



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-308

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Aplicación del modelo RUSLE2 para estimación de erosión en taludes de carretera. Actuaciones de control

ROLDÁN SORIANO, M.¹

¹ Escuela de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid.

Resumen

La pérdida de suelo y los sedimentos producidos en los taludes de carreteras es un problema frecuente. Estos sedimentos pueden colmatar las cunetas de dichas carreteras, reduciendo su capacidad de evacuación de las escorrentías generadas en los taludes, dando lugar a los problemas derivados de la acumulación de sedimentos, lo que supone una inversión, en algunos casos, muy importante para su limpieza y recuperación de su función.

El modelo de RUSLE2, revisión y mejora de USLE y RUSLE1, permite estimar la pérdida de suelo y la emisión de sedimentos en laderas con topografía compleja, así como evaluar la eficacia de las medidas de control o reducción de esa pérdida. En este trabajo se aplica dicho modelo en la estimación de la erosión, pérdidas y emisión de sedimentos, en laderas complejas de taludes de carretera.

Palabras clave

Pérdida de Suelo, emisión de sedimentos, infraestructuras viales.

1. Introducción

Las actividades urbanas producen degradación del suelo y sedimentos. Se producen impactos tanto en el lugar donde se produce la degradación o pérdida de suelo, "on site", como en el lugar a donde llegan los sedimentos, "off site" (USDA NRCS, 2000).

Una de las actividades urbanas que degradan el suelo son las infraestructuras viarias que modifican las condiciones naturales del terreno. Para suavizar el trazado y la pendiente generan desmontes y terraplenes dejando en muchos casos la superficie del suelo al descubierto y con riesgo a erosión (Paisajes del sur SL/Bonterra Ibérica, 2012-2014).

El tipo de erosión que se produce en estas condiciones es una erosión acelerada como consecuencia de la alteración del suelo, modificación de su topografía y principalmente por dejar el suelo desprovisto de cubierta, dejando el suelo expuesto a la acción erosiva del agua (USDA NRCS, 2000).

Los impactos "on site", por la retirada de la capa superior del suelo con maquinaria pesada y la pérdida de suelo, son el principal problema producido por estas actuaciones. La desaparición de la capa superior del suelo elimina la capacidad de este para la existencia de nutrientes y regulación de escorrentías. La pérdida de nutrientes da lugar a suelos menos fértiles y por tanto con una capacidad menor para el establecimiento posterior de vegetación (USDA NRCS, 2000).

Los daños "off site" de los sedimentos son en algunos casos un problema serio en algunos lugares en construcción. En el caso de infraestructuras viales, la colmatación, por la salida de los sedimentos originados en el propio talud, reduce la eficacia de evacuación del agua de las cunetas.

Además de estos problemas se pueden producir problemas de seguridad vial por la reducción de la capacidad de desagüe de las cunetas y alcantarillas por lo que el agua y los sedimentos pueden terminar ocupando la calzada (Paisajes del sur SL/Bonterra Ibérica, 2012-2014).

Por otro lado, la reducción en la eficacia de evacuación del agua por las cunetas conduce a la necesidad de limpieza y mantenimiento de estas áreas y por tanto, a costes en la retirada de los sedimentos de las carreteras, caminos, cunetas, y sistemas de evacuación de agua. Además, otros costes de la erosión son transmitidos al público en general como son suelos degradados, ambiente contaminado, más escorrentía, necesidad mayor de riego, y estéticamente lugares menos agradables (USDA NRCS, 2000).

Los trabajos de limpieza de cunetas consisten en la eliminación de restos de vegetación, y de otro tipo de residuos, pero principalmente de los sedimentos originados en la superficie del talud. La mayoría de los trabajos de limpieza son manuales y con el empleo de maquinaria especializada. En muchos casos, cuando se realizan estas labores de limpieza es necesario restringir la circulación de los vehículos en la vía sometida a la limpieza, lo que supone además molestias a los usuarios de dichas vías de comunicación

Normalmente, la erosión que se produce por estas actividades afectan a una superficie generalmente pequeña, pero los problemas que se derivan de los daños ocasionados por la pérdida de suelo y los sedimentos deben de ser sufragados por la sociedad (USDA NRCS, 2000).

2. Objetivos

El objetivo general del trabajo es presentar el modelo de RUSLE 2 como una herramienta muy útil para estimar la erosión, pérdida de suelo y emisión de sedimentos, en taludes de infraestructuras viarias, y su utilidad para el diseño de su geometría, así como, de las medidas que en dichos taludes se podrían considerar para el control de dicha erosión hídrica.

3. Metodología

Para la consecución del objetivo del trabajo se ha utilizado el modelo de estimación de erosión de RUSLE 2 (www.ars.usda.gov/.../rusle2/) que permite estimar la pérdida de suelo y la emisión de sedimentos, debida a erosión en regueros y entre-regueros sobre lugares en construcción, y otras superficies sometidas a cualquier tipo de perturbación. La *“Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo Revisada, versión 2”* (RUSLE 2) es una revisión de la USLE, con la misma formulación, pero actualizando los factores y obteniendo otros a través de relaciones derivadas de nuevas teorías o investigaciones de erosión. Está basada en modernas teorías sobre procesos de erosión de disgregación, transporte y sedimentación de partículas del suelo, producida por el impacto de las gotas de lluvia y por escorrentía superficial, en regueros y entre regueros. En su cálculo requiere de variables climáticas, de suelo, topográficas, de vegetación y de medidas de gestión de cubierta y de prácticas estructurales de control de erosión. La RUSLE 2 ya está desarrollada en un programa de cálculo por ordenador en “interface Windows”, y a diferencia de sus predecesoras hace los cálculos a nivel diario y obtiene la cantidad de suelo disgregado y suelo que se pierde en una ladera así como la cantidad de sedimentos que se van de esa ladera. Obteniendo mediante integración la erosión a nivel medio anual. Toda la información y datos solicitados por el programa se recogen en su manual de usuario (Foster, G.R, 2004) así como, las bases técnicas, y formulación del modelo en la documentación científica (Foster, G.R (2005)

Su formulación es $A = R * K * L * S * C * P$; donde **A**, es la pérdida de suelo media anual (t/ha y año); **R**, factor de erosividad de la lluvia (MJ*mm/hora*ha); **K**, factor erodibilidad del suelo

($t \cdot h / ha \cdot MJ \cdot mm$); **LS**, factor topográfico; **C**, factor vegetación; y **P**, factor prácticas de conservación. En este trabajo se ha utilizado la Versión RUSLE 2 del año 2010 (www.ars.usda.gov/.../rusle2/).

La aplicación del modelo RUSLE2 se ha llevado a cabo sobre dos taludes de carretera, situados en la vía de servicio de la carretera M-501 en un tramo entre las localidades de Villaviciosa de Odón y Brunete, ambas pertenecientes a la Comunidad de Madrid.

El talud 1 se encuentra en las coordenadas UTM, X: 421.336 e Y: 4.468.596. El perfil del talud de la carretera se ha generado mediante desmonte y está formado principalmente por arenas francas con un contenido en materia orgánica muy baja y con una permeabilidad también baja. La pendiente del talud es de 55% y su longitud de 4m. La instalación y colonización de especies vegetales en este talud es muy difícil y el agua ha erosionado de forma intensa el talud y su base, por lo que en la cuneta se observó un volumen de sedimento proveniente del talud muy importante.

El talud 2 está situado en la misma carretera, en las coordenadas X: 420.746 e Y: 4.468.387. Las características del suelo desde el punto de vista de colonización e instalación de especies son mejores que en el caso del talud 1 pues en este caso el suelo se asemeja más a las condiciones naturales, durante el movimiento de tierras el suelo original retirada para perfilar el talud se extendió posteriormente sobre su superficie, considerándose un suelo de relleno, presentando una apariencia de suelo natural, y habiendo sido colonizado en parte de su superficie por especies vegetales espontáneas que cubren un % elevado de superficie. Las características del suelo son similares a las del talud 1 pero sin presentar decapitación. La pendiente del talud es del 85% y su longitud de 10m.

Para la asignación de la clase textural, requisito necesario para la obtención del factor K, se procedió a la toma de muestra del suelo superficial y mediante técnica de campo se obtuvieron las clases texturales para ambos taludes (Thien y Steven J, 1979). La textura considerada fue franco-arenosa.

En el modelo de RUSLE2 las opciones de manejo vienen recogidas por la vegetación, las operaciones en campo y por el tratamiento de residuos. Las opciones de manejo utilizadas en ambos casos es de "terreno altamente perturbado". En el talud 1, sin vegetación y sin restos así como retirada de la capa superficial del suelo. En el talud 2 debido a las condiciones mejores de suelo hay colonización de vegetación por lo que se consideró también la existencia de cubierta, considerándose una producción media de 740 lb/ha, con escasos restos vegetales. En ambos casos se introduce la opción de rotación 1 año cuando las condiciones no variarán de un año a otro. Para evaluar la reducción que en las pérdidas de suelo pudiesen suponer medidas de control, se modelaron algunas posibles medidas de las numerosas alternativas que podrían plantearse. Estas opciones se introducen en operaciones en campo.

En este trabajo los tratamientos que se modelizaron en cada uno de los taludes iban encaminados a controlar o reducir la erosión y por tanto, reducir la cantidad de sedimentos que se generarían. Las medidas planteadas en este trabajo van encaminadas, también, a mejorar la estabilidad del talud, crear una capa orgánica y fértil sobre el suelo y así favorecer la colonización e instalación de cubierta vegetal.

Una de las medidas consideradas ha sido la incorporación de M.O. ya que esta y los elementos finos son los responsables de la fertilidad, y de la mejora en la capacidad de infiltración de agua.

Debido a la importancia de tener una buena cubierta en los taludes se modelizan también, técnicas de bioingeniería. Dentro de estas técnicas de bioingeniería, con la siembra, hidrosiembra, y mantas y redes orgánicas, se consigue un recubrimiento del suelo que controla o evita la erosión y que se basan en la utilización de plantas vivas como elemento constructivo junto con otros materiales que pueden ser o no inertes y que pueden ser o no naturales o sintéticos.

En algunos casos debido a la baja fertilidad de los suelos, como es la situación de los taludes que nos ocupa, resulta conveniente el uso de prácticas que mejoren la capacidad del suelo para que las plantas puedan colonizarlo. En este trabajo la práctica considerada junto con la hidrosiembra ha sido la incorporación de compost de 25 mm (1 inch). La vegetación considerada y más recomendable para la estabilidad de los taludes son los pastos, que retienen la escorrentía, favorecen la infiltración y presentan raíces finas que dan una mayor cohesión y estabilidad al suelo

Otra técnica de bioingeniería modelada ha sido la instalación de manta orgánica, se sabe que las mantas orgánicas ofrecen protección al suelo y sirven de soporte en la instalación de cubierta. Ofrecen además una protección inmediata, controlan el efecto del impacto de la gota, y dificultan el movimiento de la escorrentía, por lo que reducen o controlan la erosión del suelo. Todo ello ayuda al establecimiento y enraizamiento de las plantas. En este trabajo se ha seleccionado manta de fibra de coco.

Por otro lado, el perfil del talud puede suavizarse, con pendiente no uniforme y con cierta concavidad, para darle una apariencia más natural y facilitar el asentamiento de vegetación (Paisajes del sur SL/Bonterra Ibérica, 2012-2014)

4. Resultados

El factor R, erosividad de la lluvia y su distribución mensual tiene un valor de 532 (MJ*mm/hora*ha) (Roldán, 2006), y el factor R_{10} tiene un valor de 340 (MJ*mm/hora*ha) (Roldán, 2010) la pantalla del modelo de RUSLE 2 relativa al clima se recoge en la figura nº1

Para el cálculo de la erodibilidad del suelo, factor "K", se ha seleccionado la opción de nomograma de RUSLE2, que ofrece el modelo (figura nº2), para su aplicación a suelos sometidos a una perturbación importante, como son los suelos en lugares en construcción, donde se haya modificado su capa superior o bien se haya eliminado, como es respectivamente en los terraplenes y desmontes de taludes, el valor de K obtenido es de 0.044 (t*ha*h/ha*MJ*mm)

El factor LS, factor topográfico, lo obtiene el programa con la pendiente del talud en % y la longitud del talud en m. En las figuras 3 y 4 se recoge la topografía correspondiente a los taludes 1 y 2 respectivamente.

En las figuras 5 y 6 se muestran las pantallas de las condiciones de manejo consideradas en los taludes 1 y 2 respectivamente, donde se recoge la información necesaria para obtener los resultados y algunos de los valores de factores del modelo. En algunos casos no se muestran valores de los factores porque el modelo de la RUSLE2 no visualiza los valores medios de los factores puesto que como se ha indicado en párrafos anteriores hace los cálculos diariamente.

En las figuras 7 y 8 se muestran las características topográficas de los taludes 1 y 2 respectivamente, que se han considerado para modelizar perfiles con pendientes suaves y cóncavas, y que se asemejen a ladera natural.

Las tablas 1 y 2 muestran los resultados de erosión en los dos taludes 1 y 2 respectivamente, en la situación actual y con las prácticas de control consideradas. La pérdida de suelo que aparece en la primera columna de la tabla se está refiriendo a la pérdida de suelo media en toda la longitud del talud. La segunda columna de pérdida de suelo en el tramo erosionante se refiere a la pérdida de suelo media en los tramos de talud donde se producen pérdidas. La última columna se refiere a la cantidad de sedimentos que salen del talud, las unidades de los tres valores resultantes están en t/ha y año.

La pérdida de suelo y emisión de sedimentos en el talud 1 en las condiciones actuales es de 28 t/ha y año y los sedimentos que llegan a la cuneta son 28 t/ha y año, los dos valores son coincidentes porque no existe ninguna práctica que controle la emisión de sedimentos (figura 3) La pérdida de suelo y emisión de sedimentos en el talud 2 en las condiciones actuales es de 37 t/ha y año y los sedimentos que llegan a la cuneta son 37 t/ha y año, y como en el caso anterior los dos valores son coincidentes porque no existe ninguna práctica que controle la emisión de sedimentos (figura 4).

Como se aprecia en ambas tablas las pérdidas de suelo y emisión de sedimentos coinciden en todos los casos, excepto en el caso en el que se modifica la topografía. Esto es debido a que el perfil que se propone como medida de control presenta un tramo cóncavo que hace que se favorezca la sedimentación en ese tramo y por tanto la emisión de sedimentos se reduzca. En los otros supuestos, con las medidas de control consideradas, se reducen las pérdidas pero la cantidad de sedimento que finalmente sale de la ladera coincide con la disgregación y pérdida en el talud.

5. Discusión

Comparando las pérdidas de suelo en los dos taludes, en las condiciones actuales se muestra que la erosión en el talud 2 es muy superior a la erosión que se produce en el talud 1. Estos resultados se deben a las características de diseño relacionadas con la topografía. Aunque el talud 2 presenta un % de cubierta de vegetación mayor que en el talud 1, el talud 2 tiene una pendiente y longitud de ladera muy superiores a las del talud 1. Esta circunstancia hace que el efecto de la topografía sea más relevante que la cubierta superior que se presenta en el talud 2. A estas condiciones desfavorables en el talud 2 hay que sumarles el hecho de que el suelo sea de relleno y por tanto muy perturbado y susceptible a erosión, esta circunstancia hace que la susceptibilidad sea muy superior a la del talud 1, con un suelo que aunque haya sido desmontado presenta una mayor resistencia a la erosión.

De todas las medidas de control de erosión consideradas, la modificación del perfil del talud para asemejarlo lo más posible a una ladera natural sería la opción más eficaz y ventajosa desde el punto de vista erosivo (tablas 1 y 2). Siempre que sea posible y como paso previo a otro tipo de actuación, se planteará la remodelación de la geometría de los taludes, intentando asemejarse a lo que podría ser una ladera natural, lo que permite reducir las pendientes y en algunos casos la longitud de la ladera. Con esta medida se puede llegar a reducir y en algunos casos eliminar los costes de tratamientos posteriores para mantenimiento o estabilización del talud y por tanto, todos los costes asociados a los problemas derivados de la degradación de taludes.

De las medidas de control en las que se ha mantenido una pendiente uniforme a lo largo de todo el talud, la más eficaz de las condiciones modelizadas en el trabajo es la de la instalación de la manta orgánica, aunque las mejoras comparativamente con las otras alternativas sean pequeñas, por lo que en estos casos habría que valorar también los costes que suponen las diferentes medidas a adoptar. Hay que resaltar que el factor que mayor influencia tiene en los casos estudiados es la pendiente del terreno que en los dos casos es muy acusada, aunque normalmente los taludes de carretera que se diseñan suelen tener pendientes muy elevadas. En las escasas referencias bibliográficas ([www.dot.ca.gov/.../rusle2/Web%203 Advanced%20RUSLE2](http://www.dot.ca.gov/.../rusle2/Web%203%20Advanced%20RUSLE2)) que sobre la aplicación de esta metodología a taludes de carretera se han encontrado, los resultados, en líneas generales, no discrepan de los obtenidos en este trabajo.

6. Conclusiones

El suelo es un recurso importante y limitado y a menudo se subestima o ignora en los lugares en construcción. La erosión y sus consecuencias asociadas, es un problema, muchas veces muy serio en dichos lugares y los efectos de la erosión en estas áreas se sufren en el lugar donde se produce y en los lugares donde llegan los sedimentos. La prevención de los problemas antes de que se produzcan es más fácil y menos costoso que su corrección posterior (USDA NRCS, 2000).

En los proyectos de obras o infraestructuras debería dedicarse una partida de los presupuestos para establecer las medidas de control más adecuadas según la obra, y las características del área afectada, con las que se controlarían los problemas de erosión y compactación de los suelos sometidos a esas obras. Con ello se conseguiría un suelo con su funcionalidad adecuada en las áreas urbanas, reducción de gastos de mantenimiento así como un impacto visual y ambiental negativos mínimos.

Sería conveniente cuando se hacen los proyectos de las infraestructuras viarias, hacer los diseños de los taludes de tal manera que la necesidad de actividades de mantenimiento posteriores fueran mínimas, por lo que se deberían de considerar medidas preventivas lo que ahorraría grandes cantidades de recursos humanos y económicos. En estas políticas preventivas se podrían incluir normativas, como existen ya en otros países, que exigiesen que los proyectos de infraestructura viaria fuesen acompañados por medidas de control de erosión, tanto en cuanto a las pérdidas de suelo en el talud (on-site) como a medidas de control de los sedimentos emitidos por el talud (off-site). Dichas medidas de diseño y de control son factibles realizarlas con modelos de erosión de última generación como es la RUSLE 2.

Con RUSLE 2 podrían diseñarse las geometrías de los taludes, en función de las características del lugar, más adecuadas para que los problemas derivados de su construcción no fuesen relevantes. En el caso de que las características del área o bien por otro tipo de circunstancias, económicas, de recursos, paisajísticas, etc., no se pudiese diseñar el talud con una geometría determinada, se podrían establecer con dicho modelo RUSLE 2 las medidas culturales o estructurales más ventajosas para controlar o reducir la erosión, y por tanto las actividades de mantenimiento o de restablecimiento y restauración de taludes.

En los taludes donde, una vez diseñados y en los que se aplique la RUSLE2, se valoren los resultados obtenidos y se considere que los problemas de erosión sean despreciables y por tanto no se produzca pérdida de suelo y sedimentos que pudiesen aterrar las cunetas, se podrá considerar innecesario el planteamiento de medidas de control de erosión. En el caso de que en estos taludes sea difícil la colonización natural de vegetación podría plantearse desde un punto de vista estético o paisajístico el estudio de la instalación de cubierta acompañada de las actuaciones que sobre el suelo hiciesen que esa vegetación prosperase.

Con RUSLE 2 se pueden considerar una gran cantidad de posibilidades de medidas de control o de reducción de pérdidas. Cada lugar debe de estudiarse individualmente ya que las características del clima, suelo, topografía y cubierta son distintas y por tanto, su respuesta a las actuaciones también. (USDA NRCS, 2000). Todos los aspectos anteriormente indicados son considerados por el modelo de RUSLE2

La elección de la solución también dependerá de las condiciones asociadas al proyecto como espacio disponible, plazo de ejecución, impacto ambiental, presupuesto y sobre todo de las características del talud (pendiente, longitud, suelo, clima). Los elementos o actividades que se propongan deberían integrarse en el paisaje para que los impactos negativos fuesen reducidos.

Finalmente, se concluye que RUSLE 2 es una herramienta muy útil y flexible para la cuantificación de la erosión, tanto en lo relativo a pérdida de suelo como a emisión de sedimentos en laderas.

RUSLE 2 permite diseñar y modelizar la topografía más adecuada de una ladera de talud para que la degradación del propio talud y la emisión de sedimentos sean mínimos, y por tanto la colmatación de cunetas y los daños asociados no sean un problema.

7. Bibliografía

FOSTER, G.R; 2005. Revised Universal Soil Loss Equation, version 2 (RUSLE2). Science Documentation. USDA-Agricultural Research Service. 286 pag. Washington, D.C.

FOSTER, G.R; 2004. Revised Universal Soil Loss Equation, version 2 (RUSLE2). User's reference Guide. USDA-Agricultural Research Service. 286 pag. Washington, D.C.

PAISAJES DEL SUR SL/BONTERRA IBÉRICA; 2012-2014. Manual de Técnicas de Estabilización Biotécnica en Taludes de Infraestructuras de Obra Civil. Instituto de Agricultura Sostenible, CSIC., SL, Proyectos I+D+i.). Universidad de Córdoba.

ROLDÁN, M.; 2006. El poder de la lluvia. Características de la precipitación y erosividad. Nueva Formulación para la estimación de la erosividad. Aplicación al cálculo del factor "R" de la USLE. Serie Técnica dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente. 125 pag. Madrid.

ROLDÁN, M.; CARRERO, L.; DE SALAS, L.; 2010. New methodology to determinate the erosivity Factor (R_{10}) for application of RUSLE in Spain. 10th International Precipitation Conference Coimbra (Portugal).

THIEN, S. J. 1979. A Flow Diagram for Teaching Texture-by-Feel Analysis, *Journal of Agronomic Education*. Vol. 8, pp. 54 – 55

USDA NRCS; 2000. Erosion and Sedimentation on Construction Sites. *Soil quality-Urban Technical Note*. N° 1.

www.ars.usda.gov/.../rusle2/.

www.dot.ca.gov/hq/oppd/stormwtr/index.htm

www.dot.ca.gov/.../rusle2/Web%203_Advanced%20RUSLE2

Tabla 1. Resultados de Pérdida de suelo y Emisión de sedimentos en el Talud 1, en la situación actual y con las medidas de control.

TALUD 1		Pérdida de suelo media (t/ha/año)	Pérdida en tramos erosionantes (t/ha/año)	Emisión de sedimentos (t/ha/año)
Sin actuación	Situación actual	28	28	28
Medidas de control	Compost 1 "inch"	11	11	11
	Hidrosiembra	12	12	12
	Manta orgánica	10	10	10
	Pendiente no uniforme	1.4	11	2.3

Tabla 2. Resultados de Pérdida de suelo y Emisión de sedimentos en el Talud 2, en la situación actual y con las medidas de control.

TALUD 2		Pérdida de suelo media (t/ha/año)	Pérdida en el tramo erosionante (t/ha/año)	Emisión de sedimentos (t/ha/año)
Sin actuación	Situación actual	37	37	37
Medidas de control	Compost 1 "inch"	29	29	29
	Hidrosiembra	29	29	29
	Manta orgánica	27	27	27
	Pendiente no uniforme	0.87	9.7	0.72

The screenshot shows the 'Climate: MADRID' software interface. It includes several input fields and a table of monthly climate data.

Input parameters shown:

- How get erosivity distribution? Enter monthly R values
- R Factor, SI: 532
- In Req area?: No
- R Equiv. SI: 1400
- How determine runoff? based on 10-yr EI
- 10-yr 24-hr rainfall, m: 0.076
- 10 year EI, SI: 340
- Annual precip, m: 0.43

Monthly Climate Table:

Month	Avg. temp., deg C	Month precip., m	R values, SI	Eros. density, SI eros. / mm ppt
Jan	6.3	0.036	34	0.963
Feb	7.9	0.036	39	1.11
Mar	11	0.022	20	0.905
Apr	13	0.050	57	1.14
May	17	0.050	60	1.20
Jun	22	0.022	21	0.960
Jul	26	0.016	20	1.28
Aug	25	0.011	11	0.955
Sep	21	0.025	31	1.25
Oct	15	0.047	65	1.38
Nov	9.9	0.057	100	1.76
Dec	6.9	0.055	72	1.30

Figura 1. Datos de Clima y Valores de R y R₁₀

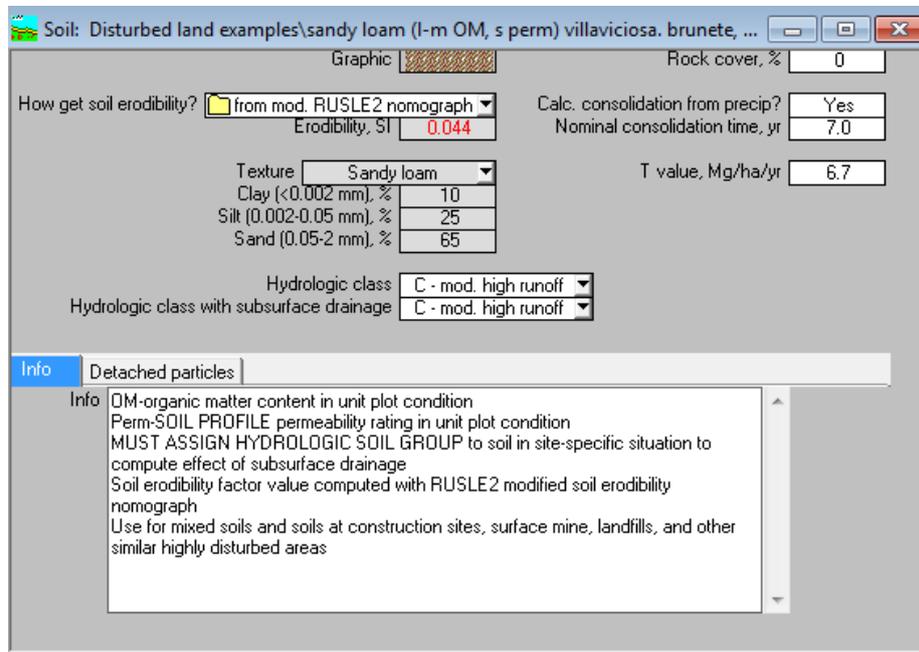


Figura 2. Datos de Suelo y Valores de K

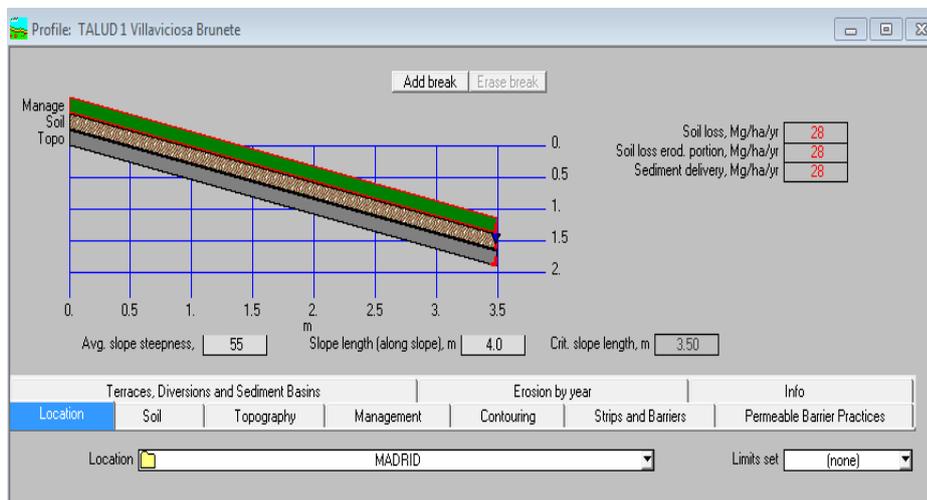


Figura 3. Características topográficas y resultados de erosión en Talud 1

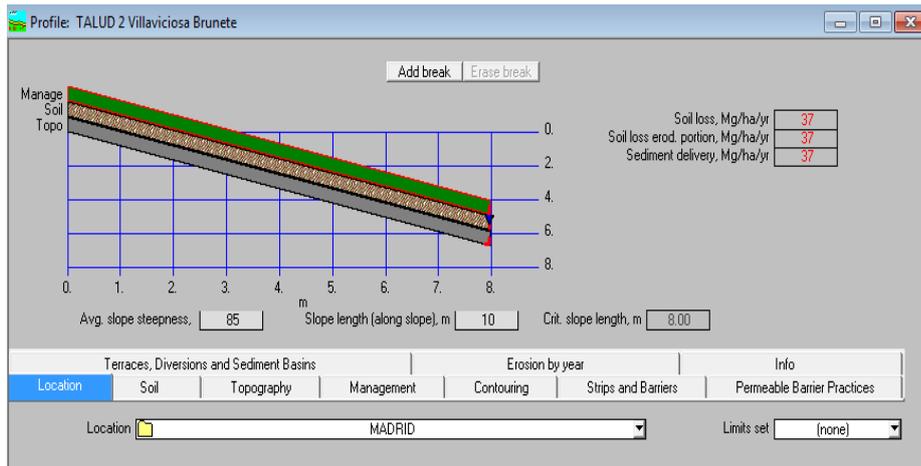


Figura 4. Características topográficas y resultados de erosión en Talud 2

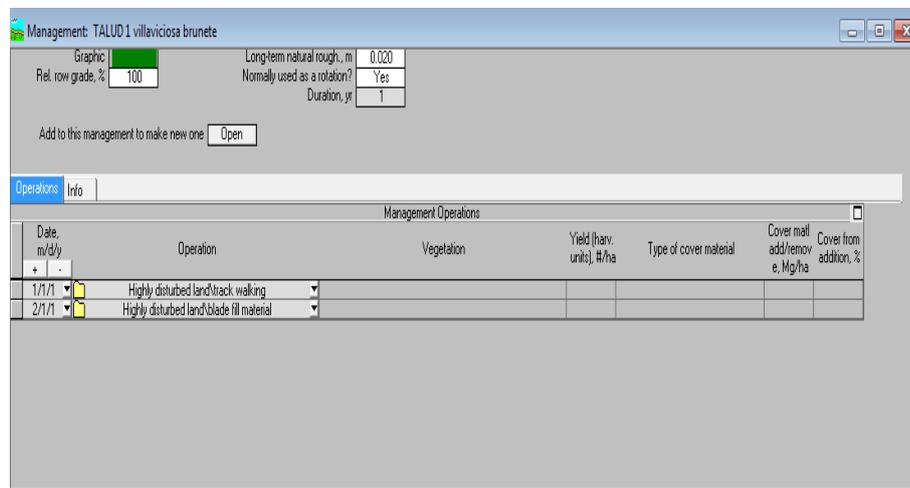


Figura 5. Condiciones de manejo-operaciones-residuos en Talud 1

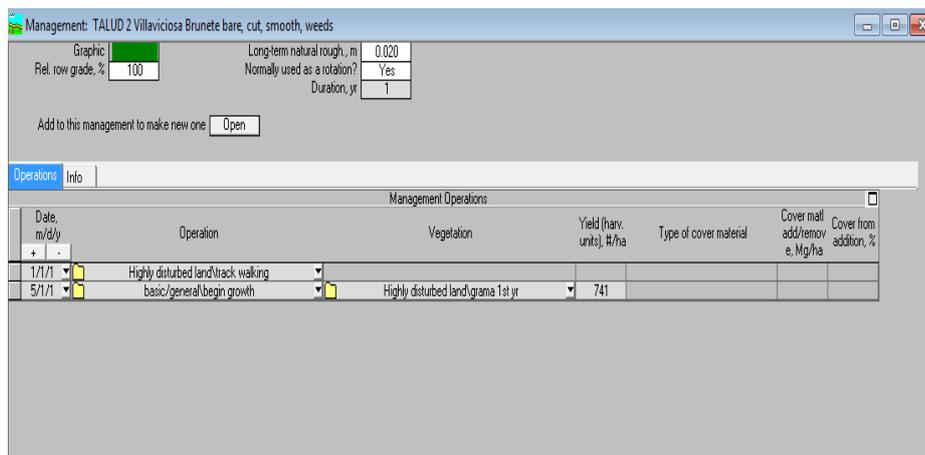


Figura 6. Condiciones de manejo-operaciones-residuos en Talud 2

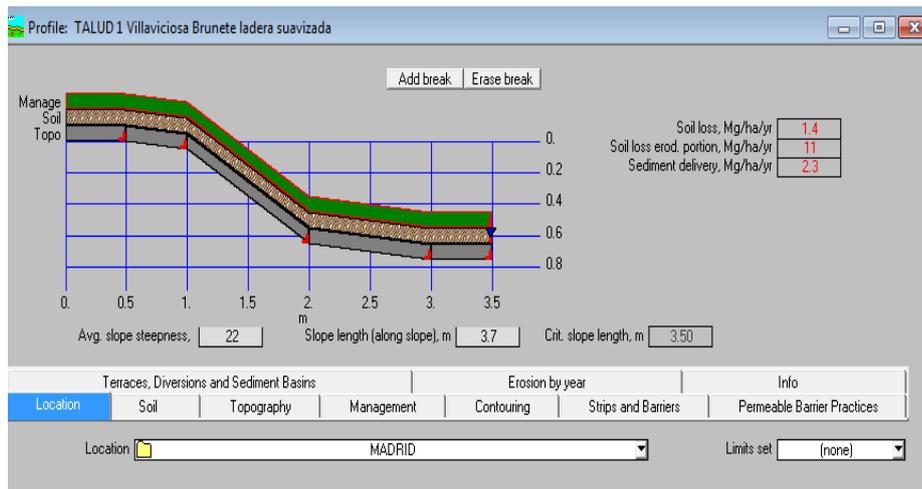


Figura 7. Medida de Control. Perfilando el perfil del Talud 1

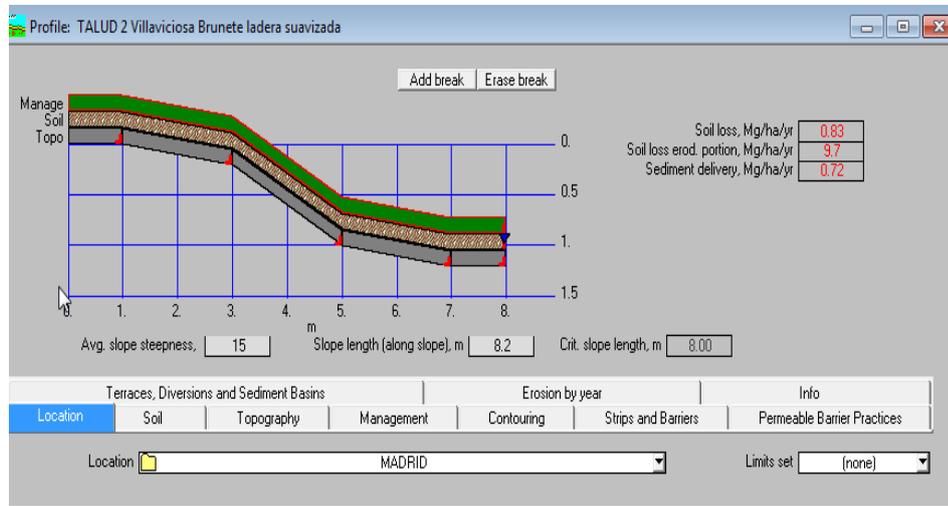


Figura 8. Medida de Control. Perfilando el perfil del Talud 2