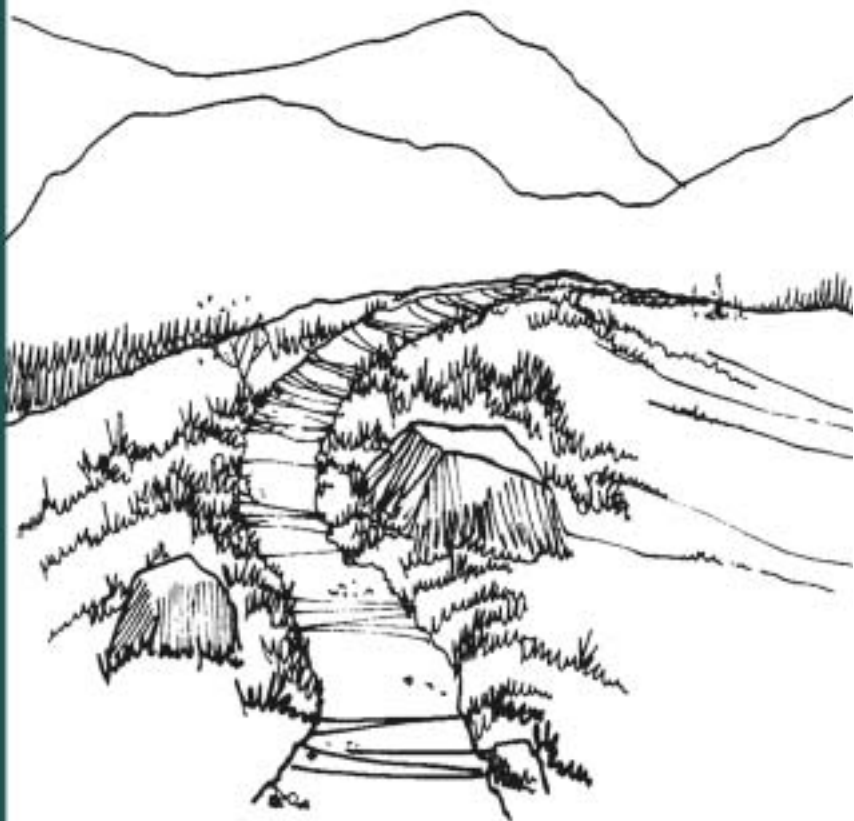




Administración de Parques Nacionales

*DISEÑO, CONSTRUCCIÓN
Y MANTENIMIENTO
DE **SENDEROS**
EN ÁREAS NATURALES*



DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y
MANTENIMIENTO DE **SENDEROS**
EN **ÁREAS NATURALES**

INTRODUCCIÓN

Este manual presenta técnicas para diseñar, construir y mantener los senderos de manera que provean acceso recreativo satisfactorio a las áreas naturales, con mínimo impacto.

El material consiste principalmente en *traducción de manuales en inglés*, ya existentes -con algunas adaptaciones al contexto patagónico. Las imágenes han sido tomadas también de todas estas fuentes, y vaya nuestro agradecimiento a todas ellas. Es como “varios manuales en uno”.

Creemos que viene a llenar un vacío importante; no conocemos que haya un material en castellano que trate esta temática en detalle y profundidad.

Cada vez más gente se interna en la naturaleza, con diversos fines: turistas a pie, a caballo o en bicicleta, acampantes, trekkers, escaladores, guías, pescadores, cazadores, pobladores, guardaparques, investigadores, etc. Y en general lo hacen por medio de un sendero.

En los Parques Nacionales de la región patagónica -tal vez la región de la Argentina con más desarrollo del llamado *ecoturismo*- ya existen centenares de kilómetros de senderos. Muchos -quizás la mayoría- existen antes de la creación de los Parques Nacionales, o antes de ser utilizados por el turismo. Por esa razón, la casi totalidad de los senderos que hoy se utilizan para trekking o paseos *no han sido especialmente diseñados para poder soportar un uso regular y repetitivo por gran cantidad de personas*, sino que fueron creados espontáneamente por el ganado y luego cambiaron de función; ó fueron diseñados para llegar a un sitio de altura en el menor tiempo posible por parte de gente muy acostumbrada a la montaña (pobladores o andinistas) -y por lo tanto suelen tener grandes pendientes, y atravesar mallines u otras áreas de alta vulnerabilidad.

Los resultados están a la vista en casi todos los senderos de la región, con graves problemas de erosión y degradación.

Con el aumento explosivo que se está dando en todas las modalidades de visita en contacto estrecho con la naturaleza, estos problemas se han acelerado exponencialmente en los últimos años, y si no encaramos el tema en forma dirigida, con toda probabilidad tenderán a aumentar.

Tradicionalmente, si se encaran trabajos de mantenimiento en general éstos se concentran en remover obstáculos, facilitar el paso de los usuarios o mejorar la señalización (todos aspectos de gran importancia, sin duda), pero en general no se presta la atención necesaria a las tareas dirigidas específicamente a la prevención, atenuación o corrección de la erosión y otros problemas de deterioro del ambiente que circunda o sobre el que se apoya el sendero.

Pero, los impactos y el deterioro de los senderos de uso público no son inevitables, no son una fatalidad a la que debamos acostumbrarnos. Hay disponibles numerosas soluciones de diseño, y técnicas constructivas y de mantenimiento y mitigación que ayudan a minimizar los impactos negativos y colocarlos muy por debajo de los niveles actuales. Eso trata de mostrar y ofrecer este manual.

Para que podamos seguir disfrutando de la naturaleza sin dañarla.



*Delegación Regional Patagonia
Administración de Parques Nacionales
Argentina*

COMPILACIÓN, TRADUCCIÓN: Claudio E. CHEHÉBAR¹

DISEÑO: Educación Ambiental y Difusión Institucional
del Parque Nacional Nahuel Huapi.

Caricatura página 130: Gabino TAPIA

AGRADECIMIENTOS: A Gareth Yarbrough, Ken Rybkiewicz, Stacy Myers, Gabino Tapia, David Pettebone, Juan Salguero, Arrigo Marcolín, Marcelo Ochoa, Kathy Stewart, Claudia Manzur y Germán Solveira.

*San Carlos de Bariloche
ARGENTINA
Octubre de 2004*

¹ Delegación Regional Patagonia, Administración de Parques Nacionales
cchehebar@apn.gov.ar

EL SENDERO - Es algo sobre lo que los caminantes, trekkers, acampantes o andinistas no piensan demasiado, "está ahí". En realidad, es así hasta que alguien se pierde porque está mal marcado, o hasta que se transforma en un pantano por el mal drenaje. Es entonces -y recién entonces- que nos damos cuenta que el sendero es el medio esencial sin el cual gran parte del contacto con la naturaleza sería imposible.

Todos los que usamos senderos alguna vez, deberíamos entender cuán frágiles son, y cuánto se debe trabajar en su diseño y cuidado.

El enfoque clásico durante años fue simplemente abrirse paso en la vegetación, machetear, y mantener los senderos marcados.

PERO LOS TIEMPOS HAN CAMBIADO.

Hoy en día, la razón más poderosa para trabajar en senderos es conservar los frágiles suelos sobre los que se construyen, y protegerlos del asedio sin fin de los botines y el agua. El trabajo en senderos en la actualidad no es tanto un ejercicio de apertura de un trayecto, sino un acto de preservación de nuestros senderos para el futuro.

Se requiere de un verdadero **enfoque conservacionista de los senderos**² : construirlos y mantenerlos para proteger el ambiente, y no sólo para facilitar el paso. Los puentecitos en mallines deben construirse para preservar los suelos, la vegetación y la calidad del agua en el área, y no simplemente para no mojarse los pies. Los escalones son para fortalecer y estabilizar los suelos; no para facilitar la llegada a la cumbre.

² idea del Departamento de Senderos del Appalachian Mountain Club, EEUU

DISEÑO DE SENDEROS

El sendero debería fundirse con el entorno natural, manteniendo una continuidad y regularidad en la manera en que atraviesa el paisaje. Deberían evitarse los cambios abruptos de dirección o el exceso de vueltas o meandros. Pero al mismo tiempo, las secciones rectas y largas deben usarse con moderación; no tienen interés para los caminantes.

Los senderos son para la gente. Nos permiten entrar en estrecho contacto con la naturaleza, desafiar a nuestros cuerpos, y practicar habilidades ancestrales. Un sendero bien diseñado es discreto, ambientalmente cuidadoso, y divertido.

Debe haber regularidad en la apertura de vegetación y la marcación a lo largo del sendero. Por ejemplo, si a mitad de camino se cambia la manera de marcación, se causará confusión en los caminantes. Esto también se aplica a los senderos que trepan una pendiente. Los caminantes no deberían perder altura innecesariamente, debido a un mal diseño. El sendero debería ser consistente para conducir a zonas altas, si esa es su función.

Los rasgos culturales e históricos -como construcciones antiguas, caballerizas, etc- pueden agregar dimensiones históricas y educativas al diseño de un sendero. Deberían conocerse los rasgos culturales de un área, para optimizar el valor de la localización del sendero.

En algunos casos la reputación de un rasgo, sea natural como la cumbre de una montaña o artificial como un resto histórico, puede ser tan alta que atrae el uso aún cuando no exista acceso por sendero. En estos casos puede ser aconsejable instalar un sendero para contener el tráfico en una ruta bien planeada. Un número excesivo de senderos informales que lleguen, por ejemplo, a una cumbre como los rayos de una rueda de bicicleta, dañan toda el área; un sendero bien diseñado puede reducir ese daño.

Una de las mejores cosas que un sendero puede ofrecer es la vista escénica. El viajero debería tener -en general- el sentimiento de que en tales vistas la masa de tierra está debajo de él.

Todo sendero tiene extremos, que son respectivamente el comienzo del sendero y el destino. La elección de la ruta, además de conectar estos extremos y mantener

regularidad en la marcación, la pendiente y la dirección, debería incorporar rasgos naturales hermosos y poderosos. Deberían condensarse características biológicas, climáticas y topográficas lo más diversas posible, en cortas secciones del sendero. Los miradores naturales, afloramientos rocosos, cercanías de arroyos y rasgos similares del paisaje, le gustan mucho a los viajeros y por lo tanto deberían ser integrados en la localización del sendero. El diseño de senderos de alta calidad es esencialmente un balance entre belleza y funcionalidad, una yuxtaposición creativa de los rasgos naturales y escénicos con la continuidad, eficiencia, seguridad y durabilidad del sendero.

ANATOMÍA DE UN SENDERO

El piso de sendero es la superficie sobre la cual el caminante hace contacto directo con el suelo. Es el componente en el cual se ubican casi todas las estructuras y mejoras para facilitar el paso del caminante -endureciendo y estabilizando los suelos para evitar corrimiento, erosión o empantanamiento. Es el componente más importante del sendero.

La zona buffer o de protección es el espacio a cada lado del sendero. Las zonas buffer, junto con el sendero constituyen el corredor. Las zonas buffer son las áreas que aíslan al caminante de actividades que pueden perjudicar la experiencia de caminata. También se pueden usar para proteger áreas particularmente frágiles del daño causado por los caminantes. Los senderos que rodean o pasan cerca de comunidades vegetales sensitivas, costas de lagos o lagunas, o vertientes, deberían incluir buffers para proteger estas áreas frágiles del pisoteo.



FORMATOS PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE SENDEROS

SE PUEDEN USAR TRES FORMATOS PRINCIPALES.

El loop o circuito es un formato bastante común para senderos de un solo día, porque facilita el acceso y estacionamiento de vehículos. Los caminantes no tienen que volver sobre el mismo sendero; por ende se mantiene constante el nivel de interés.

La *herradura* es un formato interesante, especialmente en áreas en las que hay transporte público. También se puede usar como buena alternativa u opción al desplazamiento vehicular, si la distancia no es muy grande.

La *línea* es el formato más simple y común. Conecta dos puntos.

Un *sistema de senderos* usa diferentes formatos y conexiones. Un diseño cuidadoso puede proveer senderos para diferentes usuarios con diferentes expectativas, desde mochileros que salen por varios días, a caminantes por el día.

ACCESO AL SENDERO

El tipo y volumen de acceso público a un sendero es un poderoso factor que debe ser estudiado cuidadosamente en la etapa de diseño. Si el comienzo de un sendero está en una ruta muy transitada, es de prever que el uso será alto; por ende, por seguridad y para proteger el área de impactos, el sendero deberá ser de *standard* alto. Eso significa que la planificación debe ser más detallada y que la inversión en diseño y construcción debe ser importante -si se quiere que el sendero sea seguro, disfrutable, y ambientalmente estable. La inversa también es cierta: si el sendero comienza en un camino rural de muy bajo uso, se pueden reducir los *standards*, y los costos y esfuerzos de planificación, diseño y construcción pueden ser menores.

La ubicación y tamaño de las playas de estacionamiento posibilitan un cierto grado de control del uso. Si se quiere un volumen de uso muy reducido, entonces no debe haber estacionamiento o debe ser muy limitado. Si hay estacionamiento en

abundancia y accesible, el uso tenderá a crecer, aumentando las necesidades de mantenimiento del sendero.

Un sendero recreativo debe amortiguar al caminante de la vista o el ruido proveniente de estructuras artificiales como rutas, vías de tren, operaciones forestales, etc. Si un sendero debe cruzar alguno de estos rasgos, el diseñador debe ubicarlo de manera de minimizar la exposición del caminante a los mismos. Estas áreas deben ser cruzadas de la manera más corta posible, generalmente en ángulo recto. No sólo se minimiza el impacto visual y auditivo, también los cruces en ángulo recto son más seguros.

EL MEDIO AMBIENTE Y EL DISEÑO DE SENDEROS

El diseño ambiental de senderos requiere que se preste mucha atención a las características del suelo del área en cuestión, especialmente cómo responden cuando son sujetas a pisoteo.

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El *suelo* es una compleja mezcla de materia orgánica, agua, materia mineral, y aire; comprende la zona donde están las raíces de las plantas. El suelo cubre la mayor parte de la superficie de la Tierra, y varía en espesor desde algunos centímetros hasta decenas de metros. Esta cobertura de suelo es como un mosaico, con diferentes tipos y características distinguibles en distintos lugares.


Cada suelo se compone de una o más *capas* u *horizontes* que, vistos como una unidad, reciben el nombre de *perfil del suelo*.


Hay varias maneras en que el suelo puede dañarse por las caminatas:

COMPACTACIÓN - La caminata hace que las plantas se doblen, se rompan, y eventualmente mueran. Después de esta mortalidad, los horizontes superficiales o superiores del suelo se compactan hasta alcanzar una dureza tipo cemento. Esta superficie compactada pierde su porosidad y, por lo tanto, su capacidad para absorber el agua que está en la superficie. Si el agua no es absorbida por el suelo

compactado, se va a encharcar en el sendero, o -en una pendiente- comenzará a correr pendiente abajo causando erosión.

Aquí hay que tener en cuenta el juego de dos procesos o vías que puede seguir el agua de lluvia que llega a un suelo:

 **INFILTRACIÓN:** el agua va infiltrando hacia abajo, por entre los espacios de aire que están entre las partículas de suelo.


 **ESCORRENTÍA** (o *escurrimiento*): el agua corre por la superficie del suelo, en la dirección que determina la topografía o pendiente del lugar.

La compactación de los horizontes superiores del suelo provoca disminución de la infiltración y aumento de la escorrentía.


La investigación ha mostrado que una corriente de agua corre hasta 15 veces más lejos sobre suelo compactado.

EROSIÓN SUPERFICIAL - La erosión es un proceso natural por el cual los suelos son desgastados por la acción del viento, el agua, los glaciares y otros fenómenos naturales. En los senderos, este proceso natural es agravado por la compactación del suelo y la agitación y «batido» prácticamente constante por el tráfico de caminantes. El agua que fluye sobre la superficie compactada desprende las partículas de suelo más pequeñas y livianas y las transporta pendiente abajo.

Recuerde que:

 *Cuanto mayor es la velocidad del agua, mayor es la masa de suelo que puede transportar.*

 *La velocidad aumenta a medida que aumenta la pendiente.*

 *El incremento del volumen de agua que corre también aumenta la velocidad.*

A altas elevaciones, por añadidura, suele llover más que en los valles adyacentes. Estos grandes volúmenes de agua, que se tornan más dañinos por las grandes


pendientes y el tráfico de caminantes, crean un peligro de erosión particularmente serio en los senderos en áreas de montaña. Esta erosión puede destruir rápidamente el piso del sendero. Por algo los expertos dicen que

"el sendero tiene 3 grandes enemigos: el agua, el agua y el agua"

Los usuarios (a pie, a caballo o en bicicleta) aflojan las partículas de suelo, pero son el agua y el viento los que las desplazan y mueven de su lugar.

Un sendero que está empezando a erosionarse es fácil de reconocer. Una vez que las partículas estabilizadoras de arena y arcilla son removidas por el agua, quedan piedras y grava sueltas. Este material no es bueno para caminar encima, lo que a su vez hace que los caminantes anden por el borde del sendero, matando plantas, compactando el suelo, e iniciando un círculo vicioso de mortalidad de plantas, compactación, y erosión que eventualmente transforma a un sendero en una cárcava o zanja con piedras desparramadas.

La erosión, además de causar incomodidad para pisar y cárcavas muy desagradables, puede provocar daño al ambiente más allá del propio sendero. Cuando el agua cargada de sedimento fino finalmente se frena, las partículas de suelo se depositan en el piso del bosque, sofocando a plantas pequeñas -y en situaciones graves, sofocando incluso árboles al cubrir la parte inferior del tronco³. Si estos sedimentos logran llegar a los arroyos o lagunas pueden perjudicar a los peces, y agregar nutrientes sólidos al agua, que disminuyen el oxígeno disuelto que necesitan las plantas y los peces, un proceso llamado *eutroficación*. La pérdida de suelo en la base de los árboles puede exponer las raíces a enfermedades y debilitar su función de anclaje, posibilitando que se caigan mucho más fácilmente. Además, un sendero erosionado y arruinado hace que los caminantes anden por los bordes o generen atajos, agravando aún más el disturbio al suelo y la vegetación.

 *Recuerde esto: es mucho más importante entender cómo se combinan las fuerzas del agua y la gravedad para movilizar y desplazar a las partículas de suelo, que el propio trabajo de excavar, instalar barras de agua o construir entablados. Las estructuras no son fines en sí mismos, sino que deben instalarse después de un claro entendimiento de las fuerzas que están actuando en el sitio.*

³ cuando el agua se frena, pierde su capacidad de transportar suelo, el que sedimenta

LOS MEJORES SUELOS PARA SENDEROS

Como -si se hace mal- se puede causar degradación de los recursos del área, el diseño, instalación y mantenimiento de senderos de montaña debe basarse en una cuidadosa evaluación de las características del suelo. Trate de obtener algún *mapa de suelos* de su área para planificar el sendero. Los senderos deberían ubicarse en suelos capaces de soportar la magnitud de uso prevista, sin erosionarse ni encharcarse o empantanarse.

Esta capacidad del suelo para soportar un tráfico de determinada intensidad depende de varios factores. En algunos casos un factor en particular puede ser limitante, y el suelo se degradará rápidamente aunque pueda poseer otras cualidades buenas. En otros casos, hay que considerar una combinación de factores; estos son la *humedad*, la *textura*, la *estructura* y la *profundidad*.

HUMEDAD DEL SUELO - El alto contenido de humedad puede ser causado por drenaje deficiente. El *agua subterránea* o *napa* que se mueve a través del paisaje puede saturar la superficie de los suelos, especialmente durante períodos de mucha lluvia y durante el deshielo primaveral. El nivel de la napa fluctúa con la humedad de la estación. El nivel más alto de napa durante el mes más húmedo del año, en suelos poco profundos o con drenaje deficiente crea vertientes superficiales y surgentes que pueden crear problemas en un sendero compactado. En suelos con drenaje muy deficiente, como mallines⁴ o depresiones cercanas a lagos y arroyos, el agua se mueve tan lentamente que la superficie del suelo puede estar húmeda gran parte del año. No deben hacerse senderos en esas áreas. Si no se pueden evitar, hay que utilizar puentes de mallín.

INDICADORES DE HUMEDAD DEL SUELO - Hay varios indicadores para evaluar el contenido de humedad del suelo en el terreno. La evaluación más sencilla y obvia es visitar el sitio durante períodos de gran flujo de agua -luego de lluvias abundantes o durante el deshielo de primavera. Si se ven muchos hilos de agua en superficie, entonces el sitio no es muy apropiado para un sendero. Haga un pocito poco profundo en el sitio propuesto para sendero; si se llena de agua o si el agua que contiene no percola hacia abajo y hacia afuera del pocito, entonces hay una napa cerca de la superficie o el drenaje está inhibido. En ambos casos, un sendero degradará el ambiente.

⁴ *Mallín*: pradera cenagosa, donde predominan las plantas gramíneas

Los suelos que tienen un horizonte superficial profundo de color marrón oscuro o negro, pueden drenar mal. Algunos de estos suelos se llaman turbas (“peat”). Generalmente se ubican en mallines o áreas pantanosas, depresiones, y zonas de drenaje pobre. Estos suelos frágiles no son buenos para instalar senderos, a no ser que se ponga un entablado elevado para que los caminantes no tomen contacto directo con él.

Si usted no tiene experiencia en suelos, directamente observe la vegetación, que le va a indicar las condiciones de humedad y drenaje del sitio. Áreas con juncos y ciperáceas, algunas especies de *Festuca* (gramínea) u otras plantas amantes del agua, son húmedas, y poco adecuadas para senderos a menos que se instale un puente o entablado.

TEXTURA DEL SUELO - La textura se refiere a las proporciones relativas de distintos tamaños de partículas en una masa de suelo. Es una característica importante para la transitabilidad de los suelos. En general, los suelos *francos* (con una mezcla de arenas, arcilla y limo) son mejores para resistir la compactación y la erosión. Las partículas más pequeñas, de arcilla y limo, proporcionan cohesión y alta porosidad; la arena y la grava o pedregullo dan permeabilidad y absorción de agua. Estos suelos moderadamente arenosos resisten la compactación y absorben altos niveles de lluvia, lo que los hace buenos para senderos.

Hay que tener precaución al construir senderos a través de arena pura. La arena se vuela al secarse, no soporta muchas plantas que retengan el suelo y mejoran la estructura, y puede terminarse con un sendero que se mueve o desplaza.

Los suelos compuestos principalmente de limo y arcilla pueden ser barrocos cuando hay humedad, y resquebrajados y polvorientos cuando se secan. Estos suelos son altamente erosionables y, en lo posible, debe evitarse construir senderos en ellos, especialmente en pendientes fuertes.

Los fragmentos gruesos en el sendero pueden incrementar la transitabilidad. Los fragmentos tipo grava o pedregullo embebidos en la matriz del suelo ayudan a retener las partículas de arena, limo y arcilla -más erosionables-. También mejoran el drenaje. La grava suelta puede causar incomodidad al pisar, pero eso no es una seria limitación en un sendero en lo que hace a la erosión.

Las rocas y piedras, aunque incomodan un poco la pisada, tampoco son una seria limitación para ubicar senderos. De hecho, pueden ser retardantes naturales de la erosión.

Se puede inspeccionar fácilmente la textura del suelo, sintiéndola con los dedos. A veces este proceso se suplementa con una lupa. Los tipos de partículas son la *arena* (de 2 mm a 0,02 mm de diámetro) – el *limo* (de 0,02 mm a 0,002 mm) – la *arcilla* (partículas menores de 0,002 mm). De acuerdo a la proporción de estas partículas se define la textura; y se suele dar el nombre del tipo de partícula que predomina:

TEXTURAS:

ARENOSA - Granos sueltos, individualizables fácilmente con la vista y el tacto. Es el suelo más grueso. Comúnmente se lo llama “suelo liviano”.

LIMOSA - una mezcla, con predominio de limo y poca arcilla.

FRANCA (“*Loam*”) - Una mezcla de proporciones parejas de arena, limo y arcilla; se siente algo áspera pero es bastante suave y plástica.

ARCILLOSA - Un suelo de textura fina que generalmente se parte en terrones que al secarse son duros; bastante plástica y pegajosa cuando está húmeda. Es el tipo de suelo menos permeable. Comúnmente se lo llama “suelo pesado”.

Los suelos con proporciones más o menos parejas de arena, limo y arcilla reciben el nombre de “francos”.

Los suelos arenosos son de *textura gruesa*. Las partículas, relativamente grandes no se empaquetan tan estrechamente, por lo cual los espacios de poros son grandes. El agua ocupa sólo pequeños poros (poros *capilares*) –excepto cuando estos suelos han sido recientemente mojados-, y es retenida por absorción a las partículas; el aire ocupa los poros más grandes. Por lo tanto, los suelos arenosos contienen más aire y menos agua que los suelos con poros más pequeños. Estos suelos drenan fácilmente, y están expuestos a secarse excesivamente.

Los suelos limosos y arcillosos son de *textura fina*. Retienen más agua pero menos aire que los arenosos. Los suelos arcillosos pueden permanecer saturados

de agua durante largos períodos, proporcionando una pobre aireación para el crecimiento vegetal. Más aún, aunque tengan mucha agua, buena parte de la misma está tan bien retenida por las partículas del suelo que puede no estar disponible para su uso por las plantas.

En síntesis, los suelos que contienen iguales proporciones de arena, limo y arcilla generalmente tienen el mejor balance de disponibilidad de agua, drenaje, y aireación; generalmente son los suelos de *texturas francas*.

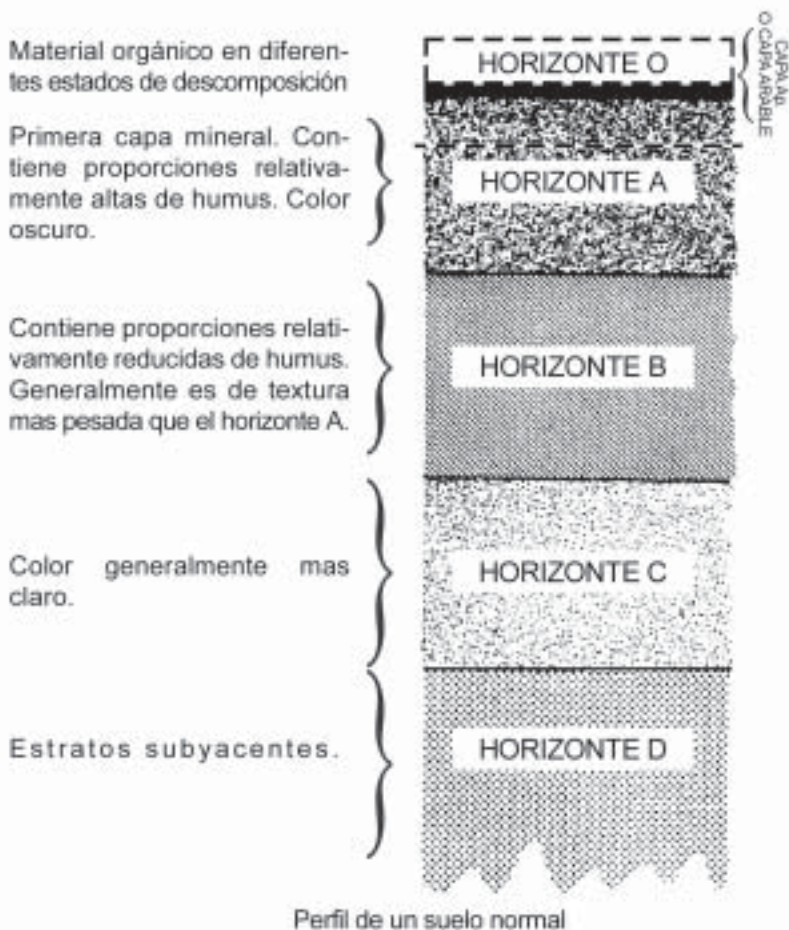
Muchos suelos tienen horizontes duros y compactados llamados *duripanes*. Estos *duripanes* son generalmente impermeables al movimiento del agua hacia abajo. En áreas donde hay *duripanes*, la superficie del sendero puede tornarse húmeda y blanda, haciéndolos susceptibles a daño.

PROFUNDIDAD DEL SUELO - Los suelos poco profundos sobre sustrato de roca o *duripan* pueden provocar problemas en los senderos. Esos suelos a menudo son pesados y saturados de agua, lo que hace que se erosionen rápidamente y sean arrastrados cuando se camina por ellos. Esto es especialmente agudo en terreno con pendiente, en los cuales grandes bloques de roca pueden quedar peligrosamente expuestos luego del desgaste por el uso. Los caminantes, buscando un paso seguro, usan las plantas del borde del sendero para agarrarse, lo que las mata y agrava los problemas de ensanchamiento del sendero. Este proceso en la mayoría de los casos es malo para el disfrute de una buena experiencia de caminata, y para el ambiente natural.

Las limitaciones que impone la poca profundidad del suelo son especialmente críticas en la zona de altura. El manto de suelo aquí tiene un espesor de sólo algunos centímetros, y las plantas son pequeñas y se dañan fácilmente por el tránsito. En esta zona, hay que tener especial cuidado en diseñar y marcar el sendero evitando curvas abruptas, para desalentar que la gente tome atajos. Disponer piedras en los bordes, y en casos extremos inclusive un muro de roca, ayudará a contener en un área pequeña el impacto del tránsito en los delgados suelos de altura.

La profundidad del suelo y la pendiente son los factores más importantes para localizar un sendero (aquí es importante señalar que a su vez la pendiente -además de influir directamente sobre la vulnerabilidad del sendero-, tiene gran influencia en el

tipo de suelo que se encuentra en el área). Ambos son fáciles de medir en el terreno con un barreno para suelos, y a simple vista o con un clinómetro. Por lo tanto, generalmente pueden ser evaluados durante las fases iniciales de la instalación de un sendero.



El Perfil del suelo: los Horizontes – El examen del corte vertical de un suelo muestra la presencia de capas horizontales más o menos definidas, que difieren en color, composición y otras propiedades. Un corte vertical se llama *perfil*. Un perfil típico consiste de cuatro capas horizontales principales u *horizontes*. Estos horizontes primarios: O – A – B – C, a su vez pueden subdividirse; y además cada uno puede o no estar presente en un determinado suelo. En ambos casos, hay algunas capas que deben evitarse: turberas, arcillas o capas orgánicas gruesas.

El Horizonte O (Horizonte orgánico): Es 5 veces más liviano que los suelos minerales comunes. Los senderos sobre este tipo de suelos rápidamente se convierten en rocas y raíces expuestas, o se transforman en barriales. Los suelos orgánicos también tienen alta capacidad de retención de agua: de 2 a 20 veces su peso seco en humedad, mientras que un suelo mineral retendrá sólo un quinto de su peso en agua antes de que ésta escurra.

En los bosques, es deseable encontrar capas orgánicas delgadas, ya que cuando se prepara el piso del sendero hay que retirar esta capa hasta llegar a la capa mineral, más durable (esto se hace, si la capa orgánica no tiene más de unos 5 cm de espesor). En cornisas o peñascos, cualquier suelo debe ser cuidadosamente preservado, porque el espesor total es bastante escaso.

La primer capa orgánica, O¹ (O por Orgánico, 1 por ser la primera capa) consiste en materia orgánica no incorporada, apelotonada o compactada, con grandes proporciones de fibra bien preservada e identificable como de origen vegetal a simple vista. Este material y fibra generalmente incluye hojarasca y otros residuos vegetales y animales. Esta capa siempre es barrida durante la construcción del sendero.

O² es la segunda capa orgánica, y aparece cuando O¹ se mezcla con el componente mineral del material parental, por la acción de las lombrices y otros organismos del suelo, o por acción del clima. El material vegetal original se descompone, y su origen vegetal ya no es discernible a simple vista, formando el *humus*, que es el componente principal del O². O² contiene menos fibra, es más denso, y retiene menos agua cuando está saturado, que O¹. Esta capa puede ser adecuada como superficie de sendero, siempre que se asegure buen drenaje.

• LA PATAGONIA TIENE LO SUYO

Los suelos de la **REGIÓN CORDILLERANA PATAGÓNICA** tienen algunas características particulares, muy importantes para el diseño de senderos:

↗ son bastante *jóvenes*, por lo cual en comparación con otras regiones, son poco evolucionados en diferenciación de horizontes.

↗ se han desarrollado a partir de **cenizas volcánicas**. Estas son amorfas y sin elementos cohesivos que den estabilidad y estructura al suelo. Es decir, por una conjunción de características químicas y físicas, mantienen muy poca cohesión y tienen mucha facilidad para la disgregación; en resumen, *son altamente erosionables*.

↗ en algunas situaciones, los dos factores recién señalados (juventud y predominio de cenizas volcánicas), que ya de por sí hacen a un suelo fácilmente erosionable, se potencian entre sí aún más: como es frecuente que por su escasa evolución, falte el horizonte B (o este sea muy incipiente), la pérdida de la cobertura vegetal y -peor todavía- de las primeras capas de suelo, puede dejar al descubierto las cenizas volcánicas altamente erosionables.

↗ y para complicar aún más las cosas es una zona montañosa, (en consecuencia con fuertes pendientes) y con altas precipitaciones; *todo está preparado para favorecer la erosión....*

La capa siguiente, OF ú OE, se encuentra sólo en algunos lugares. Contiene suelos intermedios con descomposición parcial. La primer propiedad destacada de estos suelos es su color, a menudo marrón oscuro o negro. La segunda es que pueden contener mucha agua. Estos suelos a menudo se forman en áreas pantanosas o mallinosas, en que las condiciones son adecuadas para la acumulación de depósitos orgánicos. Los perfiles de suelo con este horizonte deben ser siempre evitados para la ubicación de senderos. Si no hay opción, es necesario instalar puentes de mallín para preservar el suelo y proteger la calidad del agua.

Horizontes A – B – C (Horizontes minerales): Son los mejores para senderos.

La primer capa de suelo mineral (y la primera enseguida debajo de las capas orgánicas) es la A, en la cual se acumula materia orgánica dentro de suelo mineral, para formar una mezcla oscura. La capa A, a menudo «sucia» por la rica contribución orgánica, es sobre la cual caminamos más a menudo. Dependiendo de los tamaños de partícula del suelo mineral y del drenaje natural o diseñado por los constructores, los suelos con buen horizonte A permiten senderos muy durables.

Luego viene B, en el cual –en climas templados-lluviosos- hay acumulación de arcillas y óxidos de hierro y aluminio, debido a que son arrastrados por lavado desde el horizonte A. Aquí abundan las estructuras tipo bloque o prisma; si B es grueso, mejor para hacer senderos, pero puede tornarse barroso cuando se moja, y polvoriento y resquebrajado cuando se seca, debido a las arcillas.

En climas más secos, el horizonte B acumula sales solubles, como carbonato de calcio. Como resultado, el horizonte B es generalmente de textura más fina y más oscuro que el horizonte A o que el material parental original, excepto en regiones secas, ya que las sales acumuladas suelen ser de coloración clara.

Finalmente, la tercer capa mineral, C, es la zona de máxima acumulación; ocurre descomposición química pero no biológica. A menudo se encuentra acumulación de carbonatos de Calcio y Magnesio, que producen cementación; C también es llamado «duripan». Este nivel es llamado «subsuelo», y los otros «suelo». Abajo del C está la regolita R o directamente la roca madre (*en la ilustración figura como D*).

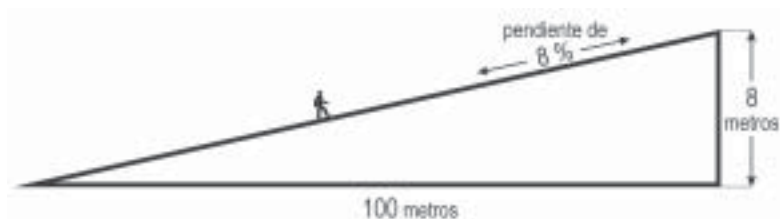
Recuerde que un simple sendero peatonal puede contribuir a la erosión real de toneladas de suelo. Haga todo lo posible para ubicar el sendero en el mejor suelo.

INDICADORES DE SUELO PARA LA EVALUACION EN INSTALACION DE SENDEROS

Condiciones	Condiciones que imponen limitaciones leves para instalación de senderos	Condiciones que imponen limitaciones moderadas para instalación de senderos	Condiciones que imponen limitaciones severas para instalación de senderos
Humedad del suelo	nivel superior de napa, a 1,5 m o más; drenaje bueno a moderado	nivel superior de napa, entre 30 cm y 1,5 m; drenaje excesivo	nivel superior de napa, a menos de 30 cm; drenaje deficiente
Textura del suelo	Mezcla de arena, arcilla y limo; 20-50 % de grava	Alto contenido de arena; 20-50 % de grava	Alto contenido de arcilla; sin grava
Estructura del suelo			Duripanes a menos de 30 cm de la superficie; suelos turbosos
Profundidad hasta la roca madre	Más de 1 metro	50 cm-1 m	Menos de 50 cm
Pendiente	0-5 %	5-20 %	Más de 20 %

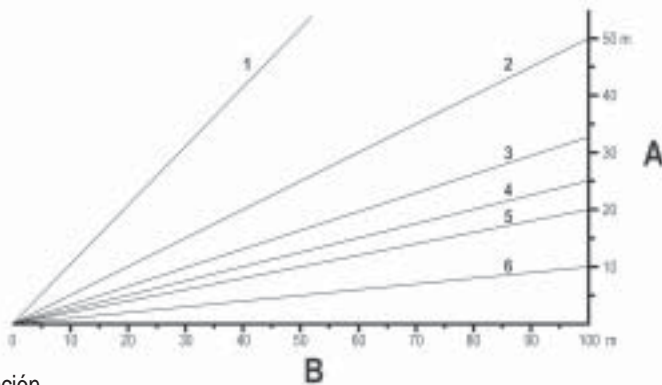
LA PENDIENTE

Pendiente es el número de metros de elevación vertical por cada 100 metros de distancia horizontal, expresado como porcentaje -p.ej, una pendiente de 10 % se eleva 10 metros verticalmente, por cada 100 metros que avanza horizontalmente.



Las pendientes pueden ir desde 1 % para acceso con silla de ruedas, hasta 20 % en suelos muy durables. La mayoría de los senderos de alto uso deben construirse en el rango 5 a 12 %. Los senderos con más de 20 % se hacen difíciles de mantener sin recurrir a estructuras especiales como escalones o superficies endurecidas o con tratamientos especiales.

!Importante: no confundir la medición de la pendiente en porciento (%) con la medición en grados (°). Este gráfico da algunos ejemplos de equivalencias porciento-grados:



A: Elevación

B: Distancia

En los suelos de la Patagonia, generalmente no debe excederse una pendiente de 7 al 10 % al construir un sendero. Los tramos con pendientes entre 7 y 10 % no deberían exceder los 300 metros de largo; los tramos con pendientes entre 10 y 15 % no deberían exceder los 200 metros. Pueden aceptarse pendientes mayores (de hasta 30 %) por tramos muy cortos, para senderos exclusivamente pedestres (sin caballos) **SIEMPRE QUE SE CONSTRUYAN LOS DRENAJES O ESTRUCTURAS ADECUADAS**-que en general ya se hacen necesarias por encima del 7 %. Para los principales senderos de los Parques Nacionales andino-patagónicos, donde los suelos son de material fino, (y especialmente si puede haber uso por caballos) tratar siempre de mantener pendientes de 10 % o menos⁵.

Cuando la pendiente excede el 25 % deben ya utilizarse escalones o escaleras; ó el sendero debe ser re-localizado.

Por otro lado, **también debe evitarse la pendiente cero**: como regla general debe haber algo de pendiente, para posibilitar el drenaje. Las pendientes deberían ondular suavemente, para proveer drenaje natural o “autodrenaje”, y para evitar largos tramos planos, que son monótonos, seguidos de largas pendientes pronunciadas muy cansadoras.

La inclinación lateral o *peralte* del sendero (ver Capítulo “Construcción”) debería ser la misma que la pendiente del sendero. Por ejemplo, si el sendero trepa una pendiente de 3 %, el peralte debería ser 3 %. La razón es simple: si la pendiente del sendero es mayor que el peralte, la primera “manda” y el agua viaja un tiempo por el sendero antes de salir de él. Cuanto mayor es la diferencia, mayor es el riesgo de erosión.

Sin embargo, el peralte siempre debería ser por lo menos 2 % pero nunca exceder 8 %.

Para el piso del sendero, usar sólo suelo mineral o grava (pedregullo). El suelo orgánico no es bueno para superficie de pisada.

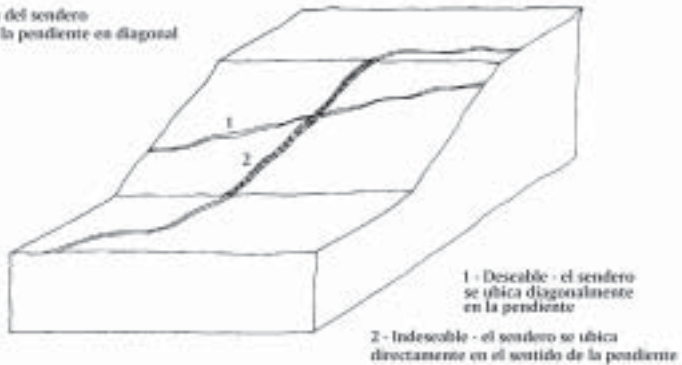
⁵ recomendaciones de Gareth Yarbrough, U.S. Forest Service

TOPOGRAFÍA

Las variaciones topográficas en el paisaje, tales como colinas, lomadas y miradores naturales son parte de un diseño de sendero estimulante e interesante. Si el sendero va siguiendo las variaciones del paisaje, los caminantes tendrán un mayor sentido de aventura y anticipación. Giros y ondulaciones sutiles, trepadas pronunciadas y dramáticas a un mirador, o la aparición repentina de una cascada mantienen alto el interés y la satisfacción personal.

Estos rasgos del paisaje deben incluirse en el sendero, pero minimizando la disrupción y degradación del ambiente, los suelos y la vegetación. Lo más importante es tener cuidado en pendientes fuertes. En senderos que trepan pendientes largas y pronunciadas, se desarrollarán rápidamente zanjas o carcavas por la erosión. Por lo tanto, debe encontrarse un feliz término medio entre la función del sendero (ganar

Ubicación del sendero cruzando la pendiente en diagonal



elevación) y la tendencia del agua y el tránsito de los caminantes a erosionar rápidamente los senderos en las pendientes fuertes. Este feliz término medio puede encontrarse con una ubicación del sendero *siguiendo la ladera, perpendicular lo más posible a la pendiente*, de manera que el agua al correr cruce el sendero pero no empiece a descender por éste a altas velocidades, lo que puede agravar seriamente la erosión. Otras técnicas son cortar las trepadas fuertes con cortos tramos planos o que sigan la ladera, y proveer puntos bajos que permitan drenaje natural.

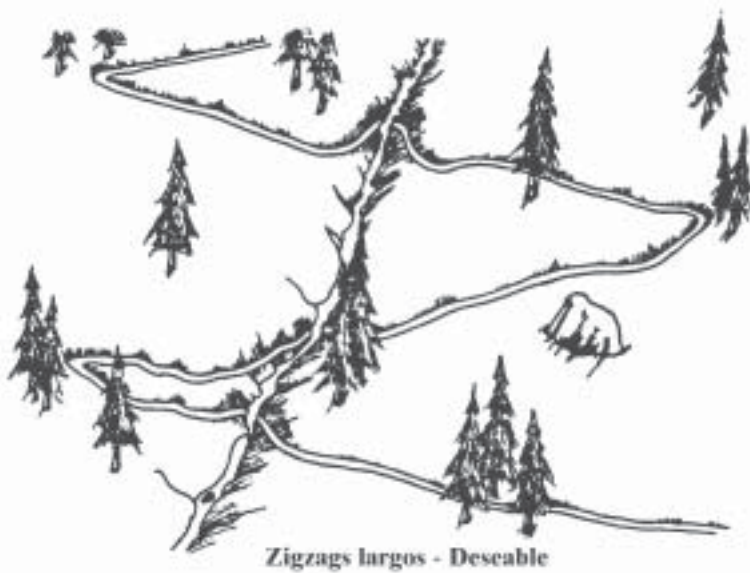
Zigzags o caracoles - Para trepar una pendiente larga y pronunciada en una montaña, ubicar el sendero siguiendo la ladera no alcanza por sí solo para brindar el aumento en elevación que se necesita. El área lateral disponible para un sendero de ladera está limitada por el terreno, por lo que el sendero debe pegar una vuelta y comenzar su movimiento lateral en dirección opuesta. Estas curvas reciben el justo nombre de zigzags o caracoles, y se vienen usando en diseño de caminos y senderos desde hace siglos.

Los zigzags se utilizan para subir cuestras donde sea difícil o imposible mantener una pendiente de menos de 15 % de otra manera. Deberían hacerse los menos zigzags posibles, construyéndolos sólo cuando son absolutamente necesarios. Sin embargo, los zigzags siempre son preferibles a los senderos de mucha pendiente.

En un sendero bien diseñado, una curva del caracol no se ve desde otra. Se utilizan para eso rasgos de la topografía, y también se va variando la longitud de los segmentos de sendero, para mantener el interés. Mantener una pendiente permanente le da al caminante un sentimiento de que está progresando en la trepada.

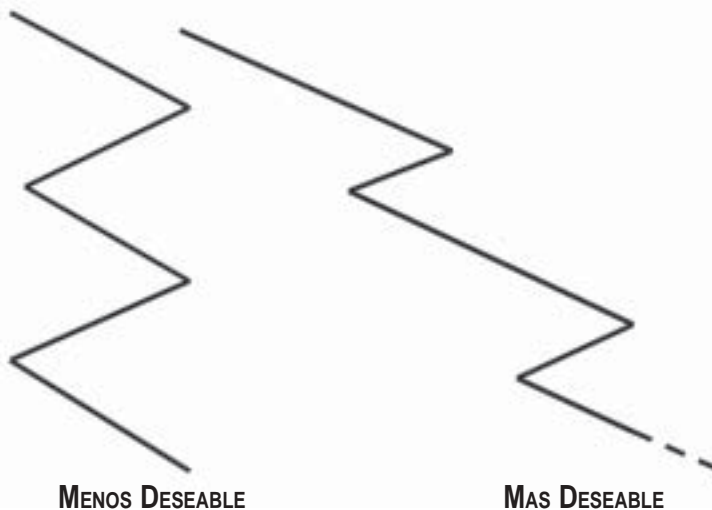
El mayor riesgo con el diseño de caracoles es construir demasiados muy cercanos entre sí. Los caminantes en un sendero con zigzags muy cercanos van a tomar atajos, especialmente cuando bajan. Esto a su vez agrava la mortalidad de plantas y la erosión del suelo, porque todo lo bueno del sendero de ladera desaparece debido a los atajos directos y de fuerte pendiente. En esos atajos se desarrollan arroyitos y erosión, especialmente luego de que son pisoteados por gran número de caminantes.

Alargar los tramos entre curvas del zigzag tiene la ventaja adicional de que requiere construir menos. Estos zigzags son difíciles de construir bien -es decir, para que drenen adecuadamente. Hacer pocos, baja los costos de construcción y de mantenimiento. Además, la repetición es monótona para el usuario.



Otra técnica que se puede usar para controlar los atajos en los caracoles, es hacerlos con curvas amplias. De esa manera se corre el riesgo de que una pequeña sección de la curva suba siguiendo la línea de caída o máxima pendiente-. Sin embargo, si el peligro de atajos es alto, como es el caso en bosque limpio o pastizal de altura, donde los caminantes pueden ver a grandes distancias, entonces la mejor opción será hacer curvas amplias aún cuando incluyan una sección que encare por la máxima pendiente. El sendero en esa sección se puede fortalecer con técnicas de estabilización de suelos, como escalones.

Otra técnica buena es construir zigzags progresivamente más largos en una dirección, a medida que se sube, de modo que en lugar de que el zigzag atraviese la ladera derecho para arriba, el sendero va tirando hacia un lado.



Los beneficios de esta técnica son que se evita que la misma agua vaya corriendo hacia abajo por el sendero una y otra vez, y que los caminantes no pueden tomar un atajo por más de un zigzag a la vez, y por ende no se van a formar largas cárcavas o surcos hacia abajo. En cierto modo, es auto-regulada.

EL "EFECTO CRIATURA"

LA GRAVEDAD -que junto con el agua es protagonista de la erosión del sendero- tiene un aliado: "la criatura". Las "criaturas" son los caballos, tuco-tucos, personas, piches, ciervos, vacas, ovejas, etc. Las criaturas excavarán en el sendero, caminarán por fuera de él, o en el borde, tomarán atajos, llevarán piedras a él, lo masticarán, o levantarán raíces.

La gravedad está ahí esperando que las «criaturas» aflojen el suelo. Pero uno puede anticiparse:

- no construyendo zigzags que atraviesen un filo o alguna otra ruta importante de grandes animales
- no deje que se desarrollen obstáculos como puntos pantanosos o carcavas profundas
- hágale difícil a los caballos el tránsito por el borde exterior del sendero (es adonde tienden a ir)

Piense "en criatura"...

También se pueden usar los rasgos naturales -afloramientos rocosos o manchones de vegetación densa- como barreras a los atajos, haciendo que estos rasgos estén del lado de adentro del zigzag. También puede ser útil poner miradores o puntos de visual en el borde externo de la curva, para atraer la atención del caminante llevándolo a la esquina antes que se dé cuenta de la posibilidad de tomar el atajo. Por supuesto, los zigzags y cambios abruptos en la dirección deben estar claramente marcados para que los caminantes no se salgan del sendero en las curvas.

En senderos cortos y con alto uso -como por ejemplo entre un curso de agua y el campamento o entre un estacionamiento y un mirador- es mejor no instalar zigzags. Estos son apropiados para áreas grandes, lo que permite usar la vegetación de pantalla entre los brazos del zigzag. Los senderos cortos no dan suficiente espacio para permitir el diseño de caracoles a prueba de atajos.

Las rocas, acantilados, cornisas, peñascos y cuevas proporcionan interés a un sendero. Estos rigores del paisaje no deben ser evitados en el diseño. Sin embargo, se debe tener precaución al ubicar senderos sobre areniscas o rocas sedimentarias en pendiente, o en pedreros en ladera, y en bordes de acantilados. Las cicatrices en árboles y las piedras con superficies de fractura recientes, son buenos indicadores de que hay bastante peligro de caída de rocas. Los senderos que bordean la cima de acantilados deben estar claramente definidos y ser bien obvios para el caminante. Si en primavera y otoño hay rocas húmedas y musgosas, y hielo, hay que ser muy cauto al ubicar puntos del sendero en acantilados por más excitantes que sean. Si estas condiciones no fueran limitantes, el sendero entonces debería aprovechar bien la topografía.

Evite áreas con evidencias de deslizamientos de tierra o rocas, y avalanchas (estas últimas, especialmente, deben ser evitadas si hay uso invernal). Todas esas áreas suelen ser muy vulnerables a severos movimientos y daños del suelo y la vegetación, y pueden ser peligrosas para el usuario.

PRINCIPIOS-GUÍA PARA LOCALIZAR BIEN UN SENDERO

✓ Asegúrese que se realicen las *evaluaciones ambientales* necesarias. Construir un sendero nuevo es una intervención significativa sobre el ambiente, con consecuencias potencialmente muy nocivas y difícilmente reversibles si se hace mal. Hay otros aspectos en los que se puede admitir la "prueba y error", pero este es un lujo que no podemos darnos en el trazado, ubicación y diseño de un sendero nuevo. Por esta razón, es necesario seguir todos los pasos que indiquen las reglamentaciones correspondientes⁶.

✓ *Aproveche las laderas de exposición norte o noroeste.* Un sendero que reciba luz solar buena parte del día, quedará libre de nieve más temprano durante la primavera y se secará más rápido luego de las lluvias. También la vegetación puede ser menos densa en laderas soleadas y más secas, facilitando la construcción y el mantenimiento.

✓ *Permanezca siempre en terreno bien drenado,* que sostenga al sendero.

✓ *Prevea el mantenimiento futuro.* Ubicar un sendero en vegetación demasiado densa, piedras sueltas, pendientes con avalanchas habituales, o terreno húmedo va a hacer que las cuadrillas de mantenimiento no se acuerden muy gratamente de usted...

✓ *Evite o rodee grandes árboles o rocas* que si no, habría que quitar. Si se puede optar, ubique el sendero ladera arriba de un gran árbol. El árbol ayudará a estabilizar el sendero sosteniéndolo en su lugar. Hacer el sendero ladera abajo de un árbol a menudo requiere remover las raíces y debilitar el anclaje del árbol.

✓ Diseñe la ruta de ingreso y de salida de los drenajes, de manera que *el agua permanezca en el drenaje* en vez de encaminarse hacia el sendero.

✓ *Incorpore suaves ondulaciones* en el diseño básico del sendero, para facilitar el drenaje y aumentar el atractivo estético.

✓ Ubique los zigzags y los giros ascendentes en *las caras más redondeadas de las elevaciones o colinas.*

⁶ en el caso de los Parques y Reservas Nacionales y Monumentos Naturales, se aplica el 31 "Reglamento para la Evaluación del Impacto Ambiental en áreas de la Administración de Parques Nacionales".

✓ En mallines o pastizales húmedos, *tome por los árboles del borde en vez de cortar a través de espacios abiertos*. Lo mejor es evitar las áreas húmedas.

✓ *Trate de evitar áreas con deshielo tardío* -o que reciban su influencia.

✓ Diseñe el sendero para llevar a los viajeros a *miradores escénicos, rasgos naturales destacados, y otros puntos de interés*.

✓ *No se interne en áreas críticas* para el pastoreo, nidificación u otras actividades clave de la fauna silvestre. Mantenga a los caminantes y los caballos *apartados de las costas* de lagos y lagunas y de las barrancas de ríos y arroyos.

✓ *Sea sensible a las comunidades vegetales*, ubicando el sendero de manera de minimizar la alteración de especies frágiles o amenazadas.

✓ *Mantenga baja o moderada la densidad de la red de senderos*. Los senderos, aun cuando estén muy bien diseñados y no provoquen erosión, igualmente producen impactos sobre las áreas naturales prístinas -fragmentación, disturbio a la fauna, transporte involuntario de especies introducidas, riesgos de incendio y otros.

✓ *Los arroyitos deben en lo posible ser cruzados a ángulos rectos*, para evitar que erosionen el sendero.

✓ *Donde se utilice el formato tipo "circuito"*, diseñe las rutas de manera que los usuarios suban por pendientes más pronunciadas y descendan por pendientes más suaves, ya que el uso pendiente abajo es más dañino que el uso pendiente arriba.

Diseñe los senderos de manera que se tenga que construir *la menor cantidad posible de puentes, entablonados, u otras estructuras especiales*. Su construcción es muy trabajosa y lleva tiempo y mano de obra. Y si no se las mantiene con regularidad, las estructuras de madera se deterioran hasta tornarse peligrosas. Además, las estructuras introducen en el paisaje un elemento humano que puede estar fuera de lugar en un ambiente natural.



Ejemplo de diseño correcto integrado al relieve

TRAZADO

Esta es la etapa en la que Ud. finalmente se interna en la naturaleza y comienza el trabajo físico de construir el sendero. Luego de las etapas de diseño y planeamiento, ya sabrá qué rasgos quiere incorporar, y se habrá cumplido con todos los pasos de evaluación ambiental y administrativos correspondientes. Por encima de todo, siempre tenga en mente el objetivo principal de conservación de la naturaleza, así como satisfacer las necesidades recreativas y psicológicas (comodidad, seguridad, etc) de los caminantes con el menor impacto posible sobre el ambiente. Recuerde, un buen trazado satisface las necesidades del caminante y es ambientalmente estable.

Antes de empezar a abrir el sendero, hable con la gente del lugar, especialmente los residentes más antiguos. Pueden señalar los rasgos significativos de un área y dar una amplia visión histórica.

Las fotos aéreas pueden revelar rasgos tales como cornisas, peñascos, cursos de agua, viejas huellas, senderos o caminos potencialmente utilizables para el sendero, y otras informaciones detalladas.

MARCANDO LA LÍNEA

Vaya al área propuesta para el sendero y recorra o chequee la ruta que se va a seguir. Luego, recórrala de nuevo. Cuanto más tiempo invierta en esta fase, mejor será la traza final. Marque la ruta propuesta con cinta de color bien visible, y con cintas a intervalos frecuentes. Puede usar diferentes colores para posibilidades alternativas de traza.

Para este trabajo es preferible la primavera y el otoño; la visibilidad en zonas de lenga, por ejemplo, es excelente porque los árboles están sin hojas, y es más fácil examinar y evaluar el suelo cuando no hay nieve ni hielo. Si hay tiempo, chequee la traza propuesta en diferentes momentos del año. Revisela en primavera para ver si hay problemas de drenaje y humedad.

Revise las características del suelo a intervalos regulares. Mantenga la pendiente por debajo del 20%, a no ser que planee endurecer o fortalecer las pendientes pronunciadas con estructuras especiales.

ORGANIZANDO LOS DATOS DEL SENDERO

Use un mapa o carta topográfica para ir registrando los datos de la ruta. Si el proyecto es complejo, se puede organizar un archivo de computadora o con fichas, donde uno registra todos los rasgos pertinentes. Este archivo se puede organizar en forma lineal, empezando con el comienzo del sendero. Describa en cada ficha la naturaleza de un rasgo y si tiene un efecto positivo o negativo en el sendero.

Así, cada rasgo será un punto que deberá ser evitado (un pantano o una pendiente muy fuerte) o incluido si su efecto es positivo (una buena vista). La selección final de la ruta implicará entonces conectar los rasgos positivos y rodear o circunnavegar los negativos.

El proceso de trazado es de *prueba y error*. A medida que va avanzando, va a estar continuamente volviendo sobre sus pasos y re-señalizando la ruta potencial a seguir, hasta que finalmente la traza tentativa satisface las necesidades del caminante y es lo más benigna posible con el terreno. Recuerde: los caminantes, igual que el agua, buscan el camino de menor resistencia. Refine la traza para que el sendero siga la ruta que con más probabilidad tomarían los caminantes.

Preste cuidadosa atención a dónde instalará los drenajes.

En todo este proceso, deben cumplirse los pasos y normativas de evaluación de impacto ambiental. Es óptimo cuando hay intervención profesional desde el inicio -que un ingeniero civil, o un experto en suelos, un ecólogo o un antropólogo, según sea el caso, echen un vistazo y evalúen la traza.

LA MEDICIÓN DE LA PENDIENTE

*CUALQUIER OTRO ASPECTO de la construcción de un sendero puede ser mejorado “el mes que viene” o “el año que viene”, pero si la **pendiente** no es correctamente establecida desde su diseño, a la larga el sendero deberá ser abandonado o clausurado, o se deteriorará el ambiente en forma prácticamente irreversible. Y además, mientras esté en uso, el sendero no será satisfactorio.*

Por eso la correcta medición de la pendiente es tan crucial.

Para medir bien la pendiente se necesita instrumental. El de uso más frecuente es el *clinómetro*, que es en realidad un instrumento muy simple.



USO DEL CLINÓMETRO: Sostenga el clinómetro en su mano derecha, con el agujerito para el ojo hacia usted. Mientras mira a través del agujerito con su ojo derecho, mantenga el ojo izquierdo abierto y con él mire el terreno que tiene enfrente. Debería ver las escalas del clinómetro superpuestas con el paisaje; si se le dificulta, pruebe al revés –ojo izquierdo por el clinómetro, derecho para el paisaje.

Observe cómo se mueven las escalas del clinómetro a medida que sube o baja su cabeza junto con el instrumento. Mueva la cabeza lo suficiente para encontrar el final de las escalas, y allí va a encontrar cómo está calibrada cada escala. La escala más importante para el trabajo en senderos es la *escala de por ciento*, marcada con el símbolo %. La mayoría de los clinómetros tienen al lado otra escala, por ejemplo marcando *grados*. Es muy importante no confundirse de escala y tomar una lectura creyendo que es por ciento, pero leída de la escala de grados! El resultado va a ser un sendero muy mal diseñado! Lo mejor es ignorar las otras escalas y sólo usar la *escala de por ciento*.

Si mira a través del clinómetro con ambos ojos abiertos, note el pelo o filamento horizontal que parece extenderse perpendicular a la escala y extendiéndose hacia el paisaje. Se puede medir el por ciento de pendiente que hay entre sus ojos y cualquier punto del paisaje, simplemente posicionando el filamento en ese punto y luego leyendo la escala porcentual del clinómetro. Los signos más y menos que aparecen en la escala le ayudan a determinar si la pendiente en cuestión es ascendente o descendente.

Por ejemplo, si lo hace coincidir con el centro de una roca en el suelo enfrente suyo, el filamento puede caer o cortar en la marca -10% del clinómetro. Esto significa que una línea recta que se extendiera desde sus ojos hasta el centro de la roca, desciende con una pendiente predominante de *10 por ciento*⁷.

⁷ *Pendiente predominante:* se refiere a la pendiente general de un tramo, independientemente de pequeñas irregularidades del terreno.

Cualquier pendiente que mida de esta manera, *siempre* empieza en sus ojos y se extiende en una línea perfectamente recta hasta cualquier punto que haga coincidir con el filamento. ¿Cómo se hace, entonces, para medir con cierta precisión una pendiente que está bajo sus pies –en lugar de pasar por sus ojos?

Una técnica efectiva consiste en la intervención de otra persona como ayudante. Párese Ud. y su compañero/a cara a cara en una superficie que sepa que es bien horizontal –p.ej. el piso de una construcción- y mire a su compañero a través del clinómetro. Suba o baje su cabeza y el clinómetro hasta que el filamento esté en cero por ciento, y luego fíjese dónde cruza el filamento –debería ser el mentón de su compañero/a, o el sombrero, por ejemplo. Ese es el nivel de sus ojos en relación a su compañero/a, y ese va a ser el *blanco* que deberá usar en el campo para medir las pendientes.

Para medir la pendiente de una porción de ladera, por ejemplo, que su ayudante se aleje unos 6 ó 7 metros de usted, y que luego se ponga cara a cara. Mire a través del clinómetro y muévalo hasta que el filamento interseccione el *blanco* de su ayudante. Con el filamento aún en ese punto, tome la lectura en el clinómetro, allí donde el filamento toca la escala de por ciento. Ese número es la pendiente por ciento desde su ojo hasta el blanco de su ayudante. Como tanto su ojo como el blanco de su ayudante están a la misma altura sobre el suelo, el porcentaje indicado por el clinómetro es también el porcentaje predominante de pendiente desde debajo de sus pies hasta debajo de los pies de su ayudante.

TRAZADO DE UNA LÍNEA CON UNA DADA PENDIENTE PREDOMINANTE: Un paso clave en el diseño de un nuevo sendero, es la marcación de una ruta que trepe o descienda con una pendiente pre-determinada.

Para esto se necesita un clinómetro, un ayudante, cinta para marcar, y estacas.

Párese al comienzo de la ruta y envíe a su ayudante a que se pare a unos 3 a 6 metros, enfrentado a usted. Mire a través del clinómetro, hacia el blanco de su ayudante y lea la pendiente por ciento. Si es menor que la indicada en las especificaciones para esa ruta, que el ayudante se ubique más alto en la pendiente o ladera. Si es mayor que lo pre-determinado, que baje. Continúe dirigiendo los movimientos del ayudante hasta que el filamento coincida con su blanco y con el porcentaje de pendiente

buscado. Ahí, el ayudante debería marcar el sitio con una estaca con cinta o algo así.

Luego camine hasta donde está su compañero/a, y que él o ella repitan el proceso desplazándose hasta un nuevo punto, a lo largo de la ruta potencial o posible. Repita los pasos hasta haber completado la línea.

Si tienen un clinómetro cada uno, el ayudante puede también medir la pendiente hacia usted mientras usted hace lo propio; las lecturas deberían coincidir (pero con signo inverso). También se puede acelerar el trabajo haciendo usted una lectura, luego el ayudante empieza a marcar el sitio y mientras, usted lo pasa y sigue, entonces el ayudante toma la lectura con usted como referencia, etc.

Si no tiene ayudante, también se puede hacer el trabajo. Al comienzo marque el punto, por ejemplo en una rama, a la altura de sus ojos. Camine una corta distancia por la ruta potencial, luego dése vuelta y tome una lectura de clinómetro de la posición de la marca; vaya moviéndose por la ladera hasta que la lectura coincida con la pendiente predominante buscada; allí deje una nueva marca a nivel de los ojos, y así sucesivamente.

UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL

En la fase exploratoria, identifique los principales *puntos de control* del sendero – aquellos puntos por los que prácticamente seguro va a pasar el sendero. Además del comienzo y el final, los puntos de control podrían ser, por ejemplo, un determinado paso, la base de un afloramiento rocoso, un abra en medio de un bosque denso, el borde de un mallín, un punto con muy buena vista paisajística, o un cruce de arroyo de poca profundidad. Dibuje los puntos de control en un mapa topográfico. Luego, la definición final de la ruta será cuestión de unir entre sí los puntos de control, con líneas que tengan una determinada pendiente predominante fijada en las especificaciones.

MAPEO DE LAS LÍNEAS CON LAS PENDIENTES ESPECIFICADAS

La primera etapa del trabajo se hace en el escritorio, con un mapa topográfico (con curvas de nivel) y un compás. Primero hay que conocer la fórmula para determinar el porcentaje de pendiente:

$$\text{Porcentaje de pendiente} = \frac{\text{elevación}}{\text{distancia}}$$

Siga estos pasos:

1. En el margen inferior del mapa, ubique el *intervalo entre curvas*, que marca la distancia vertical entre las curvas de nivel. Inserte ese número en la ecuación, como la *elevación*.
2. Elija un porcentaje de pendiente que no exceda el máximo permitido en las especificaciones para ese sendero. Inserte ese número en la ecuación, como el *porcentaje de pendiente*.
3. Deduzca la *distancia* dividiendo la elevación por el porcentaje de pendiente.
4. En el borde del mapa, encuentre la escala, y úsela como referencia para separar las puntas del compás de forma equivalente a la distancia recién calculada.
5. Luego ubique una de las puntas del compás en un punto ubicado en la curva de nivel donde comienza el sendero. Mueva el compás por la dirección que probablemente tomará el sendero, y apoye la otra punta en la próxima curva de nivel inmediata más alta (si el sendero ha de trepar) o más baja (si presume que va a descender). La distancia entre las puntas del compás representa en el mapa la localización aproximada de la ruta, a la pendiente especificada.

Vaya aplicando esta técnica desde el comienzo del sendero hasta el primer punto de control, subiendo o bajando en forma lo mas pareja y constante posible, colocando la punta libre del compás en la curva de nivel adyacente que corresponda. Si el compás se acerca a la marca del mapa que representa el primer punto de control (o el final del sendero si no hubiera puntos de control intermedios), entonces sabrá que la pendiente por ciento que ha elegido es la que deberá usar al comenzar el trabajo en el campo. Si, por el contrario, el compás pasa bastante por debajo o por arriba del primer punto de control, debería setear el compás para otra pendiente, y seguir probando posibles rutas en el mapa hasta que dé con la correcta.

Si está satisfecho por haber encontrado una ruta potencialmente viable entre el comienzo del sendero y el primer punto de control, márquela suavemente con lápiz en el mapa. Repita todo el proceso de prueba de las pendientes con el compás para conectar ese punto de control con el próximo, y así sucesivamente hasta que haya dibujado el sendero por completo. Téngase en cuenta que la pendiente entre cada par de puntos de control puede variar.

Cuando el terreno es de pendiente pronunciada, puede que no sea posible dibujar una línea que llegue a un punto de control ni siquiera seteando el compás para la máxima pendiente permitida por las especificaciones. En ese caso use el mismo sistema del compás para probar otras opciones –diseñando el sendero alrededor de la cabecera de un valle, por ejemplo, o dando una vuelta detrás de una colina o ladera para ganar elevación.

UN EJERCICIO INTERESANTE *para ponerse prácticos, es tomar un mapa que tenga senderos marcados, medir las pendientes en diversos tramos con el compás, y luego ir al terreno y comparar con las pendientes medidas con el clinómetro.*

Como último recurso, diseñe uno o más zigzags o caracoles para permitir que el sendero gane o pierda suficiente elevación. Estudie el mapa para encontrar el mejor

lugar donde ubicar un zigzag, lo ideal es la cara redondeada de una colina. Cuando una punta del compás alcanza ese área, gire la otra punta casi 180°, para casi invertir la dirección de la ruta. Haga los segmentos del sendero que llegan a y salen de cada zigzag, lo más largos posible, para disminuir la cantidad de giros que se deben construir. Si se reduce la cantidad de zigzags a construir, se reduce la tentación de los caminantes para tomar atajos –especialmente en bajada.

TENDIDO DE LA LÍNEA PRELIMINAR EN TERRENO

La línea en terreno transfiere la ruta potencial desde el mapa al lugar. Su propósito es doble: comprobar en el lugar la pendiente predominante a utilizar, e identificar puntos de control adicionales que pudieran aparecer.

En el comienzo del sendero, empiece a establecer la línea usando la pendiente pre-determinada; a medida que va avanzando, cambie levemente la pendiente si es necesario para sortear obstáculos importantes, pero no pierda tiempo haciendo “sintonía fina”.

Si su línea inicial lo lleva directamente al primer punto de control, entonces tiene fuertes evidencias de que “la pegó” con la pendiente predominante para ese tramo de la ruta. Por otro lado, si la línea llega muy arriba o muy abajo del primer punto de control, probablemente la pendiente estimada fue muy alta o muy baja.

Continúe conectando los puntos de control hasta que llegue al destino final. Vaya tomando nota de la precisión de las estimaciones de pendiente que había hecho, así como de cualquier condición que pueda hacer necesario realizar modificaciones en el diseño final.

TENDIDO DE LÍNEAS SUBSIGUIENTES

Basándose en el conocimiento ganado con el tendido de la línea preliminar, releve nuevamente la ruta, marcando su segunda localización con cintas de otro color. Desvíese de la primera línea siempre que eso resulte en mejor ubicación del sendero, pero siempre quédese dentro de la pendiente máxima permitida por las especificaciones del proyecto. En terreno muy escarpado, puede ser necesario tirar tres, cuatro o incluso más líneas con diferentes colores, probando diferentes pendientes en distintos tramos, hasta que se da con la combinación ideal.

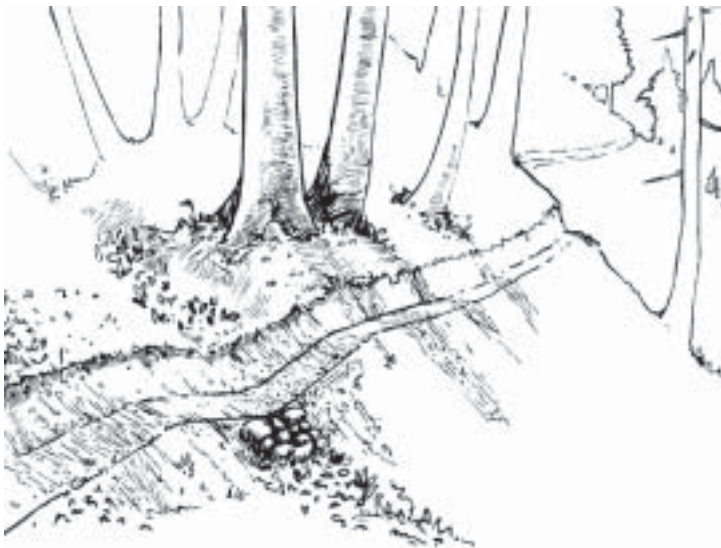
Las especificaciones para pendiente (¡cuando existen!) generalmente dan una *pendiente predominante* máxima (por ejemplo, 8 por ciento), y luego se dan las excepciones permitidas, tanto en por ciento como en distancia (por ejemplo, “Hasta 15 por ciento para tramos no mayores de 30 metros”). Evite la tentación de recurrir a esa pendiente “máxima excepcional” para sortear abruptamente un obstáculo, en lugar de volver atrás con el diseño para poder utilizar un cambio mucho más suave de pendiente y de esa manera evitar el obstáculo –sea por abajo o por arriba. Sea paciente, y ajuste la línea adecuadamente, de manera que los cambios de pendiente sean graduales y se mantenga el suave transcurrir de la ruta.

Hasta los mejores diseños de sendero pueden requerir construir a través de un gran pedrero, sacar un gran árbol, atravesar un área pantanosa, construir un puente o alguna otra estructura. Si efectivamente se han examinado las soluciones alternativas y se concluyó que no son convenientes o factibles, entonces releve la mejor ruta posible que atravesese ese obstáculo, y luego que la brigada de construcción haga el resto.

Aunque todos estos cuidados y tiempo en el tendido de las líneas puede parecer excesivo o fatigoso, las horas invertidas en este relevamiento pueden ahorrar semanas de tiempo de construcción. Además, como un sendero correctamente ubicado es más fácil de mantener, relevar correctamente la ruta propuesta ahorrará también meses de trabajo a lo largo de la vida útil de un sendero; y tal vez lo más importante: *evitará erosión y daños al ambiente.*

HONDONADAS DE DRENAJE

La línea final puede incorporar hondonadas de drenaje para prevenir la erosión y eliminar o disminuir la necesidad de barras de agua. Para diseñarlas, invierta la pendiente predominante justo durante una distancia suficiente como para establecer un descenso y posterior ascenso en elevación de unos 30 cm del sendero, que va a sacar el agua del sendero antes de que cause erosión. Las hondonadas de drenaje son más efectivas y menos notorias cuando ya se incorporan de entrada el diseño en lugar de aplicarlas al sendero ya construido. El espaciamiento entre hondonadas de drenaje depende de la pendiente del sendero, la frecuencia esperada de lluvia, y la estabilidad del suelo (ver mas detalles más adelante)



ESTAQUEADO DE LA RUTA FINAL, Y CREACIÓN DE UNA HOJA DE CONSTRUCCIÓN

Luego de establecer la línea que resuelve los problemas de respetar las pendientes predominantes especificadas, conectar los puntos de control, y evitar los obstáculos, lleve a cabo un relevamiento final de la ruta, esta vez marcándola con estacas de madera y desarrollando una hoja o planilla para registrar los detalles de la ruta propuesta. A medida que avanza, vuelva a medir las pendientes con el clinómetro, y haga los refinamientos de último momento que sean necesarios. Puede anotar en las propias estacas información de distancia y construcción, y anote los mismos detalles en la planilla o en un grabador portátil.



Puede existir la tendencia entre los planificadores, a querer definir de antemano especificaciones exactas para el diseño de senderos, tales como normas para la superficie y su ancho. Un tratamiento alternativo, más flexible, es el de contemplar cada segmento del sendero en función de las variables de terreno, constantemente cambiantes, y del comportamiento previsible de los usuarios. De esta forma el ancho y la ubicación exacta del sendero en un punto determinado se decidirán en base a la consideración cuidadosa del terreno, y los problemas potenciales, tales como el drenaje, "cortes de camino" (atajos) por los usuarios, potencial de erosión, etc. Este método, aún cuando parece menos concreto, asegura que el sendero armonice con el ambiente y que será usado en forma apropiada. No siempre se debe seguir un modelo de ingeniería, que se ve bien en el papel, pero que en la práctica podría resultar en mayor impacto ambiental, costos de construcción y mantenimiento más altos, y menor satisfacción de los visitantes. Por cierto se pueden definir algunas normas generales, pero estas deben de ser aplicadas con flexibilidad. No debe subestimarse la importancia de contar en el equipo planificador con trabajadores experimentados en la construcción de senderos, que reconocerán las necesidades de los usuarios potenciales y los problemas ambientales -"la experiencia no se puede suplantar con un Manual...".

Los distintos diseñadores de senderos difieren en sus preferencias para ubicar las estacas:

ESTACAS CENTRALES: Se ubica cada estaca en el centro de la línea.

Ventaja: esto da una idea muy precisa del devenir del sendero.

Desventaja: a medida que el trabajo de construcción va llegando a cada estaca, hay que sacarla para permitir la excavación.

ESTACAS EN EL BORDE EXTERIOR: se las ubica en el borde exterior del sendero proyectado.

Ventaja: Cada estaca indica el nivel exacto al que quedará el piso eventual del sendero. Las estacas pueden permanecer mientras se trabaja o excava el sendero.

Desventaja: Puede ser difícil determinar exactamente dónde empezar a cortar el borde interior del sendero.

ESTACAS EN EL BORDE INTERIOR: raramente se usa esta técnica sola; se la puede utilizar en conjunto con las otras.

Ventaja: Las brigadas pueden ver enseguida dónde empezar la excavación del sendero.

Desventaja: apenas se comienza a trabajar, puede ser necesario sacar las estacas.

ESTAQUEO COMBINADO: se ponen estacas en el centro, en el borde exterior, y en el borde interior.

Ventaja: es la técnica ideal para mostrar todos los aspectos de la ruta propuesta, especialmente para brigadas principiantes.

Desventaja: esta técnica consume el triple de estacas.

VEGETACIÓN

El tipo y densidad de vegetación en las áreas que se proponen para un sendero, tienen dos funciones principales en el diseño: una función *estética*, enriqueciendo la experiencia del caminante; y una función *de manejo*, como herramienta para ayudar al diseñador en la protección del ambiente.

Incluya variedad de vegetación a lo largo de la traza de un sendero, para hacerlo más interesante y satisfactorio. Por otro lado, la continuidad u homogeneidad en la composición vegetal también tiene su propio atractivo: un tramo prolongado de

bosque denso puede promover un excitante sentimiento de aventura. Los caminantes suelen estar interesados en los ambientes naturales. En algunos casos, sin embargo, la vegetación modificada puede también ser interesante y educativa, y valiosa al proveer buenas visuales.

No hay un criterio único para hacer una elección estética entre un tipo de vegetación y otro. De hecho, las cualidades estéticas de la vegetación generalmente serán una consideración secundaria. Su primer énfasis en cuanto al diseño debe estar puesto en las características de los suelos y la topografía -que tienen gran influencia en la estabilidad del sendero en terrenos montañosos e inestables.

Hay varias maneras de usar la vegetación en el diseño de senderos:

Úsela para canalizar y contener el tráfico de caminantes. Por ejemplo, si hay vegetación muy densa en los bordes y alrededores del sendero, es menos probable que los caminantes tomen atajos en los zigzags.

Úsela para retardar la erosión del sendero. Las raíces de la vegetación de los márgenes del sendero anclan el suelo y retardan la erosión en el sendero mismo. Sin embargo, en suelos particularmente inestables, fuertes pendientes, y muy alto uso, la estabilidad dada por las raíces no es suficiente para prevenir el daño.

Úsela para proteger del clima. Los caminantes experimentados conocen el valor de la protección que dan los árboles, especialmente luego de bajar de la zona altoandina con mal tiempo. La cubierta vegetal es sumamente importante al planear y localizar los sitios de acampe, en los que la protección de las inclemencias climáticas es un requisito.

Úsela para amortiguar y aislar las actividades de los caminantes. Especialmente en áreas con mucha gente, la vegetación aísla visualmente y absorbe sonidos. La vegetación también es un buen amortiguador entre un sendero con mucho uso y un ambiente sensitivo como por ejemplo la costa de una lagunita.

Úsela como material constructivo. Los árboles caídos de las inmediaciones son una importante fuente de material de construcción, especialmente si no hay rocas disponibles. La disponibilidad de árboles de tamaño adecuado para afirmar el piso del

sendero puede ser un factor para decidir si un sendero se hace pasar o no por un terreno frágil como un mallín. De todos modos, siempre deben seguirse las pautas o reglamentaciones ambientales correspondientes antes de utilizar árboles del lugar.

Úsela como indicadora de las características del suelo. Un examen expeditivo de la vegetación puede indicar algunas características básicas del suelo. El tamaño y edad de los árboles indican la fertilidad del suelo -árboles jóvenes y grandes indican que hay suelos profundos y bien drenados, y árboles pequeños y deformados junto con especies amantes del agua o la humedad, indican condiciones marginales e inadecuadas del suelo.

La preponderancia de una cierta especie puede dar pistas sobre la textura, profundidad y humedad del suelo. Los Ñirantales de porte arbóreo en fondo de valle pueden indicar sitios con drenaje deficiente. Las Juncáceas (géneros *Juncus* o *Carex*) son indicadoras de suelos anegadizos al menos una parte del año. La presencia de *pataguas* (*Myrceugenia exsucca*) indica que la napa freática está a muy poca profundidad, y el sitio se inunda tarde o temprano. Si hay cipreses bajos con fuste muy cónico, puede indicar la presencia de suelos poco profundos. La cobertura vegetal del suelo y la composición del sotobosque también son indicadoras de las características del suelo. Consulte a expertos, o universidades en su área, sobre las plantas de su zona que puedan servir como *indicadoras*.

CONSTRUCCIÓN

Una vez que se diseñó el trazado, se está listo para construir el sendero.

La construcción es en realidad un proceso permanente, que empieza con hacer el sendero, pero debe continuar con el mantenimiento periódico. A medida que el sendero se desgasta o deteriora por el uso, va a ir viendo que hay lugares que necesitan más drenaje, algunos escalones de piedra, o inclusive un corto re-trazado en algún sector.

La construcción inicial es en realidad bastante simple. Consta de tres etapas: limpieza de plantas y material caído (ver capítulo "Mantenimiento de Senderos"), preparación de la superficie, y marcación.

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

Comiencela una vez finalizada la limpieza de vegetación. Esta etapa consiste en preparar el piso del sendero para el tráfico de caminantes, e implica retirar materiales orgánicos (la capa O1 u hojarasca) tales como hojas, raíces y corteza; la vegetación en descomposición; y el suelo orgánico (la capa O2 o materiales orgánicos descompuestos). Retirar todo hasta llegar al suelo mineral permite mantener el sendero más seco, define el sendero, y le ayuda a asentarse más rápidamente. Si no se prepara la superficie, a poco de usarse un sendero con mucho material orgánico se transforma en un masacote húmedo e incómodo de barro y pequeñas raíces. De todos modos, luego durante las tareas de mantenimiento futuras es beneficioso para el sendero no retirar la hojarasca, ramitas y otros materiales orgánicos que se van a ir depositando, ya que amortiguan la erosión y la velocidad del agua.

Para preparar la superficie use una zapa, un pico de hacha y zapa o un rastrillo segador. Para asegurar un piso uniforme, marque cada lado en base al ancho standard de su sendero, con cinta, sogas o estacas. Excave suavemente hasta llegar al suelo mineral, y desparrame los materiales orgánicos hacia afuera del sendero. Amontone la hojarasca y restos hacia el lado de ladera abajo del sendero. Corte y retire la densa masa de raicillas que se forma debajo de la hojarasca, con un rastrillo segador. Use un hacha para raíces para las raíces más grandes, pero sólo cuando representen un peligro para caminar.

EXCAVACIÓN

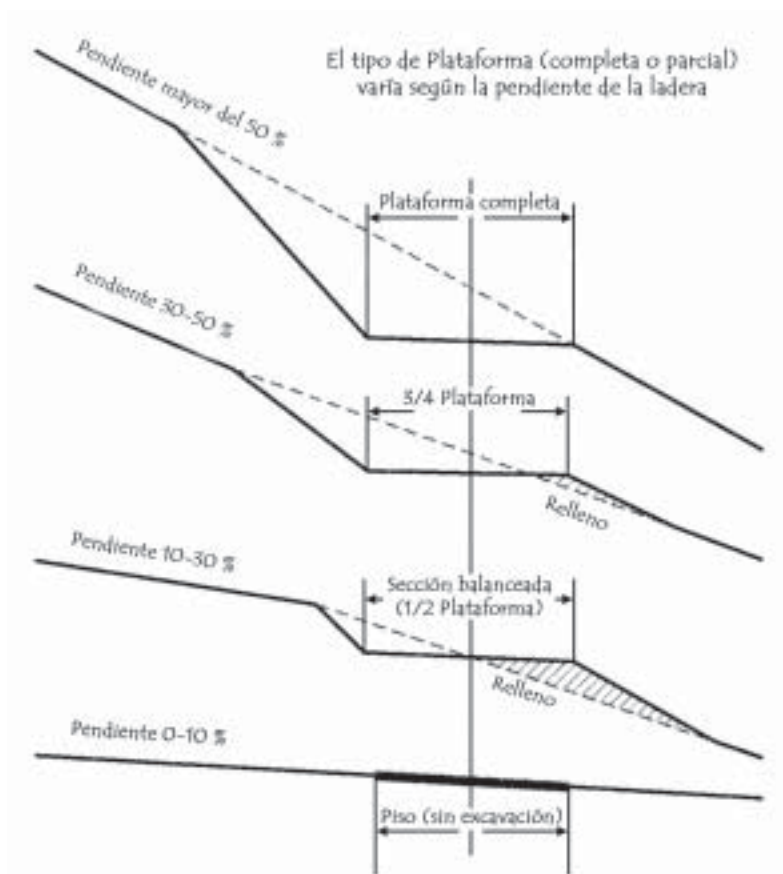
Lo anterior puede ser todo lo que se necesite en terrenos planos o con muy poca pendiente. Inclusive algunos proponen que en este tipo de terrenos lo único lo que se necesita al principio es simplemente sacar los arbustos y disponer rocas en las márgenes del sendero planificado, para guiar a los caminantes. Con el uso, el propio impacto de las pisadas se va a encargar de “excavar” hasta formar un piso de suelo mineral, y luego se pueden sacar las rocas de los bordes. Este método -que debe ser usado con mucho juicio- minimiza el disturbio y permite que el sendero se cree con baja alteración del perfil de suelo.

Pero, a medida que el terreno se hace más empinado, el sendero empieza a discurrir por la ladera, lo que requiere la excavación de una plataforma casi horizontal para el sendero. Como resultado del trabajo de relevamiento hecho para el diseño, tendremos una serie de estacas de madera que marcan la localización del futuro sendero. Dependiendo del método elegido, las estacas marcarán el centro, el borde exterior o el borde interior del sendero. Los constructores deben tener muy claro qué método de estaqueado se utilizó durante el relevamiento.

Hay básicamente dos tipos de excavación de la plataforma del sendero: ***plataforma completa*** y ***plataforma parcial***.

En laderas empinadas, generalmente es necesario excavar la *plataforma completa*. El suelo que se ha sacado en la excavación se tira lo más lejos posible, no debiendo usarse en absoluto para rellenar el lado del talud (pendiente abajo), ya que ese material suelto se va a erosionar rápidamente. Es fácil ver, analizando la figura, que el relleno que uno ponga del lado del talud tendrá una pendiente aún mayor que la de la ladera; de ahí el gran riesgo de erosión cuando la pendiente de la ladera ya es de por sí alta.

Sin embargo, a medida que la pendiente disminuye, puede hacerse más factible usar material de relleno (sacado de la excavación) como parte del piso del sendero. En estos casos se puede hacer una excavación de *plataforma parcial*. Sin embargo, siempre va a ser más durable y requerirá menos mantenimiento la *plataforma completa*, *aún* cuando requiere más excavación de la ladera.



Hay un balance que hay que evaluar en cada caso. La construcción con excavación de plataforma completa suele ser más costosa porque se necesita más excavación, y además resulta en un contratalud más grande. De todos modos, la mayoría de los profesionales en senderos prefieren la construcción con plataforma completa.

Marque o "rasguñe" una línea en el terreno señalando el borde interno o superior del sendero. Luego los brigadistas usan esa línea como guía para excavar con picos, azadas, McLeods, Pulaskis y palas hasta que hayan removido suficiente suelo como

para formar un piso del ancho correcto, y de modo que todo el ancho del sendero esté en suelo mineral sólido y originario.

Un método muy cómodo para utilizar un ancho estándar en la apertura del sendero es hacerlo conforme el largo del pulaski o de la picota. Picando sobre el borde superior, el ancho está dado entre ese punto y el de apoyo de los pies del operario.

En general, nunca debe apilarse o disponerse suelo suelto –proveniente de la excavación- en los bordes del sendero intentando ensancharlo. Ese suelo nunca será tan compacto como el suelo originario, lo que causa que estos “ensanchadores” inadecuados se laven o deslicen de donde fueron puestos.

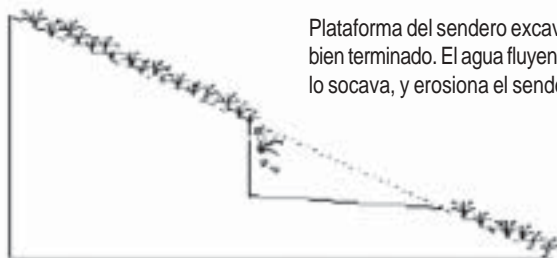
Una manera mejor de disponer del material que se excavó, es formando montículos para su uso posterior en sitios de restauración, o como relleno detrás de las paredes de retención o en terraplenes. Si esto no es posible, es aconsejable irlo tirando con la pala pendiente abajo, lo más lejos posible, o llevarlo con baldes o carretilla a un sitio adecuado de disposición.

Trate siempre de agregar un par de pulgadas al ancho especificado para su sendero. Siempre algo de material se va a acumular en el borde interior (o superior), y siempre algo se va a derrumbar en el borde exterior (o inferior), lo que va a angostar el sendero un poco.

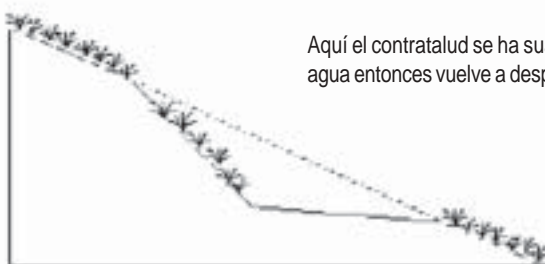
Luego de que se excavó una sección de sendero, déle forma al *contratalud* (la barranquita del lado de ladera arriba o interior). Para eso, saque el material que de otro modo caería sobre el piso del sendero en el curso de los primeros años de deshielo y lluvia. Use McLeods y rastrillos para sacar ese suelo, rocas y hojarasca del *contratalud* empujándolo al piso del sendero, de donde luego lo sacará con palas.



Ladera antes de construir el sendero. El agua se mueve ladera abajo suavemente, y su velocidad es moderada por la vegetación.



Plataforma del sendero excavada. El contratalud no está bien terminado. El agua fluyendo por el contratalud vertical lo socava, y erosiona el sendero.



Aquí el contratalud se ha suavizado y re-vegetalizado. El agua entonces vuelve a desplazarse suavemente.

Una vez que se excavó el sendero y se dio forma al contratalud, viene el alisamiento del piso y la creación del *peralte*. Además, en caso de ser necesario, se instalan los puentes, paredes de retención, terraplenes, y otras estructuras requeridas.

CUANDO SE CONSTRUYE UN SENDERO NUEVO POR UNA LADERA, *corte ladera arriba y rellene ladera abajo* para crear un piso de sendero nivelado pero con **una leve inclinación hacia ladera abajo – denominada “peralte”- de aproximadamente 2%-3%**, para permitir que el drenaje laminar de agua cruce el sendero en ángulo perpendicular a la dirección del tráfico. Aplane cualquier berma que quede en el lado de ladera abajo, para permitir que el agua fluya a través del sendero y hacia afuera de él.

La mayoría de los senderos de ladera deben tener *peralte* –una leve inclinación lateral-, para que el agua que fluye hacia el sendero tienda a cruzarlo y continuar ladera abajo –una especie de “autodrenaje”. El grado de inclinación es pequeño, y en general los usuarios no lo notan. Al mismo tiempo, asegúrese de que el borde del sendero quede libre de obstáculos, como bermas, troncos o piedras, que pueden obstaculizar el libre drenaje.



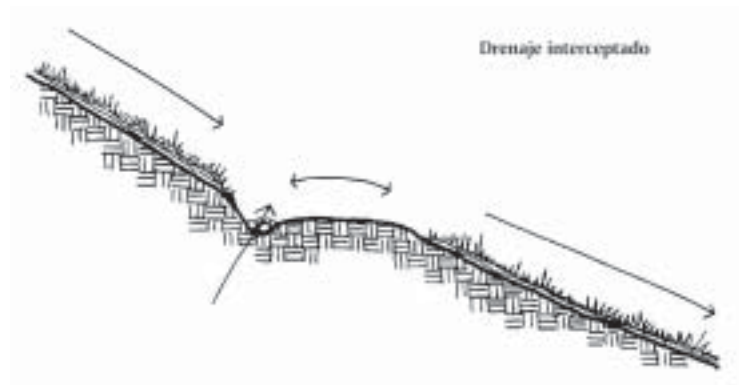
Las brigadas sin experiencia tienden a construir senderos con demasiado peralte. Si estando parado en el medio del sendero siente que hay una inclinación, entonces hay demasiado peralte. Debido a esa tendencia a exagerar el peralte, es casi seguro que si una brigada intenta construir un sendero sin peralte, termine construyendo el peralte justo.

Una manera práctica de testear el peralte es usando una manzana o naranja. Hágala rodar por el sendero, como bajando. En lugar de permanecer derecho por el centro del sendero, debería gradualmente ir doblando y cruzar el sendero.

Luego, debe culminarse la preparación de la superficie como se explicó en la sección anterior.

Lo explicado sobre el peralte como sistema de auto-drenaje, es válido cuando la escorrentía que viene de la ladera arriba del sendero no es de gran magnitud. Pero, cuando esa escorrentía es excesiva, el sendero debería ser convexo o combado, con una canaleta en el costado superior, que conduzca el agua de escorrentía hacia puntos de cruce adecuados (hondonadas de drenaje, puentes, alcantarillas). Los puntos de cruce deberían construirse con frecuencia, para evitar que se acumulen grandes volúmenes de agua.

El fondo de la canaleta puede ser rellenado con roca triturada o grava.



En senderos en terreno plano, construya la base del sendero agregando material (el sendero quedará un poco sobre-elevado) en lugar de excavando o cortando, como en laderas.

El tipo de preparación final del piso del sendero dependerá de las exigencias y el uso. Si el sendero está cerca de una ruta y es usado por muchas familias con niños, es conveniente un sendero muy trabajado, y suavizado habiendo sacado gran parte de las raíces y rocas. En cambio, en un sendero poco usado en un área muy silvestre, deje las raíces y las rocas.

Esquema general del sendero:



En la siguiente figura se muestra, con un ejemplo de ladera con 50 % de pendiente o más, cómo el contratalud debe trabajarse teniendo en cuenta la llamada “pendiente de reposo”. La pendiente de reposo es aquella a la que va a tender el material de la ladera hasta llegar a un equilibrio; la pendiente de reposo es diferente para cada tipo

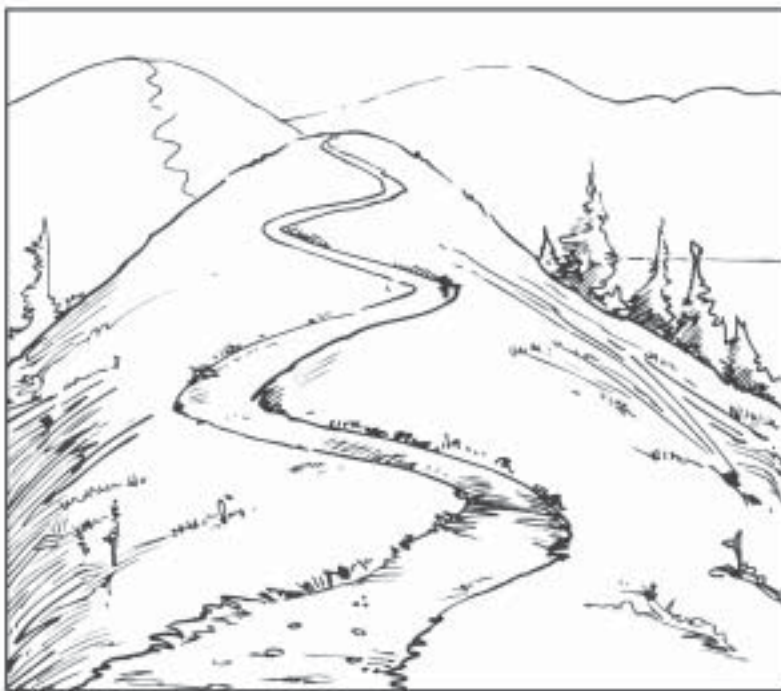


de material -es menor para materiales más flojos, que se derrumban o deslizan a altas pendientes; en cambio los materiales más consolidados o duros pueden estabilizarse a mayores pendientes.

ZIGZAGS (O CARACOLES) Y SECCIONES SERPENTEANTES

Los zigzags requieren del arte de construcción de senderos en su máxima expresión. Son difíciles de construir correctamente. También están sujetos a más abuso, y requieren más mantenimiento, que las otras secciones del sendero. Como ya se dijo, los caracoles deben incorporarse en la ruta de un sendero sólo como último recurso, y en ese caso pensando muy bien su localización y ejecución.

Es importante entender la diferencia entre un caracol y una sección serpenteante, así no construye una queriendo en realidad construir la otra. Una sección serpenteante



Sección serpenteante

es eso –un sendero que va invirtiendo gradualmente su dirección en una ladera, mediante una curva ascendente amplia; tiene forma de “S”, en cambio el zigzag tiene forma de “Z”. La pendiente durante el giro o curva no debe ser significativamente mayor que la pendiente predominante de los tramos de sendero que ingresan o egresan del giro. Las secciones serpenteantes sólo funcionan para subidas relativamente suaves –idealmente 15 % o menos. Como los zigzags, lo mejor es ubicarlos en la parte redondeada de la elevación o colina.

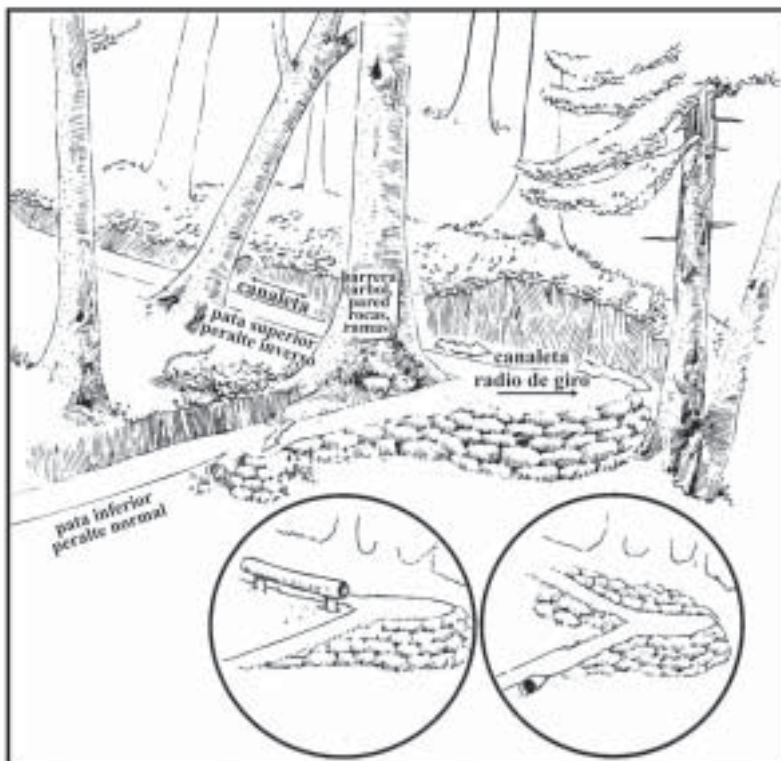
Como es mucho más fácil construir secciones serpenteantes que caracoles, puede ser tentador forzar esta técnica en subidas de más de 15 %. Pero, sencillamente, es imposible. Imponer una sección serpenteante en terreno muy empinado va a dar como resultado, en lugar de un sendero que se va curvando gradualmente, un sendero quebrado en el cual las “patas” superior e inferior queden unidas por un tramo corto y muy pronunciado que coincidirá con la línea de caída o de gravedad. A no ser que sea endurecido con escalones de roca o troncos, esto va a sufrir una significativa erosión.

En cambio, las patas superior e inferior de un caracol se intersectan formando un ángulo bien agudo o cerrado, y conducen luego a una *plataforma de giro* casi plana (a lo sumo con 5 % de pendiente) y semicircular, de tamaño suficiente para que los usuarios cambien confortablemente de dirección. El tamaño de la plataforma dependerá de si va a haber uso por caminantes, caballos, bicicletas, sillas de ruedas, u otros.

La plataforma de giro puede a veces ser excavada directamente en la ladera. Más a menudo, sin embargo, al menos parte de la plataforma debe ser mantenida en su lugar usando rocas o troncos para construir una pared de retención. La pared baja gradualmente para fundirse con la pata inferior.

Siempre que sea posible, el caracol debe doblar alrededor de un árbol, afloramiento rocoso, o algún otro rasgo natural que estabiliza el sitio del giro y que además desalienta a los caminantes de tomar un atajo. Donde no existan barreras naturales, puede ser necesario crearlas, instalando algunas rocas grandes entre las patas del zigzag o construyendo una barrera de rocas o troncos.

La brigada de construcción debería encontrar el zigzag marcado con estacas que indican las líneas de las patas superior e inferior del sendero, y el punto de intersección



Zigzag o caracol

de ambas. A veces también se indica la plataforma de giro con estacas.

El tamaño de la plataforma de giro variará de acuerdo al tipo de usuarios que se esperen en el sendero. Para senderos exclusivos de trekking o caminantes, basta un radio de 1 metro. Los caballos requieren un radio de giro de 2 metros o más. Los caracoles en senderos para bicicletas varían entre 1 y 2 metros, dependiendo del nivel de dificultad del circuito. Los ciclistas pueden a veces dar vueltas amplias o derrapar para negociar un giro de caracol, causando el desmoronamiento del borde exterior de la plataforma de giro. Instalar barreras de rocas o troncos cerca del borde de la plataforma puede disminuir la velocidad de los ciclistas y guiarlos hacia el centro del giro.

Use varillas con banderitas para señalar el detalle del caracol. Delineando de esta manera la circunferencia de la plataforma de giro, a intervalos de 30 cm, podrá visualizar la tarea y tomar sabias decisiones de localización exacta, desde un principio.

El diseño del zigzag puede verse confundido por el hecho de que, mientras el piso del sendero de la pata superior debe ser creado excavando en la tierra, una parte de la plataforma de giro y la rampa de la pata inferior del sendero deben ser construídos sobre-elevadas de la superficie de la ladera. Mientras va diseñando en el terreno las dimensiones del caracol, imagine como si la plataforma de giro estuviera suspendida en el aire, para ser rellena más tarde con rocas o suelo y una pared de retención.

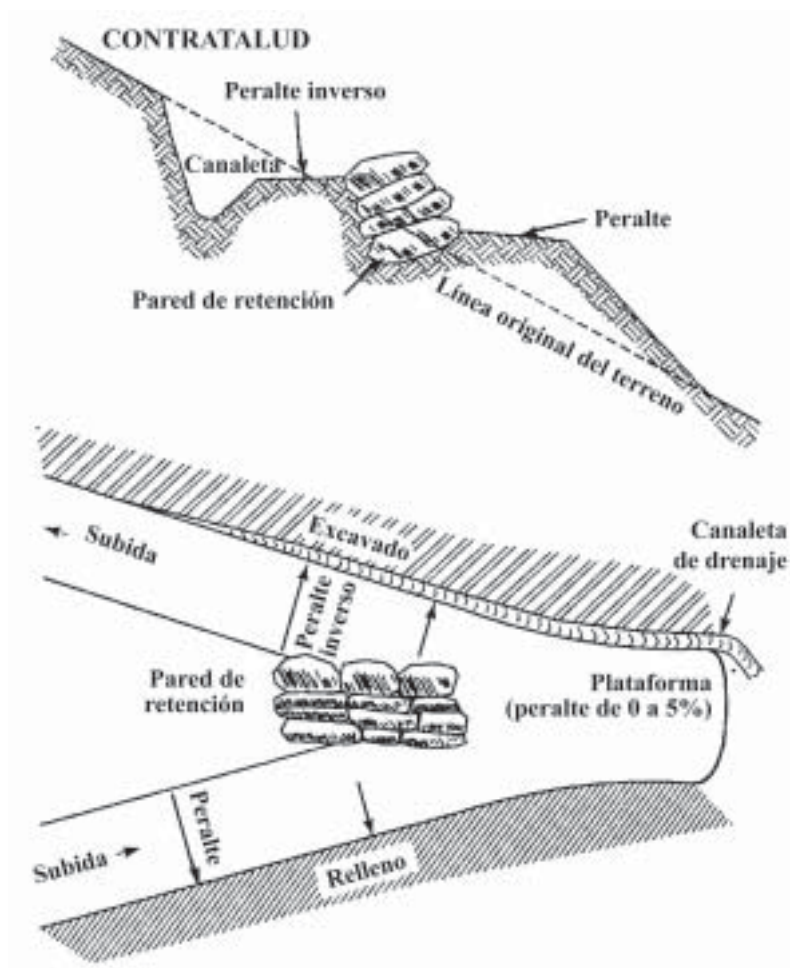
Construya la pata superior del zigzag en primer término, usando construcción tradicional en toda ella, hasta la estaca que marque la intersección del borde exterior de la pata superior con el borde interior de la pata inferior. A lo largo de una distancia

Debido a la naturaleza del diseño de los caracoles, la probabilidad de ubicar las porciones del sendero en forma correcta es mucho mayor si empieza por arriba y va construyendo pendiente abajo, que a la inversa. Si la dirección general de la construcción del sendero ha sido de abajo hacia arriba, pare la excavación unos 30 metros antes de un zigzag. Luego sobrepase hacia arriba, unos 15 metros más allá del zigzag o giro, y empiece a construir hacia abajo. Construya el zigzag, y luego continúe la construcción del sendero hacia abajo hasta que se una con la porción de sendero ya completada.

de 30 metros desde el giro, el piso de la pata superior debe tener "*peralte inverso*" (o sea, inclinación *no* hacia pendiente abajo sino al revés) y canaleta. El agua que fluya hacia esa porción del sendero, drenará entonces hacia la canaleta en lugar de correr por el sendero y bajar por la pendiente, donde podría poner en peligro la pata inferior del zigzag.

Luego construya la plataforma de giro. Una parte del diámetro de la plataforma puede construirse excavando en el contratalud, pero cuanto más empinada es la ladera menos puede ganarse con esta excavación. Para dar forma al resto de la

plataforma, construya una pared de retención curvada. La superficie de la plataforma debe estar a nivel con la pata superior del sendero en el punto de intersección.



Hay variantes en la construcción de zigzags. Este es un Zigzag con pared de retención

Complete la estructura extendiendo la pared de retención hacia abajo –hacia la pata inferior-, y dándole forma de rampa que su funde con el sendero que continúa luego del zigzag. En el punto en que termina la pared de retención, retome la excavación normal completa típica para construcción del sendero.

Durante todo el proceso de construcción del zigzag, proteja el área que está entre las patas superior e inferior. Trate de no pisar el área, minimizando así el daño a la vegetación existente y evitando la compactación del suelo.

Las pendientes donde se aconseja construir zigzags son entre el 20 y el 45 %; aunque se pueden construir hasta en pendientes del 55 % -*pero con estructuras de retención.*

PROTECCIÓN DEL PISO DEL SENDERO

Muchas veces, puede utilizarse piedra molida o ripio para crear un piso de sendero seco y durable. Esto es especialmente útil en senderos que reciben uso extremadamente intenso, o que atraviesan áreas embarradas en las que sería difícil mantener un piso de tierra, o donde sea de alta importancia asegurar la facilidad de acceso para un amplio espectro de usuarios.

La piedra usada para este fin no debería ser de más de 3,5-4 cm de diámetro, y debe ser dispuesta todo a lo ancho del sendero, con un espesor de unas 3 pulgadas (7,5 cm). Si el suelo subyacente es muy barroso, se puede disponer un geo-textil debajo de las piedras, para evitar que éstas se vayan hundiendo en el barro.

La buena tracción al caminar es facilitada si se mezclan distintos tamaños de material, incluyendo algo de material fino. La grava sola funciona mejor en terrenos planos, porque al no estar compactada se irá por erosión si hay pendiente. La grava compactada (por material fino) se erosiona menos con pendientes.

RECONSTRUCCIÓN DE SENDEROS

Cada tipo de terreno tiene una determinada capacidad para soportar el uso recreativo sin dañarse. Algunos senderos pueden aceptar mucho tráfico mientras que otros, especialmente en zonas de montaña -con laderas empinadas, suelos frágiles y abundante escorrentía de agua- son más vulnerables. Las medidas de control de erosión y la reconstrucción de senderos incrementan la capacidad del terreno para soportar el uso sin daño a los recursos.

Dos factores determinan cuánto hay que reconstruir un sendero. El primero es el volumen de uso que recibe un área. Más uso implica más desgaste del sendero, y por lo tanto más mantenimiento para proteger los suelos y la vida vegetal. El segundo factor es el tipo de terreno. Las áreas húmedas, ó localizadas en pendientes fuertes, ó con suelos pobres, ó con vegetación frágil requieren una cuidadosa -y a veces costosa- reconstrucción.

Al reconstruir un sendero, debe minimizarse el impacto visual del trabajo y evitar alterar más allá de lo necesario sus cualidades naturales. La «sobreconstrucción» o la construcción excesivamente regular y obvia, pueden degradar el ambiente que rodea al sendero y la experiencia del caminante.

CUÁNDO REUBICAR O REPARAR UN SENDERO DAÑADO

Para decidir si reubicar o, por el contrario, reconstruir un tramo, hay que examinar cuidadosamente los sectores muy dañados. Las cárcavas erosionadas, cornisas y peñascos difíciles, o los anchos sectores embarrados pueden ser rodeados o circunnavegados por medio de un sector reubicado del sendero, o en cambio pueden ser fortalecidos y estabilizados. Para decidir, pregúntese lo siguiente:

 ¿El nuevo sector tendría el mismo tipo de terreno que el sector dañado?

A menudo la respuesta es «sí». En ese caso, suele ser mejor reparar el sendero en su antigua ubicación en vez de abrir un nuevo sendero que se va a deteriorar de la misma manera. Sin embargo, si el «bypass» puede cruzar el mismo terreno de manera menos directa -p.ej. si se introduce un cambio de diseño por el cual el sendero cruza la pendiente en vez de treparla directamente- entonces vale la pena la reubicación.

 ¿El sector antiguo ¿es muy difícil de clausurar y restaurar?

Si el sector de sendero que se quiere clausurar es la ruta más obvia en ese paisaje (por ejemplo, va por la orilla de una laguna o por un filo pronunciado), los caminantes naturalmente tienden a usar el sendero aún después de que se haya construido la reubicación y se haya clausurado el sector dañado. En este caso, es mejor mantenerse en la ubicación antigua. A veces una reubicación puede inclusive aumentar la degradación ambiental, cuando los caminantes la confunden con el sendero antiguo y comienzan a usar ambas rutas indistintamente. Cuando esto ocurre puede haber muchos problemas con ambas ubicaciones; y se pueden desarrollar senderos espontáneos que conecten a ambas, debido a la confusión de los caminantes.

Las reubicaciones largas sólo se deben usar cuando conduzcan a una mejora sustancial en las condiciones ambientales globales del área. También puede ser apropiado realizar cortas reubicaciones alrededor de un área húmeda o sector erosionado, pero la mejor solución a largo plazo generalmente es clausurar y reubicar un sector prolongado del sendero, o reconstruirlo. En general, la mejor alternativa es la reconstrucción.

CONTROL DE LA EROSIÓN Y DRENAJES

Prevenir la erosión es la tarea más difícil en el mantenimiento de senderos en terrenos montañosos o en áreas húmedas y frágiles.

Se utilizan cuatro categorías de técnicas para prevenir y/o controlar la erosión:

Los *drenajes* son probablemente el aliado más importante del mantenimiento de senderos. Las barras de agua y las canaletas, por ejemplo, pueden ser consideradas como una forma dinámica de control de erosión. Dispuestas a través o a lo largo del sendero, los drenajes mantienen el agua fuera del sendero, o la sacan de él.

Los *estabilizadores*, más comúnmente escalones dispuestos para rellenar el piso del sendero, sirven para disminuir la velocidad del agua y retener suelo, al reducir la pendiente y crear pequeñas terrazas. Las paredes de retención son otro medio efectivo para sostener el suelo debajo o arriba de un sendero que atraviesa una ladera.

Los *endurecedores* se usan cuando un sendero cruza áreas húmedas que no pueden ser efectivamente drenadas. Piedras de pasada, o puentes de mallín, elevados encima del barro, proporcionan al caminante una superficie sólida. Al mantener al caminante fuera del barro, los endurecedores no sólo hacen más placentera la caminata, también protegen los frágiles suelos y la vegetación (Ver Capítulo “Senderos en áreas húmedas”).

Los *definidores*, a menudo pircas, canalizan a los caminantes en el sendero establecido o la superficie endurecida, previniendo el ensanchamiento del sendero y protegiendo del pisoteo a las plantas y suelo adyacentes.

Cada dispositivo de control de erosión encuadra mejor en alguna de las cuatro categorías; pero es importante notar que también pueden cumplir otras funciones. Por ejemplo, las pircas dispuestas a lo largo del borde de una escalera de rocas no solamente definen el sendero, también ayudan en la retención de suelo a lo largo de los escalones. Los puentecitos de mallín también pueden servir como definidores a la vez que cumplen su función principal de endurecedores.

En la mayoría de las situaciones, lo mejor es combinar las distintas técnicas. Por ejemplo, en un sector con cárcava, los escalones de roca, las pircas y las barras de

agua se ayudan entre sí. Las barras de agua protegen a los escalones, mientras que los escalones retienen suelo y evitan que las barras de agua se taponen. Las técnicas son complementarias.

DRENAJES

Lo que más daño hace a un sendero en buen estado es la erosión debida al agua que corre, empeorada por el tráfico de caminantes.

Básicamente, la erosión en un sendero es el resultado de tres factores:

- ✓ el tipo de suelo
- ✓ la velocidad del agua que va por el sendero
- ✓ la cantidad de tiempo durante el cual el agua se desplaza por el sendero

Para disminuir la erosión, entonces hay que modificar cualquiera de estos tres factores. La modificación más común es reducir la cantidad de tiempo durante el cual se le permite al agua operar sobre el material de superficie, incrementando el número de estructuras diseñadas para sacar ese agua.

La física involucrada en los drenajes es simple. Los senderos son un lugar perfecto para que el agua continúe su viaje sin fin hacia abajo. El agua busca la vía de menor resistencia, y encuentra mucha menos resistencia bajando por un sendero que bajando a través del bosque. En el sendero hay menos hojarasca, menos raíces y rocas que obstruyan su movimiento, y una vez que el agua agarra por el sendero, va a seguir en él a menos que la topografía del terreno o *un drenaje* la saquen afuera.

A medida que va bajando por el sendero, el agua toma velocidad. Y a medida que va tomando velocidad, además se va juntando más agua de los costados del sendero. Enseguida se forma un torrente destructivo que lava el suelo. La erosión resultante de una tormenta importante puede ser tan devastadora para un sendero como la que se produce en condiciones normales después de muchos años.

A continuación se presenta una tabla (tomada de Forest Service 1981) que puede servir de guía para determinar la frecuencia de estructuras de drenaje transversal, que se necesitan según el tipo de suelo y la pendiente.

ADVERTENCIA IMPORTANTE: utilizar sólo a modo de orientación; los suelos en la cordillera andino-patagónica tienen características muy vulnerables a la erosión, y pueden requerir más estructuras de drenaje.

Espaciamiento de Drenajes (en metros)

Tipo de suelo	Pendiente (por ciento %)						
	2	4	6	8	10	12	15
Franco	100	45	30	22	15	*	*
Arcilloso-arenoso	150	100	60	45	30	15	*
Arcilloso o Arcilla/Grava	-	150	90	60	45	30	22
Grava (piedras redondeadas)	-	-	225	150	100	75	45
Pizarra o piedras angulosas	-	-	240	180	120	90	75

Arena: Varía con la proporción de arcilla fina y limo. En arena con apreciables cantidades de material cohesivo fino, use las distancias para “arcilloso-arenoso”.

*: Pendientes no recomendadas.

_: Generalmente no se requiere drenaje para la estabilidad del suelo.



Hondonada de drenaje vista en corte - Este tipo de drenaje se puede usar en pendientes suaves o áreas de poca escorrentía -donde una barra de agua sería demasiado.

HONDONADAS DE DRENAJE

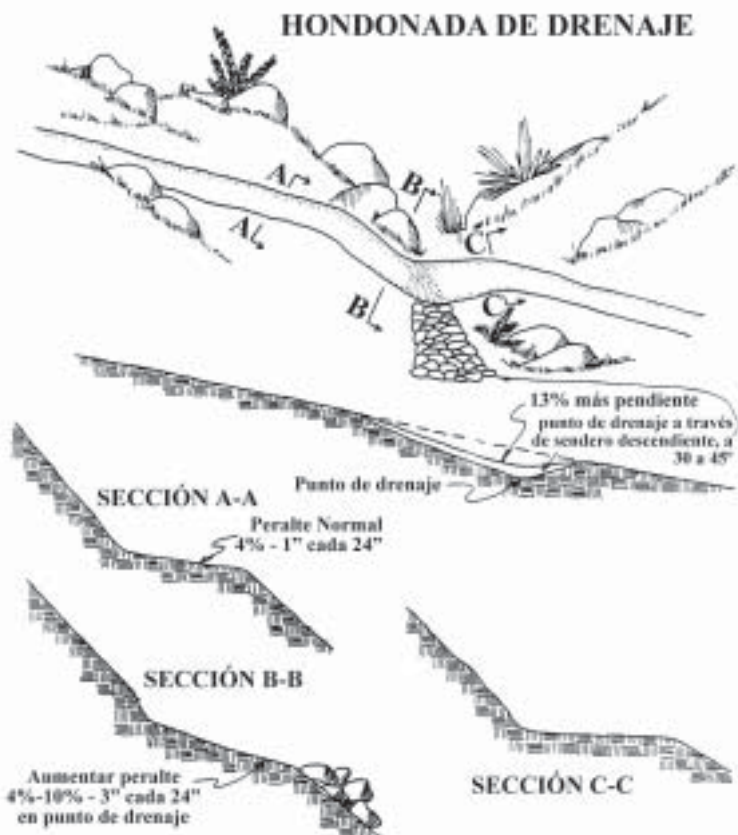
Las hondonadas de drenaje son una técnica para remover el agua en forma simple y de fácil construcción. Empiezan a hacerse necesarias cuando el volumen de agua de escorrentía de superficie no es tan alto que necesite una barra de agua, pero supera al que puede acomodar un diseño normal con peralte. Las hondonadas de drenaje son como un “peralte exagerado” que termina en una cubeta muy poco profunda. Son útiles cuando la pendiente es de 5 % o menos. Sólo deben usarse materiales estables; la hojarasca y el barro orgánico no son adecuados.

Para hacer una hondonada de drenaje, excave una canaleta atravesando el sendero en ángulo, y haciendo un buen montículo o lomo (entre 30 y 60 cm de alto, e igualmente ancho) en el lado de pendiente abajo. Excave con un ángulo bien agudo (45-50 grados) para reducir la fuerza del agua y la subsiguiente erosión del montículo. El montículo puede desmoronarse rápidamente bajo la fuerza del agua y el tráfico. Para aumentar su fuerza, ponga rocas debajo del montículo. Finalmente, debe excavarse una canaleta de desagote similar a las de las barras de agua.

Las hondonadas pueden requerir más mantenimiento que las barras de agua. Además de mantener limpia la canaleta, debe reconstruirse periódicamente el montículo, con suelo adicional. Si una hondonada no drena adecuadamente un tramo de sendero, reemplácela por una barra de agua.

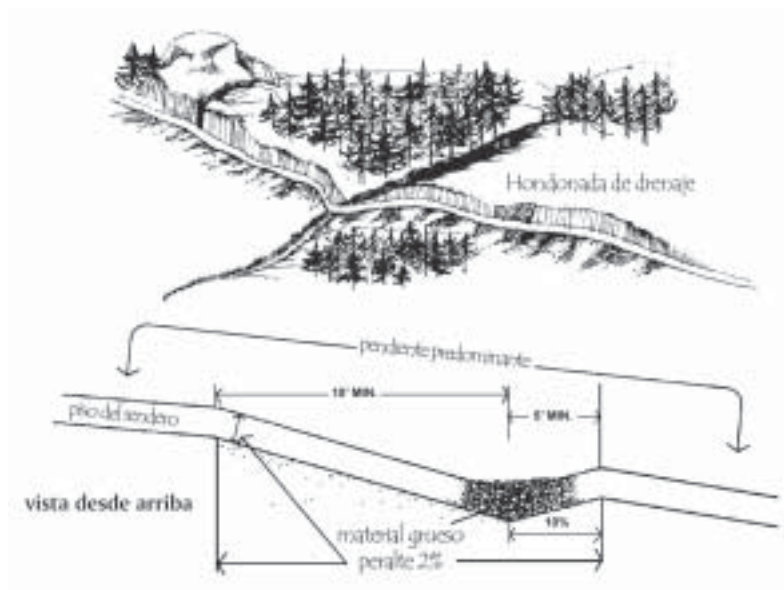
Como regla general, no deben construirse hondonadas de drenaje cuando la pendiente excede el 10 %; en estos casos deben instalarse barras de agua.

Como ya se dijo antes, lo mejor es incorporar las hondonadas de drenaje desde el vamos, desde la construcción de un nuevo sendero. Algunos le dan a esto un nombre distinto, *inversión de pendiente*: en un sendero que va bajando, cada tanto se provoca una inversión de la pendiente, ascendiendo suavemente para crear una ganancia en elevación de unos 30 cm, y luego se reanuda el descenso. De esta manera, el agua que viene bajando por el sendero es sacada afuera del mismo porque no puede trepar por la subidita. Las inversiones de pendiente son permanentes y no necesitan mantenimiento. A menudo se puede aprovechar, para generarlas, rasgos naturales, haciendo que el sendero descienda hacia y luego suba desde,



suaves pliegues del terreno. Este diseño es ideal para senderos frecuentados por ciclistas o sillas de ruedas, porque proporcionan drenaje libre de barreras u obstáculos físicos.

El diseño con inversión de pendiente es especialmente importante cuando el sendero cruza el lecho de un arroyo o cualquier rasgo del terreno que pueda llevar agua durante una tormenta. La idea es darle al sendero una forma tal que descienda hacia el arroyo o drenaje natural, y luego salga de él ascendiendo. Eso va a evitar que el agua del arroyo o drenaje natural termine fluyendo por el sendero.



BARRAS DE AGUA

Las barras de agua son un instrumento muy efectivo para sacar el agua que corre por el sendero (o «escorrentía»). Las barras de agua se pueden hacer de roca o madera, pero es preferible la roca por su durabilidad y apariencia más natural.

UBICACIÓN

Las barras de agua efectivas se adecúan a la topografía y condiciones circundantes. En una ladera muy empinada en la que esté ocurriendo erosión, el agua debe ser sacada del sendero cerca de la cima de la pendiente, antes de que pueda ocurrir el daño. Trate de determinar dónde entra el agua al sendero, y busque un lugar donde removerla rápidamente. Busque evidencias de afloramientos de agua o vertientes, depósitos de suelo, hojarasca o residuos vegetales que muestren el movimiento del agua luego del deshielo de primavera o de tormentas. Chequee el daño por erosión en el sendero durante o justo enseguida de una tormenta o lluvia fuerte, para observar las condiciones de escorrentía en su peor momento. Cuando un arroyuelo o alguna



otra forma de escorrentía ingresa a un sendero, ascienda por el curso de ese agua para ver si puede ser canalizada antes de que alcance el sendero. A veces se desarrollan montículos de residuo que hacen que el agua que nunca afectaba al sendero, lo haga. En estos casos, limpiar estas acumulaciones vuelve el agua a sus canales originales.

Cuando se da el ingreso al sendero de numerosos arroyuelos de escorrentía cercanos, se puede hacer una canaleta para canalizar el agua hacia un curso principal, para evitar la construcción excesiva de drenajes.

En los cruces de arroyos en los que sea posible que el flujo salga del cauce y tome por el sendero, pueden ser necesarias barras de agua para estabilizar y reforzar la orilla del arroyo que da pendiente abajo.

El agua debe ser canalizada y sacada del sendero sin que su flujo se vea dificultado, manteniendo una cierta velocidad; de otro modo la carga de sedimento que lleva el agua se depositaría y taponaría la barra. Por esta razón, las curvas del sendero pueden ser excelentes ubicaciones para las barras de agua porque el agua saldrá más fácilmente del sendero y la barra de agua será bastante «autolimpiante», lo cual es un factor importante para decidir dónde ubicarla.



Las barras de agua pueden a veces desorientar a los caminantes o dirigirlos erróneamente hacia fuera del sendero, especialmente en las curvas pronunciadas o esquinas. Para evitarlo se pueden disponer barricadas de troncos perpendiculares a la canaleta de desagüe de la barra; pero tenga cuidado de ubicarlas bastante altas para no taponar la canaleta.

El espaciamiento de las barras de agua a lo largo de un sendero depende de lo pronunciado de la pendiente, la magnitud de la escorrentía, y la disponibilidad de lugares a los cuales desviar el agua. Los sectores de sendero con cárcavas o mal diseñados pueden ofrecer pocos lugares buenos para barras. Para barras que se ubican en sectores con cárcavas o que toman muy directamente una pendiente, se deberían excavar canaletas de desagüe más grandes y largas, para asegurar que el agua salga. **En pendientes de 20 % o más, debe usarse cualquier oportunidad disponible para sacar el agua. Además, en pendientes de más del 15 % no alcanza con barras de agua, y se hacen necesarias las escaleras.** En pendientes menores las barras de agua pueden estar más espaciadas.

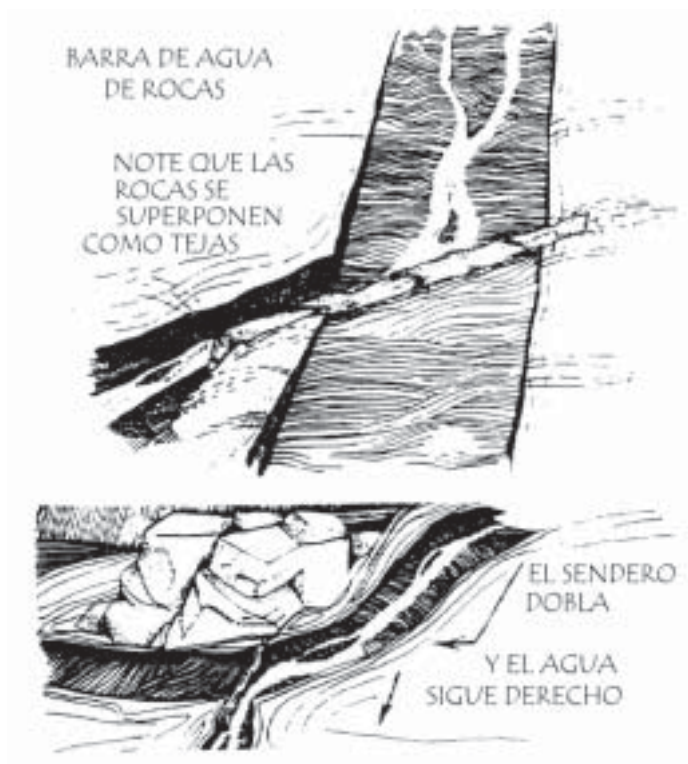
En las pendientes pronunciadas, a menudo se usa una combinación de escalones y barras de agua; si los suelos son estables y las pendientes suaves entonces puede ser suficiente usar barras de agua. La ubicación creativa de barras de agua y escalones armando una secuencia complementaria evita que las barras se taponen, ya que el suelo suelto es retenido por los escalones. A su vez los escalones son protegidos por las barras de agua, que sacan el agua del sendero y por lo tanto evitan que los escalones sean lavados y socavados.

En las cárcavas muy hondas y con paredes de pendiente pronunciada, de las cuales es difícil sacar el agua, pueden predominar los escalones -para detener el aumento de la erosión. Sin embargo, cualquier punto de posible salida del agua debe tener una barra de agua, incluso si requiere excavar a través de las paredes de la cárcava.

INSTALACIÓN

Una vez elegido el lugar, el primer paso es excavar una trinchera donde se va a poner la barra de agua. Asegúrese de que la trinchera, y la barra de agua, se extiendan más allá de ambos bordes del sendero. Ni el agua ni la gente deberían

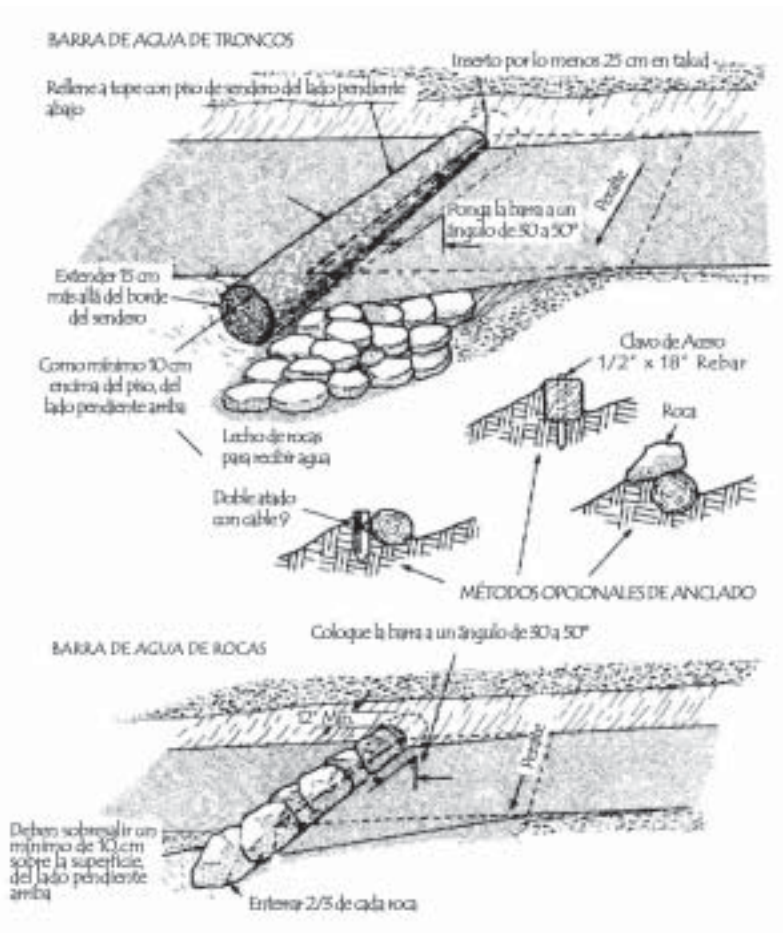
poder rodear la barra por ninguno de sus dos extremos.



Para sacar el agua eficientemente, la barra de agua y su trinchera deben estar en ángulo -generalmente de 30 a 50° respecto al eje del sendero. Muy poco ángulo dará como resultado que el agua se frene, depositándose el sedimento y residuos que lleva, lo que termina taponando la barra de agua. Demasiado ángulo, por ejemplo más de 70°, puede acelerar demasiado la escorrentía, socavando la barra de agua y en realidad aumentando el daño por erosión.

La trinchera debe ser suficientemente profunda como para que la parte superior de la roca o tronco quede casi a nivel con el sendero en el lado de pendiente abajo. Una trinchera de profundidad insuficiente dejará la barra sobresaliendo demasiado,

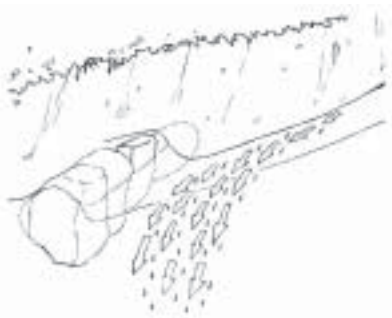
umentando el peligro de que sea socavada. El suelo mineral y las piedras que se sacaron de la trinchera debe ser tirado al propio sendero, pendiente abajo de la barra de agua, para ser usado luego como relleno de terminación. La hojarasca, suelo orgánico y las raíces no son buenos para relleno -tienden a formar barro- y deben ser tirados *afuera* del sendero.



La barra de troncos debe sobresalir **como mínimo** 15 cm; si se puede, trate de que sobresalga más

DE ROCAS:

Hay dos maneras básicas de construir una **barra de agua de roca**. La primera es el "método de la torta". Use grandes rocas planas, de por lo menos 30 cm de espesor, que tengan un borde largo y derecho que forme la cara de la barra. Ponga las rocas apoyadas horizontalmente en una trinchera, y cada una debe ir dispuesta un poquito más adelante.



Barra de agua de rocas - Las rocas son la barrera "de última instancia". La mayor parte del agua debería ser sacada por la forma dada al propio sendero

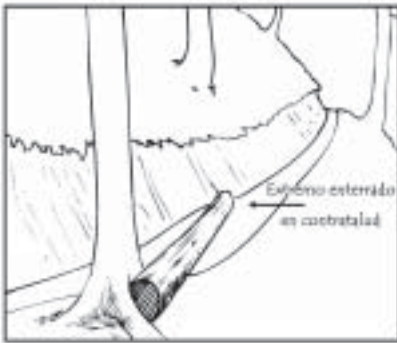
Otra forma de construir una barra de agua de roca es con el «método de la tostada» -se disponen rocas delgadas y planas paradas sobre un borde, en una trinchera profunda y angosta. Ponga las rocas de manera que se reclinen levemente pendiente abajo, contra el relleno, y superpóngalas una a otra en forma traslapada.

Ponga las rocas en la trinchera de a una por vez, y muy juntas entre sí o con una leve superposición, y comenzando en el extremo inferior. En forma muy parecida a las tejas traslapadas en un techo, el agua fluirá desde una roca hacia la siguiente sin pasar por entre medio. No importa qué método use, es importante que todas las rocas estén firmemente colocadas, ya que el agua circulante y el tráfico de caminantes las pueden desprender. Compruebe que las rocas están sólidamente fijadas, pateándolas en todas direcciones y saltando sobre ellas; no deberían moverse. Ajuste las que lo necesiten, acomodando bien la roca o reubicándola levemente con una barreta o un pico de hacha y zapa. Agregar y comprimir suelo alrededor y debajo de la roca puede ayudar. Todos los esfuerzos que haga para colocar sólidamente una roca, van a asegurar que la barra de agua funcione adecuadamente y dure décadas.

Si se instalan sólida y correctamente, las barras de agua de roca son más durables y estéticas que las de troncos. Y, por supuesto, son las más apropiadas encima de la línea de bosque.

DE TRONCOS:

Para construir una **barra de agua de tronco** ponga el rollizo o la madera cuadrangular o rectangular, en la trinchera, con el extremo más ancho en el extremo inferior o pendiente abajo de la trinchera. Esto ayuda a acomodar el mayor flujo de agua que circula por el área del extremo inferior de la barra. El tronco debe quedar muy bien acomodado en la trinchera, sin saliencias o espacios vacíos debajo.



El tronco que se usa como barra de agua se puede encajar contra un árbol o roca grande

En cada extremo del tronco debe clavarse una piedra grande y pesada, o una estaca, para afirmarlo. Usar piedras es mejor porque las piedras son más permanentes. A veces son la única alternativa -en suelos duros o rocosos. Estas rocas también sirven de barreras para prevenir que los caminantes rodeen los extremos de la barra. A veces, con buena planificación y uso habilidoso de las herramientas, se puede afirmar el tronco entre piedras ya existentes en el sendero.



El tronco de una barra de agua empotrado en una trinchera a veces se puede asegurar con estacas de madera

Los troncos pelados, o los no pelados que van perdiendo la corteza, pueden ser muy resbaladizos. Se puede trabajar la porción superior del tronco con un hacha, para que tenga superficie no tan lisa. Pero tenga cuidado de no sacar demasiada madera; si reduce mucho su altura el agua puede pasar por arriba.

Cualquier tronco resistente a la pudrición, como el coihue, se puede usar para una barra de agua. El diámetro de la barra debe ser por lo menos 20 cm en el extremo más delgado. La longitud depende del ancho del sendero, que en algunos casos puede ser más de 3 metros. La barra debe extenderse más allá del borde del sendero, para ambos lados. Descortece los troncos, para evitar que la corteza se desprenda luego y tapone la barra de agua. Disponga los troncos de manera que ni la gente ni el agua puedan rodear la barra por ninguno de sus dos extremos; si no lo hace, la canalización del agua y la compactación del suelo dirigirán al agua por la vía no deseada, anulando el propósito de la barra.

INDICACIONES TANTO PARA ROCAS COMO TRONCOS:

Una vez que la barra, sea de roca o tronco, está en su lugar, el próximo paso es excavar la canaleta o también llamada «lágrima» en el sendero del lado pendiente arriba de la barra. Extienda la canaleta o lágrima todo a lo ancho del sendero para capturar toda la escorrentía que viene bajando. Empezando aproximadamente 1,5 m hacia arriba de la barra, vaya rebajando gradualmente hasta el nivel de la mitad del tronco o roca; o sea, la mitad del tronco o roca deben quedar enterrados por debajo del nivel del fondo de la canaleta. Una canaleta de lados abruptos va a colapsar bajo el tráfico y se va a taponar. Apisonar un poco de suelo contra el borde del fondo de la barra ayuda a prevenir el socavamiento. El suelo y las piedras sacadas al excavar esta canaleta debe amontonarse hacia abajo de la barra, para ser usado luego como relleno.

Rellene pendiente abajo de la barra de agua, apisonando suelo de ese lado. Usando el suelo y las piedras de lo excavado previamente (no use hojarasca, raíces o suelo orgánico), forme un montículo bien apisonado detrás de la barra. Este montículo debe ser un poquito más alto que la barra, con pendiente suave, y de unos 70 cm de ancho. Con el tráfico se va a compactar y se va a desgastar hasta llegar a un tamaño correcto.

Finalmente, la *canaleta de desagüe* debe excavararse a partir del extremo más bajo de la barra de agua, para remover completamente la escorrentía del sendero. Esta canaleta de desagüe debe ser ancha y de fondo plano (30 cm, o un ancho de pala en el fondo), libre de raíces y piedras que obstruyan, y con lados de pendiente suave. Una canaleta muy angosta o con raíces salientes o rocas se va a taponar

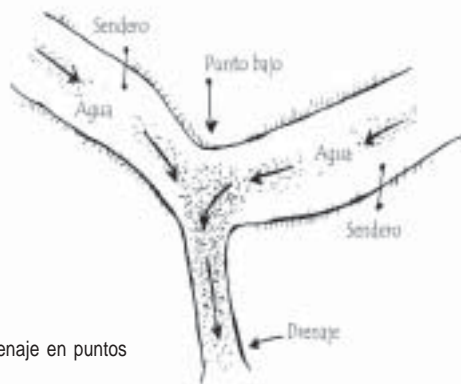
fácilmente; y los lados abruptos se colapsan. El largo de la canaleta de desagüe depende del terreno; en todo caso, *debe ser suficientemente larga para asegurar que el agua abandone el sendero y no vuelva a ingresar a él.* En el extremo final de la canaleta de desagüe, ábrala para permitir que el agua se disperse y evitar el taponamiento.

Si la vía de salida del agua es de pendiente abrupta, tapice la canaleta de desagüe con rocas para disminuir la velocidad del agua y proteger los suelos al costado del sendero, de la erosión. Esto va a trabajar como un objeto puesto en la base de un desagüe en una casa. Esta técnica es particularmente importante en la alta montaña, donde las plantas son pequeñas y vulnerables.

DE TIERRA:

Se la usa cuando se espera que en el futuro haya muy poco trabajo de mantenimiento del sendero. Es simplemente un montículo de suelo de aproximadamente 20 cm de alto y unos 3 m de largo, construido a 45° cruzando el sendero. Es como mínimo tan ancha como el sendero, y no debería permitir que el agua pase, ni siquiera durante los picos de máxima. Es más fácil construirla con maquinaria. El montículo debe ser compactado mientras se construye, y debe ser suficientemente alto como para desviar el agua aún cuando se vaya erosionando por el uso, o aunque la canaleta de drenaje esté llena de material.

DESAGOTES

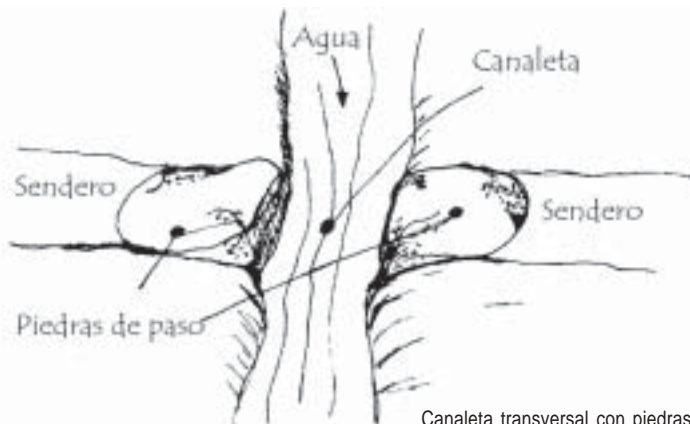


Los desagotes aseguran el drenaje en puntos bajos del sendero

Los desagotes aseguran que el agua drene completamente del sendero, en sitios naturalmente bajos o con obstrucciones -como una gran roca o raíz-, evitando que forme una acumulación o que continúe sendero abajo. Los desagotes refuerzan rasgos del terreno ya existentes, para asegurar que la escorrentía salga del sendero.

Para construir un desagote, excave una depresión poco profunda que atraviese todo el ancho del sendero, asegurándose de que se incline hacia el borde más bajo del sendero. Los lados del desagote deben ser de pendiente muy suave, porque si no el tráfico los desmorona y el drenaje se tapona. Finalmente, se debe construir una canaleta de desagote a partir del borde del sendero. La canaleta debe ser ancha, libre de raíces, y suficientemente larga para evitar que el agua reingrese al sendero.

CANALETA TRANSVERSAL O DRENAJE ABIERTO / DRENAJE FRANCÉS



Canaleta transversal con piedras de paso

Una canaleta transversal asegura que la escorrentía o los pequeños arroyuelos que entren en ángulo recto a secciones planas del sendero, terminen de cruzarlo completamente y continúen fluyendo, sin agarrar por el sendero. Excave una canaleta suficientemente grande para capturar y contener toda la escorrentía. Use suelo y rocas excavadas de la canaleta para reforzar los lados de la misma. Si el flujo es alto, ponga piedras en los lados, como se hace en la construcción de barras de agua de roca. Para evitar que el tráfico desmorone las paredes de la canaleta, ponga una gran roca en cada lado. Finalmente, construya una canaleta de desagote.

Este tipo de drenaje abierto puede ser especialmente efectivo para fuentes constantes de agua, como una vertiente; se usa por ejemplo en áreas donde el agua brota lenta pero constantemente de la barranca o contratalud, a lo largo de un tramo. Sin embargo, nunca debe usarse en senderos frecuentados por caballos, que pueden lastimarse al meter la pata.

Rellenar un drenaje abierto con ripio lo convierte en un *drenaje Francés*, que puede proporcionar una superficie de pisada más segura y evita que los lados de la canaleta se desmoronen. Los drenajes franceses son efectivos cuando el agua es cristalina (vertientes p.ej.). Si el agua trae mucho sedimento suele taponar los espacios entre las partículas del ripio, bloqueando el flujo de agua e inutilizando el drenaje.

CANALETA DE DRENAJE

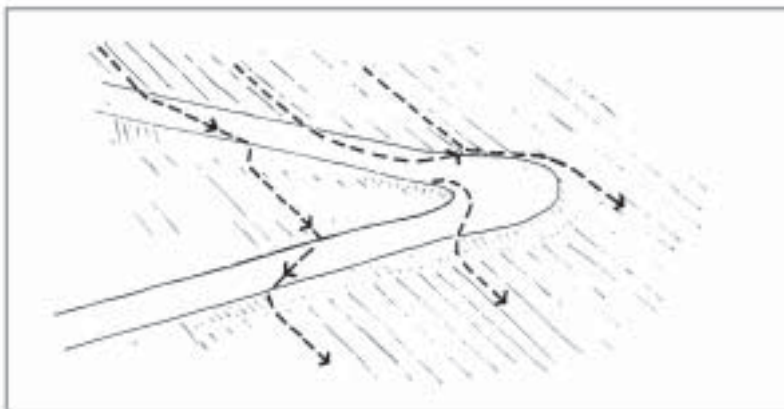
Una canaleta de drenaje que corre por uno de los bordes del sendero, colecta el agua en áreas donde ingresa una importante escorrentía, vertientes o surgentes y no pueden ser inmediatamente removidos. Al disponer la canaleta en el borde de ladera arriba del sendero, el agua que se desplaza lateralmente a través del suelo será capturada en la canaleta antes de que alcance el piso del sendero. Luego, después de atravesar la longitud de la canaleta, puede ser transportada hacia afuera mediante una canaleta transversal de desagote o una barra de agua.

Al evaluar cómo drenar un tramo de sendero, use la canaleta siempre que sea necesario para desarrollar patrones permanentes de drenaje que mantengan el sendero elevado y seco. En pendientes pronunciadas, las canaletas deben ser drenadas mediante frecuentes barras de agua para evitar que se junten excesivas cantidades de agua que exacerbarían la erosión. Evite las canaletas extremadamente grandes y visibles, por razones estéticas.

DRENAJE DE ZIGZAGS

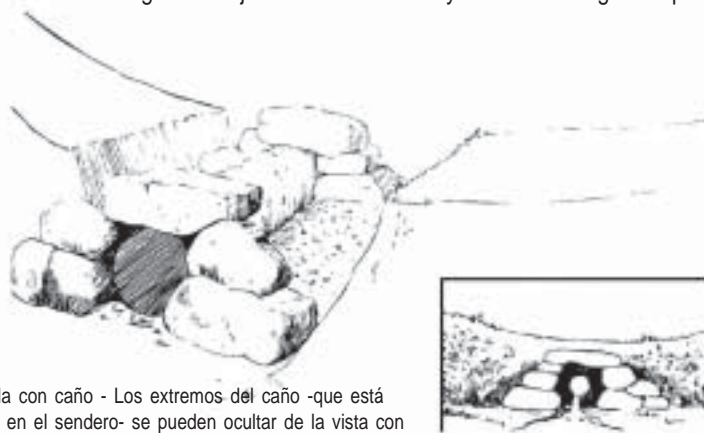
Un método para drenar un zigzag es dirigir el agua que viene por el brazo superior, hacia su borde ladera-arriba, mediante peralte inverso. Luego el agua, mediante el uso de una canaleta, puede ser adecuadamente y completamente drenada en la esquina del zigzag.

En algunos casos puede ser necesario drenar el agua hacia el borde inferior o ladera-abajo del brazo superior. Si se da esta situación, puede ser necesaria una segunda barra de agua en el brazo inferior del zigzag, para remover completamente el agua.



ALCANTARILLAS

Las alcantarillas son estructuras de drenaje diseñadas para conducir el agua por debajo del sendero. Su gran ventaja sobre las canaletas y las barras de agua es que



Alcantarilla con caño - Los extremos del caño -que está enterrado en el sendero- se pueden ocultar de la vista con una roca plana

no interrumpen el piso del sendero. Tienen poco impacto visual, y son poco vulnerables a ser pateadas y movidas de su lugar por los caminantes o los caballos.

ALCANTARILLAS PLÁSTICAS O METÁLICAS

Las más fáciles de construir usan un caño de plástico o de metal. Excave una canaleta que atraviese el sendero, para acomodar el caño. La alcantarilla debería estar enterrada lo suficiente para permitir encima por lo menos 30 cm de suelo, para protegerla de daños -especialmente debido a los cascos de los caballos. Corte el caño aproximadamente como el ancho del sendero, luego construya cobertura de rocas alrededor de cada extremo para esconder el caño y evitar que sea arrastrado por el agua.

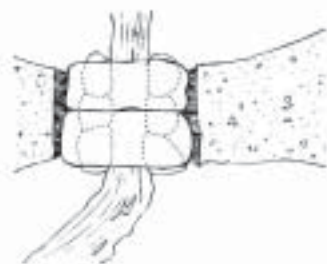
Suele ser preferible usar caño de plástico en lugar de metal, porque es más liviano para transportar, y se puede cortar según sea necesario con una sierrita o un buen cuchillo. Además, se puede conseguir un color más disimulado. Cuando se usa caño de aluminio, se pueden pintar de negro los extremos, tanto por dentro como por fuera, para camuflarlo.

ALCANTARILLAS DE ROCAS



Comience la construcción de una alcantarilla de rocas disponiendo rocas grandes y planas en una trinchera, para formar el piso de la alcantarilla, luego instale rocas grandes y que encajen bien, en ambos costados de la trinchera. Ubíquelas de

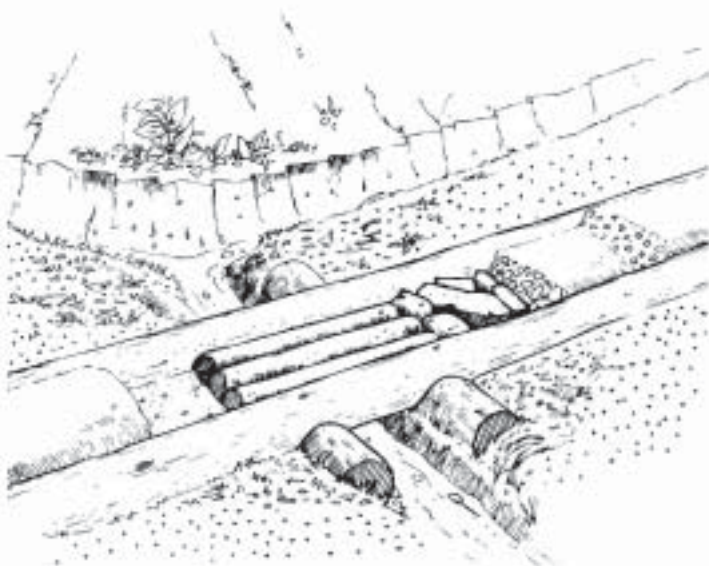
manera que los lados de la alcantarilla sean por lo menos algunas pulgadas más anchos que el ancho de una pala, para permitir el futuro mantenimiento de limpieza, con pala. Complete la alcantarilla poniendo rocas planas grandes por encima, que se apoyen en las paredes de la misma, y que aguanten el paso de la gente. Si es posible, cubra luego con suelo para cubrir y proteger la alcantarilla.



Alcantarilla de rocas - Vista de arriba

Alcantarillas de madera

En ocasiones se pueden construir con troncos pelados. La vida útil de esta estructura no va a ser muy larga, ya que el tronco está en contacto con agua y suelo. Por eso, hay que controlarlas periódicamente, y repararlas o reemplazarlas antes que se conviertan en un peligro para animales o caminantes.

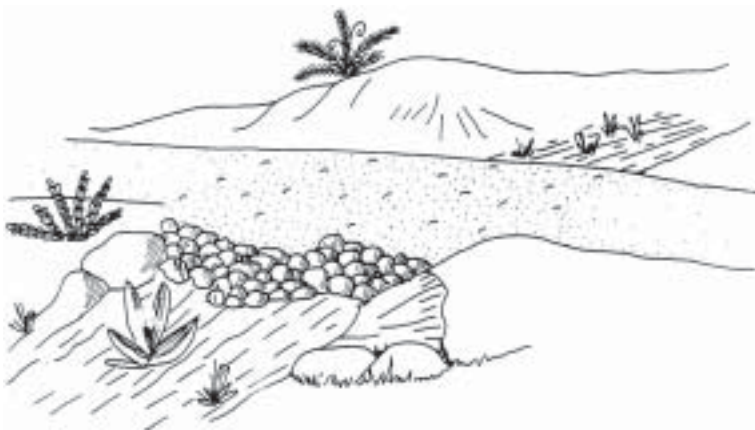


La alcantarilla de madera puede tener troncos que cruzan el drenaje, y se los puede cubrir con piedras y tierra, formando un piso sobre la alcantarilla

Excave una trinchera suficientemente profunda para ubicar los troncos de base debajo del nivel del agua, luego construya encima de estos, asegurando con clavos. Los troncos que formarán la plataforma para el piso del sendero deben ser moldeados y clavados a los de base. A ambos lados se ubican troncos grandes que mantienen al suelo que constituirá el sendero encima de la plataforma, en su lugar.

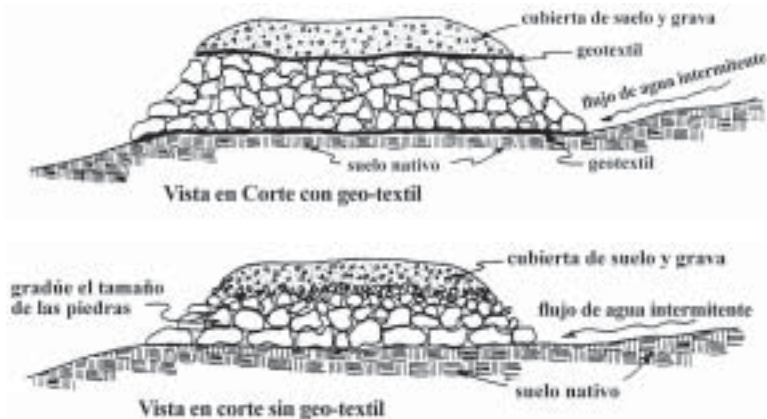
LENTES DE DRENAJE

Ocasionalmente, un sendero puede ser atravesado por una vertiente o surgente no permanente. Estos flujos de bajo volumen saturan los suelos subyacentes, creando un piso de sendero inestable y barroso. Una solución simple y efectiva a este problema es la lente de drenaje de rocas.



La instalación correcta de una lente de drenaje de rocas comienza con la excavación del sendero hasta que se llega a los suelos saturados. Generalmente esto implica excavar más allá del sendero, incluyendo algo del talud y del contratalud. Una vez excavado, este vacío se llena con rocas angulosas grandes. En el fondo deben ir las rocas más grandes, y en cada capa se usan rocas progresivamente más chicas. Las rocas es mejor disponerlas “punto con punto”, no “pared con pared”, así quedan suficientes espacios entre ellas como para que el agua fluya libremente. Se va disponiendo la cama de rocas hasta llegar a la altura original del sendero, y luego se cubre con una capa de 4” de suelo + grava.

Cuando los suelos saturados de agua son excepcionalmente profundos o los suelos de base son difíciles de estabilizar, se recomienda el uso de geotextiles. Se hace un sandwich de la lente de rocas entre dos capas de geotextil, y de esta manera se establece una base estable para la lente, y la roca resultará menos contaminada o taponada con sedimento.



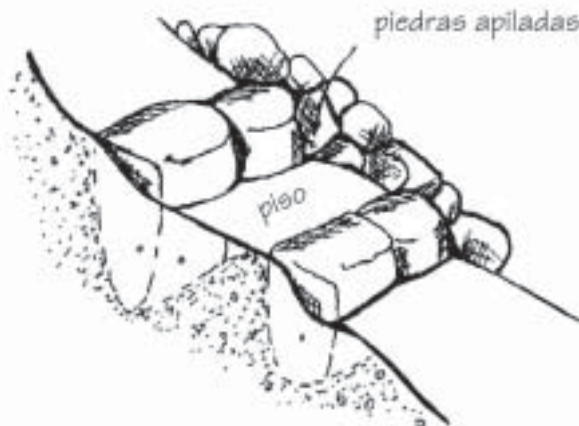
ESTABILIZADORES

ESCALONES

Los escalones proporcionan protección de la erosión en los tramos de fuerte pendiente. El propósito básico de los escalones es proveer una elevación vertical estable, que disminuye la velocidad del agua y retiene suelo. Como no son parte del paisaje natural, debe usárselos sólo donde sea necesario. Aunque son menos importantes en la reconstrucción de un sendero que los drenajes, los escalones se hacen más importantes a medida que la pendiente aumenta y cuando ya ha ocurrido daño por erosión.

Si un sendero tiene pendientes moderadas, los escalones pueden quedar confinados a elevaciones bruscas ocasionales y áreas justo encima de las barras de agua -ya que previenen su taponamiento. En cambio, en subidas pronunciadas pueden ser muy utilizados, siendo críticos para retener y estabilizar el suelo.

Ubique los escalones cuidadosa y pensadamente en el sendero, para asegurarse de que los caminantes los van usar. Tienen que estar en el lugar más atractivo para caminar y no deben ser demasiado altos; de otro modo los caminantes los van a rodear y pronto se creará una nueva ruta erosionada que atraerá más uso. Por esta



Se pueden armar escalones disponiendo rocas no muy grandes, paradas como muestra la figura, y rellenando

razón, el uso de escalones debe ser evaluado cuidadosamente; en áreas con poca pendiente generalmente la gente los evita, desarrollándose un sendero al lado.

Como regla general, la altura del escalón debe ser de 30 cm o menos. También, trate de mantener equidistancia entre los escalones, lo que facilita el tránsito de los caminantes.

Algunos caminantes esquivan incluso los escalones bien posicionados, especialmente si están cansados y van en subida. Para prevenir esto, instale pircas a los lados de los escalones. Además, también se pueden usar ramas, troncos u otros materiales. Los senderos ubicados en zanjones o cárcavas anchas se pueden enangostar poniendo pircas en ambos lados, dejando los escalones en el medio. Este servirá tanto para confinar el tráfico a los escalones, como para retener el suelo de las paredes del zanjón.



Una escalera de rocas es trabajosa de construir, pero si se hace bien requiere poco mantenimiento y dura décadas

ESCALONES DE ROCA:

Los escalones de roca son mucho más deseables que los de troncos, ya que duran mucho más y son estéticamente más placenteros. Después de un tiempo empiezan a parecer una parte natural del sendero, especialmente si son cuidadosamente instalados. Incluso donde no haya rocas disponibles «in situ», los escalones de roca son tan superiores a los de madera que el esfuerzo adicional de conseguir la roca vale la pena. Se pueden usar rocas de cualquier forma; sin embargo, las rocas con superficies planas son mucho más fáciles de trabajar y dan superficies más fáciles para caminar. Las rocas deben pesar por lo menos 50-100 kg; si son más livianas es muy posible que se aflojen. El solo peso de la roca la mantiene en su lugar.

Para instalar los escalones, empiece desde el extremo inferior de la pendiente. Establezca una fundación que ayude a determinar la mejor ubicación para cada escalón subsiguiente. El primer escalón -el de abajo de todo- debe ser grande e instalado bien profundo, elevándose poco o nada sobre el sendero. Con el tiempo, el tráfico va a desgastar y compactar el suelo que está debajo de este primer escalón. Si no está instalado bien profundo, podría ser socavado, amenazando la estabilidad de los escalones que vienen arriba. En pendientes muy pronunciadas, puede que tenga que superponer escalones, apoyando uno encima del otro (para estos casos también hay que trabajar de abajo hacia arriba).

INSTALACIÓN DE LOS ESCALONES DE ROCA:

Encuentre una roca con una buena superficie plana para pisar, y suficientemente ancha para abarcar todo el sendero. Maniobre la misma hasta acercarla al sitio donde se la va a instalar. Luego échele una buena mirada. Use el lado que tenga la superficie más plana, como futuro piso. Excave un agujero de forma cónica, que encaje con la cara inferior de la roca. El agujero debe ser de la profundidad y ancho justo para que la cara superior de la roca quede a la altura deseada. La roca debe encajar en el agujero de manera que su perímetro descansa en los lados inclinados del agujero y no en el fondo, porque si no se va a balancear hacia adelante y atrás. Debe apoyar como una bola de helado en un cucurucho. Lo ideal es que haya tres puntos de contacto sólidos y bien espaciados entre sí, lo que va a evitar que el escalón se balancee.



En una escalera sólida, el borde frontal inferior de cada escalón descansa directamente sobre el escalón inferior

Una vez excavado el agujero, maniobre la roca para introducirla en el mismo. Trate de que se acomode bien de entrada: una vez que una gran roca es puesta en un lugar puede ser muy difícil retirarla y reacomodarla, especialmente si el sendero está embarrado. Use barretas y pico de hacha y zapa para posicionar la roca. Los escalones de roca no deben moverse en ningún punto, ni siquiera un poquito. Salte encima para probarlo; si se mueve intente reposicionarlo. Puede ser útil agregar y apisonar tierra alrededor. No rellene con rocas pequeñas; pueden irse aflojando. A veces, una roca difícil necesita ser retirada para mejorar el agujero, o encontrar una roca mejor. La buena instalación de escalones de roca requiere habilidad, experiencia, mucho trabajo duro y paciencia.

Cuando se dispone sólo de rocas pequeñas y medianas, deben ponerse varias lado a lado, para proporcionar un piso de sendero de ancho adecuado. Si usa piedras delgadas y planas, ubíquelas sobre un lomo o filo, enterradas profundamente en el piso del sendero e inclinadas un poco hacia la subida. Rellene detrás y arriba de la roca con tierra y escombros. Gracias a la inclinación pendiente arriba, la presión de los pies de los caminantes empuja a la roca más aún en su lugar en vez de tender a sacarla.



En pendientes muy pronunciadas, puede ser necesario poner los escalones muy cerca uno de otro, inclusive a veces superponiéndolos entre sí hasta la mitad de su superficie -y a veces más de la mitad. La superposición de grandes rocas planas agrega estabilidad a los otros escalones de la pendiente. No use pequeñas rocas para rellenar debajo de un escalón inestable. Los rellenos entre rocas eventualmente se aflojarán y el escalón puede salirse. Cada roca debe ser sólidamente encajada en el suelo y sobre los escalones de más abajo.

Cuando se usan rocas superpuestas o traslapadas, son necesarios dos o más puntos de contacto, para tener estabilidad.

Por razones estéticas, y en algunos casos para permitir mejor drenaje, es mejor evitar la construcción de escaleras perfectamente rectas y derechas. La naturaleza no es "ordenada", así que es bueno poner algunas curvas en la escalera, siempre que no afecten la estabilidad. Además, es más fácil construir drenajes en las esquinas de la escalera. También se puede romper o interrumpir el «efecto escalera» mediante el uso de rocas de formas extrañas pero bien ubicadas. Corra algunos escalones en lugar de mantenerlos en línea recta, y asegúrese de que su ubicación no dificulte el paso que trae el caminante.

Los escalones de roca también pueden motivar a los caminantes para que no rodeen o tomen atajo en áreas de mucha pendiente con peñascos. Estos atajos dañan los suelos y la vegetación en los lados del peñasco. Apile grandes rocas una encima de la otra, e incrustelas en cualquier esquina, ángulo o grieta del peñasco. Aunque más difícil que poner escalones en suelo, se puede construir un tramo que resulte seguro y atractivo, atravesando un peñasco de corta longitud.



Superponiendo rocas planas grandes, se crean escalones estables

Los escalones de roca necesitan drenaje. Sin drenaje, incluso los escalones más grandes y estables eventualmente se aflojarán, a medida que el suelo alrededor se vaya lavando. El hielo también mueve los escalones. El drenaje, preferiblemente una

barra de agua de roca, debe instalarse encima de una serie de escalones. Prevea y coloque barras de agua de roca en el medio de una escalera larga. Si es posible, aproveche también las curvas.

LIMPIEZA:

Luego de completado el trabajo, tape o barra las evidencias de excavación y los senderitos formados por arrastre de elementos o materiales, y rellene los agujeros con residuos, madera muerta, y hojarasca, especialmente cerca del sendero. Muchos senderos donde se ha trabajado mucho quedan embarrados o desprolijos inmediatamente después de los trabajos, pero al cabo de un año o dos ese aspecto desaparece. En este sentido, el trabajo con rocas tiene la ventaja sobre la madera, de que un trabajo bien hecho se camufla con el paisaje.

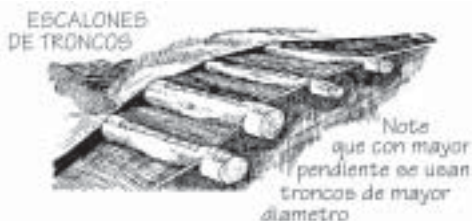
ESCALONES DE MADERA

La construcción de escalones de madera es en su mayor parte similar a la construcción de barras de agua de madera, excepto que los escalones se colocan perpendiculares al sendero y que el lado cuesta arriba del tronco debe ser rellenado en lugar de hacerse una canaleta.

El diámetro debería estar entre 15 y 30 cm. En pendientes más fuertes, un tronco de mayor diámetro permite ganar más altura vertical. Si se usan troncos de menos diámetro, hay que poner los escalones más cercanos entre sí, y por ende mayor cantidad total, para proporcionar la elevación deseada. De ser posible, pele los troncos.



Las barras de retención deben ser muy bien afirmadas en el suelo



Los escalones de troncos deben sobrepasar el ancho del sendero



A NO CONFUNDIRSE...

¿ESCALONES O BARRAS DE RETENCIÓN?

Los *escalones* a veces son llamados *barras de retención*.

En realidad, por su función no siempre son sinónimos, aunque son muy similares en estructura.

La *barra de retención* (en inglés, “check dam” o “check step”) es un escalón puesto para disminuir la velocidad del agua y retener suelo. Cuando disminuye la velocidad del agua, ésta erosiona menos el sendero porque no transporta tanto sedimento. Al mismo tiempo, cuando el agua es frenada por la barra de retención, el sedimento que traía se deposita justo antes de la barra. El efecto neto de todas estas acciones es ir posibilitando que el sendero se vaya rellenando - es decir, revirtiendo la erosión.

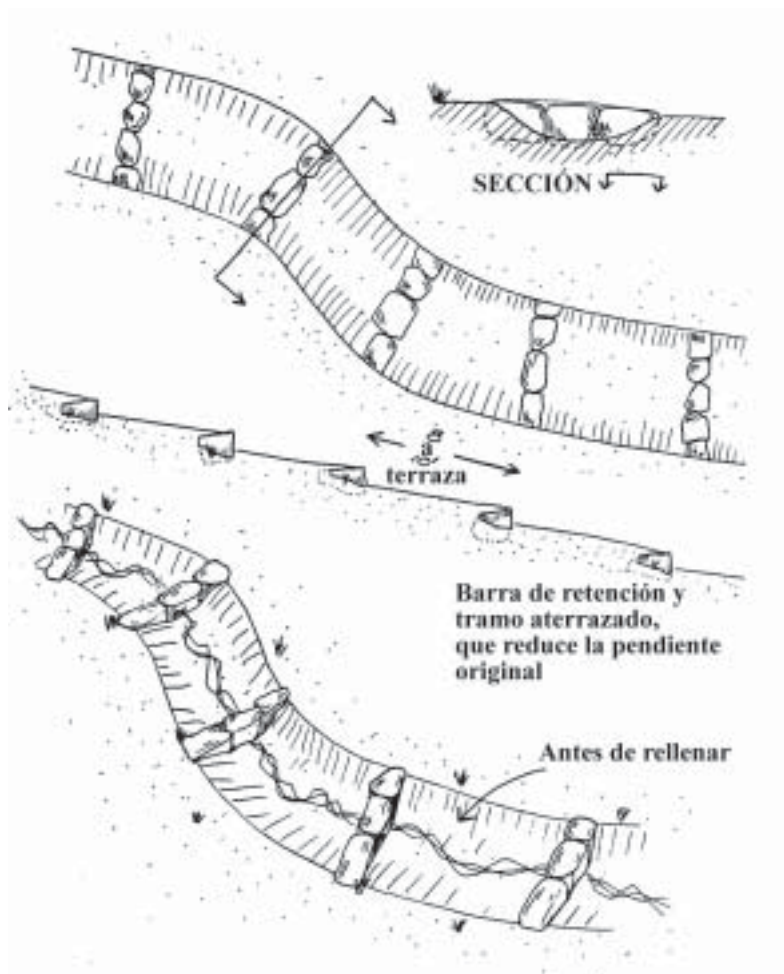
Las barras de retención se construyen en las secciones de pendiente pronunciada -donde de paso sirven de escalones para la gente.

Los *escalones* (en inglés, “step”) son muy similares a las barras de retención, pero se construyen no necesariamente en lugares donde haya flujo de agua. Si se construyen donde hay flujo de agua, entonces el escalón también hace las veces de barra de retención. Haya o no haya agua, de todos modos es una estructura para atravesar pendientes muy fuertes -p.ej. más del 10 %. En senderos para caballos, debe haber escalones cada 2 metros.

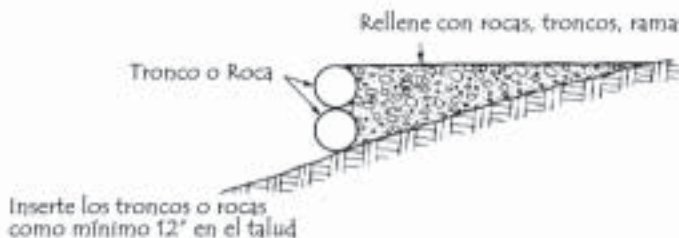
¿BARRA DE AGUA O BARRA DE RETENCIÓN?

La similitud de nombres puede confundir. La *barra de agua* es un *drenaje*, es decir una estructura para sacar el agua del sendero. En cambio la *barra de retención* es una estructura para disminuir la velocidad del agua y retener suelo, pero no es un drenaje.

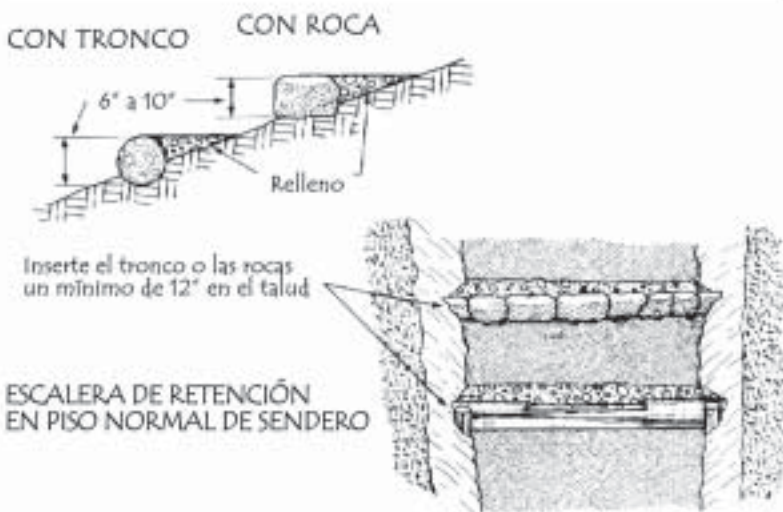
Los escalones deben ser más largos que el ancho del sendero. Cuando son para una cárcava o zanjón, los extremos del tronco deben extenderse y penetrar en sus paredes. Un escalón demasiado corto permite que la gente y el agua lo rodeen, y no retiene completamente el suelo.



Para construir un escalón de madera, excave una canaleta o zanja con una profundidad de aproximadamente un tercio del diámetro del tronco. Guarde el suelo



ESCALERA DE RETENCIÓN EN CÁRCAVAS



que saca para el relleno posterior. Luego disponga el tronco en la zanja y asegúrelo con pequeñas rocas (ver *Barras de agua*).

Una vez que el escalón está asegurado, rellene el lado de cuesta arriba con el suelo que extrajo de la zanja. Para una serie de escalones, la parte de abajo del tronco superior debe estar un poquito más alta que la parte de arriba del tronco

inferior, y el suelo que está entre ambos debe tener una leve pendiente hacia abajo. Esto evitará el apelmazamiento por agua detrás del escalón. Para un «toque final», aplane un poco la parte de arriba del tronco con un hacha, para que quede una superficie de pisada firme y plana.

LOS ESCALONES USADOS COMO “BARRA DE RETENCIÓN” EN CÁRCAVAS

En algunas situaciones, las cárcavas o zanjas pueden ser tan severas y profundas, que no es práctico rellenarlas con suelo nativo. Incluso, puede haber situaciones en



Las barras de retención pueden disminuir la erosión en senderos con cárcava

que no haya disponible material nativo de relleno. En estas situaciones, deben instalarse *barras de retención* para frenar la continuación de la erosión, y para permitir que el relleno se vaya produciendo solo, al irse atrapando sedimentos.

Una barra de retención simple se instala disponiendo rocas, troncos o tablas, en la cárcava, perpendicularmente al flujo del agua por la cárcava. Tenga en cuenta

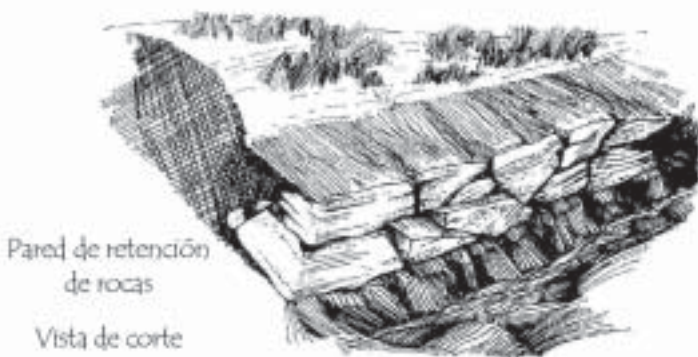
para el espaciamiento entre barras:

- no más de 8 m en pendientes de hasta 20°
- no más de 5 m en pendientes de 20 a 30°
- no más de 3,5 m en pendientes de más de 30°

Una vez que se hayan llenado por la acumulación de sedimento, las barras de retención no deben ser vaciadas ni retiradas; deben ser dejadas en el lugar, permitiendo que se transformen en parte del contorno natural de la ladera.

PAREDES DE RETENCIÓN CON ROCA Y TRONCOS

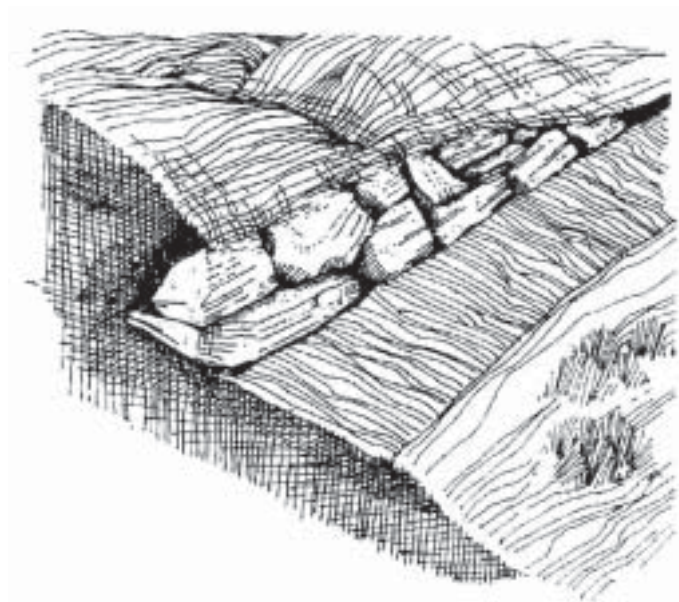
La construcción de *paredes de retención con roca o troncos* involucra la creación de un piso de sendero en secciones de sendero que se han transformado en cárcavas debido a erosión severa, o que atraviesan una ladera muy empinada.



Las paredes de retención de rocas soportan el borde inferior del sendero

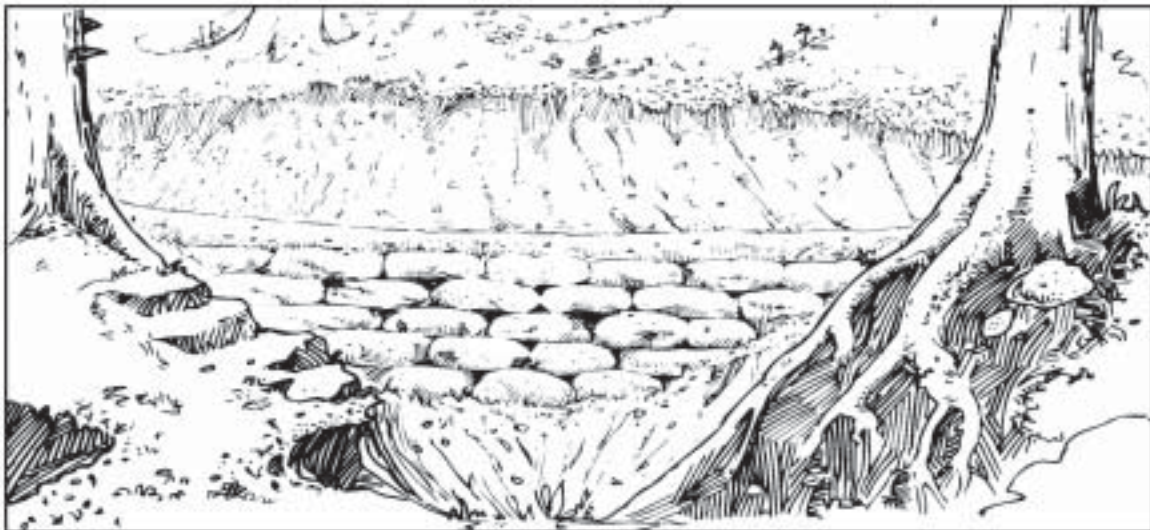
Los escalones y las barras de agua pueden reparar una cárcava; pero, en cárcavas especialmente profundas y anchas que son difíciles de drenar, pueden no alcanzar a detener la erosión. Puede ser mejor sacar el sendero del fondo de la cárcava y llevarlo al borde superior, sosteniéndolo con paredes de retención. En laderas empinadas, la pared de retención estabiliza el talud y el contratalud.

La *pared de retención de roca*, que es la técnica más durable y estética, se usa para fortalecer el lado inferior de un sendero. En localizaciones de ladera empinada,



Pared de retención usada para fortalecer el lado de barranca arriba

el lado o borde inferior del sendero a veces debe ser construido como pared de rocas. Empiece a construir la pared con una fundación de grandes rocas dispuestas bien profundamente en agujeros, inclinadas hacia la barranca, y puestas estrechamente lado a lado, por toda la longitud de la pared de retención. Luego disponga de manera firme, capas de roca por encima, hasta la altura deseada. Las capas adicionales deberían alternarse un poco con las de abajo, y deben ir levemente atrás. Por lo tanto, cada roca y la pared entera van a recostarse en la barranca hacia el sendero, siendo menos posible que se desarme.



Las paredes de roca son una solución durable y estéticamente agradable para muchos problemas de construcción y mantenimiento de senderos

La *pared de retención de troncos* consiste en uno o más troncos firmemente posicionados a lo largo del borde del sendero. Los troncos deben ser de por lo menos 25 cm de diámetro, y pelados. El largo depende del lugar, pero generalmente lo mejor es usar troncos largos y pesados. El peso ayuda a sostener la pared en el lugar. Los troncos deben estar bien afirmados, ya que deben soportar grandes



Pared de retención de troncos, vista en corte

cantidades de suelo y rocas, así como el peso de los caminantes. Los troncos pueden asegurarse con grandes estacas o piedras, o contra rocas o árboles. Se pueden usar también troncos perpendiculares al sendero -como un escalón de madera- encastrados y clavados a los troncos de la pared, como una combinación de escalones, espaciadores, y retenedores.

Rellene los huecos en la pared y construya un piso de sendero con suelo y piedras que haya sacado de las excavaciones. El piso de sendero por encima de la pared de retención debe permanecer con una suave pendiente hacia el lado de afuera o abajo, para asegurar el drenaje (peralte). La pared de retención no debe obstaculizar el drenaje, y el sendero no debe ser ni totalmente plano ni con pendiente hacia el lado interior o superior del sendero. De otro modo, el agua se va a acumular en, o va a fluir por el sendero.

Luego de construir la pared a lo largo del costado de una cárcava, rellene la cárcava con rocas y residuos de madera para reducir la erosión y prevenir el acceso de la gente. Idealmente, la cárcava va a empezar a rellenarse con hojarasca y se recuperará parcialmente.

El lado de ladera-arriba del sendero puede ser fortalecido construyendo también una pared de retención de rocas o troncos.



Pared de retención de troncos

PAREDES DE RETENCIÓN DE GEOTEXTIL

Se pueden construir pequeñas paredes de retención usando geotextiles; por ejemplo puede repararse un derrumbe o desplazamiento, de manera bastante rápida y con muy bajo costo de materiales. Luego de disponer la primer capa de geotextil en el fondo del sitio a reparar -que debe excavar hasta llegar a suelo firme- se rellena con grava o suelo nativo poroso, y se compacta. El geotextil tiene que tener el largo suficiente para después doblarlo sobre la mitad de la longitud de su base, tapando la grava de relleno. Las capas sucesivas se van disponiendo encima, de manera de producir una pendiente de 45 % (1:1); esto proporciona mejor transferencia del peso y mayor estabilidad a la pared. Luego de aplicar la última capa, se cubre con suelo nativo. El borde externo de la pared también se cubre con suelo nativo, y se compacta, para evitar que el geotextil se dañe con el sol o sea afectado por el tráfico de pies; además da un aspecto más natural.



TÉCNICAS ESPECIALES- Cuando es imposible instalar escalones, puede ser necesario utilizar estructuras más complejas, como escaleras de troncos, escaleras de retención o escalones clavados. Esto generalmente se da en lugares muy empinados o peñascos desprovistos de vegetación.

ESCALERA DE TRONCOS: Esta estructura permite a los caminantes ascender o descender de manera confortable, un peñasco difícil. Sin ella, los caminantes se arriesgan a lastimarse o se ven impelidos a rodear el peñasco difícil, dañando los suelos y vegetación adyacentes y exponiendo el peñasco aún más. Hay muchas variantes de escalera, adecuadas para la pendiente y características de cada peñasco. A continuación se describe un diseño básico, pero en cualquier caso los componentes básicos de una escalera son los tirantes, las dos piezas longitudinales, y los escalones.



Primero mida el peñasco para determinar la longitud de los dos tirantes. Agregue algunos centímetros a uno o ambos tirantes, para que el caminante tenga algo de qué agarrarse cuando se para en el escalón de más arriba. Corte, pele y desrame un par de tirantes a partir de troncos derechos y sólidos, de entre 20 y 30 cm de diámetro. Ponga los tirantes en el lugar, dejando entre 45 y 60 cm entre ellos, y con los extremos más gruesos y sólidos abajo. Si no hubiera una buena fundación sólida para los extremos, debe usarse un tronco de base para sostener a los tirantes. Use para eso un tronco de igual o mayor diámetro que el extremo grueso de los tirantes, y por lo menos 60 cm más largo que la distancia entre los bordes

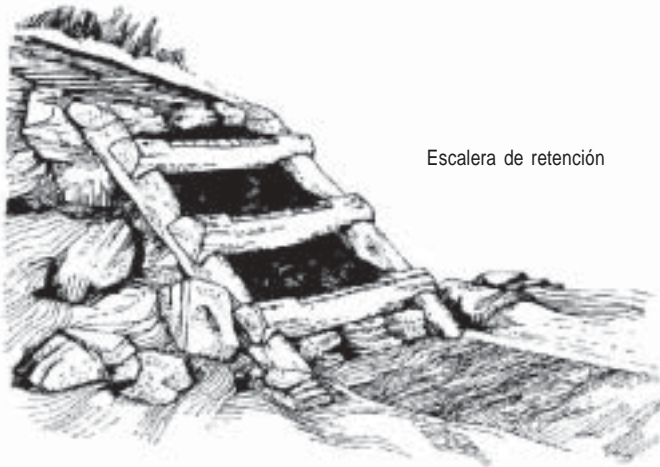
externos de los tirantes. Estos troncos de basamento pueden ser más largos todavía en caso que convenga fijarlos a ciertos puntos en la base de la escalera. Ubique el tronco basal en una zanja excavada en el suelo o asegúrelo en una grieta o sitio conveniente en el peñasco. Corte una muesca plana y poco profunda en la parte superior del tronco basal, en la cual encajen los extremos de cada tirante. Luego clave los tirantes al tronco base. Trabaje y disponga el tronco base para que actúe como primer escalón.

Ubique las muescas a lo largo del flanco interior de los tirantes, para que el espaciamiento entre los escalones sea parejo. Asegúrese de que las muescas en la izquierda estén parejas con las de la derecha. Las muescas deben ser de 10 cm de profundidad y 10 cm de ancho; tienen tres lados, debiendo ser los lados superior e

inferior planos, paralelos y bien horizontales. Primero serruche los lados superior e inferior, luego serruche algunos pocos cortes en lo que queda entre medio y luego saque con gubia la madera remanente . Una vez que ha completado un par de muescas, puede cortar un escalón y darle forma para que encaje.

Corte los escalones a partir de troncos de 15 a 20 cm de diámetro, y trabájelos en su superficie superior para proveer una superficie de pisada. Para este fin no le rebaje más de un cuarto a un tercio del tronco. Mida la distancia entre los lados interiores del par de muescas correspondiente, y corte el escalón acorde a la misma. Aplane los extremos inferiores del escalón para que queden paralelos a la parte superior, para formar una lengua de 10 cm de ancho y un poco más de 10 cm de largo, para que encaje en las muescas. Compruebe el ajuste, y corrija lo necesario para lograr un ajuste bueno y sólido. Posicione el escalón en las muescas y clávelo atravesando un clavo a través de los tirantes y a través de los extremos del escalón. Es mejor ir haciendo un escalón a la vez, empezando por abajo.

ESCALERA DE RETENCIÓN: Otro estabilizador especial es la escalera de retención, o una combinación de pared de retención y escalera. Esta técnica es útil en pendientes muy empinadas, o pendientes con una capa muy delgada de suelo o la roca madre cerca de la superficie, lo que hace difícil asegurar los escalones tradicionales. En este caso se construye una escalera de troncos, se la afirma en la pendiente, y luego se



Escalera de retención

rellena detrás de cada escalón con suelo y pequeñas rocas, para ayudar a asegurar la propia pendiente. No deje huecos detrás de los escalones -la gente puede meter el pie sin darse cuenta.



Escalones de madera asegurados a una pared de roca con varillas de acero

ESCALONES CLAVADOS: Se pueden utilizar escalones clavados de madera para trepar y atravesar peñascos difíciles que no proporcionan superficie adecuada de pisada o ni siquiera puntos de donde agarrarse con las manos, y que no pueden ser evitados rediseñando el recorrido. Se fabrican con madera (si es tratada, mejor), escalones de unos 60 a 70 cm de largo, cortando pedazos de 15 por 20 cm, diagonalmente de esquina a esquina. Se fijan al peñasco con barras de acero de 35 cm parcialmente clavadas en la roca. También se pueden «esculpir» escalones directamente en el peñasco. Pero, estas técnicas sólo deben utilizarse como último

recurso, cuando sea imposible desviar el sendero.

ENDURECEDORES

Los caminantes que circulan por senderos en terrenos planos en zonas bajas, y por lo tanto húmedos, así como en mallines de montaña con suelos altamente orgánicos y húmedos, a menudo causan destrucción de las plantas del borde del sendero y del suelo superficial. En estos suelos, se desarrollan muy rápidamente puntos o áreas muy mojadas, resbalosas y barroas. Cuando se acumula agua en el sendero, los caminantes andan por los costados del sendero para mantener sus pies limpios y secos. Esto causa un círculo vicioso de destrucción del suelo y ensanchamiento del sendero. Hay una cantidad de técnicas que «endurecen» el sendero y ayudan a estabilizar los suelos dañados, permitiendo la recuperación de la vegetación de los costados.

Las soluciones más frecuentemente utilizadas en estas situaciones son las piedras de paso, los puentes de mallín y los pisos contruidos (ver Capítulo “Senderos en áreas húmedas”). Sin embargo, hay que tener en cuenta que requieren mucho trabajo, y tienen alto impacto visual. Por lo tanto, antes de usar estas técnicas, deben considerarse primero las técnicas de drenaje y de relocalización.

DRENAJE Y RELOCALIZACIÓN

A menudo, en los senderos se desarrollan puntos húmedos y barrocos, debido a que el sendero es más bajo que el terreno circundante. El agua que drena lateralmente a través de los suelos queda atrapada en la superficie del sendero, que además de ser baja está compactada. Antes que instalar puentes o piedras de paso en estas situaciones, drene el área húmeda en cuestión -especialmente si es pequeña y tiene un extremo bajo que, una vez drenado, permitiría que el agua fluya hacia fuera del sendero. Esta es una mejor solución de largo plazo. A menudo, lo que inicialmente parece ser una sección baja y plana de sendero, en realidad tiene una pendiente muy moderada, permitiendo un flujo imperceptible del agua. Drene este tipo de puntos húmedos pequeños y con drenaje incipiente, con barras de agua y canaletas de drenaje. La instalación de drenajes posiblemente no secará completamente el sendero pero puede reducir el monto de endurecimiento necesario.

Si un área no puede ser drenada, o si por razones ambientales no debe ser drenada -p.ej. un mallín-, y no es posible la relocalización del sendero, entonces utilice técnicas de endurecimiento. Estas técnicas ofrecen al caminante un pasaje seco, y contienen el tráfico en una superficie endurecida, permitiendo que los suelos y vegetación adyacentes se recuperen.

DEFINIDORES

A lo largo del tiempo, muchos caminantes utilizando los mismos atajos terminan por generar senderitos espontáneos. La gente tiende a buscar la vía de menor resistencia. Para ahorrar tiempo y esfuerzo, los caminantes tomarán atajos en las esquinas de los zigzags, caminarán sobre la suave alfombra de vegetación de altura, o rodearán los escalones de roca en vez de subirlos. Los caminantes que andan por fuera del sendero, rápidamente pisotearán la vegetación, compactarán los suelos y se

desencadenará la erosión del borde del sendero. Incluso un sendero bien marcado y mantenido puede necesitar definidores adicionales. Coloque definidores para dificultar el caminar fuera del sendero, y por lo tanto contener el tráfico dentro de un único piso de sendero estabilizado.

PIRCAS



Unas simples filas o montículos bajos de pequeñas rocas, llamadas pircas, bordeando los márgenes del sendero muestran claramente los límites del mismo y actúan como un impedimento para salirse de él. Son a menudo necesarias en senderos muy utilizados en zonas abiertas de altura. Siempre ponga pircas a los costados de los escalones de roca; si la gente empieza a rodear los escalones, enseguida empieza a haber erosión, amenazando la propia estabilidad de los escalones y de toda la pendiente. La pirca también se usa para bloquear la toma de atajos en los caracoles

o zigzags, y para evitar que los caminantes rodeen las barras de agua por el costado o caminen encima de las canaletas de drenaje.

Utilice rocas de pequeñas a medianas, que puedan ser transportadas por una persona. Disponga la pirca de manera que no pueda ser pateada o derrumbada por alguien que le camine encima. Paredes derrumbadas y rocas sueltas en el sendero no son algo bueno. Una pirca dispuesta en forma firme y segura es particularmente importante a los costados de los escalones de roca, porque también sirve para estabilizar el suelo. Las pircas no deben exceder el tamaño necesario, aunque allí donde los caminantes salen del sendero con frecuencia, es necesario que sean de un buen tamaño. Hay que tener conciencia de que las pircas demasiado grandes pueden infringir las cualidades primitivas y naturales del ambiente donde está el sendero. Trate de hacerlas con una apariencia lo más natural y no-intrusiva posible.

ESCOMBROS

Para ayudar a la recuperación de los sectores ensanchados del sendero una vez que ha instalado la pirca, desparrame escombros en el área. Caminar encima de un desparramo de pequeñas piedras flojas no es muy divertido, y debería hacer que la gente permanezca en el sendero. Los escombros también son un modo efectivo de cerrar un atajo o senderito espontáneo.

RAMAS

En zonas boscosas o arbustivas, es útil usar ramas o troncos secos para angostar senderos, proteger los caracoles cerrando la posibilidad de atajos, y cerrar senderos no deseados. Recuerde que en algún momento ese material se va a pudrir y desaparecer, pero entretanto va a posibilitar que la vegetación del lugar empiece a crecer.

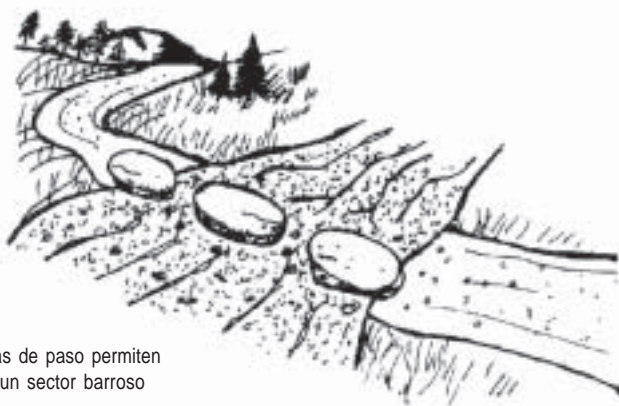
SENDEROS EN ÁREAS HÚMEDAS

Se exponen algunas técnicas específicas para senderos en áreas silvestres. No se incluyen los entablonados, que son soluciones muy válidas para determinadas situaciones, pero se consideran fuera del alcance de este manual. Para entablonados, se puede consultar por ejemplo, el Alaska Region Trails Construction and Maintenance guide, Forest Service Alaska Region, 1991.

PIEDRAS DE PASO Y PISO DE ROCAS

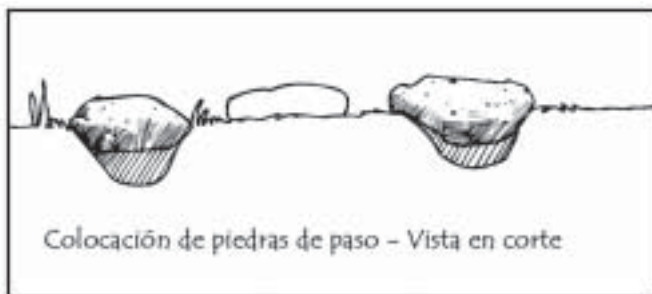
PIEDRAS DE PASO

Son rocas encajadas en el barro, para formar una línea de paso estable, seca y fácil de atravesar. También se puede usar para cruzar arroyitos de poca profundidad. Las piedras de paso deben tener una superficie plana de pisada, de por lo menos 30



Las piedras de paso permiten
atravesar un sector barroso

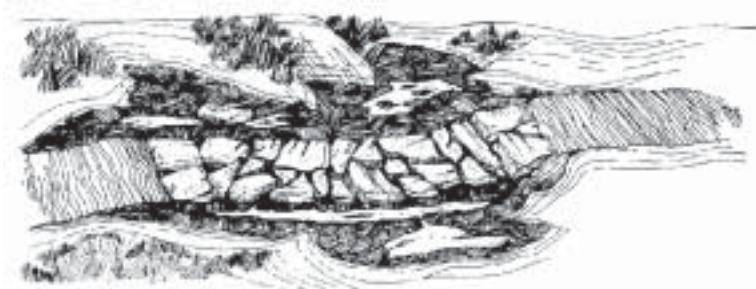
cm, y debe ser suficientemente gruesa para sobresalir del barro. Las rocas bien grandes y planas son más fáciles de instalar y menos pasibles de moverse, que las pequeñas y redondeadas. Presente la superficie más plana, disponiendo la roca en agujeros cónicos, de manera similar a la instalación de escalones de roca. Póngalas en línea a lo largo del sendero, de manera que un caminante con una pesada mochila puede pasar fácilmente de una piedra a la siguiente. Las piedras de paso deben ser estables, y no deben sobresalir demasiado del piso, ni estar tan bajas que se inunden de barro o agua; de otra manera, la gente va a tender a evitarlas.



Una buena técnica para instalarlas es seguir el mismo principio que permite que una bola de helado quede afirmada en el cucurucho. Se cava un pozo cónico de tamaño adecuado, y se pone la piedra. Ésta va a deslizarse hacia abajo hasta que sola se va a afirmar contra el suelo. Puede quedar aire debajo de la roca, pero las paredes inclinadas del cono impedirán que la piedra se hunda demasiado.

PISO DE ROCAS

Es simplemente hacer un uso de las rocas más intensivo que las piedras de paso.



Se ponen lado a lado muchas rocas del tamaño de piedras de paso, cubriendo toda la superficie del sendero.

También se puede armar una caja de rocas, que puede aceptar rocas más pequeñas y de formas desparejas que no servirían para un piso de rocas. Para hacer una caja de rocas, construya un marco de troncos, pelados, clavados entre sí, y enterrado hasta la mitad en el piso, y luego rellene el interior con piedras. Con

rocas muy cuadradas no se necesita marco, porque las rocas pueden disponerse a la manera de un enlozado.



TERRAPLENES

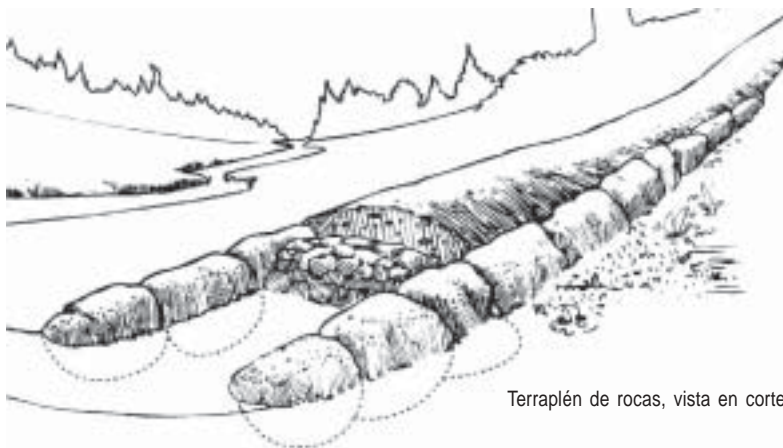
Básicamente, los terraplenes elevan el sendero por encima de suelos saturados de agua. A menudo se combinan con canaletas, alcantarillas y otras estructuras de drenaje para aliviar el sendero del agua de arroyos y surgentes. Construir un terraplén es muy laborioso y requiere muchos materiales -se necesitan grandes volúmenes de material de diversos granos para el relleno, que puede no estar disponible en muchos sitios-, y puede ser entonces más fácil cambiar la ruta del sendero hacia terreno más seco, que construir un terraplén. Si no hubiera localizaciones alternativas para el sendero, entonces los terraplenes de rocas o de troncos pueden llevar un sendero a través de terreno problemático.

Los terraplenes son aptos para suelos aluviales u otros suelos firmes (no son aptos para suelos demasiado blandos), y con un máximo de 10 % de pendiente. No deben instalarse en áreas sujetas a inundación.

TERRAPLENES DE ROCA

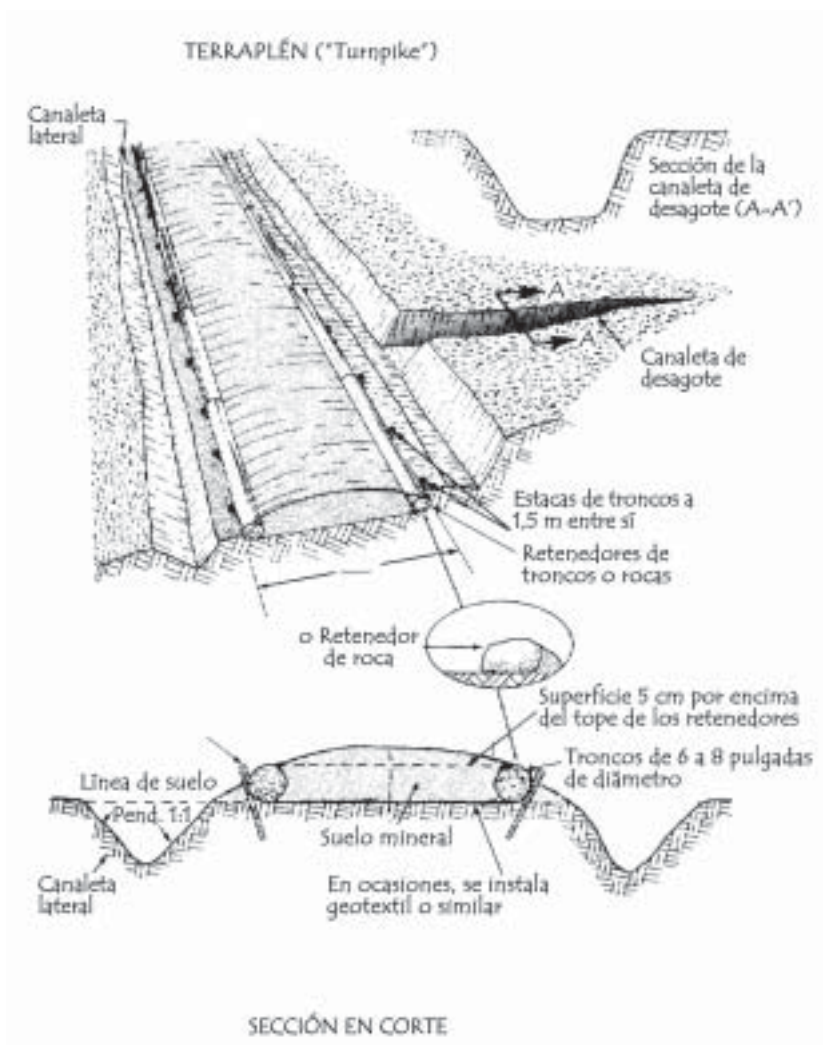
Cave una trinchera fundacional a cada lado del sendero, manteniendo una distancia entre los bordes internos a unos 90 cm para senderos pedestres, o 1,20 m para senderos de caballos. La profundidad de las trincheras debería medir unos dos tercios de la altura de las rocas que van a sostener.

Disponga una fila de rocas en cada trinchera para formar una pared, y de manera que formen una superficie superior mas o menos plana. Ajuste cada roca estrechamente contra la roca de al lado, y encastre cada roca firmemente en la tierra. Llene los espacios alrededor de las rocas con piedras más pequeñas, forzándolas apretadamente de manera que mantengan a las rocas en su lugar. Aunque el ajuste no es aquí tan crítico como en una pared de retención, barra de agua o escalón, no se dé por satisfecho con la ubicación de una roca hasta que permanezca inmóvil cuando usted le baile encima.



Después de que las filas de rocas están en su lugar, rellene el área entre ellas con capas de pequeñas piedras o roca molida y, donde lo haya, una capa superior de suelo. Las piedras van a permitir que la humedad fluya a través del terraplén, mientras que el suelo, que en el centro debe ser convexo o abovedado, forma un piso que tenderá a desviar la lluvia. No tenga miedo de usar suelo húmedo; después de un tiempo se secará. A veces los terraplenes tienen canaletas a lo largo de uno o los dos lados para facilitar el drenaje; también se pueden usar alcantarillas. El buen drenaje es esencial para el funcionamiento de los terraplenes. El suelo extraído para hacer las canaletas puede ser apropiado para material de relleno en el terraplén.

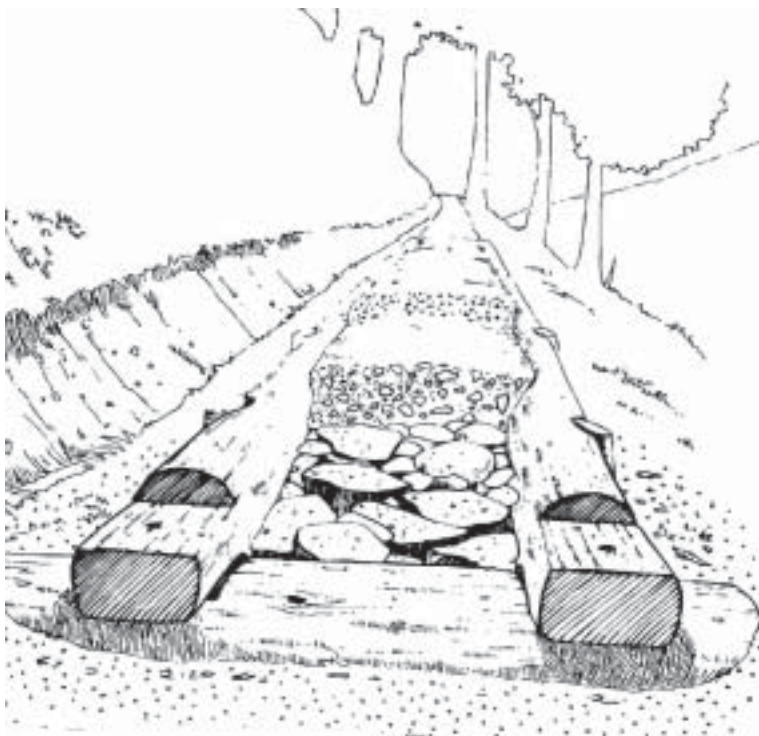
El terreno barroso puede “chuparse” la piedra molida casi tan rápido como uno la va colocando en el terraplén! A veces se ha tenido éxito disponiendo en el fondo del terraplén una capa de geo-textil, que es una tela durable diseñada específicamente



para usar en proyectos de construcción a la intemperie. Asegure el geo-textil al subsuelo con clavos en U hechos con acero grueso para evitar que se desplace. De esta manera, se evita que las piedras y suelo que se ponen encima se hundan.

TERRAPLENES DE TRONCOS

Los troncos pelados para terraplenes deben tener un diámetro mínimo de 25 cm en el extremo más fino. Si la estructura va a incluir una alcantarilla para permitir drenaje a través del sendero, instale primero la alcantarilla. Asegure los troncos en cada lado del sendero enterrándolos parcialmente en el suelo, colocando grandes estacas de madera en el suelo contra las caras externas de los troncos, o haciendo ambas cosas. La distancia entre los troncos variará, pero generalmente es de 1 m para senderos pedestres y de 1,30 m para senderos usados por caballos o animales de carga. Rellene entre los troncos con piedra molida y suelo mineral, de la misma manera que para los terraplenes de roca.

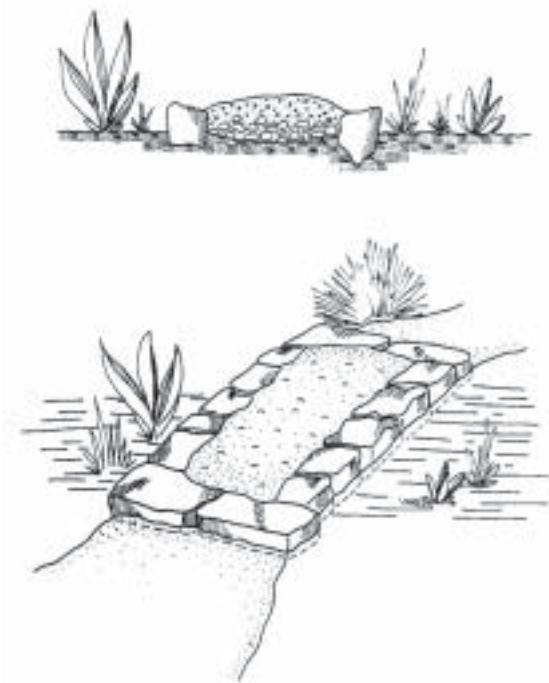


Terraplén de troncos, vista en corte - La estructura se rellena con rocas y grava, y se puede disponer suelo por encima para formar un piso caminable

Los troncos dispuestos extremo con extremo para un terraplén largo, pueden simplemente ser dispuestos haciendo que se toquen, o se pueden unir con algún tipo de traslapado. En lugares particularmente pantanosos, considere la posibilidad de poner vigas debajo de los troncos; el terraplén va a quedar más alto, y los troncos clavados a las vigas tendrán menos probabilidad de irse de posición.

CALZADAS

Una estructura emparentada con los terraplenes, pero que causa menos impacto ambiental, es la calzada -un terraplén pero sin canaletas de drenaje laterales. Se han utilizado calzadas rellenas de roca molida para crear un piso elevado y endurecido que atraviese un área mallinosa que esté mojada parte del año. Se pueden restaurar los senderos paralelos múltiples y poner en su lugar una calzada. Las calzadas producen menos impacto ambiental que los terraplenes porque no se usan canaletas



de drenaje y no se disminuye el nivel de la napa. El riesgo que tienen es que en suelos altamente saturados de agua la calzada se puede hundir -problema que puede intentar prevenirse con geotextil.

PUENTES DE MALLÍN

En áreas donde escasean las rocas y el barro es suave y profundo -que es el caso en lugares mallinosos o de vegas- se pueden utilizar los puentes de mallín, construídos con troncos, para formar un piso endurecido.

Estos puentes también pueden usarse para cruzar pequeños arroyitos y pequeños cañadones. En cualquier caso, proporcionan un piso seco y estable. Este tipo de puentes duran de 10 a 15 años o más, dependiendo de la madera usada, humedad del lugar, y diámetro de los troncos. Maderas como el coihue o el ñire son las más fáciles de trabajar y más duraderas.

Un puente de mallín generalmente se hace con dos troncos de 2,5 m a 4 m de largo, aplanados en su mitad superior, llamados tirantes, que forman la superficie para caminar. Los tirantes se apoyan cerca de sus extremos, en dos troncos basales firmemente emplazados dentro del barro. Los tirantes se encajan en muescas de los troncos basales, y se clavan.

PUENTES CON TRONCOS RECORTADOS

La única herramienta que se necesita para construirlos es un hacha bien afilada. También puede ser útil una sierra manual, y una pequeña motosierra puede facilitar



y acelerar el trabajo. Un descortezador facilita también las cosas, y para tallar la superficie plana se puede usar una azada. Lo mejor para los clavos o varillas es una maza, pero también puede servir el reverso del hacha. Para ubicar los troncos de la base, se usan herramientas para cavar tales como pico de hacha y zapa, pala y pulaski.

Se necesitan dos troncos -tirantes-, puestos lado a lado, para proporcionar una superficie de pisada de ancho suficiente. Los tirantes deben ser de entre 20 y 25 cm de diámetro. Los puentes más cortos pueden tener tirantes de 15 cm de diámetro. La longitud generalmente va de 2,5 m a 4 m, ya que las maderas más largas tienden a ser elásticas y se pueden romper. Los troncos de base deben tener entre 1 m y 1,4 m de largo, y de 20 a 25 cm de diámetro. En lugares extremadamente húmedos y con barro blando y profundo, se pueden necesitar troncos de base más gruesos y largos, para mejorar la estabilidad y la flotación. Los troncos deben ser pelados para retardar la pudrición y facilitar los trabajos.

INSTALACIÓN

Lo mejor es hacer el trabajo de a dos, cada uno trabajando en un extremo y moviendo los troncos entre los dos. El primer paso cuando se quiere instalar puentecitos en una sección pantanosa del sendero, es determinar el largo del o los puentes que se necesitan. Si se necesita una serie de puentes, divida la longitud total, para que cada puente tenga aproximadamente entre 2,5 y 4 metros, y sean todos de largo similar. A menudo lo que dictará dónde deben ubicarse los puentes así como su longitud, serán las grandes rocas, raíces y árboles del sitio. Construya un puente a la vez, comenzando en un borde de la sección pantanosa y avanzando paulatinamente, para obtener un espaciamiento y ubicación adecuada. Lo ideal es tener una cinta métrica, pero también sirve una soga de longitud determinada, o medir con largos de hacha.

Una vez que se ha determinado la longitud del puente, el próximo paso es encontrar árboles apropiados para la construcción. No desperdicie madera usando un árbol largo por demás. Los troncos a usar deben ser derechos, con pocas ramas, y libres de defectos. Corte los troncos de manera que cada par de tirantes sea parejo en tamaño y forma. Tómese el tiempo para encontrar madera de la mejor calidad posible; eso ahorrará tiempo y esfuerzo durante la construcción y resultará en un

punte mejor y más duradero. Corte los troncos a la longitud, desrámelos, y pélelos fuera del sendero, para que los desperdicios no queden a la vista. Los dos troncos de base y el par de tirantes luego serán llevados al sendero y puestos en su lugar.

Ahora pueden posicionarse los troncos de base. Para calcular su ubicación, presente un tirante a lo largo del centro del sendero, sobre la superficie del barro. Asegúrese que no está a más de 15 cm de sendero sólido, o de una piedra de paso u otro puente. Marque la posición que tendrán los troncos de base, que estarán perpendiculares a los tirantes, a no más de 15 cm entre sí. Si se separan demasiado, el puente se puede romper o saltar cuando lo pisen encima. Aparte el tirante y excave una zanjita para cada tronco de base. Estas tendrán el largo y ancho de los troncos de base, y una profundidad equivalente a la mitad del diámetro. Los troncos de base deben estar nivelados y bien firmes; compruébelo zapateando en ambos extremos. Puede ser necesario sacar raíces y pequeñas rocas para afirmarlos bien.

El próximo paso es disponer los dos tirantes sobre los troncos de base. Para mayor fortaleza, rote los tirantes para que cualquier pequeña saliencia o curva quede arriba, y más hacia el centro que hacia los extremos. Posicione el par para que encajen lo más cerca posible por toda su longitud, pero dejando una pequeña rendija para drenaje. La rendija no debe ser de más de una o dos pulgadas (2,5 a 5 cm), de manera que no pueda meterse un pie. Una vez determinada la ubicación ideal, marque los extremos de los tirantes, y los lados en los puntos donde apoyan en los troncos de base, para luego posicionarlos correctamente durante la construcción.

Con los tirantes en posición, ahora se puede marcar la posición de las muescas en los troncos de base. Dibuje una línea con lápiz o hacha, en la cara superior del tronco de base, paralela al tirante y siguiendo los lados. Corra los tirantes a un lado, y con hacha o sierra haga una muesca en forma de V, entre las líneas-guía. Tenga cuidado de no hacerlas muy grandes de entrada; luego las puede agrandar si necesita, pero no podrá achicarlas! Empiece con muescas un poco chicas, vaya probando el ajuste y agrándelas de a poco. Los lados de los tirantes deben calzar bien en los lados de las muescas, y no descansar en el fondo, ajustándolos bien en su lugar. Para que las caras superiores de los tirantes queden al mismo nivel, ensanche la muesca del tirante más alto o grande, para bajarlo. Cuando los tirantes están finalmente ajustados en las muescas, sus caras inferiores deben apenas tocar la superficie del barro.

Los tirantes pueden ahora ser recortados a plano del lado superior, horizontales, y emparejados entre sí para proveer una superficie de caminata. Rebaje o recorte sólo entre un cuarto y un tercio de los troncos; esto va a proporcionar un ancho suficiente para caminar sin disminuir la fortaleza más de lo necesario. Esto se puede hacer con hacha, o si no primero cortando incisiones a intervalos de 15 cm con una sierra o motosierra y luego sacando las secciones con hacha o azada. Asegúrese de limpiar los restos y residuos y dispersarlos afuera del sendero.

El paso final es clavar los tirantes a los troncos de base. Use clavos de entre 10 y 12 pulgadas de largo, y de 3/8. Clávelos con una maza o herramienta apropiada.

Déles un leve ángulo a los clavos, para que atraviesen los tirantes y lleguen a un costado de la muesca. Déles ángulos en direcciones opuestas en cada extremo, para proporcionar tensión que asegure mejor los tirantes.

RECOMENDACIONES PARA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES DE MALLÍN

- ↪ Sea que construye un puente de tronco partido o de tronco trabajado, sólo será efectivo si es realmente usado por los caminantes. Asegúrese de que el ancho de la superficie de caminata sea suficiente para que sea fácil atravesarlo. En algunos casos puede ser necesario usar tirantes dobles -o si los tirantes disponibles son angostos, puede usar tres en paralelo.
- ↪ La superficie de caminata no debe estar inclinada hacia un lado, y el puente no debe ser inestable, movedizo o con rebote. Para tirantes de más de 2,5-3,5 m de largo, o que tengan mucho rebote, use tres o más troncos de base. Probablemente sea mejor que los puentes sean cortos, y por ende estables. Los puentes más cortos también son más fáciles de trabajar.
- ↪ La altura de la superficie del puente no debe superar los 20 a 25 cm del suelo. Un puente alto se puede hacer difícil para ingresar o salir, y puede ser difícil de atravesar para alguna gente con aversión aunque sea a un poco de altura. Si la unidad le queda muy alta o está inestable, puede excavar un poco en los troncos de base.

- ↗ Asimismo, los extremos del puente deben apoyar en suelo estable o en roca; evite apoyarlo en barro o raíces resbaladizas. Cuando coloca dos puentes extremo con extremo, no deben estar separados por más de 15 cm.
- ↗ Tenga precaución si contruye puentes en orillas de lagunas o en cualquier lugar pasible de inundación en la estación húmeda. Si los niveles de agua suben mucho, los puentes van a flotar y se van a salir del sendero. En estas situaciones, en vez de hacer puentes hay que relocalizar el sendero.

SENDERO SOBRE BASE SEMI-PERMEABLE

Hay dos variantes de este diseño, y ambas utilizan una base o "felpudo" de material o tela semi-permeable como soporte (p.ej. Tytar o similar -consultar con un ingeniero). Si bien las necesidades de mantenimiento son altas, es un tipo de diseño muy barato para construir:

SENDERO FLOTANTE

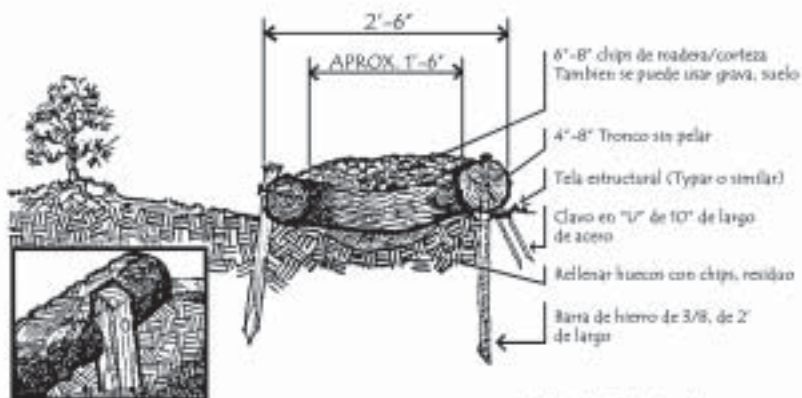
Es adecuado para turberas profundas con algo de sistema de raíces leñosas. Requiere dos troncos a los lados, anclados con estacas o varilla de acero; una gruesa cama de chips de madera (se pueden mezclar con otros materiales como grava); y la tela semi-permeable.

SENDERO ESTRUCTURADO

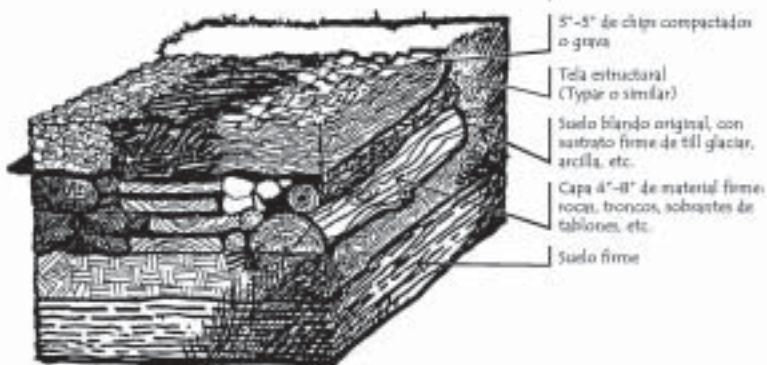
En sitios muy húmedos en áreas boscosas con una base de suelo firme a poca profundidad, se puede usar esta técnica para reemplazar tramos de sendero muy dañados. Se excava hasta alcanzar la base firme, y luego se va disponiendo el material como muestra la figura.

Ninguna de estas dos variantes soporta suelo inundado. Se requiere mantenimiento anual, para mantener siempre material de relleno por encima de la tela semi-permeable. Ninguna de estas dos variantes tiene la capacidad estructural para atravesar terreno extremadamente blando o un hueco algo profundo.

SENDERO FLOTANTE



Sendero Estructurado



MANTENIMIENTO DE SENDEROS

Así como un auto, un jardín o una casa, los senderos necesitan mantenimiento periódico, porque si no van apareciendo problemitas que se agrandan cada vez más. Del mismo modo que si no limpia los desagües de su casa, cuando viene una tormenta puede producirse un daño caro de reparar, no mantener los drenajes del sendero puede conducir a una dañina erosión. En ambos casos, su inversión inicial (en dinero y horas de trabajo) se ha desperdiciado. Construir drenajes lleva mucho tiempo -hay que encontrar las rocas adecuadas, excavarlas, moverlas e instalarlas; los troncos deben ser ubicados, desramados, pelados, movidos y enterrados; y siempre hay mucho trabajo de palear. Limpiar los drenajes asegura un buen retorno de la inversión inicial de construcción.

Los senderos son una instalación más del parque, pero pocas veces son tratados como tales. Así como una seccional de guardaparques debe ser pintada para que se mantenga presentable, o hay que arreglar sus cañerías para que no se deteriore, un sendero debe ser permanentemente cuidado para garantizar su durabilidad y su utilidad.

El mantenimiento básico mantiene al sendero en estado usable. Sin mantenimiento, un sendero volverá a su estado natural, o peor que eso, dañará los recursos de su entorno. El mantenimiento básico involucra cuatro tareas, en orden de prioridades:

- ✓ limpiar los drenajes
- ✓ despejar los obstáculos
- ✓ podar la vegetación
- ✓ marcar el sendero

Mucha gente aún cree que las tareas de mantenimiento más importantes son despejar los obstáculos y pintar marcas. Pero en la cordillera andino-patagónica, con montañas, altas precipitaciones y mucho uso, la palabra más importante en mantenimiento de senderos es drenaje.

LIMPIEZA DE DRENAJES

Limpie los drenajes para prevenir erosión en gran escala y la costosa reconstrucción que debe hacerse luego. Lo único que no puede reemplazarse en un sendero, es el suelo. Despejar los obstáculos, podar la vegetación y marcar también

ayudan a proteger los recursos del entorno, pero principalmente facilitan el paso del caminante y mantienen abierto el corredor físico del sendero. La limpieza de los drenajes entra en una categoría diferente -es la tarea de un conservacionista. Los otros trabajos no dañarán severamente un sendero si no se hacen. Si no se poda la vegetación del costado, el sendero será más difícil de encontrar o seguir, pero su piso no se deteriorará. Además, el encargado de mantenimiento tarde o temprano puede volver y marcar lo que falta, o podar. Pero si no se limpian los drenajes de un sendero, los resultados pueden ser acumulativamente desastrosos.

También vale comentar que las tareas aisladas pueden ser perjudiciales: por ejemplo limpiar un sendero sin reparar el drenaje puede acelerar la erosión al permitir el flujo más rápido del agua sin desviarla del sendero.

Hay un Capítulo que trata en detalle los distintos tipos de drenaje y su construcción. Aquí se va a describir sólo su limpieza.

Los drenajes que no fueron limpiados periódicamente, a menudo son difíciles de encontrar. Al llenarse de sedimento, piedras y hojarasca dejan de ser visibles; pero es posible recuperarlos, especialmente si son barras de agua de roca u hondonadas de drenaje. En cambio, las barras de agua de troncos que quedan enterradas por mucho tiempo se pueden pudrir y necesitar reemplazo. Busque drenajes perdidos en el sendero viendo si hay rocas de sostén de estructuras que afloran al azar, canaletas de desagüe por fuera del sendero, e inclusive las partes de arriba de rocas que sobresalen del sendero formando una línea diagonal.

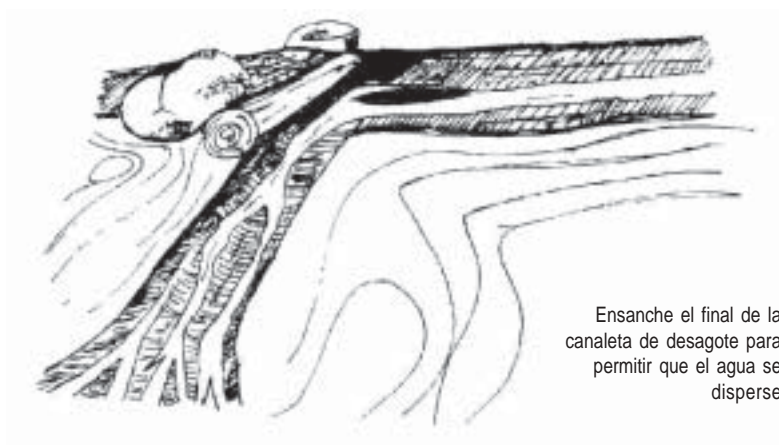
Los drenajes deben ser limpiados anualmente para que funcionen bien. Saque los residuos y materia suelta que se haya depositado; los sedimentos dispérselos sobre el propio sendero -en la sección pendiente abajo, o agregados al material de soporte del drenaje. También, limpie las canaletas de desagote. Sirven bien para estas tareas una azada o zapa. A veces el suelo está muy compactado o es muy rocoso y se dificulta el uso de la pala; en ese caso use un pico de punta y hacha. Con el tiempo, pueden establecerse raíces y arbustos en las canaletas, que deben ser cortados.

Una vez que localizó el drenaje, límpielo y retórnelo a sus óptimas condiciones de funcionamiento. No se limite a sacar con el pie las hojas o sedimento (algo que a

menudo se les recomienda a los propios caminantes). Eso es mejor que nada, pero apenas mejor... Los drenajes deben ser bien mantenidos para ser efectivos en forma consistente y permanente.

MANTENIMIENTO DE CANALETAS DE DRENAJE

Un drenaje efectivo es una canaleta ancha, de fondo plano, entre 30 y 45 cm de ancho en el fondo, y de una profundidad de 15 a 20 cm. El ancho adecuado es crítico:



Ensanche el final de la canaleta de desagote para permitir que el agua se disperse

una pequeña ramita y un par de hojas taponan enseguida una canaleta angosta. Los lados de la canaleta deben tener suave pendiente; las paredes verticales se derrumban o se deslizan hacia la canaleta, disminuyen el ancho efectivo y taponan el drenaje.

Comience la limpieza en el extremo más alto de la canaleta (generalmente es el extremo que nace en el sendero) y vaya bajando. Desparrame toda la materia orgánica que ha extraído de la canaleta (hojas, raíces, y suelo muy orgánico) bien lejos del sendero y ladera abajo, de manera que no vuelva a ingresar al drenaje. Utilice suelo mineral extraído de la canaleta para rellenar en el tramo de sendero pendiente abajo de la barra de agua u hondonada de drenaje. Siga avanzando por la canaleta hacia abajo, sacando todas las raíces y piedras que encuentre. Alise y compacte los lados y el fondo de la canaleta, el suelo mineral sobrante dispóngalo en el lugar elegido para rellenar, con una pala o los pies.

Cuando haya terminado de limpiar el tramo de la canaleta que está en el sendero, no se vaya..., aún debe limpiar el tramo de la canaleta que sale del sendero. Un drenaje no será del todo efectivo a no ser que la canaleta saliente esté ancha y limpia. La canaleta saliente de drenaje, está permanentemente sacando agua del sendero y asegura que ésta no vuelva al mismo. Esta sección del drenaje es crítica, y a menudo es mucho más larga que el tramo que está en el sendero. La longitud variará dependiendo de la alineación del sendero; un sendero que baje derecho por una pendiente muy gradual o casi imperceptible requiere una canaleta saliente de 4,5 m o más para asegurar sacar el agua, pero un sendero que sigue el contorno en una ladera empinada necesita sólo entre 0,9 y 1,2 m.

Ensanche gradualmente la canaleta de drenaje a medida que se aleja del sendero, para que termine en un plano que permita que el agua se disperse y sature el suelo en vez de crear un arroyito consolidado y erosivo.

La parte de la canaleta que sale del sendero es a menudo la sección que más se tapona de todo el drenaje, y en general requiere más trabajo de mantenimiento.

Cuando haya hecho todo lo indicado, desplácese al próximo drenaje con toda confianza, al saber que el que acaba de terminar trabajará muy bien por un buen tiempo, para proteger el sendero.

LAS HERRAMIENTAS PARA LIMPIAR DRENAJES

Las herramientas necesarias para limpiar un drenaje dependen del tipo de suelo y la cantidad de residuo que contenga el drenaje:

- use un pico de punta y hacha en suelo rocoso y drenajes muy taponados. También sirve una zapa.
- para drenajes completamente tapados, use una guillotina manual para cortar las pequeñas raíces duras que han crecido dentro
- para drenajes más descuidados aún, use un hacha para raíces
- use palas o rastrillo segador para dar la forma final, o para retocar drenajes que sólo necesiten una leve limpieza.

MANTENIMIENTO DE BARRAS DE AGUA

- ✓ Reafirme las rocas flojas, o reemplace los troncos que hayan empezado a pudrirse.

Con una pala o McLeod dé forma nuevamente al piso del sendero, para formar una especie de suave canal antes de la barra, de manera que el agua nuevamente haga lo que debería: salir del sendero antes de pegar contra la propia barra. No socave la barra por querer esculpir el canal demasiado profundo. Apile suelo flojo contra el lado de pendiente-abajo de la barra, para disminuir un poco la pendiente que sale enseguida de la barra, o también apile tierra contra el lado de arriba de la barra para restaurar el canal y proteger a la barra de la erosión.



Mantenga las estructuras de drenaje, removiendo sedimentos y residuos de las canaletas y alcantarillas

MANTENIMIENTO DE ALCANTARILLAS

- ✓ Pase una pala por adentro para sacar residuos o limo. Si una alcantarilla es demasiado angosta para la pala, use el mango.

- ✓ Saque los residuos de las canaletas y de las áreas de recepción de agua que conducen a o salen de las alcantarillas. Ese residuo si es apropiado, puede usarse para rellenar en el sendero donde sea necesario.
- ✓ Repare o reemplace las alcantarillas en malas condiciones.

MANTENIMIENTO DE PUENTES, TERRAPLENES Y ENTABLONADOS

- ✓ Las estructuras de madera que soportan carga deben ser inspeccionadas regularmente, buscando evidencias de pudrición. Si se encuentran, puede ser necesario dismantelar y reconstruir el puente o entablonado para mantenerlo en condiciones de seguridad y transitabilidad. En los terraplenes, la solidez de los troncos no es tan crítica, ya que no soportan el peso de los usuarios.

La evaluación adecuada de la condición de un puente o entablonado debería ser hecha por profesionales idóneos en la aplicación de estándares de seguridad. Para formarse una impresión general de si un tronco está sufriendo descomposición significativa, trate de hundirle una cortaplumas. Si entra fácilmente, probablemente la madera ha perdido mucha de su fuerza original.

- ✓ Saque toda la materia orgánica y suelo de las superficies de madera. La acumulación de musgos, hojas y residuos en un puente o entablonado y en los extremos de los tirantes puede retener humedad que puede pudrir la madera.
- ✓ Las tablas usadas para piso en puentes o entablonados son generalmente los primeros componentes que se deterioran y desgastan. A veces se los puede dar vuelta y reclavarlos, para extender su vida útil.
- ✓ Inspeccione las estructuras de madera en busca de clavos que hayan quedado expuestos. Re-clávelos o sáquelos, de manera que no lastimen a las personas o caballos.
- ✓ Vuelva a dar forma a la entrada y salida del puente o entablonado, dándole forma cóncava al sendero y suavizando la transición del sendero a la estructura.

✓ Los terraplenes son muy dependientes -para su buen funcionamiento- de un mantenimiento regular. Los troncos utilizados se pudren aproximadamente a los 25 años de uso. La principal debilidad de los terraplenes es la erosión del piso hacia las canaletas. Es esencial la limpieza de las mismas, re-colocando el material erosionado en el piso del sendero.

MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS DE ROCA

Las paredes de roca, escalones, barras de agua y otras estructuras de roca, si fueron bien construidas, necesitan poco mantenimiento. Aún así, el congelamiento y descongelamiento, el alto uso o el abuso, el crecimiento de la vegetación, y los efectos de la gravedad pueden a veces debilitar la construcción en roca.

✓ Pruebe las estructuras de roca, bailándoles encima. Todas las rocas deberían permanecer firmemente en el lugar.

✓ Inspeccione las paredes buscando indicios de que las rocas se estén aflojando. A veces se la puede reafirmar insertando con fuerza rocas más pequeñas en los intersticios.

✓ Las estructuras que se han aflojado deben ser desmanteladas y reconstruidas. Casi siempre se pueden usar las mismas rocas, a menudo en el mismo orden.

✓ Examine la fila de más abajo de una pared y asegúrese de que aún está firmemente empotrada en suelo sólido o ajustadamente dispuesta contra la roca. Si se ha erosionado suelo, a veces puede prevenirse el agravamiento de la desestabilización de la fundación, disponiendo rocas pesadas que se apoyen contra la misma.

✓ Restaure el nivel de material de relleno detrás de las paredes y adentro de los escalones.

MANTENIMIENTO EN SENDEROS BIFURCADOS EN TERRENO ABIERTO

Los senderos que cruzan prados húmedos, tundra de tipo alpino u otros terrenos abiertos, pueden transformarse en un entramado de sub-senderos, erosionados hasta distintas profundidades.

La dificultad subyacente en realidad es que el sendero original fue puesto en el lugar incorrecto. Un trayecto que atraviesa campo abierto ofrece demasiada visibilidad. Sin obstáculos tales como rocas, arbustos o árboles que bordeen el sendero, es muy difícil motivar a los caminantes para que se mantengan en el sendero. A medida que el sendero se erosiona a punto tal que se hace incómodo caminar, los caminantes y jinetes van a empezar a producir senderos secundarios al lado del original.

✓ Siempre que sea posible, re-localice el sendero, mandándolo hacia el borde del área abierta, hacia los árboles. Los usuarios aún así seguirán teniendo vistas ocasionales del terreno abierto, pero la ruta estará ubicada donde la gente se va a sentir más inclinada a permanecer en el sendero, y donde además el drenaje se puede efectivizar con más éxito.

Si no se puede desplazar el sendero, el sendero “multi-furcado” puede ser restaurado rellenando con suelo mineral o piedra molida. Corone el sendero “correcto”, haciéndolo un poco más alto que el entorno circundante, de manera de posibilitar que



el agua escurra hacia los costados. Use técnicas de restauración para cerrar y cicatrizar los segmentos abandonados -los que no constituyan la ruta elegida como correcta.

✓ A no ser que un sendero reparado sea la manera más “invitadora” o atractiva para caminar, los usuarios continuarán caminando por los costados y seguirán creando más vías espontáneas. Algo que puede ayudar es desparramar rocas o troncos como si fueran naturales, a los costados, de manera que se estimule a los usuarios a permanecer en el sendero principal.



SENDEROS EROSIONADOS EN LADERAS

Un sendero convertido en zanja o cárcava es un problema común en las pendientes pronunciadas, especialmente si el sendero baja directo por la pendiente y no deja otra alternativa para que el agua fluya, salvo por el sendero mismo.

Comience el mantenimiento de un sendero-cárcava, encarando la causa de la erosión: hay que disminuir la velocidad o sacar el agua del sendero. Hay varias maneras de hacer esto:

- Use barras de agua, canaletas y alcantarillas para canalizar el agua hacia afuera del sendero.
- Donde el sendero tenga demasiada pendiente para las estructuras de drenaje, o donde baje derecho por la línea de caída de la pendiente, instale escalones, que van a solidificar el sendero y actuarán como diques de retención que disminuirán la velocidad del agua.
Re-trace el sendero, para que tenga una pendiente razonable, y luego cierre el tramo original, y use técnicas de restauración para ayudar a que cicatrice y se reintegre al paisaje.

MATERIAL DE ARRASTRE Y BERMA EN SENDEROS DE LADERA

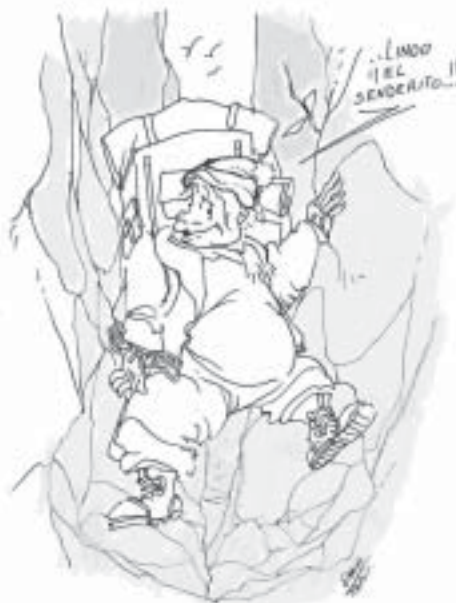
En los senderos que atraviesan laderas, el material de arrastre es el suelo, rocas, y residuos que se han acumulado en el lado de adentro del sendero, angostando el





piso utilizable. La berma es el residuo que se acumula en el lado de afuera, formando una barrera que impide que el agua abandone rápidamente el sendero. Tanto sobre el material de arrastre como sobre la berma puede crecer vegetación. La remoción del material de arrastre y de la berma está entre las tareas de mantenimiento más importantes.

Afloje el material de arrastre y la berma compactados, con Pulaski o pico, y luego saque ese suelo con una pala o un McLeod. Ese suelo se puede usar para reforzar detrás de paredes de retención o rellenar agujeros erosionados en el piso del sendero. Si eso no es posible, desparrame la tierra a alguna distancia del sendero. No use ese suelo flojo para ensanchar el sendero, porque casi nunca va a quedar en su lugar.



- Vuelva a restablecer la forma del piso del sendero, dándole una leve pendiente hacia afuera (peralte) que va a permitir que el agua drene inmediatamente en lugar de empezar a correr por el sendero.

MANTENIMIENTO DE CARACOLES O ZIG-ZAGS

Los caracoles generalmente requieren mantenimiento más frecuente que las secciones rectas. El peralte y/o peralte inverso de un caracol y la forma de la plataforma de giro, son todos aspectos críticos para la efectividad y durabilidad de la estructura. Los caminantes que cortan a través de los caracoles pisotean la vegetación y aflojan las rocas y el suelo, creando atajos con pronunciada pendiente que están sujetos a erosión extrema.

- Saque el material de arrastre y la berma, para restaurar el tamaño original de los brazos del caracol y la plataforma de giro.
- Retoque el peralte del brazo inferior y el peralte inverso del brazo superior. Asegure el drenaje limpiando todo residuo que haya en el borde interno del brazo superior y en la canaleta que bordea el lado interno de la plataforma de giro.
- Cierre y clausure los atajos de una manera tal que se frene la erosión y se motive a los caminantes a que permanezcan en el sendero. Los atajos pueden bloquearse con arbustos, rocas, o escalones de retención, trasplantando plantas espinosas, o combinando estos métodos.
- Si el tráfico es muy elevado o la ladera carece de rasgos naturales que frenen a los que toman atajos, puede ser necesario construir una pared de rocas o una barrera de troncos a lo largo del brazo superior del caracol.

MANTENIMIENTO EN SENDEROS PANTANOSOS

Una sección de sendero muy barrosa o que retiene agua de tormentas o de surgentes, puede ser un real dolor de cabeza para los usuarios y los encargados del mantenimiento. Los usuarios van a tratar de no mojarse los pies, rodeando el área embarrada, lo que agrava el problema porque expande la alteración de vegetación y suelo. Los senderos que se empantan en primavera, pueden estar secos a finales del verano. Un buen plan es llevar a cabo un relevamiento de mantenimiento cuando el sendero está muy húmedo, marcar con estacas de madera los sitios donde haya tareas de mantenimiento que realizar, y luego volver a hacer el trabajo cuando el sendero está seco.

- Como con todas las situaciones de drenaje, el primer paso para desarrollar una solución para un sendero pantanoso es encontrar la fuente u origen del agua. Explore los alrededores en busca de vertientes o surgentes. De ser posible, visite el sendero en diferentes momentos del año para monitorear la humedad o sequedad del sendero en las distintas estaciones.
- Determine una forma de canalizar el agua hacia afuera del sendero mediante el uso de canaletas o estructuras de drenaje. Donde no sea posible persuadir al agua para que se mueva, considere la posibilidad de elevar el sendero por encima del barro, con un terraplén o un entablonado. En senderos de uso solamente pedestre, puede ser apropiado poner piedras de paso. En la mayoría de los casos, drenar un sendero es más fácil que levantarlo por encima del terreno húmedo.
- Si las condiciones barrosas y complicadas afectan a un tramo muy largo del sendero, la mejor solución puede ser re-trazar el tramo por áreas más secas.

LIMPIEZA DE ÁRBOLES CAÍDOS

Una de las primeras tareas de la primavera es patrullar los senderos para despejar los árboles que han caído o que cuelgan muy bajo sobre el sendero. Esto facilita el paso de los caminantes. También protege el entorno porque los caminantes tienden si no a crear senderitos espontáneos alrededor de los árboles caídos que no se despejan.

La limpieza de árboles caídos abre los senderos para los primeros usuarios, reduce las quejas, y también es una buena oportunidad para evaluar las necesidades de mantenimiento para la temporada entrante. Se puede llenar una planilla de «informe de patrullaje del sendero» después de la recorrida, detallando las condiciones que se encuentran en cada uno. Empezar temprano en la temporada también mantiene a los que van a trabajar en forma para el duro trabajo que les espera en plena temporada. En estas patrullas conviene llevar -además de las hachas, sierras, motosierras o lo que sea- una azada o un pequeño pico de hacha y zapa para limpiar las barras de agua y demás drenajes. Para limpiar los árboles caídos es preferible el hacha, por su poco peso, fácil disponibilidad, bajo costo y facilidad de mantenimiento. Muchos la encuentran más fácil de usar que el serrucho, porque su hoja no se atranca. Con buen entrenamiento y práctica, un hacha puede ser muy efectiva y bastante segura.

Conviene trabajar de a dos; es mucho más rápido y especialmente más seguro.

En la situación más común, un árbol se atraviesa en el sendero, a unos 1,8 m del suelo. Este tipo de árbol generalmente requiere dos cortes, uno en cada borde del sendero. Luego se saca el pedazo del centro. Algunos obstáculos más pequeños sólo requieren un corte y luego la punta puede ser retirada del sendero. Mueva todo material residual a por lo menos 3 m del sendero (para no interferir con la estructura y diseño del sendero y su drenaje), y asegúrese de que todos los drenajes queden libres de residuos de su operación.

A veces los árboles caen completamente dentro del sendero, o se les rompe la copa que termina colgando sobre el sendero. Limpiar en estos casos es dificultoso -el árbol debe ser cortado hasta pedazos manejables que luego son llevados fuera del sendero. De nuevo, retire los residuos lejos del sendero, y limpie los drenajes.

Tenga muchísimo cuidado con los árboles inclinados o colgantes; las ramas o las puntas pueden caer mientras se está trabajando y aplastar a una persona. En ese caso, si un árbol no impide el paso, déjelo. Y aún cuando impida el paso, considere muy cuidadosamente el peligro que implicaría cortarlo, y tal vez la mejor opción sea dejarlo -la madre naturaleza probablemente lo baje en forma segura la próxima tormenta. Tenga mucho cuidado al cortar árboles doblados bajo tensión, ya que pueden «dispararse».

Si un tronco muy grande corta el sendero en forma perpendicular, se puede recortar una muesca o escalones en el árbol, para posibilitar el paso. Incluso, algunos árboles caídos son una ayuda; por ejemplo pueden servir de barrera al tráfico no deseado de vehículos, siempre que los caminantes puedan pasar por encima o el costado. Sáquelos si no hay un claro pasaje para los caminantes.

LIMPIEZA (CLAREO)

Un sendero limpio o despejado permite que un caminante alto con una mochila grande pueda caminar sin tocar ramas, árboles o arbustos. El piso está despejado y el sendero es fácil de seguir. Sin limpieza regular, inclusive los senderos usados con frecuencia se pueden “disolver” en cuatro o cinco años por el crecimiento de vegetación.

LA TÉCNICA DE LA PUERTA

Recomendamos la técnica de la puerta: mientras va recorriendo el sendero con tijeras de podar en la mano, imagine que está llevando una puerta a manera de escudo personal. La puerta tiene la altura y ancho deseables del área de aclareo.

ANCHO

En la mayoría de las situaciones es suficiente de 1,30 m. a 2 m. Pero, en áreas remotas o con mucha vegetación, es suficiente 1 m., e inclusive es deseable porque contribuye a la percepción de naturaleza silvestre.



Para un desplazamiento seguro y fácil de los visitantes, los obstáculos grandes tales como ramas y rocas deben removerse del sendero. Esto no debe ser mal interpretado; deben ser removidos solamente aquellos objetos que impiden caminar. Durante la construcción inicial del sendero, debe sacarse la capa de suelo orgánico; pero en lo sucesivo, durante el mantenimiento, el sendero no debe ser completamente desprovisto de materia orgánica, exponiendo el suelo mineral. Parte del material orgánico (hojas, frutos pequeños, y pequeñas ramas) cumple una función en la protección del suelo y en prevenir la erosión. La hojarasca suaviza el impacto de las gotas de lluvia e impide el escurrimiento del agua, permitiendo que el agua se infiltre al suelo previniendo la erosión. En senderos poco usados, donde permanece una delgada capa hojarasca, la erosión es baja.

Las raíces y las rocas enterradas en el trayecto del sendero también sostienen a la tierra. Solamente deberían ser removidas cuando son un peligro o impedimentos serios para desplazarse. Cuando un sendero se erosiona, algunas porciones de las raíces quedan expuestas y la tentación es removerlas, en un intento por crear un sendero libre de obstáculos. Sin embargo, estas raíces, así como las piedras, son importantes para mantener el suelo y prevenir la erosión. El removerlas aflojará el suelo y removerá la estructura interna, causando más erosión, exponiendo las raíces y rocas, hasta que el sendero se convierte en una zanja honda. Eso sí, los obstáculos que pueden provocar accidentes jamás deben ser dejados en el sendero, al igual que tampoco deben ser dejados los obstáculos que motiven a los usuarios a salirse del sendero, aumentando su ancho o creando múltiples trayectos.

En áreas con alto uso y en pendientes pronunciadas con suelos poco profundos e inestables, puede ser deseable un sendero angosto porque las raíces de los árboles, arbustos y hierbas de los bordes del sendero estabilizan el suelo. De todos modos, un sendero angosto no es una panacea; los suelos inestables en senderos con pendiente bajo uso intenso se van a deteriorar no importa cuán angostos sean los senderos. De todos modos, un sendero angosto ayuda a contener o confinar el pisoteo, reduciendo el impacto del uso.

ALTURA

Normalmente, un sendero se limpia hasta 2,5 m, o hasta la altura que una persona puede alcanzar. Cuando hay árboles altos, una ventaja (para el sendero) de dejar intactas las copas por encima es que la sombra inhibe el crecimiento de hierbas y arbustos en el sendero.

Si un sendero es bastante usado en invierno, debe limpiarse hasta unos 4 m para posibilitar la caminata cuando hay 1 m o 1,5 m de nieve.

Deje sin tocar las plantas anuales o herbáceas. Pero si hay plantas de este tipo que obstruyan, limpie con cuidado, sin usar machetes en partes leñosas o en caña colihue, que dejan las puntas -son muy peligrosas.

Tenga especial cuidado y moderación con el aclareo en los senderos que atraviesan áreas de alta montaña. El aclareo en senderos cerca o encima de la línea de bosque, donde el clima es muy severo y el crecimiento es muy lento, debe ser muy prudente. Los pequeños árboles y arbustos encima de la línea de bosque crecen en comunidades interdependientes llamadas krummholz (aquí las conocemos como achaparradas). Son como "bonsai" silvestres: un árbol de 1 m ó 1,5 m de alto puede tener sesenta o setenta años. Cortar un árbol en un manchón de krummholz puede poner en peligro a los otros árboles del manchón, ya que suelen tener sus raíces y ramas entrelazadas -lo que actúa como protección contra el viento y el frío. Los árboles en zonas bajas focalizan gran parte de su crecimiento verticalmente, pero las plantas del krummholz crecen horizontalmente de manera de evitar el viento, que a solo 1 m ó 1,5 m del suelo es mucho más fuerte.

Por lo tanto, encima de la línea de bosque abandone la técnica de la puerta.

Siempre que sea posible, saque solamente las ramas que invadan el sendero.

No obstante lo dicho, no se abandone con el aclareo en alta montaña, porque si no el krummholz al crecer va a oscurecer el sendero y forzará a los caminantes hacia vegetación frágil. El ensanchamiento resultante del sendero va a ser difícil de reparar, y ni hablar del daño a esas frágiles plantas. En síntesis, hay que estar atento, pero también recordar que lo que corte no va a volver a crecer tan rápido como en zonas bajas.

MARCACIÓN

Las marcas en un sendero tienen que ser visibles y efectivas, pero a la vez no deben interferir en la experiencia natural. Las marcas deben ser entendibles, sistemáticas, y a prueba de vandalismo. Los tipos más utilizados son marcas de pintura; marcadores plásticos o metálicos; carteles; y, para áreas sin árboles, postes o picas.

En áreas marcadamente silvestres, debe marcarse con moderación, para preservar el carácter del área y el concepto de desafío que este tipo de sendero tiene para los caminantes.

PINTURAS

Posiblemente las marcas más efectivas, durables y utilizadas son las pinturas tipo esmalte al aceite (las pinturas al agua, como el látex, son más fáciles de manipular y aplicar, y secan rápido, pero no son muy durables). La durabilidad, disponibilidad universal, bajo costo y facilidad de aplicación favorecen esta técnica.

Una marca blanca rectangular de 5 x 15 cm sobre árboles o rocas, se viene usando desde hace mucho tiempo en muchos senderos, y ha probado ser visible y efectiva (aproximadamente el tamaño de un billete). También se pueden usar otros colores y formas. La marca debe ser la misma en todo el sendero; inclusive el cambio de la frecuencia de marcas puede confundir a los caminantes.

Como para cualquier trabajo de pintura, es muy importante preparar la superficie. En las rocas, funciona bien un cepillo de alambre o similar, para sacar el polvo y los

líquenes. En maderas blandas con corteza suave y delgada, y en maderas duras con corteza suave, se pueden usar las mismas herramientas. En árboles con corteza rugosa use una espátula raspadora de pintura para producir una superficie más o menos lisa para aplicar la pintura -pero sin atravesar totalmente la corteza, ya que se daña el árbol; y además va a empezar a salir resina del árbol, decolorando la marca.

A veces hay que eliminar u obliterar marcas (cuando se clausura un sendero o tramo, por ejemplo). Para sacar marcas de pintura, raspe con una espátula raspadora de pintura o un cepillo de alambre, o utilice una pintura al tono de la superficie donde fue puesta la marca.

MARCAS PLÁSTICAS O METÁLICAS

Este tipo de marcas clavadas a árboles o postes, también son bastante utilizadas. Estas marcas son más efectivas cuando se necesita un marcador direccional, o cuando se requiere texto o un logo. Un inconveniente: así como son fáciles de instalar, son igualmente fáciles de sacar por “buscadores de souvenirs” o vándalos -a diferencia de las marcas de pintura o las pircas.

Nunca utilice clavos de cobre: el cobre es tóxico para un árbol viviente, y lo mata.

Al clavar la marca, deje un espacio de una pulgada (2,5 cm) entre la cabeza del clavo y el árbol; luego desplace la marca hasta que haga tope en la cabeza del clavo. Este espacio permitirá el crecimiento del árbol sin deformaciones y sin doblar la marca.

VADOS, PUENTES Y TRANQUERAS

Aunque la roca es el material preferido para la mayor parte de la construcción de senderos, no es ideal para todo. Tarde o temprano va a necesitar construir algo con madera, y ese algo muy posiblemente sea un puente o una tranquera. Estas estructuras son más complicadas que un simple puente de mallín o una barra de agua de tronco, y se pueden hacer con madera del lugar o de aserradero.

PUENTES

Casi todos los senderos, en algún punto de su trayecto cruzan uno o más arroyos. La consideración primaria al determinar la necesidad de un puente es la seguridad del caminante, pero la conveniencia y el desafío son también factores importantes. Por ejemplo, saltar de piedra en piedra, y la propia posibilidad de mojarse los pies, son parte de la experiencia que se quiere vivir en un área silvestre. Por otro lado, la conveniencia puede ser importante en un sendero en un área natural urbana que

En Abril de 1995, el Comité de Manejadores de la Conferencia del Sendero de los Apalaches adoptó la siguiente política sobre construcción o reemplazo de puentes en el Sendero de los Apalaches:

Debe construirse o reemplazarse un puente, sólo si:

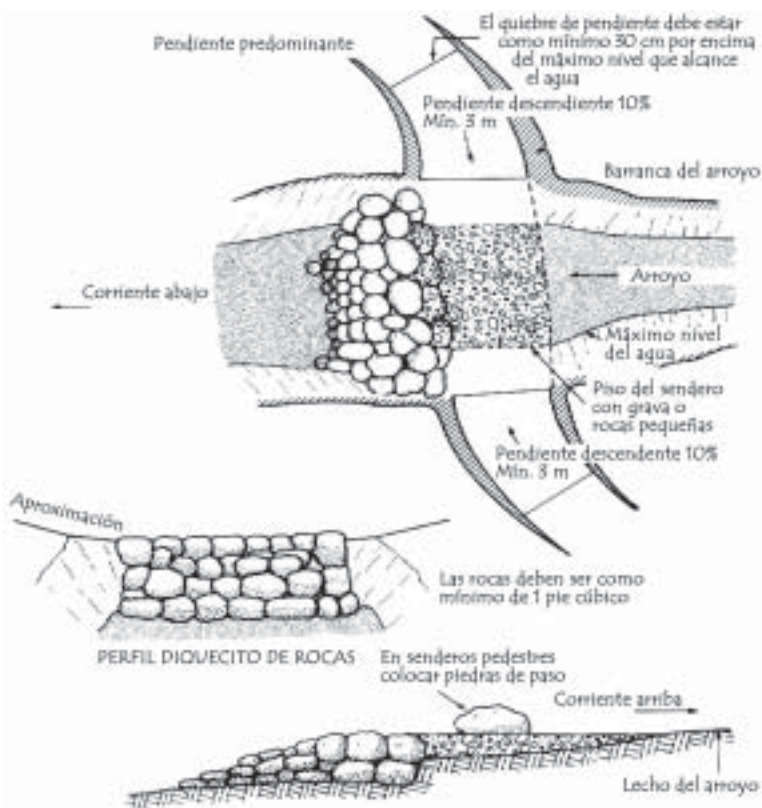
1. Es esencial para la seguridad del caminante durante la estación libre de nieve, reconociendo que un arroyo puede ser incruzable cuando ocurren inundaciones regulares o estacionales -y por lo tanto no se justifica hacer un puente para evitar esa situación.
2. Es absolutamente necesario para proteger recursos vulnerables, como por ejemplo los suelos de la barranca de un río.

sea utilizado por una amplia variedad de personas, muchas de ellas con zapatos de ciudad y poca experiencia de caminata.

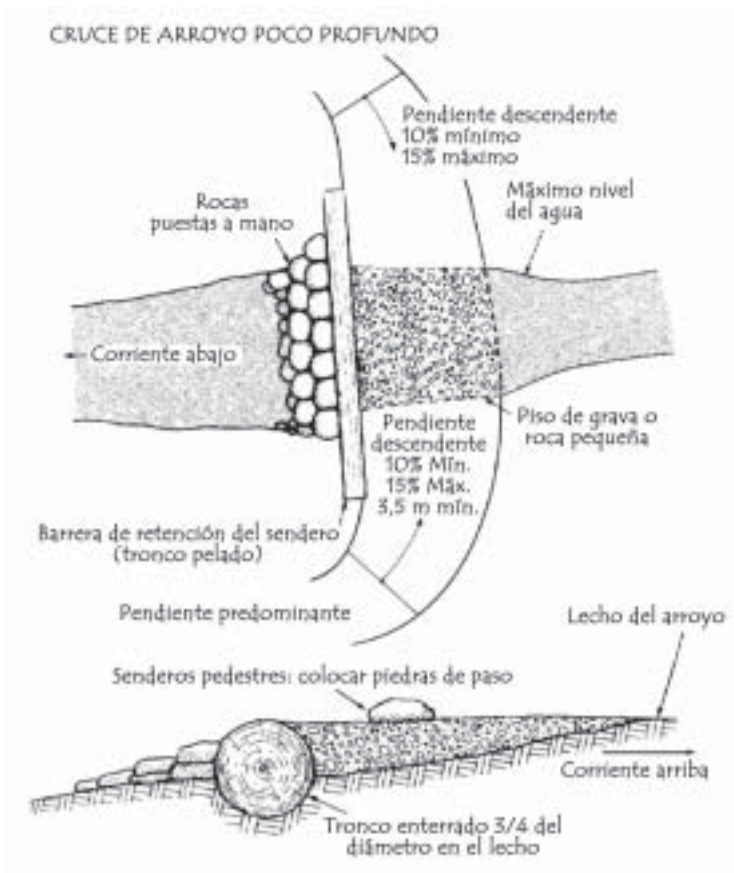
Un cruce de arroyo que no requiere puente en verano, puede necesitarlo en invierno. También, los requerimientos durante flujos normales pueden ser bastante diferentes que cuando viene el deshielo de primavera. Algunos arroyos también son

propensos a inundaciones súbitas e inesperadas, con dramáticos cambios en los niveles de agua y la correntada; en esos casos puede ser necesario un puente.

Antes de hacer un puente en los arroyos más grandes, asegúrese de que es necesario cruzarlos. A veces, puede eliminarse un cruce mediante un cambio de ruta del sendero. Si se debe hacer un cruce, determine si la ubicación actual del mismo es la mejor o no. Explore arroyo arriba o arroyo abajo, a ver si encuentra un punto o vado que requiera un puente más pequeño. Evite áreas con barrancas erosionadas. Los tramos derechos de los arroyos son los más estables; las curvas tienden a erosionarse en el borde externo.



Cruce de arroyo de rocas



Cruce de arroyo de troncos

CRUCES NATURALES O VADOS

Siempre y cuando la corriente no sea muy rápida o la profundidad no exceda el metro durante la estación de uso, lo mejor son los cruces naturales o vados. De todos modos, la primera consideración para elegir entre un vado o un puente debe ser la seguridad de los usuarios, y no la facilidad de construcción o el costo.

Dicho esto, si se puede elegir es preferible el vado porque es simple y rápido para construir y mantener, y prácticamente no tiene impacto visual.

Donde el flujo del arroyo sea bajo y no fluctúe mucho, use grandes piedras de paso; de otro modo, las piedras quedarán sumergidas o serán arrastradas. También, para que este método sea efectivo el fondo del arroyo debe ser sólido.

Para pequeños cruces de 3 a 5 m de ancho, puede ser suficiente un simple terraplén de troncos o un puente de mallín. Para el caso específico de cruce de arroyos, se debe usar doble tirante para proporcionar mejor superficie de pisada. Para puentes elevados 1 metro o más por encima del arroyo, o si la corriente es fuerte, construya un pasamanos.

Determine con antelación los niveles de inundación. Busque evidencias de la máxima crecida del agua, por ejemplo corteza erosionada en los árboles de la barranca, y depósitos de residuos del arroyo. Consulte a los residentes locales al respecto.

Ubique los vados en lo posible en sectores que tengan estas características:

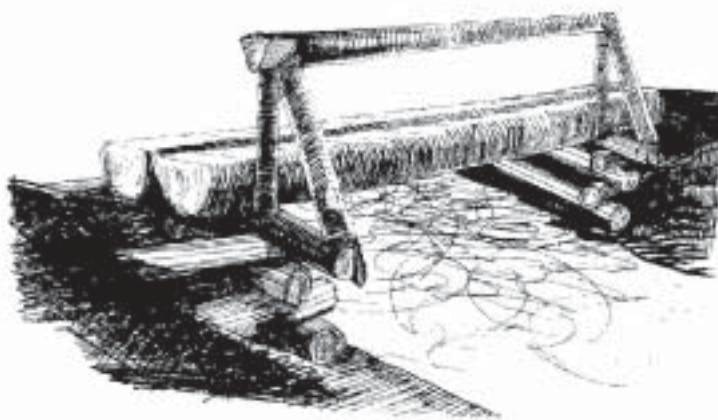
- ✓ un cauce bien definido
- ✓ un cauce angosto
- ✓ poca pendiente o gradiente en ese sector del arroyo
- ✓ contrataludes firmes o estables, a ambos lados del vado.

CONSTRUCCIÓN DE PUENTES DE TABLÓN SIMPLE

Los puentes grandes más comunes en los senderos son los de madera de tablón simple. Si ambas barrancas son suficientemente altas como para que los tirantes queden bien por encima de los niveles de inundación, no es necesario mucha pared de retención. Asegure los tirantes a un tronco de base en cada extremo, utilizando clavos de 10 ó 12 pulgadas. Ubique el tronco de base sobre una roca plana para prevenir la pudrición; este tronco –de ser posible- no debe estar en contacto directo con el suelo. Se pueden usar clavos apropiados para mantener el tronco de base en su sitio, si no es suficiente para eso el propio peso del puente.

Se pueden usar tablonés para construir tirantes laminados-triples de hasta 8 metros. Los tirantes laminados se hacen uniendo secciones en tres capas, como se ve en la figura. Una los tablonés usando al mismo tiempo clavos y adhesivo de construcción. Las uniones entre secciones laminadas nunca deben estar a menos de 60 cm entre sí.

Si se van a usar en vez de tablonés, materiales del lugar, use madera resistente a la pudrición, como por ejemplo coihue, para todo el puente, incluso los troncos de base. Saque toda la corteza. Si cree que la madera necesita algún tratamiento anti-pudrición, asesórese. Tenga mucho cuidado con los preservantes de madera; sus ingredientes suelen ser muy tóxicos y podrían ir a parar al arroyo. En caso que su uso esté aprobado, deben secarse los troncos tratados antes de instalarlos, y el tratamiento debe aplicarse sobre terreno seco –o mejor aún, fuera del área para evitar derrames o contaminación por spray-, para evitar que el preservante llegue al arroyo.



Otra alternativa es pintar las bases con brea.

A veces, una de las barrancas del arroyo es baja, y entonces se necesita una pared de retención para levantar el puente de ese lado. En otros lugares, puede ser necesario paredes de retención o pilotes en ambos lados. Los pilotes de roca son más durables que los de madera, pero requieren mucho esfuerzo y la habilidad de un experto, y pueden quedar como fuera de lugar en algunos ambientes. A veces se

pueden usar gabiones –“canastas” de alambre llenas de piedras- en vez de pilotes. Lo más común es usar pilotes de troncos.

Construya las paredes de retención con troncos de 20 a 25 cm de diámetro. Corte las muescas con hacha o motosierra en el lado inferior de cada tronco, para evitar que se acumule agua. Use clavos de 10 a 12 pulgadas y de 3/8 (diámetro) para unirlos entre sí.

Para agregar masa y fuerza, rellene la pared de retención con piedras de la zona o del lecho del arroyo, a medida que lo vaya construyendo. Tenga en cuenta que sacar rocas del arroyo puede cambiar el flujo del mismo, así que trate de evitarlo o hágalo sólo si está autorizado. Para protección adicional, pueden ubicarse grandes rocas a los costados de la pared, especialmente del lado que da aguas arriba. Use cuerda, o un tablón y un nivel de constructor, para que las dos paredes queden de la misma altura.

Después de que la pared de retención alcanzó la altura correcta, asegure el tirante al mismo usando grandes clavos o bulones galvanizados. El tamaño del tirante va a depender del tipo de madera y del largo del puente.

Debido a su longitud y peso, los tirantes son difíciles de mover y maniobrar. Use herramientas adecuadas. También ayuda poner pequeños trozos de tronco debajo de los tirantes, para hacerlos rodar. Cuando se han llevado los tirantes a la zona del puente, póngalos atravesando el arroyo; luego desplácelos hasta el lugar donde tienen que quedar. También puede ser útil hacer rampas de troncos para montar los tirantes sobre las paredes de retención.

El próximo paso es construir la superficie de pisada o entablonado; se puede hacer con troncos de poco diámetro (4 a 6 pulgadas), o troncos más grandes cortados al medio. Evite madera tratada para la superficie de pisada en puentes con pendiente o en lugares húmedos, porque es sumamente patinosa cuando húmeda. Si se tiene que usar madera tratada, agregue un tratamiento de superficie para aumentar la tracción o el agarre.

Para superficie de pisada es posible simplemente disponer dos o más tirantes trabajados para que queden planos por arriba, si los tirantes se disponen bien juntos

entre sí. Sin embargo, por lo general es mejor un entablonado. Deje pequeños espacios entre las tablas del entablonado –de $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$ de pulgada- para permitir drenaje del agua. Antes de poner el entablonado, ponga papel de aluminio por encima de los tirantes, para drenaje y para prevenir la pudrición. Si el puente cruza un arroyo torrencioso, o si se eleva más de 1 metro encima del arroyo, agregue una baranda de seguridad en uno o ambos lados. En algunos casos, se necesitan escalones o una pequeña escalerita en los extremos, debido a la altura de la pared de retención.

Para prevenir la pérdida completa del puente durante inundaciones, cablee un extremo de los tirantes a un gran árbol o roca, u otro anclaje aguas arriba. Si se llega a descalzar, un extremo va a flotar libremente y el puente va a terminar contra la barranca, más o menos intacto. Luego puede ser re-instalado, o al menos desarmado y rearmado en su sitio. Si cablea ambos extremos, el puente puede permanecer en su sitio pero endicar material de arrastre y eventualmente sucumbir completamente ante la fuerza de la inundación. No subestime la fuerza de un torrente cuando hay crecida fuerte.

OTROS DISEÑOS

La capacidad de carga de los tirantes fijos, generalmente limita la longitud de los puentes a 13 metros o menos. Para distancias mayores, se pueden usar una pared de retención central y dos “sub-puentes”. Esto va a funcionar solamente si los niveles de inundación son bajos y el caudal es lento; de otra manera, la pared central será destruida tarde o temprano.

La mayoría de los arroyos de más de 13 metros requieren puentes especialmente diseñados, tales como el puente de madera laminada (3 a 20 metros), el puente prefabricado de acero (6 a 55 metros), o el puente de suspensión, de madera (hasta 70 metros). Son todos extremadamente caros. También requieren la experiencia de un ingeniero y de expertos constructores.

Si aparece como inevitable construir un gran puente costoso, vea si no se puede usar en vez otro sendero o puente ya existente; a veces es mejor considerar la posibilidad de re-ubicar un sendero en lugar de embarcarse en proyectos caros y trabajosos.

CONSIDERACIONES SOBRE UBICACIÓN DE PUENTES

- ✓ La superficie para tránsito, debe estar por encima del nivel más alto de agua del año. Las ramas, hojas, barro y otros residuos arrastrados y que van a parar a la barranca pueden dar una indicación de la marca superior de agua.
- ✓ Barrancas estables: la mejor fundación para puentes es la roca madre. Las barrancas de tierra pueden necesitar pilares o refuerzos de roca o madera. Evite colocar puentes en o justo aguas abajo de una curva del arroyo o río, ya que allí la erosión de la barranca es más pronunciada.
- ✓ Barrancas cercanas entre sí: cuanto más angosto sea el cruce, obviamente más corto será el puente, requiriendo menos material y menos trabajo, y además serán menos susceptibles a stress estructural causado por el peso de los caminantes, caballos o la carga de nieve.
- ✓ Lugares soleados: La nieve y el agua de lluvia desaparecerán más rápidamente de un puente soleado.
- ✓ Sendero de aproximación aceptable: los senderos de entrada y salida deben proporcionar acceso fácil y a la vez ser estéticamente armonicos con el paisaje.
- ✓ Impacto ambiental: Un proyecto de construcción tan ambicioso como un puente puede tener importantes consecuencias en el ambiente circundante. Puede ser necesario cortar árboles, llevar troncos al sitio, excavar para ubicar pilotes. Todos estos aspectos deben ser cuidadosamente evaluados previamente.

DISPOSITIVOS ESPECIALES PARA CRUZAR ARROYOS

Como alternativa a los puentes, se pueden usar cables. En algunos lugares se encuentran pequeños receptáculos capaces de llevar una persona, suspendidos de un cable. El caminante se mete adentro, y tira de otro cable secundario para cruzar. El siguiente caminante trae de vuelta el carrito, tirando del cable, y repite el proceso. En otras situaciones, simplemente se disponen dos cables, uno por arriba del otro y los caminantes, con los pies en el cable de abajo y las manos en el de arriba, se van

desplazando. Ninguno de estos sistemas es fácil de usar para mucha gente, especialmente para grupos grandes o cuando hay niños o mascotas.

Cuando se deben cruzar grandes cuerpos de agua, la respuesta pueden ser los puentes construídos con pilotes. También se pueden construir puentes o balsas flotantes, pero deben ser sacados en invierno si se congela el agua. Deben usarse cables de anclaje. Use madera resistente a la pudrición, y asegúrese de que los elementos metálicos estén galvanizados o con antioxidante/anticorrosivo.

PLANIFICACIÓN PARA OTROS USOS

Si el sendero es sólo para caminar, construya su puente acorde a eso, para evitar usos prohibidos (p.ej. snowmóviles o bicicletas –dependiendo de cada caso). Para evitar usos indeseados, construya puentes angostos o disponga barricadas en cada extremo. También se pueden usar tranqueras o portadas para evitar el acceso al puente; son particularmente efectivas para evitar el ingreso de animales (ganado). Si el puente ha de ser utilizado por vehículos motorizados o animales, asegúrese de que su capacidad de carga y estructura lo soporten.

Los puentes suspendidos que sean fácilmente accesibles o estén ubicados cerca de rutas, necesitan cables anti-balanceo extras, afirmados a cada lado. Los grupos de niños pueden tratar de balancearlo de arriba abajo o de costado.

A veces puede ser ventajoso mantener la alta visibilidad del puente; otras veces puede ser más deseable usar técnicas para disimularlo (plantando, etc).

MANTENIMIENTO

Realice una inspección anual de todos los puentes y cruces de arroyos. Haga mantenimiento regular y reemplace los materiales que sea necesario. Revise toda la madera en cuanto a solidez, y píntela o trátela con preservante de ser necesario (tenga especial cuidado de no contaminar el agua). Ajuste los tablonos o barandas flojas. Para los puentes suspendidos, o más sofisticados, o cualquier puente que de romperse pueda causar heridas o daños serios a las personas, la inspección debe ser hecha por un ingeniero cualificado. Es aconsejable pintar los cables y partes de

metal con pintura anti-óxido. Conserve los planos o fotos de cada estructura, eso le va a ayudar en el mantenimiento y reparaciones.

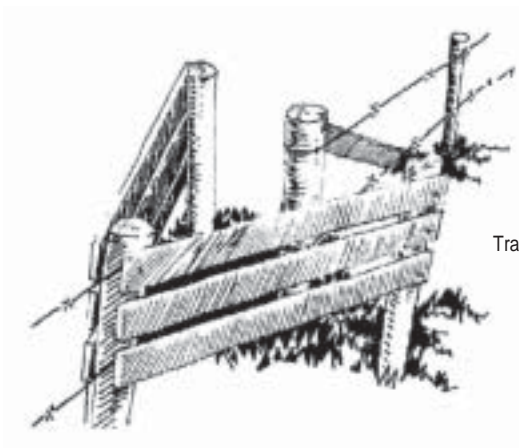
TRANQUERAS ESPECIALES

Se usan para atravesar alambrados sin dañarlos, o para evitar el inevitable conflicto producto de que siempre habrá alguien que se olvide de cerrar la tranquera tradicional. Las tranqueras especiales permiten el desplazamiento de los caminantes, y en la mayoría de los casos evitan el paso de animales y el uso no autorizado de vehículos.

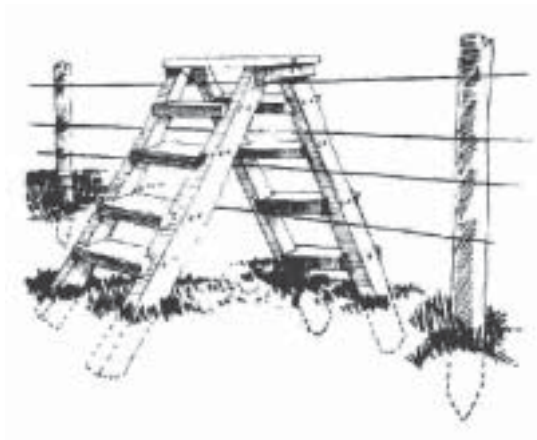


Tranquera de troncos enterrados

En el caso de alambrados eléctricos, cubra las secciones del alambrado cercanas a la tranquera con un pedazo de goma para proteger a los caminantes. Hágale un corte a lo largo y luego cálcela sobre el alambre. Use por ejemplo manguera de incendios de descarte para cubrir los alambres de púas y así evitar que las personas se enganchen.

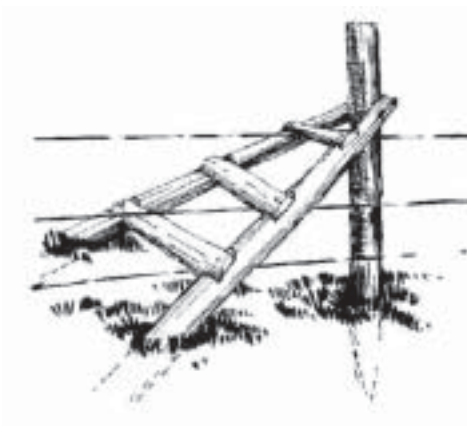


Tranquera en "V"



Tranquera con escalerita

Se ilustran varios modelos de tranquera. Para atravesar el alambrado en lugar de pasar por arriba, se puede usar el modelo "autogiratorio". Si hay animales domésticos que se quiere evitar que pasen, se puede usar el modelo en V; el brusco giro y el estrecho espacio de este modelo evitará a la mayoría de los animales el paso. Para contener a animales más pequeños, se puede poner un pequeño escalón, o una puertita con bisagra en el medio.



Cuando se trata de atravesar paredes de roca, se puede hacer una angosta abertura para los caminantes. También se puede construir una escalerita de rocas a ambos lados, pero esto es bastante trabajoso.



SENDEROS PARA BICICLETAS



En esta sección se tocan algunos aspectos a tener en cuenta en senderos para bicicletas. Para un tratamiento más completo, ver el material de McCoy & Stoner.

El primer concepto a tener en cuenta es que *no cualquier sendero es apto para bicicletas*. Si el diseño no es el adecuado y el piso no es resistente o no ha sido endurecido debidamente, las “mountain bike” **son capaces de producir importantes impactos**, así como de dañar fuertemente las estructuras de drenaje, y pueden ser poco compatibles con el uso del sendero por caminantes. En general, en nuestro medio, los senderos que se utilizan con bicicletas no han sido preparados para ello, y por consiguiente se producen o se potencian graves daños; las delgadas ruedas, desplazándose, frenando y girando a grandes velocidades, pueden ser fuertemente erosivas.

VISIBILIDAD

El sendero ideal para mountain-bike contiene giros y curvas a intervalos regulares. Como los giros y curvas constantes reducen la distancia de visibilidad, en estas condiciones la mayoría de los ciclistas circularán más despacio y aplicarán los frenos en forma consistente y con más suavidad. Los giros repentinos y cerrados precedidos por largas secciones rectas, pueden causar que los ciclistas claven los frenos, lo que puede provocar impactos sobre el sendero, y es peligroso para otros usuarios del mismo. Donde sea posible, proporcione giros amplios en las secciones de bajada.

En senderos con mucho tránsito, las distancias de visibilidad cortas pueden causar conflictos, mientras que distancias más largas le permiten a los usuarios estar mejor preparados para encuentros.

PENDIENTE DEL SENDERO

Trate de evitar las largas pendientes pronunciadas en secciones de bajada. Cuando los ciclistas van en bajada por pendientes pronunciadas, pueden clavar los frenos y bajar “patinando”. **Esto impacta mucho al sendero**, y se produce desplazamiento de rocas y suelo; también van a haber más riesgos y conflictos con otros usuarios.

En pendientes pronunciadas *en subida*, de 15 % o más, la mayoría de los ciclistas se bajan y siguen caminando, llevando la bicicleta con la mano. Por lo tanto, si un sendero para mountain-bike debe incluir pendientes pronunciadas y siempre y cuando el sendero pueda soportar el uso, incorpore las mismas en secciones de subida mejor que en las de bajada.

En los lugares donde ya se anticipe que los ciclistas van a bajarse y caminar, ensanche el sendero. De otro modo, van a caminar por el borde, ensanchándolo pero en forma espontánea o azarosa.

La pendiente de aproximación a intersecciones debe mantenerse debajo del 5 %, para minimizar conflictos e impactos causados por frenado repentino o "patinada".

Las ruedas de bicicleta pueden formar zanjitas en suelos húmedos o pobremente drenados. En pendientes pronunciadas estas zanjas canalizan el agua hacia abajo, con las consabidas consecuencias -profundización, erosión. Por lo tanto, deben redoblar las consabidas precauciones de diseño del sendero e instalación de estructuras de drenaje.

SUPERFICIE DEL SENDERO

Tradicionalmente, se tiende a despejar el sendero de barreras para crear superficies suaves y parejas. Sin embargo, este tipo de senderos permite que los ciclistas aumenten su velocidad y, en algunos casos, esto puede ser un problema. Dejar superficies algo naturales y más desperejas puede ayudar a que los ciclistas no vayan tan rápido.

Rocas que sobresalen un poco del suelo, raíces, lomitos, árboles caídos o pedregullo, son rasgos que ayudan a disminuir la velocidad de los ciclistas. A veces esto también es buscado por quienes quieren experiencias desafiantes. Eso sí, es bueno advertir de antemano sobre el tipo de sendero y sus dificultades.

BARRAS DE AGUA PARA SENDEROS DE BICICLETAS

La mayoría de los ciclistas no tienen problema en pedalear por encima de una barra de agua tradicional, pero es la barra la que sufre mucho el impacto de las

ruedas. Se ha diseñado un deflector de agua para senderos con mucho uso de bicicletas, consistente en dos tablas de madera (en lo posible tratada) de 2x10 pulgadas, cortadas a la longitud de una barra de agua, y que se abulonon junto con una tira de



goma dura o caucho, de $\frac{1}{2}$ x 13 pulgadas entre ellas. Las tablas se entierran en una trinchera para barra de agua, a una profundidad que permita que sobresalgan varias pulgadas de la goma. La goma desvía el agua tan eficazmente como una barra de rocas o troncos, pero se flexiona al paso de una rueda de bicicleta. Hay que revisarlas con frecuencia, porque si las tablas se desentierran son un peligro para los ciclistas.

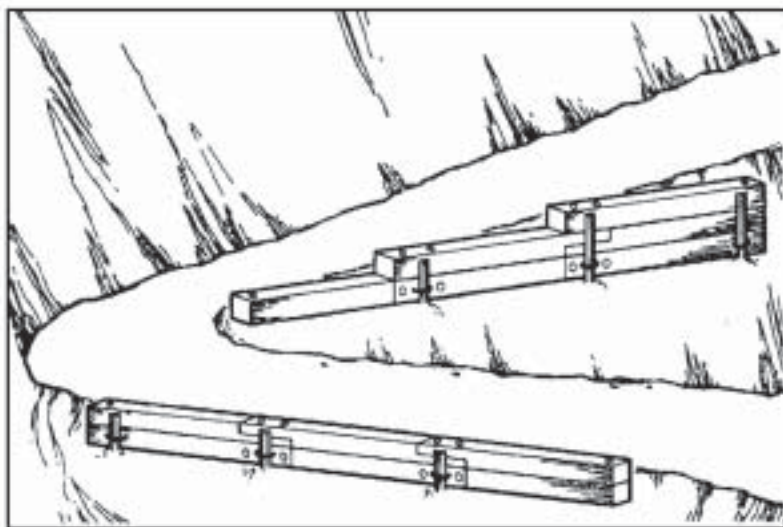
ZIGZAGS O CARACOLES

En los giros cerrados de los zigzags, los ciclistas suelen patinar y/o "colear". Cuando "colean", la acción de las ruedas puede empezar a provocar erosión en el ángulo externo del giro. Si este ángulo externo está pendiente-arriba, se puede desarrollar un punto de erosión tipo "ceja". Dejar vegetación cerca del borde o ubicar rocas y troncos en el mismo, puede hacer que los ciclistas no coleen tan ampliamente.

Si los ciclistas clavan los frenos para encarar los giros en bajada, la rueda trasera se arrastra al pasar por la esquina. Esto puede causar erosión laminar, que va

removiendo suelo y rocas de la superficie del sendero. Dejar una superficie despareja en estos giros puede ayudar a que los ciclistas disminuyan la velocidad. Ubicar barreras de troncos o rocas en las esquinas interiores de los zigzags también tiene ese efecto, evitando entonces que corten la esquina tomando un atajo, y estabilizando el suelo.

Una técnica que ha sido efectiva, es la construcción de pequeñas paredes de madera en los giros, que estabilizan el suelo y evitan que los ciclistas tomen atajos cortando en la esquina.



El radio de giro debe ser de por lo menos 2 metros si transitan caballos, para que éstos puedan girar en forma segura y fácil. El largo de la pared inferior depende de la magnitud de la erosión.

SECCIONES SERPENTEANTES

Algunos están reemplazando los zigzags por secciones serpenteantes en los senderos para bicicletas, debido a la patinada asociada a los zigzags. La sección serpenteante tiene una curva más gradual con un radio de giro más amplio, lo que

permite a los ciclistas patinar o frenar menos. El radio de giro más amplio también permite contener o soportar la tendencia de los ciclistas a “colear”. Como resultado, las secciones serpenteantes tienen menos problemas de erosión en ceba o laminar, que los zigzags.

Sin embargo, un problema es que los ciclistas entonces pueden ir más rápido que en los zigzags, lo que puede aumentar los conflictos con otros usuarios. Se debe decidir qué técnica usar en función del tipo y volumen de usuarios, y los posibles impactos ambientales. Si se convierte un zigzag a una sección serpenteante, el radio de giro debe ser ensanchado y se debe reconstruir el perfil del sendero, con un peralte inverso de 20 %. Se pueden necesitar estructuras de drenaje arriba y debajo del giro.

ESTRUCTURAS DE DRENAJE

- **CANALETAS COLECTORAS** Estas canaletas pueden ser peligrosas para los ciclistas, que al sacar por un momento la vista del sendero pueden ir a parar a la canaleta. Si no se las puede alejar del borde del sendero, mejor descartarlas y utilizar otras técnicas.
- **HONDONADAS DE DRENAJE** Como las hondonadas de drenaje no tienen rocas, troncos ni desniveles bruscos, son apropiadas y seguras, y los ciclistas por lo general no las rodean ni evitan.
- **BARRAS DE RETENCIÓN** La mayoría de los ciclistas tienden a rodearlas, en lugar de bajarse de la bici y caminar. Al ocurrir esto, se crean senderitos espontáneos que canalizan el agua por afuera de la estructura para luego retornarla al sendero. Esto aumenta los impactos negativos, y la barra de retención se torna ineficaz. Ubique barreras de rocas o troncos a los costados de la barra de retención para evitar que los ciclistas las rodeen. Asegúrese de que el agua pueda moverse libremente a través o alrededor de estas barreras sin agravar las posibilidades de erosión. Para motivar la cooperación de los ciclistas, ponga carteles con información que explique por qué rodear las barras de retención puede incrementar la erosión.
- **BARRAS DE AGUA** El pequeño desnivel que producen, y las rocas o troncos resbaladizos pueden desestabilizar a los ciclistas cuando pasan por encima de las

barras de agua. Por esta razón muchos ciclistas las rodean. Cuando sea posible, ya desde la misma construcción del sendero, trate de usar hondonadas de drenaje en vez de barras de agua. Si hay que hacer barras de agua, o si se está manteniendo un sendero ya construido, instale los deflectores de goma indicados más arriba en lugar de barras convencionales.

BARRERAS EN BORDE DEL SENDERO

Los ciclistas tienden a ir por el borde exterior del sendero para evitar raspar con un pedal contra la ladera. Pueden ubicarse barreras de rocas o troncos a lo largo del borde externo del sendero para evitar su erosión. Sin embargo, debe haber un ancho adecuado del sendero para que los ciclistas puedan pasar sin raspar el pedal. Debe dejarse un espaciado entre las barreras (p.ej. 2 m) para permitir drenaje.

CRUCES DE ARROYOS

Si se utilizan piedras de paso para los caminantes en arroyitos, ubíquelas un poco desplazadas hacia corriente arriba o corriente abajo, para dejar la vía principal libre para el paso de los ciclistas.

LIMPIEZA DE VEGETACIÓN DEL CORREDOR DEL SENDERO

Un aclareo excesivo permite a los ciclistas ir más rápido, así como abandonar el sendero en las curvas o esquinas. Donde sea apropiado, disminuya el ancho dejando vegetación cercana al borde del sendero. Sin embargo, la vegetación colgante o las ramas de árboles que se proyectan hacia el sendero, si son peligrosas deben ser removidas.

SENDEROS PARA CABALLOS

PENDIENTES

☞ Rango deseable de pendientes: 0 a 10 %

☞ Pendiente máxima (tramos cortos): 15 %



SUPERFICIE DEL SENDERO

La superficie de senderos para caballos debería ser bastante pareja. Las rocas y raíces que no se puedan cubrir deberían ser removidas.

EL IMPACTO DE LOS CABALLOS EN SENDEROS

*Los caballos son capaces de producir **mucho** más daño en senderos que los caminantes, **y esto fue demostrado científicamente**. En el Parque Nacional Great Smoky Mountains (Montana, EEUU) se realizaron en determinados tramos o sectores, pasadas reiteradas (dependiendo de las variables a medir, desde 25 hasta 1.000 pasadas) de caminantes, caballos y llamas respectivamente. Se midió el impacto sobre la cobertura vegetal (en sectores sin sendero) y sobre la erosión en senderos pre-existentes.*

El impacto de los caballos fue entre 6 y 10 veces mayor que el de las llamas o los caminantes.

LOS CABALLOS SON CAPACES DE PRODUCIR MUCHO MÁS DAÑO EN LOS SENDEROS QUE LOS CAMINANTES, y por lo tanto es importante que los senderos ecuestres se ubiquen exclusivamente en áreas con suelos resistentes a la

erosión. Donde no se pueda evitar atravesar suelo vulnerable, o donde el uso sea muy intenso, se necesita material superficial adicional.

El asfalto o el cemento -además de ser ambientalmente inapropiados en áreas silvestres- son demasiado duros para los cascos de los caballos. Las piedras sueltas y los chips de madera no se compactan bien, y son rápidamente desplazados por las pezuñas.

Es preferible usar virutas antes que chips, ya que forman una superficie más compactada que resiste la dispersión, retienen las partículas de suelo en el lugar y permiten la infiltración adecuada del agua superficial. También la grava, la piedra molida o el granito flojo o descompuesto mezclados con el suelo y bien compactados, pueden proporcionar superficies muy satisfactorias.

Posiblemente la mejor superficie para los senderos ecuestres con mucho uso sea una capa de piedra molida (piedra calcárea, arenisca y un poco de pizarra). En áreas con suelo arenoso, se puede mejorar la estabilidad mezclando también pequeñas cantidades de arcilla.

En suelos secos, se puede reducir el polvo agregando una capa de 25 mm de aserrín o viruta, ya que retiene la humedad.

ESTRUCTURAS:

Los *puentes* en senderos ecuestres deben ser bien fuertes, y la superficie para pisada bien segura. Si los caballos sienten que un puente es inseguro pueden empacarse, o asustarse y hasta hacer caer a los jinetes o lastimarse a ellos mismos.



Si se usan troncos para la superficie, deben ser planos ya que las superficies redondeadas son difíciles para que caminen los caballos. Cada tronco debe ser muy bien asegurado, no debe moverse.

Debe ponerse una gruesa capa de material encima de las *alcantarillas*, para que no se produzca un sonido a hueco cuando los caballos pasan; si no los caballos se pueden asustar por el sonido inesperado.

En pendientes pronunciadas, los caballos a menudo caminan por el *borde externo* del sendero y esto puede conducir a su desmoronamiento. Para evitar esto, se pueden ubicar cada tanto rocas, o troncos, a lo largo de ese borde externo; esto es efectivo para alejar un poco a los caballos del borde.

En los senderos para caballos, deben hacerse todos los esfuerzos posibles para evitar pendientes o situaciones que requieran *escalones*. Aunque los caballos son capaces de atravesarlos, muchos caballos o jinetes tratan de evitarlos. Puede ser preferible acondicionar cortos tramos (de hasta 30 metros) de hasta 40 % de pendiente si se los diseña muy bien, se los drena adecuadamente y se protege su superficie, en lugar de instalar escalones.

Si hay que instalar escalones, se siguen los mismos procedimientos que con los escalones pedestres de madera o roca. La única diferencia es que las secciones planas de descanso tienen que ser como mínimo de 48" (1,20 m), lo que permite que los caballos tengan por lo menos la mitad de su cuerpo en un escalón a la vez.

En los escalones para caballos, también hay que agregar material de relleno detrás de los escalones, resistente a la erosión, y barreras a lo largo del borde del sendero. Los cascos de los caballos crean rápidamente depresiones o pocitos detrás (después) de los escalones. Si se pone relleno resistente como pizarra, rocas o una mezcla adecuada de rocas y suelo, se puede mejorar considerablemente la durabilidad de los escalones. En cuanto a las barreras, por el motivo ya comentado de que los caballos muchas veces tratan de evitar los escalones, hay que disponer rocas o troncos a ambos lados, de manera tal que no se obstruya el drenaje. Estas barreras deben ser suficientemente contundentes, para que los caballos no se vean tentados de salirse del sendero.

ASPECTOS AMBIENTALES

PROBLEMAS

- El desgaste de las superficies y a lo largo de los bordes, es generalmente mucho mayor en los senderos usados por caballos que en los senderos solamente pedestres. Un grupo grande de jinetes pueden transformar un sendero húmedo en un barrial impresionante en cuestión de minutos. Una vez que un sendero se transformó en un barrial, se desencadena una espiral de daño ya que los caballos empiezan a transitar por los costados.

- Los caballos pueden causar un impacto significativo al cambiar la distribución y la sucesión vegetal en el área del sendero y las áreas donde pastorean. Introducen plantas exóticas a partir del alimento "importado", y las especies nativas frágiles son eliminadas por el ramoneo y el pisoteo.

"Tamaño de grupo máximo permitido: 12 latidos de corazon"....

En algunas áreas naturales protegidas, en lugar de fijar un máximo de personas ó de caballos por grupo, se unifica en el concepto "número de latidos": número total combinado de personas + caballos + otro animal de carga.

- Juntar el trekking y las cabalgatas en un mismo sendero trae sus problemas. A los caminantes no les gusta la bosta de caballo en el sendero o las áreas de acampe, y se ponen molestos cuando se ven forzados a salir del sendero por grandes grupos con caballos. También a muchos entusiastas de la naturaleza les disgusta el impacto ecológico causado por los caballos.

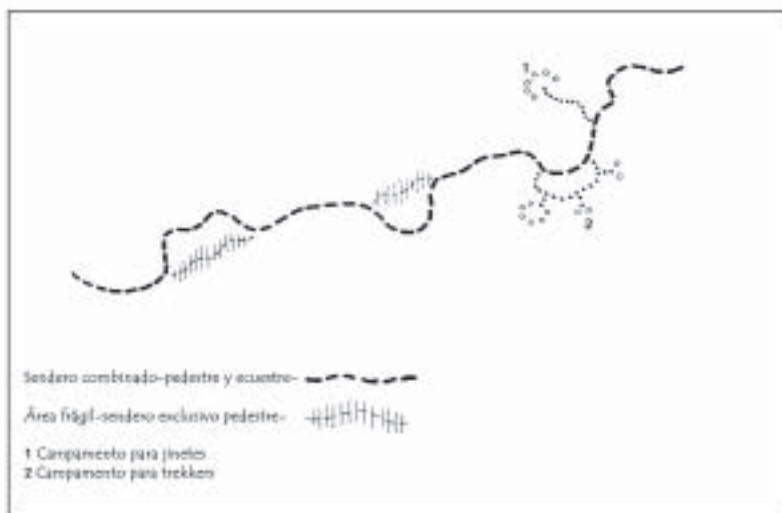
Por otro lado, muchas veces a los jinetes no les gustan los caminantes porque a veces bloquean el sendero y espantan a los caballos.

RECOMENDACIONES

- El tamaño de los grupos con caballos y el número de grupos, deberían ser regulados. Un límite frecuentemente utilizado es 12 jinetes.

- Debería prohibirse el acceso con caballos a áreas muy sensibles. Si se quiere dar acceso a esas áreas, debería ser a pie, y debería requerírseles a los jinetes que dejen sus caballos a la entrada de dichos senderos.
- No permitir que los caballos pasten a lo largo de los senderos ni en los lugares de acampe. Deberían ser manejados en corrales en las áreas de acampe, y alimentados con alimento llevado por los jinetes (pellets, alfalfa, etc).
- Todo grupo de cabalgata debería estar a cargo de una persona muy idónea y conocedora de las reglamentaciones y problemas ambientales vinculados a los senderos ecuestres.
- Allí donde se quiera mantener el carácter silvestre, no deberían mezclarse las cabalgatas con el trekking.

Donde desee combinarse o mezclarse la cabalgata con el trekking, se pueden reducir los conflictos separando los usos en áreas críticas. Se pueden usar loops o “rulos” para desviar el tránsito ecuestre allí donde el sendero atravesase áreas frágiles, y se pueden proporcionar áreas de acampe separadas.



RE-VEGETALIZACIÓN Y RESTAURACIÓN EN EL TRABAJO CON SENDEROS⁸

La restauración⁹ es lo opuesto del impacto: en lugar de dejar evidencias de nuestro paso por el ambiente, reparamos o eliminamos los efectos y el daño al paisaje. Es una manera que tenemos para arreglar algunos de nuestros abusos sobre la tierra. Es una ciencia y a la vez un arte, que implica el amor por el ambiente.

La restauración tiende a recuperar el habitat de la fauna, el agua limpia, una mayor diversidad de especies y ecosistemas más saludables. También es estéticamente valiosa, al permitir a los visitantes disfrutar de áreas prístinas en lugar de encontrarse con terrenos arruinados por el excesivo uso y el abuso. Sin embargo, la restauración no debe reemplazar al cuidado que se debe tener con el ambiente desde el comienzo. Pero cuando la conservación y la prevención del daño fallan, la restauración puede a veces hacer maravillas.

El arte y ciencia de la restauración aún está en sus comienzos. La efectividad de los métodos que se usan actualmente tal vez no pueda evaluarse hasta dentro de muchos años. A diferencia de otras acciones de manejo, que se pueden acelerar aplicando más recursos y más gente, es poco lo que podemos hacer para persuadir a las plantas de que crezcan más rápido. Las brigadas de trabajo muchas veces deben contentarse simplemente con saber que han creado las condiciones que posibilitarán que un mallín o un pedazo de bosque crezca de nuevo.

La restauración puede ir desde algunas acciones sencillas para borrar el impacto del campamento temporario de una brigada, hasta un proyecto de varios años para re-vegetalizar un mallín de altura denudado por pisoteo. Otros casos candidatos para restauración pueden ser:

- ☞ Líneas de combate contra incendios, o cortafuegos.
- ☞ Senderos que se quiera clausurar.
- ☞ Atajos en zigzags o caracoles.
- ☞ Senderos espontáneos no deseados.
- ☞ Restos de operación de una cantera.
- ☞ Redes y bifurcaciones de senderos en áreas húmedas o mallinosas.
- ☞ Sitios de acampe inapropiados.
- ☞ Áreas ribereñas denudadas por pisoteo o sobrepastoreo.
- ☞ Áreas taladas.
- ☞ Instalaciones abandonadas.

⁸ Con la colaboración de Juan Salguero.

⁹ Se realiza un tratamiento somero del tema, a modo de orientación. Para más profundidad o detalle, consultar la extensa bibliografía específica sobre restauración.

La restauración es en general una actividad prolongada y trabajosa. La decisión de restaurar un área debe ser tomada por personal especializado en manejo, y el trabajo debe ser cuidadosamente planificado. Hay que tener un panorama bien realista del tamaño de la tarea y su duración; debe haber un compromiso de continuidad, si no todo el trabajo fracasa.

RESTAURACIÓN Y PSICOLOGÍA DEL USUARIO

La restauración es en vano si al mismo tiempo no se previene o evita que siga ocurriendo el impacto que causó inicialmente el daño. Eso requiere ponerse en el lugar de los usuarios y evaluar las alternativas. Si, por ejemplo, se están re-vegetalizando sitios de acampe que no debieran volver a usarse, es necesario dirigir a los usuarios a áreas de acampe más aceptables. Si se va a clausurar un sendero a un lago o laguna muy popular, debe proporcionarse una ruta alternativa para llegar o ver ese lago.

En casos extremos, los planificadores pueden decidir que lo mejor es cerrar un área a ciertos tipos de uso (por ejemplo, alambrar áreas ribereñas para evitar que el ganado padezca demasiado cerca del arroyo), o prohibir toda actividad humana. Se pueden instalar barreras para evitar que los visitantes se instalen o pisquen justo en áreas en restauración. Las barreras pueden ser tan sutiles como rocas y troncos hundidos con el paisaje, o tan evidentes como marcas de "No pasar" y cuerdas con estacas. Los visitantes a menudo responden positivamente cuando hay carteles que explican las razones por las que se está trabajando y el rol que como usuarios pueden jugar al no ingresar a ciertas áreas.

MONITOREO DEL SITIO – REGISTRO DE INFORMACIÓN

Monitorear un sitio restaurado y llevar registro escrito permite juzgar la efectividad de las tareas. Un registro bien llevado acompañado por fotografías y mapas, revelará cambios que se dan a lo largo de meses y años, mucho mejor que la traicionera memoria humana.

Documente bien las ubicaciones de los sitios, para que en el futuro otras personas puedan continuar la labor que ha iniciado. Una buena técnica es la de los puntos fotográficos –lugares fijos desde los que se toman fotos idénticas, a lo largo de los años.

DISMINUYENDO EL IMPACTO DE LAS BRIGADAS DE TRABAJO

Uno de los objetivos de los que trabajan en restauración es hacer su trabajo de manera que sus propias acciones no causen daño en el sitio. Las técnicas de trabajo de bajo impacto pueden incluir:

- ☞ Establecer los senderitos o vías de caminata temporarias, en las áreas más durables. Limitar los movimientos de la brigada a aquellos senderos, protegerá otras áreas de la compactación. Use banderitas o marcas de plástico o tela para marcar esos senderos, y para señalar la ubicación de plantas frágiles.
- ☞ Ubicar los lugares de almuerzo, almacenamiento de herramientas, y otras áreas de actividad apartados del sitio de restauración, o en lugares que puedan ser reparados y restaurados al retirarse.
- ☞ Conservar y luego re-utilizar el suelo que se saca de las excavaciones, así como las plantas, troncos, rocas, hojarasca y otros materiales.
- ☞ Limpiar y re-naturalizar bien las áreas de trabajo al finalizar cada etapa de la restauración.

En algunos casos puede ser conveniente usar calzado de suela blanda, para evitar dañar la vegetación.

ALGUNAS CLAVES PARA LA RESTAURACIÓN

La posibilidad de éxito en la restauración de un sitio alterado depende de una cantidad de factores ambientales y de decisiones de manejo, que obligan a formularse una serie de preguntas antes de iniciar los trabajos:

1) La primer pregunta debería ser ¿qué “estado ecológico” se desea alcanzar con la intervención? ¿cuánto esfuerzo deseamos o estamos en condiciones invertir en el proceso de restauración?

Una vez que un sitio fue alterado drásticamente su recuperación posterior puede,

en algunos casos, llevar a diferentes “estados de equilibrio ecológico” de forma irreversible, con profundas modificaciones respecto de la estructura o de la composición de especies. En consecuencia, nuestras acciones podrán estar dirigidas a:

- crear condiciones adecuadas en el suelo para facilitar la recolonización por las especies originales, la que se dará “espontáneamente” sin intervención del hombre.
- Adecuar el suelo e implantar especies vegetales autóctonas, para acelerar el proceso de restauración de la vegetación, o para garantizar que la composición vegetal sea similar a la original.
- Minimizar únicamente el impacto visual, sin que importe la composición florística final.

2) Una vez definido el punto anterior deberá evaluarse el grado de modificación que ha sufrido el sitio respecto a sus condiciones originales: ¿se han alterado las características físico-químicas del suelo? ¿han variado las condiciones microclimáticas del sitio? ¿el sitio ofrece condiciones aceptables para el desarrollo de vegetación original?

El paso de personas por un sendero puede provocar la erosión del suelo, su compactación y con ello la pérdida de porosidad, de capacidad de retención de la humedad, la pérdida de mantillo y en consecuencia de nutrientes, etc. Todos estos son factores que, dependiendo de la gravedad, pueden restringir el restablecimiento o la viabilidad de las especies vegetales autóctonas. Si bien algunas especies se ven favorecidas por las nuevas condiciones del suelo (como algunas exóticas oportunistas o nativas colonizadoras como el retamo, los Baccharis, palo piche, vinagrillo, etc), otras no podrán desarrollarse en las nuevas condiciones y en consecuencia el suelo deberá ser “acondicionado”.

PREPARACIÓN DEL SITIO

El éxito o fracaso del trabajo de restauración, a menudo se resume en cuán bien se preparó el sitio.

Comience la preparación del sitio buscando signos de erosión y, si existen, descubriendo de dónde viene el agua y cómo se puede frenar o desviar. Los sitios con pendiente de 30 % o más generalmente requieren la instalación de estructuras

anti-erosión. El suelo compactado, como el que se encuentra en los sitios de acampe muy deteriorados, puede estar tan endurecido que el agua corre por encima, llevándose partículas de suelo con ella.

Una vez que se ha controlado la erosión, instale barreras visuales para camuflar el área y evitar que siga habiendo uso. Pueden ser útiles con ese fin rocas y troncos.

ROCAS: enterrar rocas en un sitio de restauración puede evitar que la gente siga usando un sendero o sitio de acampe clausurado. Al minimizar los efectos del viento, la nieve y la lluvia, la colocación de rocas puede ayudar al establecimiento de plantas en los sitios dañados, especialmente en las áreas de alta montaña. Las rocas a usar en trabajos de restauración deben ser grandes, y colocadas firmemente en la tierra de manera que los visitantes no se vean tentados a moverlas. También deben parecer una parte natural del paisaje.

TRONCOS: los troncos en descomposición son una parte del paisaje en la mayoría de los bosques. Grandes troncos colocados firmemente en los sitios de restauración pueden actuar como barrera física para evitar el acampe y el pisoteo, y al mismo tiempo establecen un ambiente favorable para el establecimiento de plántulas.

TRONCOS MUERTOS EN PIE: en ocasiones, se puede disponer un tronco verticalmente, como si fuera un tocón. Este truco es especialmente efectivo para bloquear un sendero clausurado o un atajo de un caracol. El tocón simulado debe ser firmemente enterrado, para contrarrestar las fuerzas del viento, la nieve y los visitantes.

TOMANDO PRESTADO DE LA TIERRA –CON DELICADEZA

Nunca altere un área para arreglar otra. En las regiones de alta montaña, donde la cicatrización de la vegetación y el suelo es muy lenta, en general es inaceptable “tomar prestado” material. Inclusive en áreas ricas y productivas que soportan la colecta de semillas, el desentierro de vegetación para trasplante, o la extracción de humus, suelo, madera en descomposición, piedras u otros materiales, no remueva más del 10 % de cualquier material, de un punto dado. Sacar más, puede comprometer o destruir ambientes.

PREPARACIÓN DEL SUELO

El suelo es un cuerpo dinámico que, como un organismo viviente, tiene propiedades físicas, químicas y biológicas.

DESCOMPACTACIÓN DEL SUELO: El suelo que está altamente compactado no puede absorber agua ni aire. Las raíces no pueden penetrar, y las semillas no pueden germinar. Descompactar y aflojar el suelo con un pico de hacha y zapa, pico o pala va a ayudar a que penetren el agua y el aire, y permitirá que crezcan las raíces de las plantas. Descompacte el suelo hasta una profundidad de unos 15 cm, pero no dé vuelta la tierra; mantenga la parte superior del suelo arriba.

AGREGADO DE SUELO: El agregado de suelo en un sitio en restauración puede mejorar la forma del terreno, y enriquecer el suelo empobrecido, con materia orgánica adicional. Siempre que sea posible, guarde el suelo orgánico que se extraiga en otros trabajos –como construcción de senderos, trabajos viales, desarrollo de sitios de acampe- e incorpore este suelo en los sitios en restauración. El método más efectivo para aplicarlo es mezclarlo con cada trasplante, o incorporarlo a una cama de semillas. El suelo “importado” debería ser similar en composición a la tierra del lugar. El suelo excavado de algún otro sitio puede ser almacenado sólo por unos seis meses a un año; luego pierde su integridad biológica.

El agregado de suelo también puede ayudar a restaurar el terreno a su forma original. Un buen ejemplo es el relleno de un sendero abandonado que había llegado a ser una especie de zanja, usando tierra fértil, o una combinación de suelo encima de una capa de rocas. El nuevo suelo borra la cicatriz del sendero y proporciona un ambiente para que la vegetación enraice.

Si no se dispone de suelo extra, considere la posibilidad de usar otras fuentes de material símil-suelo. A menudo, algunos animales excavadores dejan montículos al lado de las bocas de sus cuevas, y ese material es rico en nitrógeno y otros nutrientes. Como siempre, tome pequeñas proporciones del material que encuentre.

RE-VEGETALIZACIÓN DE LOS SITIOS

Gran parte del trabajo de restauración implica ayudar al establecimiento de nueva vegetación. Una parte clave del Plan de Restauración es decidir qué plantas usar y cómo obtenerlas. Analizar las comunidades vegetales adyacentes al área a restaurar puede ayudar a entender qué plantas crecen en un determinado ambiente y como están espaciadas. Otras claves para la selección y localización de las plantas pueden obtenerse en los sitios disturbados naturalmente, de las cercanías –avalanchas, áreas ribereñas inundadas, áreas quemadas, o áreas donde se han caído árboles por el viento. Note especialmente qué especies y con qué métodos han retornado las plantas nativas a esas áreas, y piense cómo se podrían reproducir esos procesos en el sitio a restaurar.

Como regla muy general (ya que hay innumerables excepciones), no plante en sitios abiertos especies que naturalmente crecen bajo dosel, y a la inversa, no plante bajo sombra especies que siempre crecen expuestas al sol. Si la especie tiene raíces profundas, no la plante en sitios donde el suelo se haya perdido casi totalmente y sea somero. Si la especie crece en sitios húmedos (arrayán, pitra o patagua, alerce) no la plante en sitios donde el suelo puede tener largos períodos de sequía.

Se debe tener especialmente cuidado con la época del año en que se realizará la plantación y cómo se realiza esta. Como regla general, debe garantizarse que el suelo se encuentre húmedo por varias semanas después de realizada la plantación ya que las plantitas no soportarán el estrés hídrico. En la región andino-patagónica, se aconseja no realizarla antes de mayo (en ese mes comienza el período de lluvias), ni después de septiembre (comienzan los meses con escasas precipitaciones). Nunca se debe plantar con el suelo congelado. Tampoco se debe exponer a las plantas a las heladas directas durante los días posteriores, ya que se pueden “quemar”.

Los métodos más comunes de re-vegetalización son por semillas, y por trasplante.

RE-VEGETALIZACIÓN CON SEMILLAS

Luego de que la preparación del sitio ha restablecido las condiciones adecuadas para el crecimiento vegetal (calor, agua, y suelo fértil y no compactado), se pueden introducir semillas nativas en un área dañada. La técnica más sencilla es aflojar el suelo en un sitio y luego dejar que las semillas de las plantas cercanas lleguen

espontáneamente y se establezcan. Aunque esto a veces funciona muy bien, también hay que considerar que es un método que depende de variables que el restaurador no puede controlar. Puede no haber suficientes fuentes cercanas de semillas. Aquellas semillas que efectivamente lleguen al sitio pueden tener bajas tasas de germinación y viabilidad, especialmente en suelos desnudos.

EL IMPACTO PROVOCADO POR UN SENDERO, puede haber afectado a la vegetación circundante, facilitando la entrada de radiación solar directa y con ello el aumento de la temperatura sobre el suelo en los meses de verano y una más rápida evaporación de la humedad; la llegada de heladas más fuertes durante el invierno que desagregarán la estructura del suelo; mayor exposición al viento, etc. Estas nuevas condiciones pueden afectar de diferente manera a las distintas especies vegetales. En efecto, las especies que se desarrollan bajo dosel (como el chin-chin, el maqui, maitencillos, chauras, etc) no soportan heladas directas cuando son renovales, otras no soportan la radiación directa del sol como la araucaria (en estado de renoval), el arrayán, el corcolén; o largos períodos sin humedad en el suelo como algunos helechos. Por ello deberá seleccionarse muy bien, cuáles especies se transplantarán en cada sitio.

Es más efectivo coleccionar semillas y plantarlas directamente en el sitio a restaurar, lo que a menudo se hace simultáneamente con la estabilización y perfilado del sitio, y el trasplante.

Colecte las semillas de áreas similares y lo más cercanas posible al lugar en el que se plantarán. Nunca plante semillas de especies no nativas (también llamadas introducidas o exóticas).

RE-VEGETALIZACIÓN CON TRASPLANTE

Los expertos de cada lugar seguramente conocen qué vegetación es apropiada para trasplante, y cómo hacerlo. En general, los pastos, hierbas, plantas que forman matas, y plantas con rizomas tienen las mejores chances para trasplante. Las plantas leñosas de tamaño mediano que han sido podadas de raíz también pueden trasplantar bien, aunque las leñosas con largas raíces horizontales, o que se encuentren en sitios secos deben dejarse donde están. Lo mismo puede decirse de las plantas con raíces pivotantes largas.

TRASPLANTE DE VEGETACIÓN NATIVA

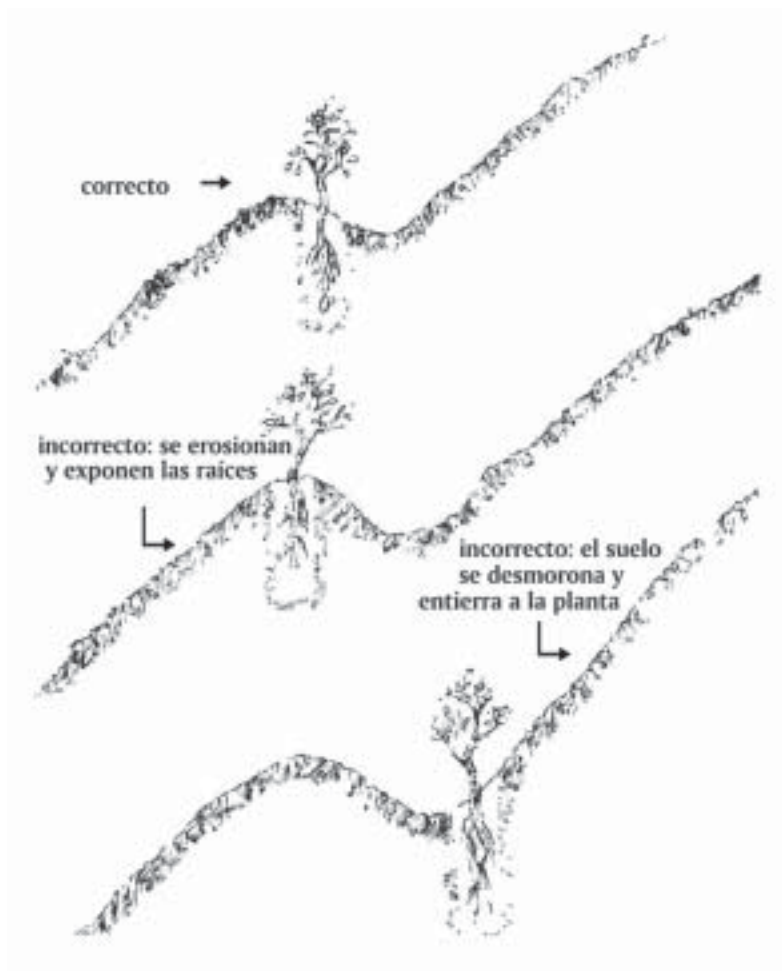
La mejor época para trasplantar es cuando las plantas están en dormición, aunque también se puede hacer en otros períodos siempre y cuando las plantas no estén en flor y si pueden ser bien regadas y puestas en sombra. La vegetación que se elija para trasplantar debería ser regada el día anterior, luego extraída temprano en la mañana o durante tiempo fresco o nublado. Con tiempo caluroso o si están bajo sol directo, el stress que sufren las plantas es mucho mayor. Lo mejor es trasplantar inmediatamente de haber extraído la planta. En Patagonia durante el otoño, con las primeras heladas, cuando el suelo ya está humedo; o en primavera temprana.

Comience el proceso haciendo el pocito que recibirá a la planta, luego levante cada planta o grupo de plantas. Para eso, use una pala e introdúzcala verticalmente alrededor del perímetro exterior de crecimiento de la planta o grupo. Corte las raíces laterales; si algunas son gruesas, córtelas con tijera de podar en vez de forzar la pala. Luego saque la pala, e introdúzcala una segunda vez, y luego haga suavemente palanca para levantar el pan de tierra con la planta. Luego, inmediatamente, trasplántela. ¡No deje que se sequen las raíces!

Hay muchas especies que no soportan que sus raíces estén expuestas al aire por tiempo prolongados. El ciprés y el notro, por ejemplo, son muy sensibles y en general se recomienda que sean trasladadas en envase y plantadas con terrón de tierra. Otras, como las fagáceas (coihue, ñire, lenga, roble pellín, raulí) pueden plantarse a raíz desnuda pero teniendo en cuenta que las raíces se mantengan envueltas en una arpillera para que siempre estén húmedas.

El pocito adonde va a trasplantar debe ser más o menos un tercio más ancho y más profundo que la masa de raíces. Mezcle un poco del suelo que sacó de este pocito con un poco de suelo de donde sacó la planta, y rellene el tercio de abajo del pocito. Si no alcanza, use hojarasca. Luego moje cuidadosamente el pocito con agua.

Centre la planta en el pocito. Si es necesario, acomode y recorte las raíces para que entren en el pocito, pero no las doble. Rellene el espacio que quede con una mezcla de suelo, hojarasca, y suelo del lugar de donde extrajo la planta. Presione un poco el suelo hacia abajo para estabilizarlo, para eliminar grandes agujeros de aire y para evitar que la planta sea despedida del suelo por la helada. Haga luego una pequeña depresión alrededor de la planta para que retenga agua.



La vegetación que se trasplanta en laderas de pendiente pronunciada debe ser correctamente ubicada

Proteja la base de la planta con una capa aireada de hojarasca. Esto ayuda a preservar la humedad en verano, y aísla la planta en invierno. Sin embargo, evite usar aserrín o chips de madera, porque estos materiales le “roban” nitrógeno al suelo a medida que se descomponen.



Los agujeros de donde sacó las plantas deben ser rellenados con suelo, y camuflados con hojarasca.

PROPAGACIÓN “IN SITU”

ACODO: El objetivo es formar un nuevo arbusto, enredadera o árbol en un tallo que aún sigue vinculado a la planta madre. Hasta que desarrolle sus propias raíces, la nueva planta recibe agua y nutrientes de la planta madre. Una vez que se establece, la planta nueva puede ser levantada y separada de la planta madre e instalada en el sitio a restaurar. Si se deja conectada a una planta madre que bordea un área de re-vegetalización, esta nueva planta ayuda a reducir el tamaño de un sitio de acampe o sendero clausurado.

Comience el proceso seleccionando una rama lateral saludable de una planta con muchos tallos y que esté desplegando crecimiento nuevo. Excave una trinchera de unos 15 cm de profundidad y doble parte de la rama para introducirla en la misma, dejando unos 15 a 20 cm de la punta brotada o con hojas, expuesta hacia fuera de la trinchera. Luego fije el tallito con una estaquita doble o alambre grueso doblado. Rellene con suelo, y agregue hojarasca alrededor de la nueva planta.

DIVISIÓN RADICULAR: Esta es una técnica simple para reproducir plantas herbáceas y gramíneas (pastos), cuando se tiene una provisión limitada de plantas madre. Las plantas que subdivida pueden llevar con ellas las raíces ya crecidas, microbios del suelo, y serán semilleros. Buenos candidatos para este procedimiento son las perennes con tallos múltiples, los pastos, o las plantas que producen raíces gemíferas (sacan brotes de raíz). No es apropiado para leñosas, plantas con raíces pivotantes o muy tuberosas.

Una vez que sacó del suelo una planta para subdividir, sepárela suavemente en varias partes o *macollos*, haciendo lo propio con las raíces y tallos. Algunas plantas se pueden separar fácilmente; en otros casos puede ser necesario usar una pala o palita u otra herramienta. Cada macollo se transformará en una planta que puede ser plantada en el sitio a restaurar. Siempre deje que haya suelo pegado a las raíces, y no deje que las plantas se sequen.

Como con otros aspectos del trasplante, el período en que se hace la subdivisión radicular es crítico. Las plantas que florecen tempranamente en la estación pueden ser separadas después de la floración, o en el otoño. Los pastos altos que florecen tarde, es mejor dividirlos al comienzo de la estación de crecimiento.

PODA RADICULAR: Esta es una manera de preparar vegetación leñosa en suelos no-rocosos, para un eventual trasplante, incrementando el crecimiento de las raíces. Un año antes de trasplantar, use una pala para cortar un círculo directamente hacia abajo y lo más profundo posible, alrededor de cada planta. El filo va a cortar las raíces laterales, estimulando nuevo crecimiento de raíces hacia adentro. Al año siguiente, la planta debería estar en condiciones ideales para el trasplante.

MANTENIMIENTO DE SITIOS RESTAURADOS

A menudo, para asegurar el éxito de la re-vegetalización es necesario el cuidado o mantenimiento a largo plazo.

RIEGO

Las plantas bien regadas pueden resistir a los insectos y enfermedades, y canalizar más energía hacia nuevo crecimiento –no sólo para sobrevivir y punto. La mejor hora para regar es a la mañana temprano. La alta humedad, aire calmo, sombra natural y bajos ángulos solares, todo contribuye a que las plantas absorban mejor el agua en las primeras horas del día.

El doble riego asegura la saturación de la zona radicular, acoplando una buena aplicación inicial de agua, con una más suave enseguida. Si las plantas son saludables y se aplicó hojarasca u otro material protector, la frecuencia de riego puede ser de sólo dos veces por semana. En climas excepcionalmente cálidos o ventosos puede ser necesario día por medio.

Sí o sí debe regarse bien para que el agua llegue profundamente. Si no, el agua no va a llegar a todo el sistema radicular, o puede forzar que las nuevas raíces crezcan hacia arriba, hacia la humedad disponible.

HERBÍVOROS

Un aspecto muy importante es la protección contra la herbivoría, porque algunas especies exóticas son especialmente dañinas y pueden arruinar todo nuestro esfuerzo. La liebre y el ciervo por ejemplo, recurren al ramoneo de renovales tiernos cuando la nieve cubre el suelo o las fuertes heladas impiden el pastoreo.

EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS SENDEROS

Como ya queda claro a esta altura del manual, los senderos bien hechos traen más beneficios que problemas -ya que protegen el ambiente al concentrar el tráfico de visitantes sobre un sustrato resistente. Pero hay una serie de impactos ambientales asociados a los senderos -producidos o acentuados por el mal diseño, falta de estructuras de drenaje, usos inapropiados y excesivos, o falta de mantenimiento. La tabla A resume las diferentes formas de impacto, y sus efectos ecológicos y sociales (de Marion & Leung, 2001).

Para corregir los impactos -aplicando las técnicas expuestas en este manual- es fundamental poder reconocerlos, y saber evaluar el estado de los senderos. La tabla B resume los principales *indicadores del estado del sendero* (de Marion & Leung 2001).

Forma de impacto	Efecto	
	Ecológico	Social
Erosión del suelo	Pérdida de suelo y nutrientes, turbidez del agua / sedimentación, alteración de la escorrentía -la erosión es el impacto más permanente	Aumento de la dificultad para caminar, degradación estética, seguridad
Raíces expuestas	Daño a las raíces, reducción de la salud del árbol, intolerancia a la sequía	Degradación estética, seguridad
Senderitos o pisos secundarios paralelos al principal	Pérdida de vegetación, suelo expuesto	Degradación estética
Suelo húmedo	Vulnerabilidad al encostramiento, aumento de la escorrentía	Aumento de la dificultad para caminar
Agua corriente	Aumento de la tasa de erosión	Aumento de la dificultad para caminar
Ensanchamiento	Pérdida de vegetación, exposición del suelo	Degradación estética
Senderos espontáneos no deseados	Pérdida de vegetación, fragmentación del hábitat de la fauna	Evidencia de disturbio antrópico, degradación estética

Tabla A

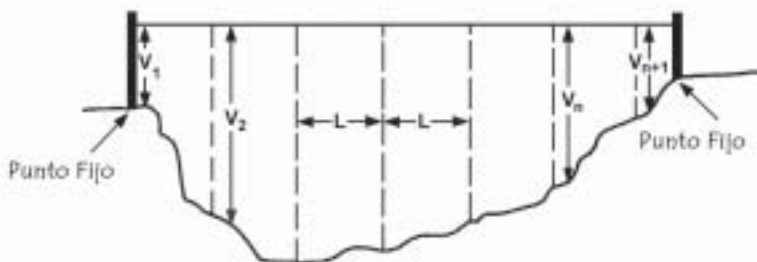
Tabla B

Indicador	Descripción
Tipo de Uso:	
Pedestre	Uso exclusivo por caminantes
Ecuestre/Pedestre	Uso abierto para caballos
Ancho	Ancho del piso del sendero, entre bordes definidos por cambios pronunciados en la altura de la vegetación del suelo, cobertura, composición, o hojarasca
Incisión Máxima Actual	Distancia máxima entre superficie del piso del sendero y línea imaginaria que une los bordes del sendero
Incisión Máxima Post-construcción	Distancia máxima entre la superficie del piso del sendero y una línea configurada para representar el nivel del terreno circundante inmediatamente después de la construcción del sendero
Senderos Informales	Número de senderos informales o espontáneos que salen del principal
Senderitos o pisos secundarios	Número de pisos de sendero paralelos al piso principal
Condición de la superficie del sendero:	Porcentaje del ancho del sendero, que está compuesto por las siguientes categorías:
Suelo expuesto (%)	Suelo expuesto de cualquier tipo, excepto roca y hojarasca
Roca (%)	Superficies rocosas naturales (no puestas); roca madre, rocas, rigo
Hojarasca (%)	Hojarasca y residuos orgánicos que alcancen a cubrir la superficie del sendero
Raíces expuestas (%)	Raíces expuestas de árboles o arbustos
Suelo barroso (%)	Suelos barrocos y húmedos en forma estacional o permanente

Tabla B

Indicador	Descripción
Cobertura vegetal (%)	Cobertura vegetal con sus raíces dentro de los límites de la superficie del sendero
Pendiente excesiva	El segmento tiene una pendiente mayor que el 20 %
Hondonada de drenaje:	Hondonada y berma, construida por el hombre, configurada para desviar agua del sendero
Muy efectiva / Parcialmente efectiva / No efectiva	
Barra de agua:	Estructura de madera o roca configurada para desviar agua del sendero
Muy efectiva / Parcialmente efectiva / No efectiva	
Erosión del suelo:	El segmento se ha erosionado por debajo de la superficie original post-construcción, en la cantidad especificada
30-60 cm / 61-90 cm / 91-120 cm / etc.	
Ancho excesivo	El segmento se ha erosionado por debajo de la superficie original post-construcción, en la cantidad especificada
90-180 cm / >180 cm	
Agua corriente en el sendero	Hay agua que corre por el sendero ("arroyito")

Quizá el problema más serio es la **erosión**. ¿Cómo medirla? Se puede medir en meses o años sucesivos, el área de la sección entre la superficie del sendero y una línea imaginaria tendida entre dos puntos fijos a cada lado del sendero. El cambio de esa superficie entre mediciones sucesivas documentará la *erosión* (si la superficie aumenta) o la *deposición* (si disminuye).



Después de ubicar los dos puntos fijos (p.ej. con varillas), estire un hilo o cinta métrica entre ambos. Estos puntos fijos deben estar suficientemente distanciados por si hay futuros ensanchamientos del sendero. Luego tome una serie de mediciones verticales de la distancia entre la línea (hilo) y la superficie o piso del sendero, y hágalo a intervalos fijos a través del ancho del sendero. Idealmente, deberían entrar unas 20 mediciones verticales. Las mediciones serán más precisas si (1) la línea o hilo está por encima de la vegetación o la microtopografía del borde del sendero, (2) se mantiene estirada, y (3) se usa un nivel o plomada para que las mediciones sean verticales.

Luego, con la siguiente fórmula se calcula la superficie debajo de la línea:

$$A = \frac{V_1 + 2V_2 + \dots + 2V_n + V_{n+1}}{2} \times L$$

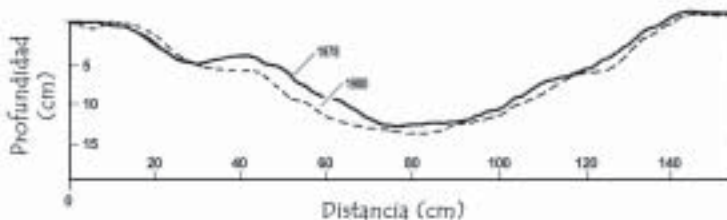
A = área de la sección

$V_1 \dots V_{n+1}$ = mediciones de distancia vertical

L = intervalo horizontal entre mediciones

Para repetir las mediciones después de un intervalo de determinados meses o años, tiene que utilizar los mismos puntos fijos y ubicar la línea exactamente a la misma

altura, y tomar las mediciones verticales a los mismos intervalos. Los resultados muestran los cambios a través del tiempo, de la superficie total de la sección del sendero. La figura siguiente muestra un ejemplo, comparando dos años -1978 y 1980.



Otro aspecto importante es ser lo más objetivo posible al evaluar expeditivamente la erosión. Muchas veces se anotan en hojas o planillas, evaluaciones de la magnitud de la erosión, pero ¡cuidado! porque lo que para una persona es “erosión leve” para otra persona puede ser “erosión grave”, dependiendo de las vivencias previas de cada uno, y de su percepción subjetiva. Aún cuando no se hagan las mediciones trabajosas ilustradas recién (superficie de la sección), la tabla C es un ejemplo que puede ayudar a tener un lenguaje común (de Summer, 1980, en Hammitt & Cole 1998).

☞ **En muchos senderos** que se utilizan hace largo tiempo, se puede producir un “acostumbramiento visual” a la erosión, y uno empieza a ver la incisión o depresión pronunciada donde está el sendero, como parte del paisaje. Inclusive en algunos senderos antiguos en el bosque, en los taludes que se forman como consecuencia de la pérdida masiva de suelo empieza a crecer vegetación o se acumula hojarasca, enmascarando la erosión -“todo parece natural”.

En esos casos, busque a los costados del sendero para ver dónde está realmente el nivel del piso circundante -a menudo la depresión es tan ancha que debe buscarse ese nivel alejándose un poco del sendero; lo que quede por debajo de ese nivel, en general *es suelo que se ha perdido* -y en la mayoría de los casos va a constatar para su sorpresa, **cuánto** se ha perdido!

Tabla C - Categorías de erosión en senderos:

Categoría de erosión	Significado
Mínima	No hay alteración marcada en el sendero; algo de rpio, grava y suelo se puede estar moviendo imperceptiblemente pendiente abajo; en sitios monitoreados, la incisión media máxima es de menos de 2 cm y el ensanchamiento es de menos de 25 cm
Baja	Hay algo de profundización y/o ensanchamiento del sendero; se pueden empezar a acumular guijarros y suelo a lo largo del borde del sendero; en sitios bajo monitoreo, la incisión media máxima es de 2 a 6 cm y/o el ensanchamiento es de 25 a 50 cm
Moderada	Hay profundización y ensanchamiento notables; las huellas de caballos tienen menos de 5 cm de profundidad; puede haber o no evidencias de movimiento de rocas y guijarros; el suelo y la vegetación están disturbados; en sitios bajo monitoreo, la incisión media máxima es de 6 a 8 cm y/o el ensanchamiento es de 50 a 100 cm
Alta	Profundización y ensanchamiento muy notables; las huellas de caballos tienen más de 5 cm de profundidad; rocas y guijarros se han movido de manera obvia pendiente abajo o más allá del borde del sendero; el suelo y la vegetación están alterados y se han movido pendiente abajo; en sitios bajo monitoreo, la incisión media máxima es mayor de 8 cm y/o el ensanchamiento es mayor de 100 cm

GLOSARIO CASTELLANO-INGLÉS

Se brinda la denominación en inglés de las estructuras y términos técnicos más usados, para facilitar la consulta de los distintos manuales existentes.

<i>CASTELLANO</i>	<i>INGLÉS</i>
ALCANTARILLA	Culvert
ARCILLA	Clay
ARENA	Sand
AZADA	Adz
BARRA DE AGUA	Waterbar
BARRA DE RETENCIÓN	Checkdam
BARRETA	Rock bar
BERMA	Berm
CALZADA	Causeway
CANALETA	Ditch
CANALETA DE DRENAJE	Drainage Ditch
CÁRCAVA	Gully
CONTRATALUD	Backslope
DRENAJE	Drainage
ENTABLONADO	Boardwalk
ESCALERA	Stair
ESCALÓN	Step
FORMÓN	Chisel
GUILLOTINA MANUAL	Lopper
HACHA	Axe
HACHA DE DOBLE FILO	Double bit axe
HONDONADA DE DRENAJE	Drainage Dip
INVERSIÓN DE PENDIENTE	Grade Dip
LADERA	Slope
LIMO	Silt

<i>CASTELLANO</i>	<i>INGLÉS</i>
MATERIAL DE ARRASTRE (LADO INTERNO DEL SENDERO)	Slough
PALA	Shovel
PARED DE RETENCIÓN	Crib wall
PENDIENTE	Grade
PERALTE	Outslope
PICO DE HACHA Y ZAPA	Cutter mattock
PICO DE PUNTA Y HACHA	Pick mattock
PICO DOBLE PUNTA	Pick
PIRCA	Cairn
PISO (SUPERFICIE) DEL SENDERO	Tread
PLATAFORMA (EN EXCAVACIÓN DEL SENDERO)	Bench
PUENTE	Bridge
SECCIÓN SERPENTEANTE	Climbing turn
SENDERO	Trail
SIERRA DE PODAR	Brush saw
TALUD	Slope
TERRAPLÉN	Turnpike
TIJERA DESRAMADORA	Pole saw
VADO	Water-crossing
ZAPA	Grub hoe
ZIGZAG (CARACOL)	Switchback

CRÉDITO DE LAS ILUSTRACIONES UTILIZADAS



Se señalan las páginas con las ilustraciones tomadas de cada fuente.

- Birkby R. 1996. *Lightly on the land - The SCA Trail-building and maintenance manual* - Student Conservation Association: 22, 36, 42, 54, 55, 57, 74, 75, 80, 81, 82, 86, 87, 90, 94, 97, 99, 105, 108, 110, 112, 124, 127, 128, 152, 171.
- Demrow C. & Salisbury D. 1998. *The complete guide to Trail Building and Maintenance* - Appalachian Mountain Club: 8, 65, 77, 78, 85, 88, 89, 90, 95, 96, 98, 101, 102, 103, 107, 108, 109, 114, 122, 142, 147, 148, 149, 179.
- Forest Service Alaska Region. 1991. *Alaska Region Trails Construction and Maintenance guide* - United States Forest Service: 69, 70, 72, 119.
- Forest Service Engineering Staff. 1984. *Standard specifications for construction of trails* - United States Forest Service: 73, 93, 111, 129, 130, 139, 140.
- Hammitt W. & Cole D. 1998. *Wildland Recreation - Ecology and Management*: 178.
- Hesselbarth W. & Vachowski B. 1997. *Trail construction and maintenance notebook*: 49, 59.
- Klamath District. 2000. *Trails Manual*: 27, 33, 54, 68, 83, 84, 92, 100, 113.
- Parks Canada. 1978. *Trail Manual*: 22, 25, 52, 53, 80, 160.
- Riter J. & M. 2001. *Trailbuilding basics*: 51.
- Stoner M. 1992. *Crib walls for mountain bike trails*: 153.
- Suárez de Castro F. 1979. *Conservacion de Suelos*: 17.

DISEÑO DE SENDEROS	7
Anatomía de un sendero	8
Formatos para diseño de sistemas de senderos	9
Acceso al sendero	9
EL MEDIOAMBIENTE Y EL DISEÑO DE SENDEROS	10
Características del suelo	10
Los mejores suelos para senderos	13
Indicadores de suelo para la evaluación en instalación de senderos	21
La pendiente	22
Topografía	25
PRINCIPIOS-GUÍA PARA LOCALIZAR BIEN UN SENDERO	31
TRAZADO	34
Marcando la línea	34
Organizando los datos del sendero	35
La medición de la Pendiente	35
Ubicación de los puntos de control	38
Mapeo de las líneas con las pendientes especificadas	38
Tendido de la línea preliminar en terreno	40
Tendido de líneas subsiguientes	41
Estaqueado de la ruta final, y creación de una hoja de construcción	43
Vegetación	44
CONSTRUCCIÓN	47
Preparación de la superficie	47
Excavación	48
Zigzags (o caracoles) y secciones serpenteantes	55
Protección del piso del sendero	60
RECONSTRUCCIÓN DE SENDEROS	61
Cuándo reubicar o reparar un sendero dañado	61
CONTOL DE LA EROSIÓN Y DRENAJES	63
Hondonadas de Drenaje	66
Barras de Agua	68
Ubicación	68
Instalación	71
de rocas:	74
de troncos:	75

de tierra:	77
Desagotes	77
Canaleta transversal o Drenaje abierto / Drenaje francés	78
Canaleta de drenaje	79
Drenaje de zigzags	79
Alcantarillas	80
Alcantarillas plásticas o metálicas	81
Alcantarillas de roca	81
Alcantarillas de madera	82
Lentes de Drenaje	83
Escalones	84
Escalones de Roca:	86
Instalación de los escalones de roca:	87
Limpieza:	90
Escalones de madera	90
Los escalones usados como “Barra de retención” en cárcavas	94
Paredes de retención con roca y troncos	95
Paredes de retención de Geotextil	99
Drenaje y Relocalización	104
Pircas	105
Escombros	106
Ramas	106
SENDEROS EN ÁREAS HÚMEDAS	107
Piedras de paso y Piso de rocas	107
Piedras de paso	107
Piso de rocas	108
Terraplenes	109
Terraplenes de roca	109
Terraplenes de troncos	112
Calzadas	113
Puentes de mallín	114
Puentes con troncos recortados	114
Instalación	115
Recomendaciones para Construcción de Puentes de Mallín	117
Sendero sobre base semi-permeable	118
Sendero Flotante	118

Sendero Estructurado	118
MANTENIMIENTO DE SENDEROS	120
Limpieza de drenajes	120
Mantenimiento de canaletas de drenaje	122
Mantenimiento de Barras de Agua	124
Mantenimiento de alcantarillas	124
Mantenimiento de puentes, terraplenes y entablonados	125
Mantenimiento de estructuras de roca	126
Mantenimiento en senderos bifurcados en terreno abierto	126
Senderos erosionados en laderas	128
Material de arrastre y berma en senderos de ladera	129
Mantenimiento de Caracoles o Zig-zags	131
Mantenimiento en senderos pantanosos	131
Limpieza de árboles caídos	132
Limpieza (clareo)	133
La técnica de la puerta	134
Ancho	134
Altura	135
Marcación	136
Pinturas	136
Marcas Plásticas o Metálicas	137
VADOS, PUENTES Y TRANQUERAS	138
Cruces naturales o vados	140
Construcción de puentes de tablón simple	141
Otros diseños	144
Consideraciones sobre ubicación de puentes	145
Dispositivos especiales para cruzar arroyos	145
Planificación para otros usos	146
Mantenimiento	146
SENDEROS PARA BICICLETAS	150
Visibilidad	150
Pendiente del sendero	150
Superficie del sendero	151
Barras de agua para senderos de bicicletas	151
Zigzags o caracoles	152

Secciones serpenteantes	153
Estructuras de drenaje	154
Barreras en borde del sendero	155
Cruces de arroyos	155
Limpieza de vegetación del corredor del sendero	155
<i>SENDEROS PARA CABALLOS</i>	<i>156</i>
Pendientes	156
Superficie del sendero	156
Estructuras:	157
Aspectos ambientales	159
Problemas	159
Recomendaciones	159
<i>RE-VEGETALIZACIÓN Y RESTAURACIÓN EN EL TRABAJO CON SENDEROS ...</i>	<i>161</i>
Restauración y Psicología del Usuario	162
Monitoreo del Sitio – Registro de Información	162
Disminuyendo el impacto de las brigadas de trabajo	163
Algunas claves para la restauración	163
Preparación del sitio	164
Preparación del Suelo	166
Re-vegetalización de los Sitios	166
Re-vegetalización con semillas	167
Re-vegetalización con trasplante	168
Trasplante de vegetación nativa	169
Propagación “in situ”	171
Mantenimiento de Sitios Restaurados	172
Riego	172
<i>EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS SENDEROS</i>	<i>174</i>
<i>GLOSARIO CASTELLANO-INGLÉS</i>	<i>181</i>
<i>CRÉDITO DE LAS ILUSTRACIONES UTILIZADAS</i>	<i>183</i>
<i>ÍNDICE</i>	<i>184</i>
<i>BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES UTILIZADAS</i>	<i>188</i>

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES UTILIZADAS

Las fuentes de texto e ilustraciones más utilizadas para confeccionar este manual se marcan con un asterisco*.

Birkby R. 1996. *Lightly on the land - The SCA Trail-building and maintenance manual* - Student Conservation Association, Seattle - 267 pág.*

Demrow C. & Salisbury D. 1998. *The complete guide to Trail Building and Maintenance* - Appalachian Mountain Club, 3rd Edition - Boston, Massachusetts - 246 pág.*

Forest Service. 1991. *Trails Management Handbook*. FSH 2309.18, United States Forest Service.

Forest Service Alaska Region. 1991. *Alaska Region Trails Construction and Maintenance guide* - United States Forest Service .

Forest Service Engineering Staff. 1984. *Standard specifications for construction of trails* - United States Forest Service, Washington - 105 pág.

Forest Service Engineering Staff. 1996. *Standard specifications for construction and maintenance of trails / Standard drawings for construction and maintenance of trails* - United States Forest Service, Washington - 108 pág. / 52 pág. (versión actualizada del de 1984) (disponible en www.fs.fed.us, incluso los dibujos en AutoCad)

Hammit W. & Cole D. 1998. *Wildland Recreation - Ecology and Management* - 2^a edición - John Wiley & Sons, New York - 361 pág.

Hesselbarth W. & Vachowski B. 1997. *Trail construction and maintenance notebook* - United States Forest Service - 139 pág. *Existe una versión en castellano, traducida por Marcelo Ochoa.*

Klamath District. 2000. *Trails Manual* - Colorado, EEUU.

Marion J. & Leung Y. 2001. *Trail resource impacts and an examination of alternative assessment techniques* - Journal of Park and Recreation Administration 19(3): 17-37.

- McCoy M. & Stoner M. 1992. *Mountain bike trails: Techniques for design, construction and maintenance* - Bikecentennial, Missoula, Montana - 18 pág.
- Parks Canada. 1978. *Trail Manual* - Ottawa, Canada.*
- Proudman R. & Rajala R. 1981. *Appalachian Mountain Club field guide to Trail Building and Maintenance* - 2nd Edition - Boston - 285 pág.
- Riter J. & M. 2001. *Trailbuilding basics* - IMBA (International Mountain Bicycling Association) - 19 pág.
- Romero, Claudio. 1994. *Relevamiento ambiental de las picadas de acceso a los refugios de montaña del Parque Nacional Nahuel Huapi* - Administración de Parques Nacionales - 27 pág.
- Schelhaus J. *Diseño, construcción y mantenimiento de senderos* - National Park Service, EEUU - 8 pág.
- Stoner M. 1992. *Crib walls for mountain bike trails* - United States Forest Service Technology & Development Program, Recreation Tech Tips - 4 pág.
- Suárez de Castro F. 1979. *Conservacion de Suelos* - Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica. 315 pág.
- Trails and Wildlife Task Force. 1998. *Planning Trails with Wildlife in Mind - A Handbook for Trail Planners* - Colorado State Parks/Hellmund Associates - 51 pág. (disponible en www.coloradoparks.org)
- Yarbrough G. 1996. *Informes a la Administración de Parques Nacionales sobre distintos senderos de los Parques Nacionales Nahuel Huapi y Los Glaciares (Cascada Los Alerces - Tronador - Bosque de Arrayanes - Península de Quetihue - Puerto Blest - Fitz Roy - Termas de Epulauquen).**



Administración de
APN PARQUES NACIONALES
www.parquesnacionales.gov.ar



SECRETARÍA *de*
TURISMO
PRESIDENCIA *de la* NACIÓN
www.turismo.gov.ar