


<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <b>ANEXO N° 2</b>  <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y CONTROL DE EROSIÓN</b> </div> </div> <p style="text-align: center;">Documento al que pertenece: ITM.022 Trabajos de Mantenimiento de Líneas</p>		
Revisión 0	Vigente desde: 27.11.2025	Página: 1/ 10

## **SECCIÓN I: CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y CONFORMACIÓN DE TALUDES**

### **Análisis**

#### **1. Análisis Visual / Manual**

El supervisor deberá clasificar el suelo en el campo basándose en los resultados de por lo menos un análisis visual y otro análisis manual realizado por el mismo.

##### **1.1 Análisis Visual**


Se deberá realizar para determinar información cualitativa con relación al sitio de la excavación y el suelo, como sigue:

- Identificar el suelo excavado y el área de la superficie adyacente a las excavaciones, así como el suelo a los lados de la excavación. Estimar el rango de tamaños de partículas y las cantidades relativas de los tamaños de partículas. Identificar el suelo con grano de formas múltiples o la grava agrupada en el suelo cuando la excavación es de material arcilloso. El suelo de grano de forma tosca o arena gruesa que se separa fácilmente y no se conserva en grupos es de material granular. Las aperturas de tipo quebraduras indican un material con fisuras. Si los pedazos cortos y gruesos de agrietamiento de la tierra caen fuera de un lado vertical, la tierra puede hundirse. Los agrietamientos pequeños son evidencia de suelo en movimiento y son indicaciones de situaciones potencialmente riesgosas. Examinar el área adyacente a la excavación y el área dentro de la excavación para en caso de determinar evidencia de lo siguiente:
  - a) Equipo existente y otras estructuras subterráneas.
  - b) Agua de la superficie, agua filtrada de los lados de la excavación o la ubicación del nivel de agua.
  - c) Fuentes de vibración las cuales puedan afectar la estabilidad de las capas excavadas.

##### **1.2 Análisis Manual**

Se deberá realizar para determinar la cantidad, así como las propiedades cualitativas del suelo y proporcionar más información para clasificar el suelo apropiadamente, según los parámetros siguientes:

- **Plasticidad:** Tome una muestra de tierra húmeda, haga con ella una pelota de 1/8 de pulgada de diámetro e intente rodarla en hilos delgados. El material cohesivo puede rodar en hilos con éxito sin desmenuzarse y puede sostenerse en un extremo sin rasgarse.
- **Fuerza Seca:** Si la tierra está seca y se deshace por sí sola o con presión moderada en granos individuales o en polvo fino, ésta es granular. Si la tierra está seca y se deshace en grupos los cuales se deshacen en otros más pequeños y éstos se separan con dificultad es muy posible que sea arcilla en combinación con grava, arena o cieno. Si la tierra no se deshace en grupos pequeños, sólo puede romperse con dificultad y no existe ninguna indicación visual de hundimiento, la tierra puede ser considerada sin fisuras.
- Se utilizará la **Penetración del Dedo Pulgar** para determinar la fuerza de compresión de confinamiento de tierras cohesivas, el suelo de tipo A puede desplazarse rápidamente por presión del dedo pulgar; el suelo tipo B sólo se puede penetrar con el dedo pulgar con un gran esfuerzo y el suelo de tipo C puede penetrarse fácilmente varias pulgadas por el dedo pulgar y se pueden amoldar a través de una ligera presión digital. (La penetración del dedo pulgar se debe realizar en una muestra de tierra virgen tan pronto como sea factible después de la excavación para minimizar los efectos de exposición a influencias secantes. Si la excavación se expone posteriormente al agua por lluvias o inundaciones, la clasificación de tierra debe cambiar respectivamente).


 <p style="text-align: center;"><b>ANEXO N° 2</b> <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y CONTROL DE EROSIÓN</b></p> <p style="text-align: center;">Documento al que pertenece: ITM.022 Trabajos de Mantenimiento de Líneas</p>		
Revisión 0	Vigente desde: 27.11.2025	Página: 2/ 10

- **Otras Pruebas de Fuerza:** La estimación de la fuerza de compresión no confinada de suelo puede ser obtenida por medio del uso de un penetrómetro de bolsillo o utilizando un dispositivo de penetración manual.
- Se deberá utilizar Pruebas Secantes para diferenciar entre el material cohesivo con hendiduras, sin fisuras, material cohesivo y el material granular. Saque una muestra de tierra de una pulgada de grosor (2.54 cm) y seis pulgadas (15.24 cm) de diámetro hasta que seque completamente y realice las siguientes determinaciones:
  - a) Si la muestra desarrolla grietas al momento de estar secando, indica hendiduras significantes.
  - b) Las muestras que se secan sin formar grietas deberán romperse con la mano. Si se requiere una fuerza considerable para romper una muestra, significa que tiene un volumen significativo de material cohesivo. La tierra puede ser clasificada como material cohesivo sin fisuras, a la cual se le debe determinar la fuerza de compresión sin confinamiento.
  - c) Si una muestra se rompe fácilmente con la mano, es un material cohesivo con hendiduras o un material granular. Pulverice los grupos secos de la muestra a mano o caminando sobre ellos. Si los grupos no se pulverizan fácilmente, el material es cohesivo con hendiduras. Si éstos se pulverizan fácilmente en fragmentos muy pequeños, el material es granular.

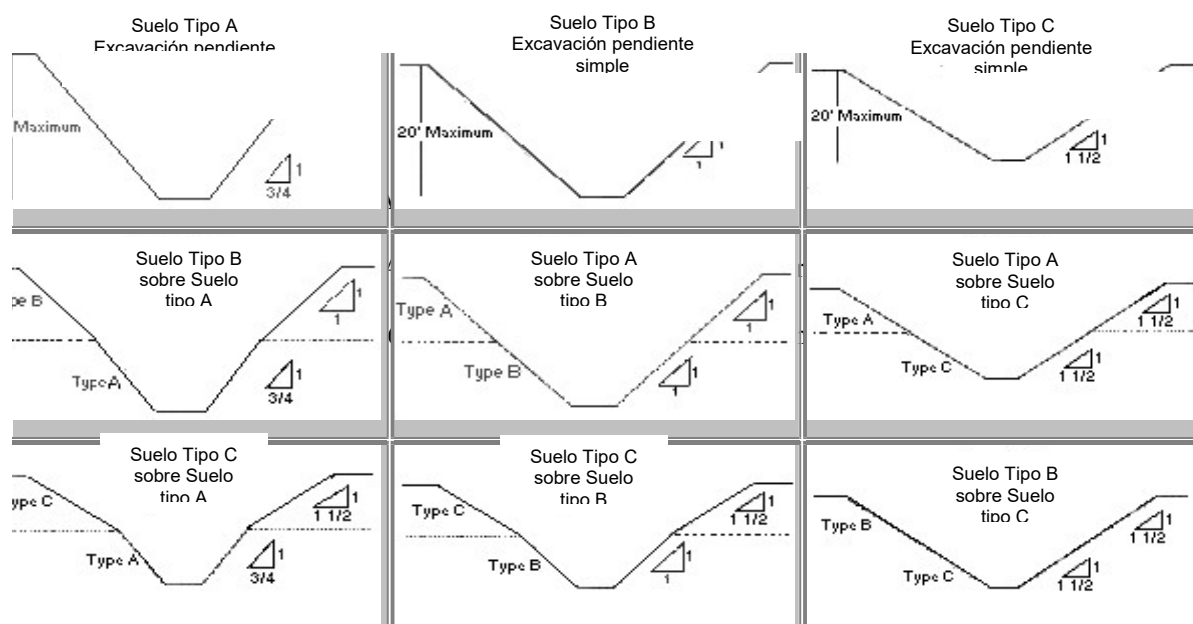
## 2. Clasificación de suelo

**2.1 Roca Estable o Rocoso.** Presentan las paredes de excavación más estables. No es necesario ningún apoyo para pared.

- **El suelo tipo A** incluye tierras cohesivas como arcilla, limos, arcilla arenosa, marga de la arcilla y en algunos casos marga de cieno. El suelo con cemento es suelo tierras de tipo A. La tierra NO es tipo A si es de cualquier de cualquiera de las siguientes categorías:
  - a) Suelo hendido.
  - b) Suelo vulnerable a vibración de tráfico pesado, vulnerable a apilarse o efectos similares.
  - c) Suelo el cual se parte de la tierra en inclinación, sistema de capas donde se zambullen dentro de la excavación en un declive de cuatro horizontal y uno vertical (4H:1V) o mayor.
- **Suelo tipo B** incluye tierra cohesiva y de deslave sin cohesión granular incluyendo grava angular (similar a la piedra triturada), cieno, marga de cieno, marga arenosa y en algunos casos marga de cieno y marga de la arcilla arenosa. El suelo de tipo B incluye material que forma parte de una inclinación, sistemas de capas donde las capas se zambullen dentro de la excavación en un declive menor de cuatro horizontal a uno vertical (4H: 1V) pero solo si el material es de clasificado tipo B.
- **Suelo tipo C** incluye suelo granular como grava y arena (solo o mixta), arena arcillosa, tierra sumergida o de deslave en la que el agua se resume libremente así como rocas sumergibles la cual sea inestable. Tipo de suelo/excavaciones < 4.5 metros.
  - Roca estable....Vertical (90°).
  - Tipo A..... ¾ : 1 (53°).
  - Tipo B..... 1:1 (45°).
  - Tipo C.....1 ½ :1 (34°).

 <b>ANEXO N° 2</b> <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y CONTROL DE EROSIÓN</b>		
Documento al que pertenece: ITM.022 Trabajos de Mantenimiento de Líneas		
Revisión 0	Vigente desde: 27.11.2025	Página: 3/ 10

**Figura 1: Tipos de Pendiente según el Tipo de Suelo.**




d en mm.	Anchura mínima de zanja $b_c = (d + x)$ en mm.		
	Zanja entibada	Zanja sin entibar	
		$\beta > 60^\circ$	$\beta \leq 60^\circ$
$d \leq 225$	$d + 400$	$d + 400$	
$225 < d \leq 350$	$d + 500$	$d + 500$	$d + 400$
$350 < d \leq 700$	$d + 700$	$d + 700$	$d + 400$
$700 < d \leq 1.200$	$d + 850$	$d + 850$	$d + 400$
$d > 1.200$	$d + 1.000$	$d + 1.000$	$d + 400$

En los valores  $d + x$ , el mínimo espacio de trabajo entre la tubería y la pared de la zanja o la entibación será igual a  $x/2$

Donde:

- $d$  es el diámetro exterior en mm.
- $\beta$  es el ángulo de la pared de la zanja sin entibar medido desde la horizontal

## SECCIÓN II: CONTROL DE EROSIÓN

 <p style="text-align: center;"><b>ANEXO N° 2</b> <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y CONTROL DE EROSIÓN</b></p> <p style="text-align: center;">Documento al que pertenece: ITM.022 Trabajos de Mantenimiento de Líneas</p>		
Revisión 0	Vigente desde: 27.11.2025	Página: 4/ 10

Esta sección tiene por objeto establecer una guía de los requisitos mínimos a ser ejecutados para el control de erosión, sin embargo, dependiendo de cada situación se deben realizar acciones específicas de control de erosión aplicables al sitio.

## 1. 1. Definiciones

- **Erosión:** Es la pérdida selectiva de los materiales del suelo debido a agentes naturales como el agua y el viento o a malas prácticas del suelo realizadas por el hombre.
- **Degradación:** Reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica, ocasionada por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o combinación de procesos, incluidos los resultantes de las actividades humanas.

## 2. 2. Sistemas de Mitigación

Se debe utilizar técnicas de control de erosión con el objeto de minimizar los impactos producto de la actividad, de acuerdo a los siguientes requerimientos referenciales:

- Minimizar la cantidad y la duración de la exposición del suelo y proteger áreas críticas durante la obra mediante la reducción de la velocidad del agua y dirigiéndola al desagüe.
- Inspeccionar el área de la obra y coordinar los controles de erosión y sedimentación de acuerdo a las necesidades hasta que se consiga estabilización final. Cualquier daño debe ser reparado inmediatamente.
- Revegetación y construcción de trampas de sedimento en las zanjas a lo largo del drenaje natural, evitan sedimentación en los canales. Estas estructuras son hechas de gaviones o suelo-cemento.
- Construcción de zanjas para retener sedimento grueso y fino, parando desgaste en la zanja. Estas pueden ser hechas de madera, tela metálica, mampostería o suelo-cemento.
- Construcción de disipadores de energía.
- Construcción de Barreras de Agua (Rompe Pendientes).


### 2.1 Estabilización de Pendientes

Se debe reducir en lo posible todas las áreas expuestas a la acción humana.

- Bermas y terraplenes.
- Canales/filtros y zanjas.
- Drenaje horizontal.
- Muros de contención hechos de bolsas de arena.

### 2.2 Construcción de Barreras de Agua/Terraplenes (Rompe-pendientes)

- Se debe instalar barreras/terraplenes atravesando diagonalmente en el caso de DDV en las pendientes para controlar la erosión reduciendo y acortando la longitud y la concentración del desagüe.
- Se debe excavar un poco y compactar el suelo para formar un canal provisional con un arcén adyacente en bajada o un camellón de suelo compactado.
- La barrera terraplén debe ser ancha y gradual para permitir el paso del tráfico encima con seguridad pero sin destruirla fácilmente.
- Las barreras/terraplenes desvían el agua a áreas con mucha vegetación. Si no existiese un área con vegetación, instalar barreras de control de erosión y sedimentación para filtrar el desagüe en la salida de la barrera y de la senda de la construcción.

 <p style="text-align: center;"><b>ANEXO N° 2</b> <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y CONTROL DE EROSIÓN</b></p> <p style="text-align: center;">Documento al que pertenece: ITM.022 Trabajos de Mantenimiento de Líneas</p>		
Revisión 0	Vigente desde: 27.11.2025	Página: 5/ 10

- Barreras de filtros de tela o pilas de arbustos pueden ser usadas en lugar de barreras de agua/terraplenes a criterio del Inspector Ambiental.
- El grado de inclinación, características del suelo, área de desagüe y ubicación de salidas adecuadas determinan el número y la forma de las barreras de agua necesarias. El distanciamiento entre rompe pendientes debe estar acorde al siguiente esquema:

Pendiente longitud del DDV (%)	Terreno Normal	Terreno Erosionable
	Separación (m)	Separación (m)
0	50 ó más	35
5	30	25
10	25	20
15	20	15
20	17	12,5
25	15	10
30	14	8
35	12	8
40	11	7,5
45	10	7
50	10	6
55	9	5,5
Mayor a 60	9	5

### 2.3 Barreras/Estructuras de Control de Erosión

Las barreras/estructuras de control de erosión constan de vallas de filtros de tela, pilas de arbustos o escombros de roca. Se necesitan barreras/terraplenes en los casos descritos a continuación:

- A la salida de una barrera de agua cuando la vegetación no es suficiente para controlar la erosión.
- A lo largo de riberas de arroyos.
- Pendiente abajo de cualquier tierra amontonada en los alrededores de cuerpos de agua.
- En la base de pendientes adyacentes a cruces en las carreteras donde la vegetación ha sido alterada.


### 2.4 Instalación de Vallas de Filtros de Tela

Las vallas de filtros, al actuar como cortinas de tela, tienen la función de retener los sedimentos arrastrados permitiendo el flujo de agua.

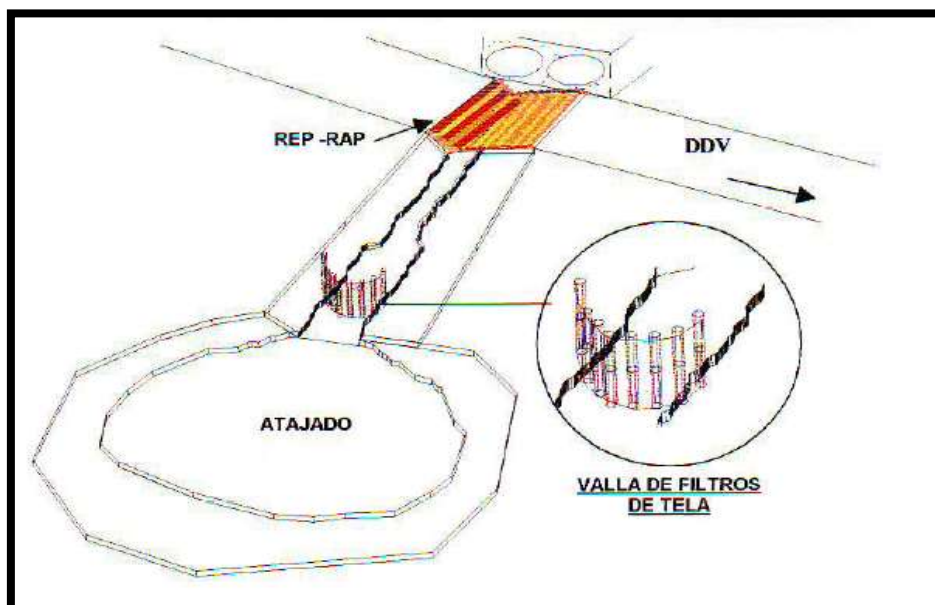
Las vallas de filtro deben ser enterradas un mínimo de 10 centímetros o afianzadas de acuerdo a las condiciones del lugar. El sedimento acumulado debe ser retirado regularmente y se debe inspeccionar la valla para asegurar que su base esté enterrada en el suelo.

Se recomienda utilizar este tipo de vallas en los drenajes que terminan en atajados o captaciones de agua para prevenir que se sature sedimentos, sobre todo cuando en las obras o actividades exista movimiento de suelo.

Las vallas de filtro pueden ser complementadas con vegetación troceada y apilada, utilizada también, como barrera de control de sedimentos.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>YPFB</b> Transporte S.A.</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>ANEXO N° 2</b></p> <p><b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y CONTROL DE EROSIÓN</b></p> </div> </div>		
Documento al que pertenece: ITM.022 Trabajos de Mantenimiento de Líneas		
Revisión 0	Vigente desde: 27.11.2025	Página: 6/ 10

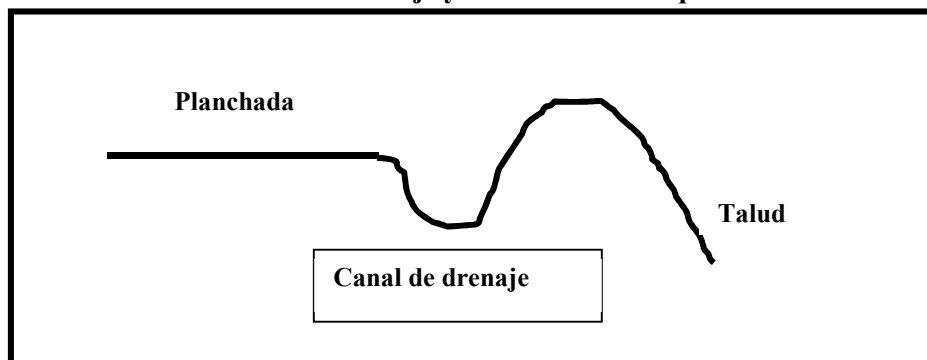
### Diseño de Valla de Filtro



## 2.5 Canales o Zanjas de Drenaje

La habilitación de zanjas en las áreas con pendientes permite encauzar el agua de lluvia hacia áreas menos susceptibles a erosionarse. Si las pendientes son muy pronunciadas, estos canales deben ser revestidos con cemento para contener la erosión. Estos canales se complementan con los diques de contención.


### Diseño de Canal de Drenaje y Coronación o Dique de Contención



Otra función de las zanjas de drenaje consiste en la construcción de pequeñas excavaciones antes de la entrega de retención de sedimentos, ya que al comienzo del funcionamiento de las estructuras de protección el DDV, no se cuenta con una cobertura vegetal total, por lo que debe esperarse el arrastre de sedimentos. Con el tiempo estas excavaciones se cubren de vegetación pero, para cuando esto ocurra éstas ya habrán cumplido con su función.

## 2.6 Coronación o Diques de Contención

La construcción de diques de contención es complementaria a los canales de drenaje y permite encauzar el agua hacia las áreas deseadas. Estos diques pueden ser construidos con sacos de yute llenos de arena

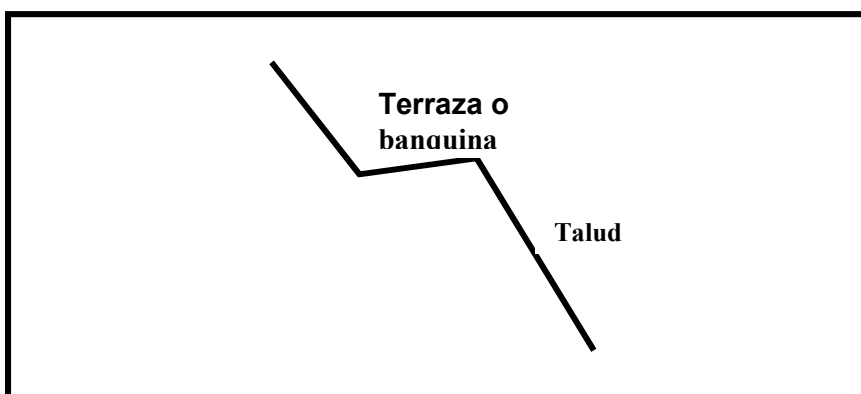
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> <b>ANEXO N° 2</b>  <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y CONTROL DE EROSIÓN</b> </div> </div> <p style="text-align: center;">Documento al que pertenece: ITM.022 Trabajos de Mantenimiento de Líneas</p>		
Revisión 0	Vigente desde: 27.11.2025	Página: 7/ 10

con tierra negra para permitir el crecimiento de la vegetación y deben ser localizados en los bordes de la planchada y campamento.

### 2.7 Terrazas o Disipadores de Energía

Las terrazas o disipadores de energía se construyen en las pendientes para conseguir la reducción de la corriente del agua y evitar que arrastre el suelo.

#### Diseño de la Terraza de Disipación de Energía

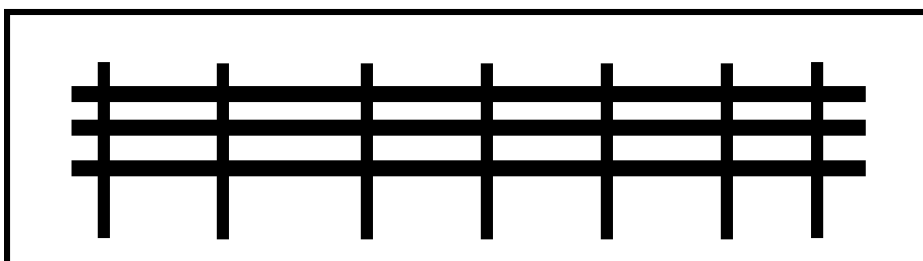


### 2.8 Tabla-estaca

En caso de que las pendientes sean muy pronunciadas (mayores a 40%), se deben colocar tablas-estacas en la superficie del talud a fin de controlar la erosión mientras la vegetación se desarrolla.

Las tablas-estacas consisten en una especie de cerco de 1 metro de alto aproximadamente construido de estacas fijadas en el suelo y apilamiento de troncos o tablas de madera, que sirve para contener el talud y evitar el deslizamiento de grandes volúmenes de tierra.

#### Sistema de Tabla-estaca



### 2.9 Diques para la Retención de Sedimentos

Los diques son barreras que cruzan un curso de agua o un conducto, para controlar el nivel y velocidad del agua.


La construcción de diques tiene el objetivo de resistir el desgaste del fondo de las cárcavas o quebradas por efecto del arrastre ejercido por el agua; estabilizar las pendientes del lecho en las cárcavas o quebradas; y preparar las condiciones de siembra en las cárcavas o quebradas.

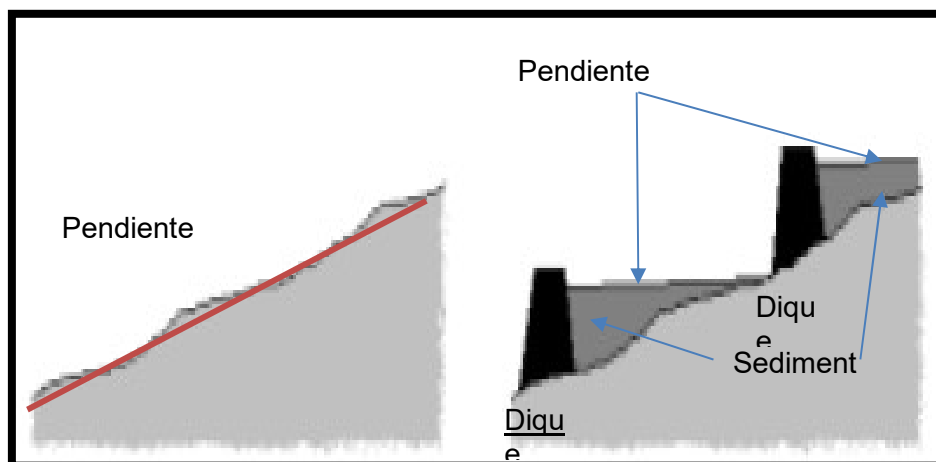
El material de construcción de los diques puede ser de piedra sobre piedra (mampostería en seco), de piedra con cemento (mampostería hidráulica), diques de madera y/o diques de postes con bolsas de arena.

#### Situación sin Diques

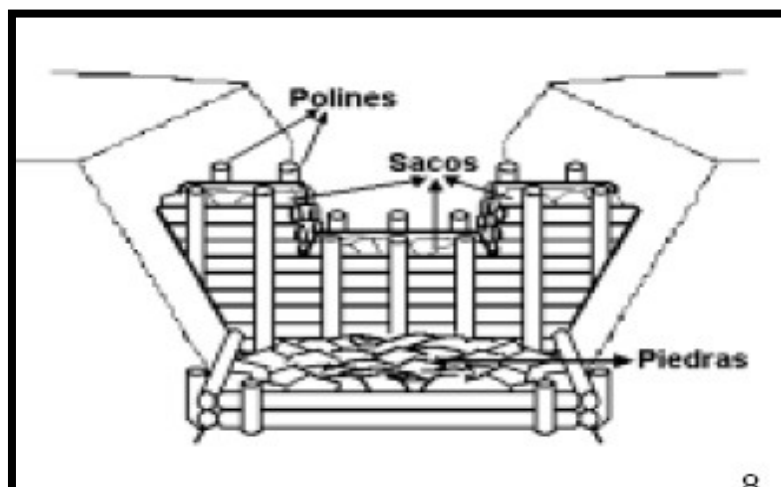
#### Situación con Diques




	<p align="center"><b>ANEXO N° 2</b>  <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y CONTROL DE EROSIÓN</b></p> <p align="center">Documento al que pertenece: ITM.022 Trabajos de Mantenimiento de Líneas</p>	
Revisión 0	Vigente desde: 27.11.2025	Página: 8/ 10



**Diseño de Diques**





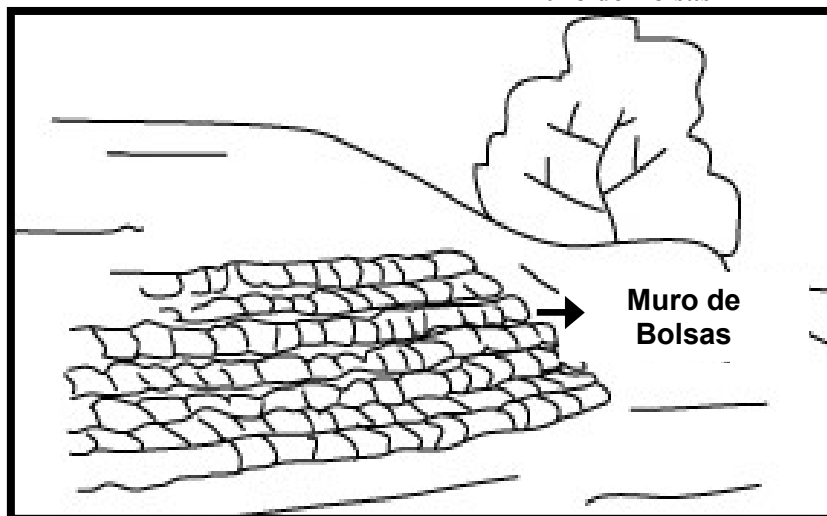
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>YPFB</b> Transporte S.A.</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>ANEXO N° 2</b></p> <p><b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y CONTROL DE EROSIÓN</b></p> </div> </div>		
Documento al que pertenece: ITM.022 Trabajos de Mantenimiento de Líneas		
Revisión 0	Vigente desde: 27.11.2025	Página: 9/ 10

## 2.10 Muros de Bolsas

Los muros de bolsas sirven para retener sedimentos, controlar los taludes, zanjas incipientes, márgenes de quebradas o ríos y cabeceras de cárcavas mayores y menores.

En su ejecución se recomienda emparejar el talud y la base, rellenarse con tierra y empotrar los sacos en el fondo, luego se deberá disponerlos como ladrillos y escalonarlos.

Al reconformar un talud, las bolsas deben ser de material biodegradable como yute o hilo y el suelo que sea colocado en las bolsas debe ser mezclado con cemento. **Muro de Bolsas**



## 3. 2.11 Bolsas Suelo-Cemento

El suelo cemento es un material preparado con una mezcla del suelo/agregado con un % de cemento cuyo objetivo es el de formar un material endurecido con propiedades ingenieriles específicas. Las partículas de suelo/agregado se unen con el cemento, y a diferencia de un mortero el humedecimiento se realiza con la humedad natural (lluvia) o de forma artificial. Es recomendable establecer y seleccionar el tipo de suelo a utilizar en las bolsas para tener buenos resultados y alcanzar el objetivo.

La mezcla recomendada es de un 5% a 10% de cemento, es decir que una bolsa de suelo-cemento debe tener entre 5 a 10 partes de cemento. También, la mezcla de este material preparado debe ser homogenizada mediante equipos o manualmente.


Las bolsas deben ser biodegradables, por lo que se deben usar bolsas de hilo o yute.

## 4. 2.12 Geoceldas

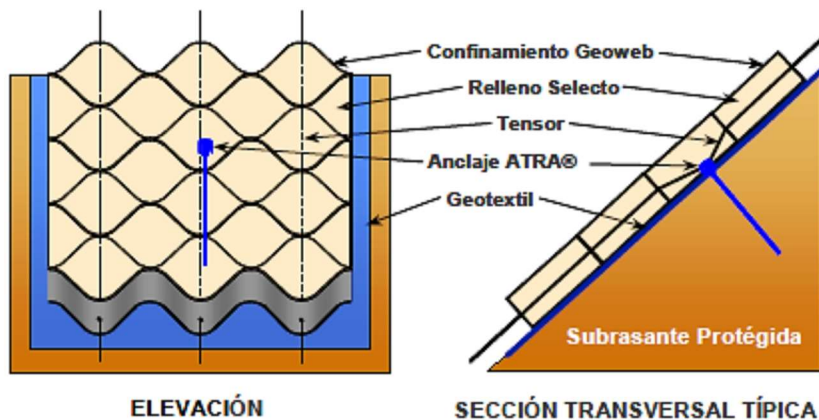
Las Geoceldas son un sistema de confinamiento celular ligero y flexible con estructura tridimensional, realizada en polietileno de alta densidad, formando una estructura de panal de abeja.

Es un producto que permite el control de erosión superficial de taludes, revestimiento de canales y muros de contención; también, permite la plantación directa o siembra en superficie, ofreciendo al talud un aspecto más natural.

Según cuál sea la aplicación requerida, las celdas pueden ser rellenas con suelo, material granular, suelo-cemento u hormigón.

 <b>YPFB</b> <b>Transporte S.A.</b>	<p align="center"><b>ANEXO N° 2</b></p> <p align="center"><b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y CONTROL DE EROSIÓN</b></p> <p align="center">Documento al que pertenece: ITM.022 Trabajos de Mantenimiento de Líneas</p>	
Revisión 0	Vigente desde: 27.11.2025	Página: 10/ 10

### Geoceldas



### 2.13 Biomantas

Las biomantas son tejidas de fibras vegetales o de polietileno que se extienden en la superficie del talud para evitar que el suelo quede a la intemperie, dar protección inmediata contra el efecto de los agentes erosivos, tales como: áreas recién terraplenadas, taludes de corte y, dunas no estabilizadas, márgenes de ríos y canales, áreas con recubrimiento de la vegetación deficiente y cualquier superficie contra la acción de los procesos erosivos.

Las biomantas deben adecuarse a las necesidades de los proyectos de recuperación y protección ambiental específicos, en cuanto a su composición, degradabilidad y resistencia.

### Biomantas

