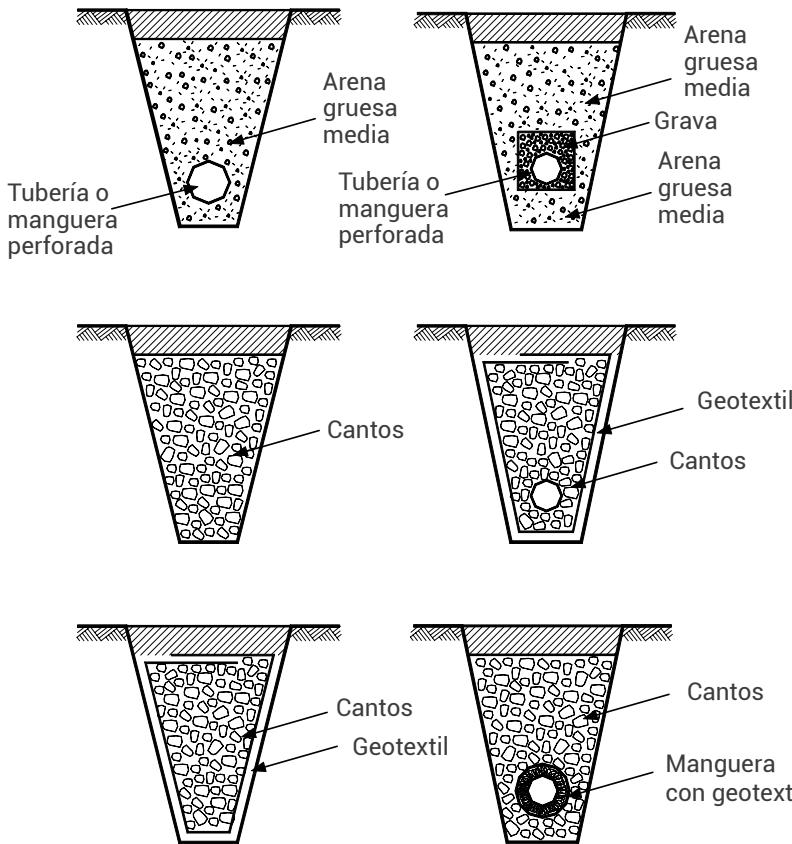
Nota. Tomado de *Desastres medicina* (p. 432), por Autor, (s.f.).

Zanjas de drenaje profundo: son aquellas que se construyen a mayor profundidad como el diseño de la figura 25 y que tienen como objetivo evacuar el agua que se acumula debajo del suelo. Su propósito es reducir o evitar que aumente la presión en los poros de los materiales, la cantidad de agua recolectada por el sistema de drenaje subterráneo depende de la permeabilidad y gradientes hidráulicos del suelo o roca. La instalación de

drenaje generalmente baja el nivel piezométrico y también baja el gradiente hidráulico, lo que reduce el caudal inicial recogido por los drenajes.

Figura 25

Diseño zanja de drenaje profundo



Nota. Tomado de Desastres medicina (p. 441), por Autor, (s.f.).

Zanjas de drenaje de infiltración: según Carlson (1990), son canales construidos sin desniveles en taludes, con el objetivo de captar la escorrentía y reducir el proceso de erosión al aumentar la absorción de agua por el suelo. Estos procesos de estabilización de suelos se pueden construir a mano o con máquinas, y se ubican en la parte superior o media de la pendiente para recolectar y retener la escorrentía, como se observa en la figura 26, de los niveles superiores del suelo; en otras palabras, promueven la humedad mientras mantienen temporalmente el drenaje del suelo. Cabe señalar que el sistema de zanjas de infiltración por sí solo no puede controlar el fenómeno de la erosión. Además, se deben plantar los pastos

o reforestar los claros de las zanjas, o se deben introducir otros métodos de conservación como el arado, la formación del suelo y la siembra en contorno.

Las zanjas se excavan en el suelo con base en curvas de nivel. Su finalidad principal es la de captar y recoger aguas de escorrentía.

Figura 26

Zanja de infiltración con agua almacenada

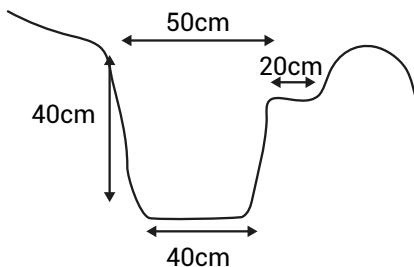


Nota. Tomado de *Prácticas de conservación de suelo y aguas validadas por el proyecto Jalta* (p. 24), por Autor, 2003.

Por lo general, como se observa en la figura 27, cada zanja de infiltración tiene las siguientes dimensiones: longitud = 2 m; profundidad = 0,4 m ; ancho por debajo = 0,4 m y ancho en la superficie = 0,5 m como se muestra en las siguientes figuras:

Figura 27

Dimensiones de una zanja de infiltración



Nota. Tomado de *Prácticas de conservación de suelo y aguas validadas por el proyecto Jalda* (p. 25), por Autor, 2003.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimado estudiante le invito a realizar las siguientes actividades:

1. Participe sus inquietudes académicas a través de la mensajería del EVA, chat de tutoría y consulta o correo electrónico.
2. [Construcción de zanjas de infiltración](#)
3. Realizar la lectura comprensiva (pp 431 a 435 y 440 a 450) [Control de aguas superficiales y subterráneas](#).
4. Revisar y analizar el siguiente documento de la (pp 5 a 25) [Zanjas de infiltración](#).
5. Realizar una lectura comprensiva de la (pp 24 a 26) [Prácticas de conservación de suelos y a guas validadas por el proyecto Jalda](#).



3.5. Filtros vivos

Los filtros vivos son una herramienta importante en la bioingeniería para la estabilización de taludes debido a su capacidad para mejorar la estabilidad y la resistencia del suelo. Los sistemas de filtros vivos utilizan plantas y microorganismos para fortalecer el suelo y reducir la erosión, proporcionando una barrera natural contra el agua y el viento. Además, estos sistemas también pueden ayudar a controlar el drenaje y la infiltración del agua en el suelo, reduciendo así el riesgo de deslizamientos y desprendimientos de tierra.

Otro beneficio de los filtros vivos para la estabilización de taludes es su capacidad para mejorar la calidad del aire y la biodiversidad. Al utilizar plantas y microorganismos para proteger y estabilizar el suelo, se promueve la creación de hábitats naturales y se fomenta la diversidad biológica en las laderas. Además, al crear una barrera natural contra la erosión, se reduce la cantidad de polvo y partículas suspendidas en el aire, mejorando así la calidad del aire y reduciendo la contaminación.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que los filtros vivos no son una solución infalible y deben utilizarse en combinación con otras técnicas de estabilización de taludes. Además, deben considerarse factores como el clima, el suelo y el uso del terreno para garantizar que el sistema de filtros vivos sea adecuado y eficaz.

Algunas de las principales características de los filtros vivos son:

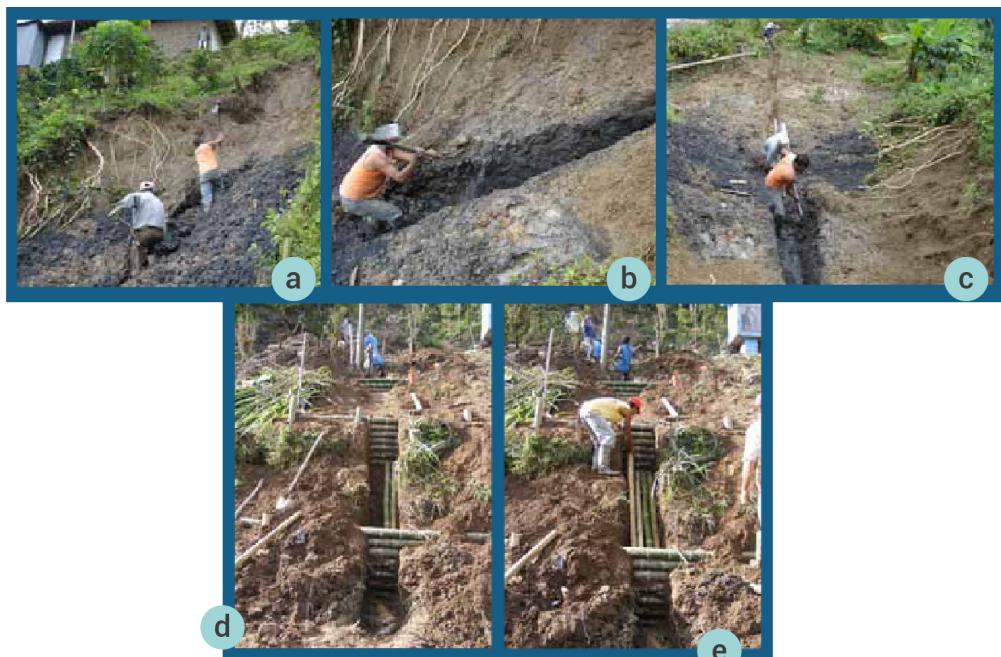
- Según Rivera (2011), utilización de plantas y microorganismos: los filtros vivos utilizan plantas y microorganismos para mejorar la estabilidad y la resistencia del suelo, proporcionando una barrera natural contra el agua y el viento; se debe indicar que el ángulo del filtro debe ser menor o igual a 45°, los mismos se pueden establecer en sistemas de drenaje abierto, en zanjas, dependiendo de la saturación del terreno se pueden establecer en forma de espina de pescado.

El filtro vivo, tal como se observa en la figura 28, se realiza con especies como guadua, nacedero, leucacena así como otras especies, los cuales es necesario que en corto tiempo se logre reproducción, los filtros deben ir sostenidos con trinchos vivos escalonados, bien empotrados, y con una distancia entre ellos de 3 a 5 m dependiendo de la pendiente del terreno para evitar su desplazamiento (p 6).

- **Mejora de la calidad del aire y la biodiversidad:** al utilizar plantas y microorganismos para proteger y estabilizar el suelo, se promueve la creación de hábitats naturales y se fomenta la diversidad biológica en las laderas. Además, al crear una barrera natural contra la erosión, se reduce la cantidad de polvo y partículas suspendidas en el aire, mejorando así la calidad del aire y reduciendo la contaminación.
- **Reducción de la erosión:** los filtros vivos ayudan a controlar el drenaje y la infiltración del agua en el suelo, reduciendo así el riesgo de deslizamientos y desprendimientos de tierra.
- **Sostenibilidad y bajo impacto ambiental:** los filtros vivos son una opción ecológica y sostenible para la estabilización de taludes, ya que utilizan recursos naturales y no requieren el uso de productos químicos o mecánicos.
- **Adaptabilidad y mantenimiento:** los filtros vivos son adaptables a diferentes condiciones climáticas y de suelo, y pueden requerir un mantenimiento y cuidado adicional para funcionar de manera eficiente.

Figura 28

Proceso para la construcción de filtros vivos



Nota. Tomado de *Sistemas de drenaje con filtros vivos para la estabilización y restauración de movimientos masales en zonas de ladera* (p. 8), por Rivera, J., 2011.



Actividades de aprendizaje recomendadas

1. Participe sus inquietudes académicas a través de la mensajería del EVA, chat de tutoría y consulta o correo electrónico.
2. Visualizar el video: [Tips del profesor Yarumo bioingeniería](#).
3. Realizar una lectura comprensiva de la (pp 1 a 12) de [Sistemas de drenaje con filtros vivos para la estabilización y restauración de movimientos masales en zonas de ladera](#).
4. Efectuar una lectura comprensiva de la (pp 69 a 72) de [Manual de obras de bioingeniería en zonas de laderas con procesos de remoción de masa para altitudes superior a 3000 msnm](#).



3.6. Trinchos

Un trincho es un elemento de estabilización de taludes que se utiliza para mejorar la resistencia y la estabilidad de una ladera o talud. La palabra trincho proviene del latín “truncus”, que significa “tronco”. Los trinchos son troncos o postes de madera o metal que se instalan verticalmente en la ladera o talud para ayudar a sostener la tierra y evitar que se deslice o se desplace.

Los trinchos se utilizan a menudo en conjunción con otros métodos de estabilización de taludes, como la colocación de geotextiles, la instalación de mallas o redes de sostén y la colocación de materiales de relleno. También pueden ser instalados en combinación con otros elementos de estabilización, como tirantes o anclajes, para aumentar aún más la resistencia y la estabilidad de la ladera.

Uno de los principales beneficios de los trinchos es que son relativamente fáciles y rápidos de instalar, tal como se puede observar en la figura 29 y 30, lo que los hace ideales para proyectos de estabilización de taludes de emergencia o de corto plazo. Además, los trinchos son generalmente más económicos que otros métodos de estabilización de taludes, como los muros de contención o los anclajes.

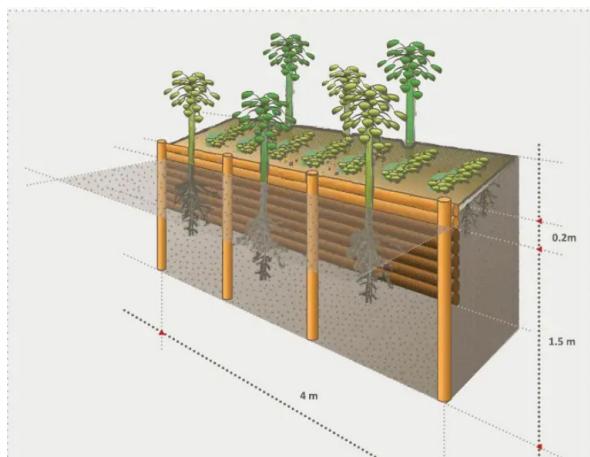
Según Rivera (2002), su construcción en taludes solo debe resultar en la estabilización del fondo de cauces y taludes. Por lo tanto, deben usarse principalmente para reducir la tasa de escorrentía (dispositivos de extracción de energía) en deslizamientos, pozos y canales de drenaje natural y para evitar daños en la base taludes. Asimismo, para prevenir cárcavas en canales, desagüe de cunetas viales y tanques de recolección de agua en taludes bajos, provenientes de cunetas en carreteras y caminos (p 2).

Existen algunos tipos de trinchos:

- Generalmente, los **trinchos de gaviones de hormigón y piedra** son temporales y demasiado caras y su vida útil es muy corta (3-5 años) porque el hormigón suele romperse o la malla metálica que las rodea se destruye.

- Los **trinchos de madera** son más baratos que los de hormigón y piedra, pero, al igual que los anteriores, su vida útil es corta debido al rápido deterioro de los materiales. Por ello, para alargar su vida hay que complementarlos con mantas.

Figura 29
Vista de perfil en trinchos escalonados



Nota. Tomado de *Manual de procedimientos para el manejo de procesos denudativos con obras de Bioingeniería* (p. 14), por Suarez, L. Sánchez, F., 2015.

- Los **trinchos vivos** están hechos de materiales vegetales fácilmente renovables y se consideran obras permanentes de biotecnología porque los materiales de los que están hechos permanecen y se fortalecen con el tiempo.

Figura 30

Trinchos vivos escalonados



Nota. Tomado de *Manual de procedimientos para el manejo de procesos denudativos con obras de Bioingeniería* (p. 69), por Suarez, L. Sánchez, F., 2015.

Sin embargo, hay algunas desventajas en el uso de trinchos para estabilizar taludes. Una de las principales desventajas es que los trinchos pueden ser menos resistentes que otros métodos, como los anclajes o los muros de contención, y pueden no ser adecuados para taludes muy inclinados o expuestos a condiciones climáticas extremas. Además, los trinchos pueden ser menos estéticos que otros métodos de estabilización de taludes y pueden no ser adecuados para áreas con un alto valor visual o turístico.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimado estudiante le invito a realizar las siguientes actividades:

1. Participe sus inquietudes académicas a través de la mensajería del EVA, chat de tutoría y consulta o correo electrónico.
2. Revisar el video: [Bioingeniería frenan deslizamientos con plantas](#).
3. Realizar una lectura comprensiva de la (pp 1 a 8) en el documento [Construcción de trinchos vivos para conducción de aguas de escorrentía en zonas tropicales de la ladera](#).

4. Visualizar el vídeo: [Bioingeniería - experiencias de resiliencia social y territorial.](#)
5. Realizar una lectura comprensiva (pp 71 a 76 y 96 a 99) del documento [Manual de procedimientos para el manejo de procesos denudativos con obras de bioingeniería.](#)



Semana 12

3.7. Disipadores

El agua que fluye sobre un aliviadero o a través de un aliviadero adquiere una alta energía cinética en ambos extremos aguas arriba debido a una diferencia de nivel significativa (energía potencial en el reservorio que se convierte en energía cinética cuando alcanza los niveles aguas abajo) generalmente entre los extremos directamente al reservorio. Si se encuentra una salida, causaría una erosión extensa que podría amenazar la integridad del desagüe mismo y la cortina o el terraplén.

Para evitar tal situación, los objetos de construcción conocidos como dispersores de energía se construyen como parte integral de los drenajes, tal como se observa en la figura 31, que son responsables de reducir la alta energía cinética mencionada anteriormente y, por lo tanto, prevenir las grandes erosiones mencionadas. (Pardo y Alegret 2012).

Figura 31

Disipadores de energía para evitar la socavación del talud



Nota. Tomado de *manual de obras de bioingeniería en zonas de laderas con procesos de remoción de masa para altitudes superior a 3.000 m.s.n.m.* (p. 15), por Universidad Católica de Colombia, 2016.

Según Hernández y Suescun (2016), las estructuras de estabilización de taludes forman terrazas escalonadas, que luego se cubren con vegetación. Aseguran la estabilidad en el fondo de terrenos sensibles, especialmente en taludes, deslizamientos y zonas negativas de la vía. Desarrolladas aguas abajo de las trincheras, para que no se debiliten por el exceso de agua de drenaje, se incrustan cuatro trozos de guadua, que caen contra el efecto del agua y ablandamiento, se colocan las zanjas en las que se encuentran los disipadores.



Actividades de aprendizaje recomendadas

1. Participe sus inquietudes académicas a través de la mensajería del EVA, chat de tutoría y consulta o correo electrónico.
2. Realizar la lectura comprensiva (pp 108 a 110) del artículo [Disipadores de energía. Parte 1 El salto hidráulico](#).
3. Revisar el documento [Bioingeniería fluvial](#)(pp 134 a 159).
4. Observar el vídeo: [Disipador de energía hidráulica](#) .
5. Distinguido estudiante ha culminado la unidad 3 y con ello es importante medir nuestros conocimientos, para lo cual es necesario desarrollar la siguiente autoevaluación.



Autoevaluación 3

Escoja la respuesta correcta:

1. En qué consiste el taponamiento de grietas.
 - a. Relleno de hormigón.
 - b. Rellenar grietas con materiales vivos.
 - c. Excavaciones.
2. En el diseño de los montículos se toma en cuenta.
 - a. Situación urbana.
 - b. Tipo pendiente.
 - c. Tipo de suelo.
3. Las zanjas de coronación se encuentran.
 - a. Medio talud.
 - b. Parte baja del talud.
 - c. Parte superior del talud.
4. ¿Cuál es el propósito de las zanjas de drenaje profundo?
 - a. Reducir presión en los poros.
 - b. Resistencia al agua.
 - c. Movimientos en las grietas.
5. Los filtros vivos no ayudan a controlar.
 - a. Erosión.
 - b. Reduce la cantidad de polvo.
 - c. Uso de geotextiles.
6. Los beneficios de los trinchos son:
 - a. Fáciles y rápidos de instalar.
 - b. Costos elevados.
 - c. Rápido deterioro.

7. ¿Qué previenen los dispersores de energía?

- a. Falta de caudal.
- b. Prevenir grandes erosiones.
- c. Aumento de caudal.

Conteste con verdadero o falso según corresponda:

- 8. () Las ventanas de evacuación se encuentran asociadas a zonas de evacuación.
- 9. () Las zanjas de drenaje de infiltración se excavan con base en el tipo de roca.
- 10. () Los disipadores toman en cuenta la energía cinética.



Comprueba las respuestas consultando el solucionario que se encuentra en al final de la guía, si tus respuestas fueron acertadas en su totalidad Felicidades. Si falla en algunas de ellas, no se desanime, vuelva a revisar los contenidos con seguridad mejorará su conocimiento.

[Ir al solucionario](#)



Unidad 4. Revegetación

Apreciado estudiante seguimos con el proceso de aprendizaje, en esta unidad se enmarca lo relacionado a los diferentes tipos de especies vegetales que se puede usar y que nos ayudaran en la estabilización de taludes por sus diferentes tipos de raíces, así como las características particulares de pastos.



“La lógica te llevará de la a la z. la imaginación te llevará a cualquier lugar”

Albert Einstein

4.1. Influencia de vegetación

El uso de especies vegetales tales como pastos, arbustos y árboles tiene algunos factores de beneficios, su uso en los que se puede indicar el costo económico, estético y la situación ambiental, aparte de mitigar lo relacionado al cambio climático.

Según Cooperación Suiza en América Central (2013), la vegetación que es adecuada para una pendiente específica y suficientemente densa puede proteger eficazmente la superficie de la pendiente. El efecto de la vegetación en las condiciones de la pendiente se puede definir de dos maneras:

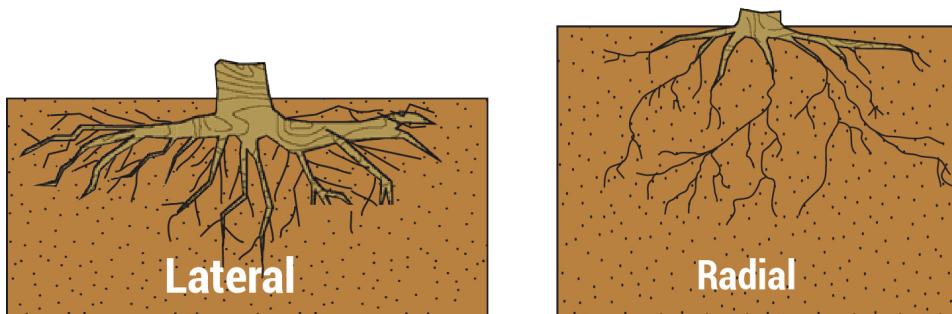
- **Hidrológicamente:** la vegetación afecta las condiciones hidrológicas de la pendiente y la velocidad y el volumen del flujo de agua en la pendiente y en la superficie de la pendiente a través de procesos: intercepción de lluvia, flujo de raíces, evaporación de gotas en las hojas, evaporación e infiltración (p 11).

- **Mecánicamente:** la vegetación aumenta la fuerza y la competencia del suelo en crecimiento y, por lo tanto, contribuye a su estabilidad. El efecto de la deforestación en la estabilidad de las laderas puede no ser inmediato. Inicialmente, se producen cambios hidrológicos y aumentos en la erosión e infiltración de la superficie, pero se producen efectos devastadores cuando la infraestructura original de la raíz se descompone, normalmente de 2 a 5 años después de la deforestación. Este efecto se manifiesta en forma de deslizamientos, que afectan a la población y sus medios de vida (p 13).

4.1.1. Características de las raíces

Según Greenway (1987), algunas plantas tienen sistemas de raíces “extensas” con raíces que se extienden profundas o grandes extensiones, mientras que otras forman sistemas “intensos” con raíces más cortas y finas. La forma de las raíces, como se observa en la figura 32 y 33, puede presentar tres patrones diferentes.

Figura 32
Tipos de raíz



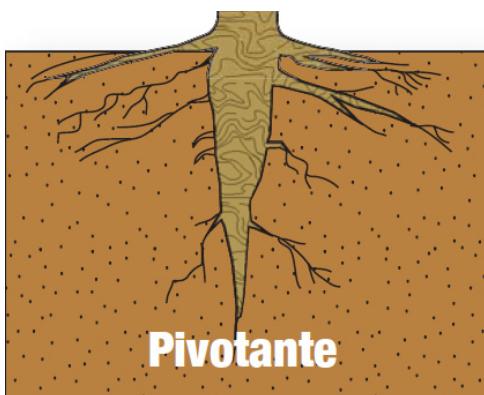
a. Raíz lateral de extensión

b. Raíz de extensión radial

Nota. Tomado de Manual de Bioingeniería Reduciendo riesgos y adaptándonos al cambio climático (p. 16), por Cooperación Suiza en América Central, 2013.

Raíces de árboles pivotantes: son muy efectivas para estabilizar deslizamientos de tierra poco profundos porque se extienden más profundamente que las raíces laterales o radiales.

Figura 33
Raíz Pivotante



Nota. Tomado de *Manual de Bioingeniería Reduciendo riesgos y adaptándonos al cambio climático* (p. 16), por Cooperación Suiza en América Central, 2013.

4.1.2. Selección especies vegetales

Según Cooperación Suiza en América Central (2013), dado que no existen especies establecidas, se debe consultar a expertos forestales para seleccionar las especies de gramíneas, hierbas, arbustos o árboles a utilizar en cada caso, teniendo en cuenta la experiencia local, las variaciones climáticas, las tolerancias y las diferencias de hábitos, especies diferentes.

Esta elección también debe tomar en cuenta los cambios y/o cambios en la temporada de lluvias, temperatura, período de secado, lluvia, etc., que pueden ocurrir como resultado del cambio climático, por lo que la especie debe ser flexible y adaptable al medio a cada tipo de ambiente (p 21).

Es importante indicar estimado estudiante que para el detalle en cada uno de los temas abordados es necesario que revise lo indicado en las actividades de aprendizaje recomendadas.

4.2. Uso de pastos

La bioingeniería es una disciplina que se centra en el uso de sistemas bióticos (organismos vivos) y sus interacciones con el medioambiente para resolver problemas de ingeniería y restaurar ecosistemas dañados. Una de las aplicaciones de la bioingeniería es la estabilización de taludes mediante el uso de pastos.

La estabilización de taludes con pastos se basa en el principio de que las raíces de las plantas proporcionan un anclaje y soporte al suelo, lo que reduce el riesgo de deslizamientos y erosiones. Además, los pastos también contribuyen a la conservación del agua y a la protección del suelo contra la erosión mediante la cubierta vegetal y la retención de la humedad en el suelo.

Existen varias ventajas de utilizar pastos para la estabilización de taludes en comparación con otros métodos, tales como la estabilización con mampostería o con rellenos de suelo. Una de las principales ventajas es que los pastos son una solución más económica y sostenible a largo plazo. Además, los pastos tienen un ciclo de vida más largo que otras soluciones de estabilización, lo que significa que no es necesario reemplazarlos con tanta frecuencia.

Para utilizar pastos para la estabilización de taludes, es importante elegir las plantas adecuadas y asegurarse de que estén bien establecidas antes de que se produzcan lluvias o vientos fuertes. También es importante mantener los pastos durante el primer año mientras se establecen, regándolos y cortándolos de manera regular.

4.2.1. *Vetiveria zizanioides*

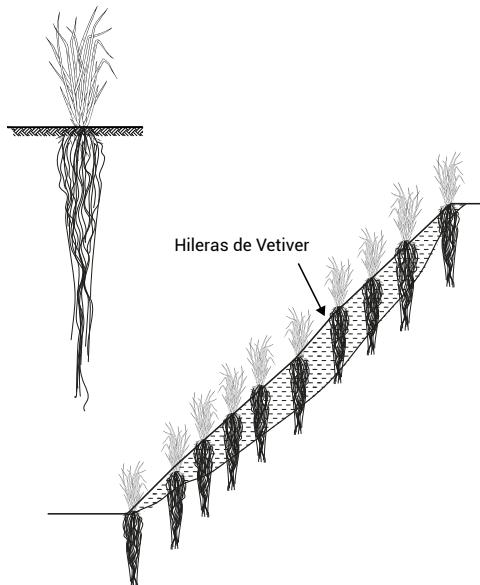
El vetiver (*Vetiveria Zizanioides L.*) es una especie de pasto originario de Asia, que se está utilizando con mucha frecuencia en los países tropicales para el control de erosión y para disminuir el potencial de deslizamiento de los taludes, como se observa en la figura 34.

Esta planta es una gramínea perenne con apariencia de maleza, que alcanza una altura hasta de 1.6 m en condiciones óptimas y posee un sistema de raíces con una gran cantidad de cilindros fibroso capaces de alcanzar profundidades de 4 a 5 metros.

El vetiver resiste fácilmente las sequías y la inmersión del agua, debido a la profundidad de sus raíces. Le gusta la exposición al sol y es capaz de adaptarse a gran cantidad de suelo, desde arena a arcilla y a altitudes climáticas desde el nivel del mar hasta 2500 metros (Suarez, 2000, p. 308).

Figura 34

Esquema de una planta de vetiver y su efecto sobre la estabilidad de un talud



Nota. Tomado de *Análisis Geotécnico* (p. 306), por Suarez, J., 2000.

4.3. Arbustos y árboles nativos en la prevención y mitigación de riesgos

Según Suarez (2000), los árboles son los más difíciles de plantar y deben colocarse en pendiente para que la humedad sea lo más constante posible. Se deben construir terrazas o sistemas de impermeabilización en las áreas de plantación de árboles.

La poda de árboles es una práctica muy útil para lograr un crecimiento armonioso. Ciertas épocas del año son más favorables para cortar árboles que otras, y se debe tener cuidado para asegurarse de que la poda en épocas desfavorables no perjudique su crecimiento.

La ubicación de los árboles en una pendiente puede influir en su comportamiento. Los arreglos pueden ser longitudinales, transversales, diagonales, transversales o radiales. Algunos tipos de césped requieren riego constante y no se recomiendan para su uso en pendientes donde se puede secar.

4.3.1. Estacas vivas

Las estacas vivas son trozos de árboles y arbustos enterrados en el suelo para su germinación, como se muestra en la figura 35, el procedimiento es simple, rápido y económico, se pueden utilizar como tratamiento primario, donde las estacas se anclan a otros elementos, como zanjas o cubiertas vegetales, que luego se convertirán en árboles o arbustos. Las estacas generalmente deben tener de uno a tres centímetros de diámetro y de 60 centímetros a un metro de largo.

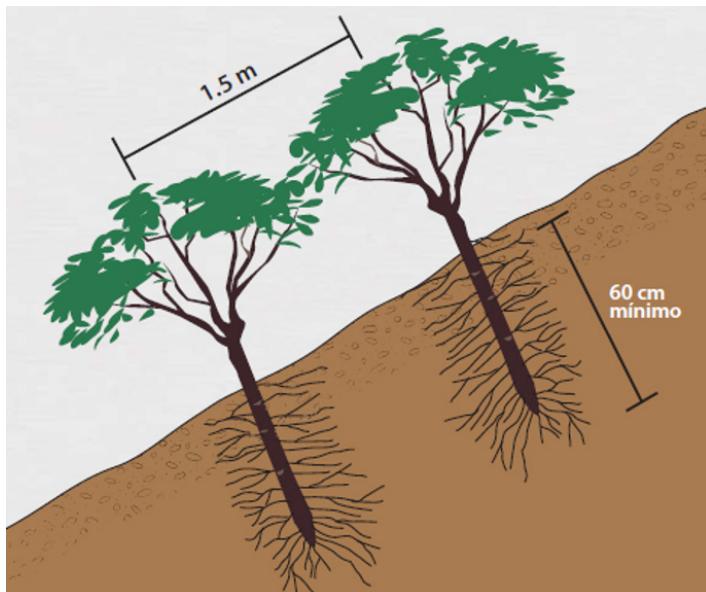
Según la Cooperación Suiza en América Central (2013), el uso técnico se debe tomar en cuenta lo siguiente :

- Estabilizan el suelo fortaleciendo y aglutinando sus partículas y reducen el exceso de humedad y la escorrentía.
- Debido a la excesiva humedad del suelo, se recomienda estabilizar pequeños deslizamientos y asentamientos.

Procedimiento de construcción:

- a. Cortar la parte superior de la estaca perpendicular al eje y la parte inferior en forma de punta para facilitar su inserción.
- b. Conduzca el pilote en ángulo recto, perpendicular a la superficie de la pendiente, utilizando mazos de goma, con las puntas dirigidas hacia arriba. También puedes hacer un agujero con un palo.
- c. La frecuencia de instalación debe ser de tres a cuatro estacas por metro cuadrado para garantizar una cobertura adecuada en un corto período de tiempo.
- d. Debe haber al menos 1,5 metros entre cada pila de espaciamiento.
- e. Dos tercios (60 cm) de la estaca deben enterrarse en el suelo.
- f. Compacta el suelo a su alrededor.

Figura 35
Estacas vivas



Nota. Tomado de *Manual de Bioingeniería Reduciendo riesgos y adaptándonos al cambio climático* (p. 29), por Cooperación Suiza en América Central, 2013.

4.3.2. Fajinas vivas

Según la Cooperación Suiza en América Central (2013), las fajinas son manojo de ramas que se entierran en zanjas poco profundas, como se observa en la figura 36 para que germinen de la misma manera que los esquejes vivos. Los pozos generalmente se caván a mano y forman un contorno a lo largo del contorno de la pendiente, teniendo como uso principal el control de la erosión.

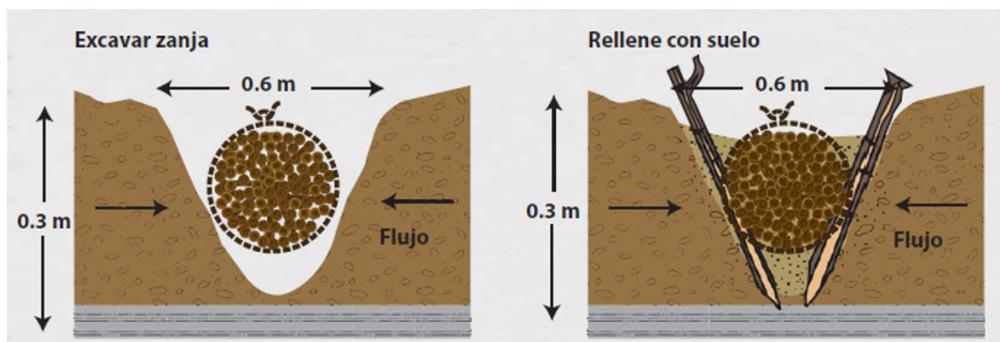
Pasos de construcción:

- a. El sistema consta de excavar zanjas en forma de espina de pescado. Tumba principal con ramas conectadas a tumbas laterales. Suelen construirse de abajo hacia arriba y los ángulos laterales varían entre 20° y 45°.
- b. La profundidad de la zanja central o principal es de hasta 50 centímetros.
- c. Zanjas laterales con una profundidad de 20-30 cm y 60 cm de ancho.

- d. La distancia entre tumbas adyacentes es de 1,0 a 2,5 metros, generalmente tiene una forma paralela y una longitud de 3 a 8 metros.
- e. Las trincheras están llenas de fajos vivos en toda su longitud.
- f. Asegure la fajina con estacas.
- g. Llenar las trincheras con suelo y en el contorno de las fajinas.
- h. La parte central se puede llenar con varias fajinas, dependiendo de la longitud de la zanja.

Figura 36

Fajinas vivas en cruz o capas de maleza



Nota. Tomado de *Manual de Bioingeniería Reduciendo riesgos y adaptándonos al cambio climático* (p. 42), por Cooperación Suiza en América Central, 2013.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimado estudiante le invito a realizar las siguientes actividades:

1. Participe sus inquietudes académicas a través de la mensajería del EVA, chat de tutoría y consulta o correo electrónico.
2. Revisar los siguientes videos:
 - [Bioingeniería para el control de deslizamientos](#).
 - [Taludes con alta pendiente con pasto vetiver. Manizales](#).
3. Revisar el artículo [La vegetación y los deslizamientos](#) (pp 291 a 310).



4.4. Guadua

Según (CORPOCALDAS, 2000), la guadua es una especie monocotiledónea perteneciente a la familia Gramineae, género Guadua. Una planta leñosa rizomatosa o caimán con un sistema radicular fuerte y abundante. Es de rápido crecimiento, el tallo es recto y alcanza una altura de hasta 25 metros. Con un diámetro de 10-20 cm, puede alcanzar los 35 m de altura y los 30 cm de diámetro en suelos aptos para la especie. El desarrollo final se alcanza a la edad de 3-6 años.

El tallo tiene forma de varilla, hueco y entrenudos que varían de 10 a 40 cm según la variedad y la forma, la corteza es delgada, lisa y brillante. Se caracteriza por la presencia de cogollos, lo que permite una reproducción vegetativa continua, en la imagen interactiva sobre las partes de una guadua se puede observar a detalle. Sus ramas sostienen las hojas, suelen llamarse bridás y brotan de las yemas de los nudos del tallo. Las hojas son simples alternas, lanceoladas, verdes, lisas. (CORPOCALDAS, 2000).

- **Mampostería de guadua:** se construyen muros de guadua a lo largo del talud para absorber la energía del deslizamiento y reducir su velocidad. Estos muros deben ser diseñados y construidos de manera adecuada para soportar la carga y pueden ser más económicos de construir que los muros de mampostería tradicionales.
- **Geomallas de guadua:** se colocan geomallas de guadua en el talud para retener el material y evitar que se deslice. Estas mallas deben ser resistentes y de alta calidad para soportar la carga y el movimiento del material del talud.

- **Cintas de anclaje de guadua:** se instalan cintas de anclaje de guadua en el talud para sujetar el material y evitar que se deslice. Estas cintas deben tener una alta resistencia y deben ser capaces de soportar la carga sin romperse o deformarse.

Estimado estudiante le invito a revisar la siguiente imagen interactiva, en donde podrá apreciar las partes de una guadua.

Partes de la Guadua.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimado estudiante le invito a realizar las siguientes actividades:

1. Participe sus inquietudes académicas a través de la mensajería del EVA, chat de tutoría y consulta o correo electrónico.
2. Realizar una lectura comprensiva de la (pp 91 a 100) del [Análisis de los sistemas constructivos de vivienda caso Colombia -Guadua](#).
3. Revisar el video: [Con bioingeniería previenen derrumbes en carretera](#).
4. Realizar una lectura comprensiva (pp 68 a 77) <http://hdl.handle.net/10839/1335>.



Semana 15

4.5. Hidrosiembra

La hidrosiembra es una técnica utilizada para la estabilización y restauración de suelos erosionados o degradados. Consiste en la aplicación de una mezcla de semillas, fertilizantes y otros materiales a través de un equipo especializado que rocía el material sobre la superficie del suelo. La mezcla se aplica en forma de fina niebla, lo que permite que las semillas y otros materiales se adhieran a la superficie del suelo y se mantengan en su lugar hasta que germinen y crezcan.

La hidrosiembra se utiliza a menudo para restaurar áreas que han sido dañadas por la actividad humana, como terrenos degradados por la minería o la agricultura, o para estabilizar suelos erosionados en laderas o en áreas de difícil acceso. También se puede utilizar para restaurar áreas afectadas por incendios forestales o desastres naturales.

Para llevar a cabo una hidrosiembra de forma eficaz y exitosa, es necesario tener en cuenta varios parámetros y factores clave. Algunos de estos parámetros incluyen:

- **El tipo de suelo:** es importante tener en cuenta las características del suelo, como la textura, el pH y la capacidad de retener agua, ya que esto puede afectar la germinación y el crecimiento de las plantas.
- **El clima y las condiciones meteorológicas:** el clima y las condiciones meteorológicas también pueden afectar el éxito de la hidrosiembra. Por ejemplo, es importante tener en cuenta la temperatura y la humedad del aire, así como la cantidad de luz solar disponible.
- **La elección de las semillas:** es importante seleccionar las semillas adecuadas para el tipo de suelo y las condiciones climáticas de la zona. También se debe tener en cuenta la época del año y la época de germinación de cada especie.
- **La preparación del suelo:** es importante preparar adecuadamente el suelo antes de la hidrosiembra, eliminando cualquier vegetación no deseada y añadiendo fertilizantes y otros materiales necesarios para mejorar la calidad del suelo.
- **El equipo de hidrosiembra:** es esencial utilizar equipo de alta calidad y en buen estado para asegurar una aplicación uniforme y efectiva de la mezcla de semillas y otros materiales.
- **El mantenimiento:** una vez aplicada la hidrosiembra, es importante mantener el área para asegurar que las plantas germinen y crezcan adecuadamente. Esto puede incluir riego y poda periódicos, así como la eliminación de malezas y otra vegetación no deseada.

Figura 37
Hidrosiembra



Nota. Tomado de *Hidrosiembra equipo paisaje projar* [Fotografía], por Wikipedia, 2011, [commons.wikimedia](#). CC BY 2.0



Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimado estudiante le invito a realizar las siguientes actividades:

1. Participe sus inquietudes académicas a través de la mensajería del EVA, chat de tutoría y consulta o correo electrónico.
2. Revisar el video: [Hidrosiembra](#).
3. Realizar una lectura comprensiva del siguiente artículo: [La hidrosiembra como bioingeniería para la protección de taludes](#).
4. Revisar el siguiente artículo: [La hidrosiembra, técnica de bioingeniería para la protección de suelos](#).
5. Distinguido estudiante ha culminado la unidad 4 y con ello es importante medir nuestros conocimientos, para lo cual es necesario desarrollar la siguiente autoevaluación.



Autoevaluación 4

Escoja la respuesta correcta:

1. ¿Qué proceso realiza la vegetación hidrológicamente?
 - a. Deforestación.
 - b. Evaporación.
 - c. Cambio climático.
2. El vetiver es resistente:
 - a. Las sequías y la inmersión del agua.
 - b. Fuego.
 - c. Hielo.
3. ¿Cómo se aplica la mezcla en hidrosiembra?
 - a. Chorro de alta presión.
 - b. Chorro de media presión.
 - c. Fina niebla.

Conteste con verdadero o falso según corresponda:

4. () El efecto de la vegetación en las condiciones se define de tres maneras.
5. () Existen raíces pivotantes.
6. () Las estacas vivas es un procedimiento económico.
7. () El principal uso de las fajinas es en zonas de cárcavas.
8. () La presencia de cogollos en la guadua permite una reproducción vegetativa discontinua.
9. () Existen parámetros determinados para la selección de vegetales.

10. () Tener en cuenta el parámetro del clima y condiciones meteorológicas es un factor clave en hidrosiembra.



Comprueba las respuestas consultando el solucionario que se encuentra en al final de la guía, si tus respuestas fueron acertadas en su totalidad Felicidades. Si falla en algunas de ellas, no se desanime, vuelva a revisar los contenidos con seguridad mejorará su conocimiento.

[Ir al solucionario](#)



Actividades finales del bimestre

Distinguido estudiante, hemos culminado el segundo bimestre, con el fin de estar listos para el examen bimestral, es necesario en la presente semana revisar y analizar los contenidos de cada una de las unidades revisadas.



Actividades de aprendizaje recomendadas

Adicional, a lo indicado anteriormente, recomiendo para su aprendizaje realizar las siguientes actividades:

1. Revise las actividades de aprendizaje propuestas para cada semana.
2. Aplique sus conocimientos para resolver las autoevaluaciones al final de cada unidad y una vez finalizada cada una de ellas, puede revisar el solucionario que se encuentra al final de la presente guía didáctica y establecer la respuesta correcta.
3. Analice las referencias y otras fuentes, los temas que tiene planteadas dudas.
4. No olvide pedir asesoría a su docente tutor, por medio de mensajería o durante los horarios de tutoría respectivos, para que este le explique de forma más detallada los temas que aún no logra entender del todo.



Mucha suerte con su evaluación, un placer haber podido ser parte de su aprendizaje, el mejor de los éxitos en su carrera universitaria.



4. Solucionario

Autoevaluación 1		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	c	Los factores positivos de la vegetación son: Transmiten al suelo fuerza del viento, aumentan el peso sobre el talud, algunas especies causan grietas por desecación ya que extraen toda el agua.
2	b	Los factores positivos de la vegetación son: Intercepta lluvia, aumenta la capacidad de infiltración, extrae la humedad del suelo, sus raíces refuerzan el suelo aumentando la resistencia al cortante.
3	c	La investigación en esta área de la geomorfología es de carácter histórico porque tiene como objetivo comprender los procesos responsables del desarrollo de las formas del relieve.
4	c	Las condiciones y entorno del talud para tener probabilidad de falla dependen de condiciones y características geotécnicas, geometría, condiciones hidrológicas.
5	a	El factor de seguridad no ayuda con el diseño de las condiciones del talud.
6	b	Los materiales que enmarcan su estructura fibras de origen natural con hilados o entretejidas con filamentos de propileno que incrementan la resistencia de esfuerzos y duración en el tiempo en taludes de gran inclinación.
7	F	La bioingeniería es la inclusión de pastos, arbustos y árboles en el diseño de medidas y obras de ingeniería con el fin de mejorar o proteger taludes, terraplenes por factores de erosión, etc.
8	F	La característica principal de la vegetación es proteger de la erosión laminar, ya que protege de la exposición de factores como el agua, viento etc.
9	V	En la infiltración la tasa de absorción es la capacidad del suelo para absorber la lluvia o el riego.
10	V	La erosión hídrica es el proceso por el cual las partículas del suelo son desplazadas, transportadas y depositadas por los siguientes factores principales.

Ir a la
autoevaluación

Autoevaluación 2

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	a	La caída es un tipo de movimiento de masa en el que uno o más bloques de suelo o roca se desprenden de un talud sin un desplazamiento significativo de esa superficie.
2	a	Se caracteriza por el movimiento lento de la masa debido a la deformación interna (expansión) del material.
3	c	Por lo general, contienen cantidades medianas a grandes de material grueso de varios diámetros, hasta 10 000 m ³ , incluidos fragmentos de roca, escombros y roca triturada.
4	c	Desplazamientos extremadamente rápidos en forma de flujos de rocas fracturadas resultantes de deslizamientos de rocas de tamaño significativo que arrastran material a lo largo de su camino.
5	c	Deformación del terreno que sufre movimientos lentos o muy lentos, prácticamente imperceptibles, con movimiento mm/año, sin superficie de falla definida, constituido principalmente por materiales de cubierta mal reforzados. y bajo.
6	c	Cambios en la estructura y condiciones de la capa superficial del suelo debido a prácticas agrícolas, pastoreo, explotación forestal.
7	F	Consiste en una rotación o espiral de un ambiente rocoso con sistemas de discontinuidad constituidos por bloques o columnas con deformación gradual en la dirección de la pendiente.
8	F	Conlleva inicialmente, el movimiento lento de suelo, roca o ambos a lo largo de una superficie de falla circular y cóncava sobre la cual se desliza.
9	F	Difusión Lateral Lenta, generalmente para materiales blandos que se encuentran en capas gruesas de roca, cuando se produce un desgarro o agrietamiento debido a factores desencadenantes, el material se desplaza hacia las grietas provocando movimientos lentos.
10	F	Son los movimientos de masas de bloques de piedra, escombros, limos y material fino descompuesto que se comportan como un "fluído", deformaciones continuas y sin fracturas definidas, donde el agua es el principal factor de movimiento.

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluación 3		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	b	Consiste en llenar las grietas y fisuras en el suelo con materiales vivos, como plantas, semillas y otros materiales orgánicos.
2	c	Diseño y disposición: el diseño y la disposición de los montículos deben tener en cuenta el tipo de suelo y el clima de la zona, para garantizar que los montículos sean estables y duraderos.
3	c	La zanja de cumbre o coronación no debe construirse demasiado cerca del borde superior del talud.
4	a	Su propósito es reducir o evitar que aumente la presión en los poros de los materiales, la cantidad de agua recolectada por el sistema de drenaje subterráneo depende de la permeabilidad y gradientes hidráulicos del suelo o roca.
5	c	Los sistemas de filtros vivos utilizan plantas y microorganismos para fortalecer el suelo y reducir la erosión, proporcionando una barrera natural contra el agua y el viento.
6	a	Uno de los principales beneficios de los trinchos es que son relativamente fáciles y rápidos de instalar, lo que los hace ideales para proyectos de estabilización de taludes de emergencia o de corto plazo.
7	b	Dispersores de energía se construyen como parte integral de los drenajes, que son solo edificios responsables de reducir la alta energía cinética mencionada anteriormente y, por lo tanto, prevenir las grandes erosiones mencionadas.
8	F	Las ventanas de evacuación son una medida de estabilización de taludes utilizada para mejorar el drenaje en una ladera.
9	F	Las zanjas se excavan en el suelo en base a curvas de nivel.
10	V	El agua que fluye sobre un aliviadero o a través de un aliviadero adquiere una alta energía cinética en ambos extremos aguas arriba debido a una diferencia de nivel significativa (energía potencial en el reservorio que se convierte en energía cinética cuando alcanza los niveles aguas abajo)

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluación 4

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	b	Los procesos son: intercepción de lluvia, flujo de raíces, evaporación de gotas en las hojas, evaporación e infiltración.
2	a	El vetiver resiste fácilmente las sequías y la inmersión del agua, debido a la profundidad de sus raíces.
3	c	La mezcla se aplica en forma de fina niebla, lo que permite que las semillas y otros materiales se adhieran a la superficie del suelo y se mantengan en su lugar hasta que germinen y crezcan.
4	F	El efecto de la vegetación en las condiciones de la pendiente se puede definir de dos maneras: hidrológicamente y mecánicamente.
5	V	Son muy efectivas para estabilizar deslizamientos de tierra poco profundos porque se extienden más profundamente que las raíces laterales o radiales.
6	V	El procedimiento es simple, rápido y económico. Las estacas vivas pueden utilizarse como un tratamiento primario en el cual las estacas cumplen un objetivo de anclar otros elementos como trinchos o mantos vegetales.
7	V	El principal uso de las fajinas es el control de la erosión especialmente en zonas de cárcavas
8	F	La presencia de cogollos, lo que permite una reproducción vegetativa continua.
9	V	La elección también debe tomar en cuenta los cambios y/o cambios en la temporada de lluvias, temperatura, período de secado, lluvia, etc., que pueden ocurrir como resultado del cambio climático.
10	V	Se tienen algunos parámetros que son claves y garantizan la hidrosiembra: El tipo de suelo, el clima y las condiciones meteorológicas, elección de las semillas, preparación del suelo, etc.

[Ir a la autoevaluación](#)



5. Referencias bibliográficas

- Carlson, P. 1990. Establecimiento y manejo de prácticas agroforestales en la sierra ecuatoriana. Editorial Cormen, Quito – Ecuador <https://n9.cl/byu2e>
- Cisneros, J. Cholaky, C. Cantero, A. González, J. Reynero, M. Diez, A. & Degioanni, A. (2012). Erosión hídrica. *Principios y técnicas de manejo*. <http://www.unirioeditora.com.ar/wp-content/uploads/2021/08/978-987-688-024-4.pdf>
- CORPOCALDAS; La Guadua Planta Emblema del Departamento de Caldas. Manizales, 2000.
- Cooperación Suiza en América Central. (2013). Manual de Bioingeniería reduciendo riesgos y adaptándonos al cambio climático <https://n9.cl/grlte>
- Flores Villanelo, J., Martínez Araya, E., Pizarro Tapia, R. y Sangüesa Pool, C (2004). Monografías Zanjas de Infiltración. https://sistemamid.com.ar/panel/uploads/biblioteca/2017-02-11_08-34-56140066.pdf
- Franco García, L., Osorio, A., Rivera Posada, J., Sánchez Zapata, F (2015) Manual de Procedimientos para el manejo de procesos denudativos con obras de Bioingeniería. <https://n9.cl/g1oxi>
- Hernández-Bernal, L. F. & Suescún-Castellanos, E. B. (2016). Manual de obras de bioingeniería en zonas de laderas con procesos de remoción en masas para altitudes superiores a 3000 m.s.n.m. El caso de la localidad de Sumapaz-Bogotá D.C. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia <https://n9.cl/tvnuy>
- Jaramillo Morilla, A.; Mascort Alba, E.; Díaz Pichardo, A.; Bernabe Reyes, C; Villicaña Cupa, M.; Contreras Marín, E.; Díaz Calderón, G. Muros de escollera en urbanizaciones. pp 286 – 296. <https://core.ac.uk/download/pdf/51403274.pdf>

Pardo, R. y Alegret E. (2012). Diseño hidráulico de aliviaderos y obras de toma para presas. Editorial Félix Varela, ISBN 978-959-07-1692-8, La Habana. <https://n9.cl/3bm69>

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional. <https://n9.cl/7jmn7>

Sánchez, J. (2019). Estabilización de taludes mediante la técnica de bioingeniería con cultivo de pastos vetiver en zonas tropicales, año 2019. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Continental, Huancayo, Perú. <https://n9.cl/kluyh>

Rivera, P.J. H. (2002). Construcción de trinchos vivos para conducción de aguas de escorrentía en zonas tropicales de ladera. Avances técnicos de Cenicafé. Boletín No 296. Pág. 1 – 8 <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0296.pdf>

Rivera, J (noviembre 2011). Sistemas de drenaje con filtros vivos para la estabilización y restauración de movimientos masales en zonas de ladera. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/337/1/avt0413.pdf>

Suarez. J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zona tropicales <https://n9.cl/xlzrr>

Suarez Diaz, Jaime. 2000. Análisis Geotécnico. Bucaramanga : División Editorial y de Publicaciones, Universidad Industrial de Santander, 2000. Vol. Tomo I. ISBN 958-33-2734-4. <https://n9.cl/suk09>

Tarbuck, E. J.; Lutgens, F. K. y Tasa, D. (2005). Ciencias de la Tierra. Editorial Pearson Educación, S.A. , ISBN 84-832-2690-2, Madrid. <https://n9.cl/zxryv>

Villamil, J. Análisis de los sistemas constructivos de vivienda en Colombia – caso Guadua <https://n9.cl/ddjf0>