

6.- Medidas para el control de la erosión

Para contrarrestar y disminuir los daños mencionados en el capítulo anterior se debe hacer un análisis y definir cual o que medida se debe tomar para cada caso; ya que existen tres medidas eficientes para el control de la erosión en determinados sitios como por ejemplo en los nuevos desarrollos. Con las medidas que se mencionaran se limita la cantidad de suelo erosionado, e indirectamente el proceso de sedimentación. El objetivo es dar realce a un sitio mediante el control de la energía, la velocidad y el volumen de las lluvias y sus escurrimientos.

Cada una de las tres medidas puede a su vez dividirse en temporales y permanentes. Las medidas temporales funcionan para duraciones que no sobrepasan el período de construcción. Algunas medidas del control de la erosión están diseñadas específicamente para funcionar durante períodos menores que la duración completa del proyecto. Su propósito es controlar la erosión solamente hasta que el área inmediata sea estabilizada, antes de que sean retiradas. Estas medidas temporales generalmente tienen bajos costos iniciales de instalación y altos costos de mantenimiento, debido a los materiales no durables que se emplean.

Las medidas permanentes tienen costos iniciales de construcción más elevados, los cuales son compensados por los reducidos costos de mantenimiento y la longevidad de la estructura. Los mayores costos son atribuidos a los materiales más durables y al detalle implicado en el diseño y construcción del dispositivo. El tipo de control seleccionado para el desempeño de una función determinada, se proporciona de acuerdo con el tipo de construcción y con las características físicas del sitio.

6.1- Medidas de ordenamiento tomadas en el sitio

Es de suma importancia en la ejecución del proyecto de desarrollo, utilizar medidas de ordenamiento administrativo del sitio programando las operaciones constructivas y jerarquizando las actividades que alteran las condiciones del terreno, logrando con ello una reducción considerable del potencial erosivo del sitio.

Las medidas de ordenamiento administrativo incluyen la identificación de tiempos específicos para la estabilización de áreas y el mantenimiento de los controles correspondientes.

En estas medidas se deben considerar las siguientes recomendaciones:

Recomendar un límite a la cantidad de área del terreno que será denudada en cualquier tiempo.

Recomiende la secuencia específica en la que se modificarán las áreas, así como la instalación apropiada de medidas para el control de sedimentos.

Recomiende un escalonamiento de las operaciones constructivas incorporando las dos recomendaciones precedentes.

Cite áreas específicas que deban ser inmediatamente estabilizadas debido al alto potencial de erosión o daño potencial que pudiera provenir de fuera del sitio, como pueden ser los taludes inclinados, los taludes largos moderadamente inclinados, las áreas próximas a los ríos o arroyos y las áreas cercanas a las colindancias del sitio.

Especifique un programa de mantenimiento para la inspección y limpieza de trampas de sedimentos y resumideros.

El constructor diseña su programa de construcción basándose en una secuencia lógica de eventos, este programa está sujeto a las condiciones del clima, a la disponibilidad de materiales y a los subcontratistas. El ingeniero debe recomendar una planeación por etapas de trabajos sobre el terreno o una jerarquización de las actividades constructivas, con el fin de planificar el control de sedimentos y el combate a la erosión; o bien, reunirse con el constructor/desarrollador para establecer la más adecuada jerarquización de actividades constructivas y una planeación por etapas del proyecto.

Es importante para el ingeniero y para el constructor/desarrollador diseñar desde el principio un procedimiento de ordenamiento administrativo del sitio que sea efectivo y operable.

Durante la ejecución de todo proyecto se debe limitar la superficie de terreno que se alterará, lo que es llamado limitación del área denudada, esto dependerá de que tanto terreno requiere el constructor para efectuar su tarea. Puede establecerse un límite superior siguiendo criterios locales de diseño. La cantidad de terreno que es trabajable sobre bases seguras para el constructor varía de proyecto a proyecto y de constructor a constructor.

En proyectos grandes o complejos un plan efectivo para el control de la erosión y de los sedimentos puede requerir una secuencia específica para la alteración que se hará de las diferentes áreas, a esto se le conoce como jerarquización de áreas alteradas, en adición a la limitación de terreno que puede ser alterada. Para esto se requiere que el ingeniero este familiarizado con el programa del desarrollador, con el fin de coordinar la secuencia de alteración de los terrenos con respecto a dicho programa, y a su vez, debe ser cuidadoso al detallar la secuencia del programa que sea más efectiva en costos. Normalmente la secuencia se diseña en forma tal que un área se estabiliza o se toman otras medidas de control antes de que la siguiente fase haya comenzado.

6.2- Medidas de estabilización de suelos

Las medidas de estabilización de suelos se dividen en dos tipos básicos, como son cubiertas sobre el terreno y estabilización de suelos mediante materiales químicos y sintéticos. La primera evita la erosión al absorber la energía de la lluvia, reduciendo la velocidad de flujo que viaja por tierra, incrementando la infiltración y ayudando a que el suelo retenga su humedad. Las cubiertas sobre el terreno incluyen varias del tipo vegetal tales como pastos, enredaderas, arbustos y árboles. Las esteras para el terreno incluyen el heno, virutas de madera y cortezas desfibradas. Se puede disponer de otros tipos de esteras orgánicas elaboradas con materias primas regionales. Otras formas de esteras son las mallas y las cubiertas, las mallas son tejidos pesados de tela uniformemente entrelazados elaboradas principalmente con hilo de yute y las cubiertas están hechas de materiales porosos biodegradables que se desenrollan sobre la superficie del terreno. Para que sean efectivas, las mallas y las cubiertas deben fijarse con seguridad al suelo que cubren y entrar en contacto con el.

El tipo de cubierta vegetal más preferida en aquellos lugares con suficientes lluvias es el pasto. Es la cubierta de terreno más fácil y rápida de instalar. Tiene bajos costos de mantenimiento en relación con otras formas de cubierta vegetales. Aunque la forma más fácil de obtener el pasto es sembrándolo, la guía y el trasplante son otros métodos que se utilizan para lograr una cubierta de césped. En áreas donde la vegetación no es práctica, un sustituto que puede emplearse son las esteras.

La estabilización de suelos mediante el rociamiento de materiales químicos y sintéticos enlaza a las partículas de suelo o protege a las semillas y a los brotes de ser barridos por el agua. Los cementantes del suelo son mas efectivos cuando son rociados sobre esteras orgánicas, evitando que las mismas esteras se desprendan y se las lleve el viento.

6.3- Medidas estructurales para el control de la erosión

Existen límites prácticos y económicos para lograr que las medidas del control de la erosión incorporadas en un sitio sean efectivas. La estabilización del suelo y los controles de la erosión mediante ordenamiento administrativo se complementan con medidas estructurales, ya que estos interceptan los escurrimientos antes de que corran sobre las áreas denudadas, o bien los desvían hacia un área de control después de que pasan sobre el área denudada. Existen otros tipos de dispositivos estructurales que obstruyen al escurrimiento con el fin de reducir su velocidad o detenerla para permitir que se depositen los sedimentos, los cuales se definen a continuación.

6.3.1- Bermas de desvío

Las bermas de tierra compactada estabilizadas con vegetación o mulch, desvían o interceptan los escurrimientos. Estas bermas se colocan sobre la rasante del terreno natural, al perímetro del área denudada. Sobre el lado elevado del área denudada, pendiente arriba, las bermas desvían el escurrimiento alrededor del área denudada, limitando el caudal que fluye sobre ellos. Las bermas localizadas a lo largo del perímetro, sobre el lado bajo del área denudada, dirigen los escurrimientos cargados de sedimentos hacia un área contenedora, la cual los filtra o permite que se depositen antes de que el escurrimiento sea liberado hacia corrientes naturales de agua.

Todas las bermas se compactan para aumentar su resistencia a la erosión y por razones de estabilidad. Las bermas proyectadas para funcionar por periodos extensos (mas de treinta días), deben también estabilizarse con vegetación para garantizar su durabilidad.

Las bermas se proyectan para coleccionar y redirigir flujos laminares. No poseen la resistencia estructural para mantener el ímpetu de un flujo no concentrado.

La pendiente longitudinal (paralela a la berma) sobre el lado del flujo, debe ser suficiente para garantizar un drenaje efectivo hacia el desagüe. Las inclinaciones longitudinales muy empinadas (mayores a 2%), dan por consecuencia velocidades excesivas que erosionan la punta de la berma.

La nivelación por detrás de la berma será necesaria para garantizar un drenaje adecuado, debido a que el subsuelo tiende a erosionarse mas rápidamente que los suelos superficiales, la nivelación debe limitarse lo mas que se pueda para evitar que se expongan las capas del subsuelo.

6.3.2- Canales de transporte

Un dique superficial por detrás de la berma asegura un drenaje efectivo para cantidades pequeñas de flujo concentrado. A medida que el flujo se incrementa se hace necesario un diseño más refinado, pudiendo servir en este caso el empleo de una sección transversal prismática (trapezoidal, parabólica, rectangular), en el que la velocidad de diseño coincida con el tipo de revestimiento del canal. Los canales excavados en tierra son más efectivos cuando se utiliza una sección transversal, trapezoidal, con taludes laterales menores que el ángulo de reposo del suelo saturado de los bordes. Para un diseño normal la práctica aconseja utilizar taludes máximos laterales de 2H:1V.

6.3.3- Drenes de talud

Cuando los flujos por detrás de las bermas de desviación generan velocidades altamente erosivas, deben utilizarse otros métodos de transporte del agua. Los drenes de talud temporales u otros tipos de caídas conducen el agua sobre la cara del talud sin provocar daño erosivo.

Los drenes de talud temporales consisten de tubos plásticos o de materiales geotextiles. Los drenes se instalan sobre la cara del talud y se anclan a él con firmeza. A la entrada del dren de talud, una berma desvía el escurrimiento que se presenta talud arriba hacia el dren, evitando que el flujo cubra y pase sobre la cara expuesta del talud sin estabilizar. La fuerza del agua que fluye a través del talud, junto con la componente vertical de la gravedad actuante sobre el mismo dren, provocan tensión en las juntas que unen las secciones del dren. Si las juntas no están conectadas y ancladas con firmeza se separarán. Cuando los drenes de talud fallan de esta manera, el daño erosivo es extenso y las reparaciones resultan bastante costosas.

6.3.4- Protección exterior

La protección exterior se utiliza en el extremo de la salida de un dren de talud, en el de una caída de agua pavimentada y en las salidas de los tubos y canales. Consiste de un delantal revestido estructuralmente u otro tipo de dispositivo que reduzca la erosión potencial corriente abajo, disipando el flujo de energía. Además, evita la socavación en la base del talud y bajo el extremo de la descarga del tubo de salida.

Dependiendo de la energía de flujo y de los materiales disponibles, el delantal (zampeado) puede hacerse con enrocamiento de protección (rip-rap), jabas de tela de alambre rellenas de piedras, concreto u otro tipo de material estructuralmente sólido, adecuado para las condiciones hidráulicas. Las salidas pavimentadas de los canales y los revestimientos vegetales constituyen otras alternativas que pueden ser empleados como materiales del delantal.

6.3.5- Barreras de retención

Las barreras de retención se utilizan dentro de los canales de transporte en los que un revestimiento permanente como el césped, el enrocamiento de protección, el asfalto o el concreto no resultan efectivos en costo; se hace como una medida temporal para reducir el potencial de erosión mientras que la vegetación este germinando; o bien, en canales y diques temporales en los que la longitud de servicio impide el uso de otros revestimientos. Las barreras de retención que típicamente son estructuras de piedra, se colocan dentro de canales y diques que atraviesan la trayectoria de flujo, pero no en corrientes vivas. Estas actúan como disipadores de energía creando una mayor resistencia al paso del agua y reduciendo por ende su erosibilidad.

Las barreras de retención consisten de agregados de rocas de 3/4" a 2 1/2" de diámetro para áreas de drenaje pequeñas y de 6" a 12" de roca de protección (rip-rap), para áreas de drenaje más grandes, colocadas sobre el lado localizado aguas abajo.

Cuando los niveles de corrientes son altos el agua puede estancarse por detrás de la barrera de retención y correr alrededor y sobre los bordos del canal. Esto ocasiona erosión de los bordos en cada extremo de la barrera.

6.3.6- El difusor de nivel

El difusor de nivel es un dispositivo que disipa la energía del flujo concentrado convirtiendolo en flujo laminar; es un canal amplio con un nivel de rasante que atraviesa la cara del talud del área estabilizada. El agua entra al difusor de nivel y se derrama uniformemente como flujo laminar sobre la boquilla inferior del talud. La rasante a través del difusor es plana y debe mantenerse así durante el lapso total de operación. El talud del terreno por debajo de difusor debe ser de 2H:1V o mas plano, con el fin de evitar que las velocidades de flujo laminar se vuelvan demasiado erosivas.

La producción de un flujo laminar uniforme requiere de una descarga uniforme sobre la boquilla. La acumulación de desperdicios, residuos y sedimentos dentro del difusor de nivel perturba la producción de un flujo uniforme. La inspección y limpieza frecuentes son necesarias para que el difusor opere de manera eficiente.

6.3.7- Montaje de una barrera filtrante y apilamiento de pacas de paja

Los controles de filtración (barreras de sedimentos) interceptan y filtran el flujo laminar, así como los pequeños volúmenes de flujo concentrados. Pueden ser utilizados como los únicos controles o bien acompañarse de trampas de sedimentos para aumentar su efectividad.

Las piedras, las pacas de paja y los materiales de filtro sintéticos son los dispositivos de filtración típicos.

El apilamiento de pacas de paja puede ser utilizado en vez de la barrera filtrante de tela. Las pacas de paja y las barreras filtrantes son efectivas para flujos laminares con velocidades lentas y pequeñas áreas de drenaje.

6.3.8- Protección interior

Resulta normal que para flujos y velocidades mas elevados, los dispositivos de filtración usen piedras para filtrar los sedimentos. Alrededor de las entradas de drenaje sometidas a flujos concentrados se utiliza un dispositivo de bloque y grava. Este dispositivo consiste de bloques de concreto y grava colocados alrededor de la entrada, una malla de alambre se coloca sobre los bloques y contra la malla, grava de 1" a 2" de diámetro. Este método de filtración puede emplearse en el bordillo de entrada, instalando allí una rejilla cuando sea necesaria una capacidad adicional contra inundaciones.