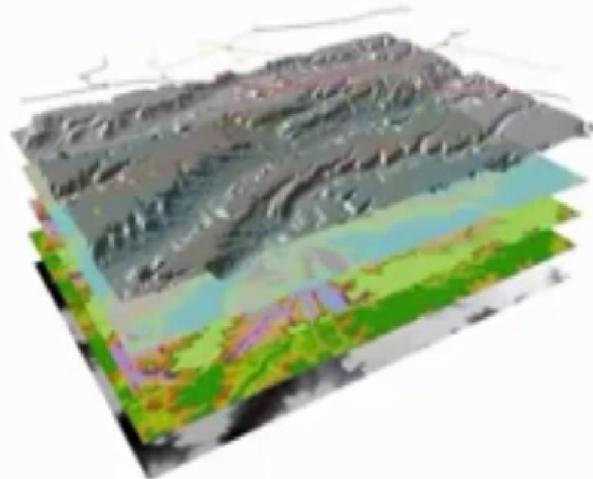


CAPITULO 5

Determinación del índice de Erodabilidad del suelo - FACTOR K



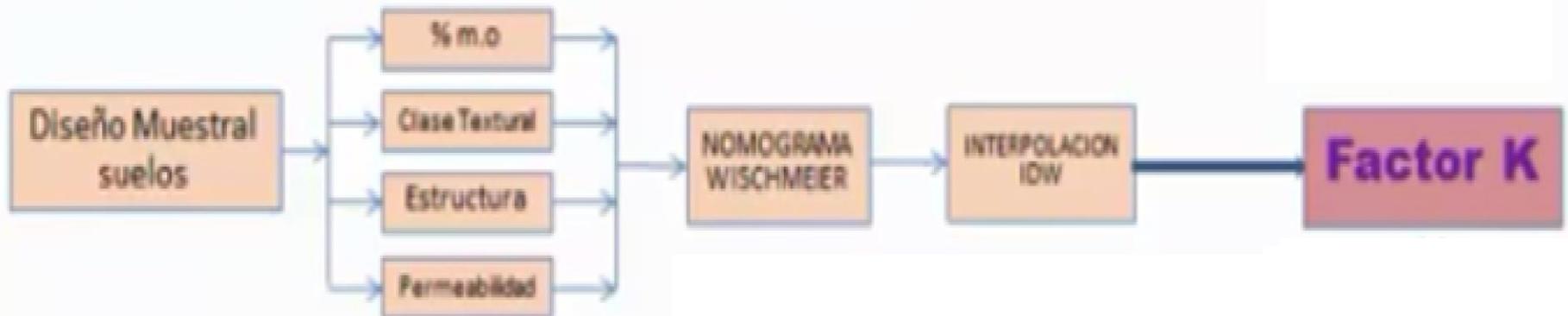
Por: MSc. Ing. Freddy Fernandez C
<https://classroom.google.com>



DETERMINACION DEL INDICE DE ERODABILIDAD DEL SUELO

FACTOR (K)

ESQUEMA METODOLÓGICO



Dimensión y unidades de los factores del modelo RUSLE

Símbolo	Dimensión	Unidades Inglésas	Factor de conversión (1 UI = #UM)	Unidades Métricas
A	$\frac{M}{L^2 * T}$	$\frac{Ton}{acre * año}$	2,242	$\frac{ton}{Ha * año}$
R	$\frac{L * F * L}{L^2 * T * T}$	$100 \frac{ft * Tonf * plg}{acre * hrs * año}$	17,02	$\frac{MJ * mm}{ha * hrs * año}$
K	$\frac{M * L^2 * T}{L^2 * L * F * L}$	$\frac{Ton * acre * hrs}{100 * acre * ft * Tonf * plg}$	0,1317	$\frac{ton * Ha * hrs}{Ha * MJ * mm}$

Donde:

Dimensión	M:=Masa L:= longitud T:= tiempo F:= fuerza
Unidades Inglésas	Ton: tonelada masa acre: ft: pie Tonf: tonelada fuerza plg: pulgada hrs: hora
Unidades Métricas	ton: tonelada métrica (1000 kilogramos) Ha: hectárea (10000 metros cuadrados) MJ: megajulios hrs: hora mm: milímetros (0,001 metros)

Fuente: Renard, et al., 1997



ECUACION DE LA ERODABILIDAD DEL SUELO

$$K = [2,8 T^{1.14} 10^{-7} (12-m) + 4.3 * 10^{-3} (e-2) + 3.3 * 10^{-3} (p-3)]$$

Donde:

T = Grado de erosión

T = . (%limo+%Arena)/%arcilla.

m = % [materia orgánica](#); 0, 1, 2, 3 y 4

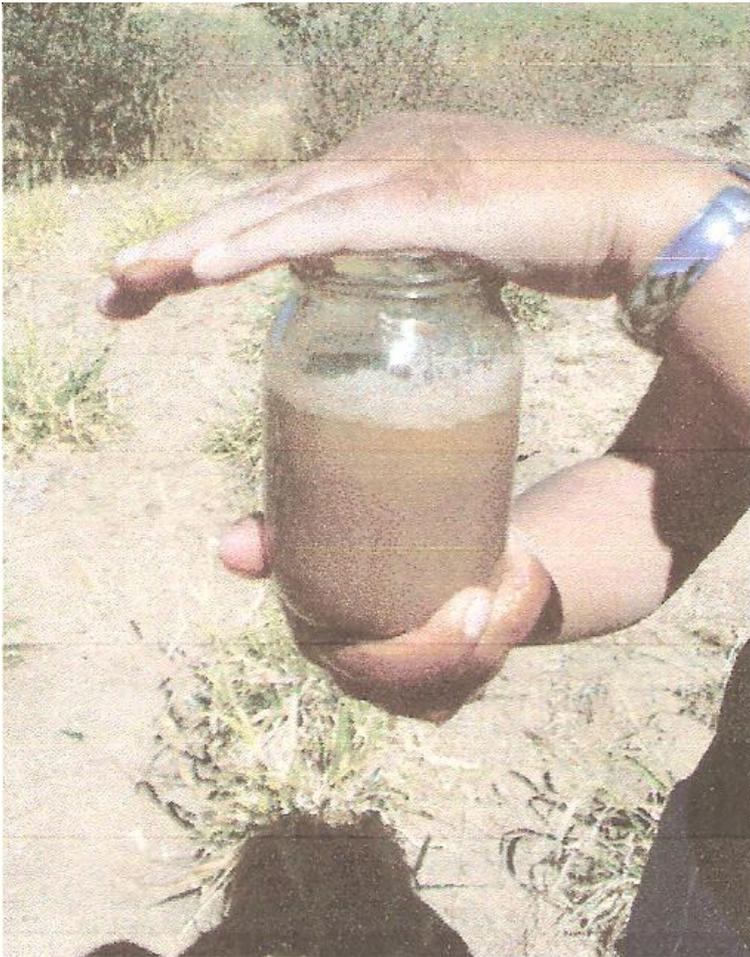
e = La estructura del suelo usado en la clasificación; **e = 1** granular muy fino, **e= 2** granular fino, **e= 3** granular medio o grueso y **e= 4** masivo, laminar y blocoso.

p = La clase de permeabilidad del perfil del suelo; **p= 1** rápido, **2** moderado a rápido, **3** moderado, **4** lento a moderado, **5** lento, y **p=6** muy lento



CALCULO DEL GRADO DE EROSION. - SONDEO

$$K = [2,8 T^{1.14} 10^{-7} (12-m) + 4.3 * 10^{-3} (e-2) + 3.3 * 10^{-3} (p-3)]$$



● **Donde:**

T = Grado de erosión

T = (%limo+%Arena)/%arcilla.



Calculo del Grado de erosión (T)

- $T = \text{Grado de erosión}$
$$\frac{\% \text{ Arena fina} + \% \text{ limo}}{\% \text{ arcilla}}$$

> Arcilla < erosión



Obtención Materia orgánica (m)

La determinación cuantitativa de la materia orgánica se realiza analizando el carbono orgánico. Los métodos de análisis para el carbono orgánico se basan en la oxidación de éste. Pueden agruparse en dos clases:

- Métodos por vía seca, basados en la medida del CO_2 desprendido en una combustión o por pérdida de peso de la muestra resultante.
 - El contenido de materia orgánica se obtiene por diferencia de pesada tras una combustión de 5 horas en mufla a 550°C
 - Mediante auto-analizadores que incorporan un proceso de combustión a 950°C y un posterior análisis de los gases generados. Su precisión es mayor que la de otros métodos al poderse acoplar a una determinación de los gases de combustión por cromatografía de gases o celdas de IR. Se obtiene el valor de C total del suelo
- Métodos por vía húmeda, basados en una oxidación parcial con un agente oxidante. El grado de oxidación logrado dependerá de las condiciones en que tenga lugar la reacción, con aporte de calor, o sin él. Si no se trabaja a temperatura controlada (150°C) se hace necesaria la utilización de un factor estadístico, que correlacione el C oxidable determinado con la técnica de oxidación seguida y el C oxidable por vía seca. Este factor no tiene un carácter universal.



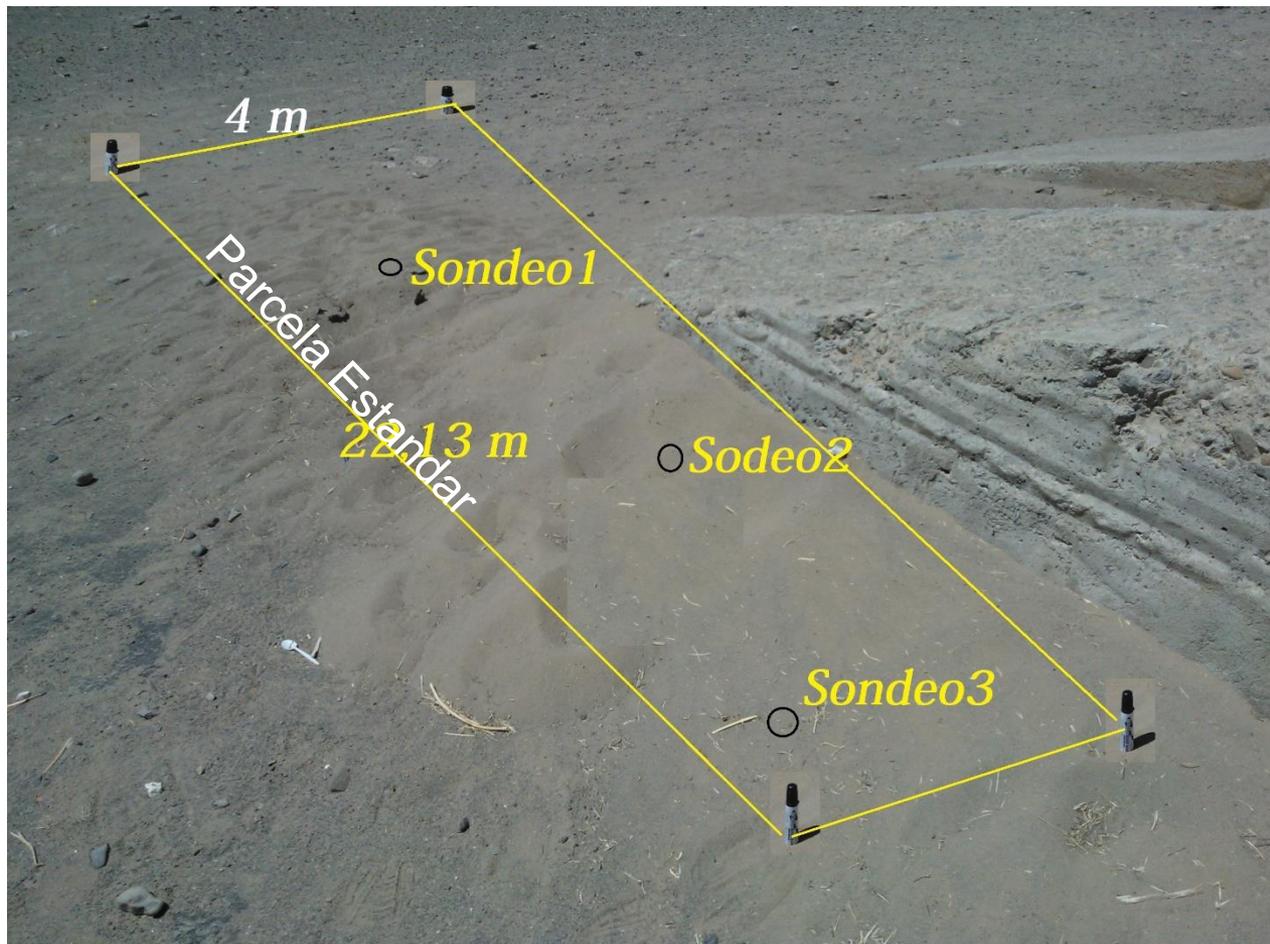
OBTENCION: MATERIA ORGANICA

DESCRIPCION	VALORACION POR COLOR	VALORACION POR OLOR
MUY BAJO	0	0
BAJO	1	1
MODERADO	2	2
ALTO	3	3
MUY ALTO	4	4



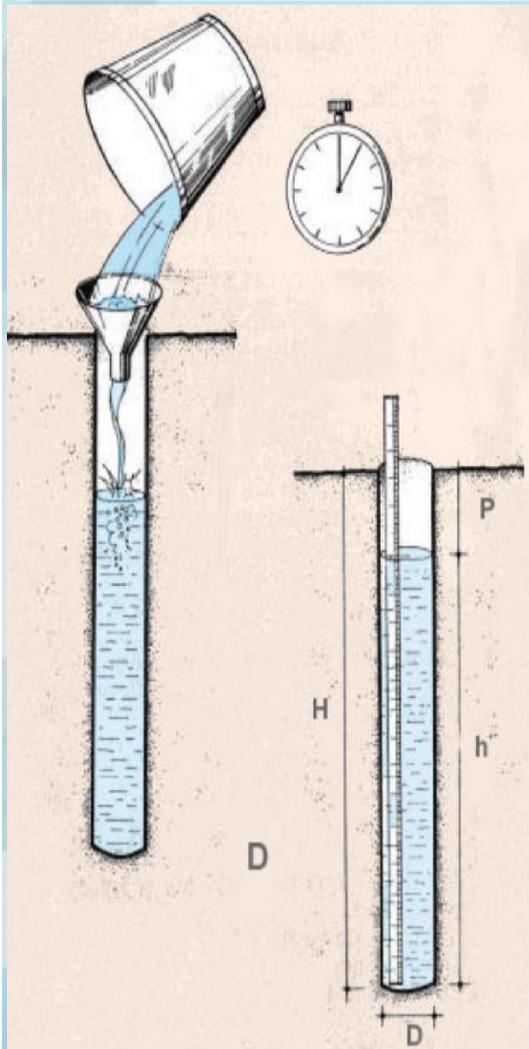
OBTENCION DE PERMEABILIDAD (p) METODO DEL SONDEO

$$K = [2,8 T^{1.14} 10^{-7} (12-m) + 4.3 * 10^{-3} (e-2) + 3.3 * 10^{-3} (p-3)]$$



CALCULO DE ERODABILIDAD METODO SONDEO

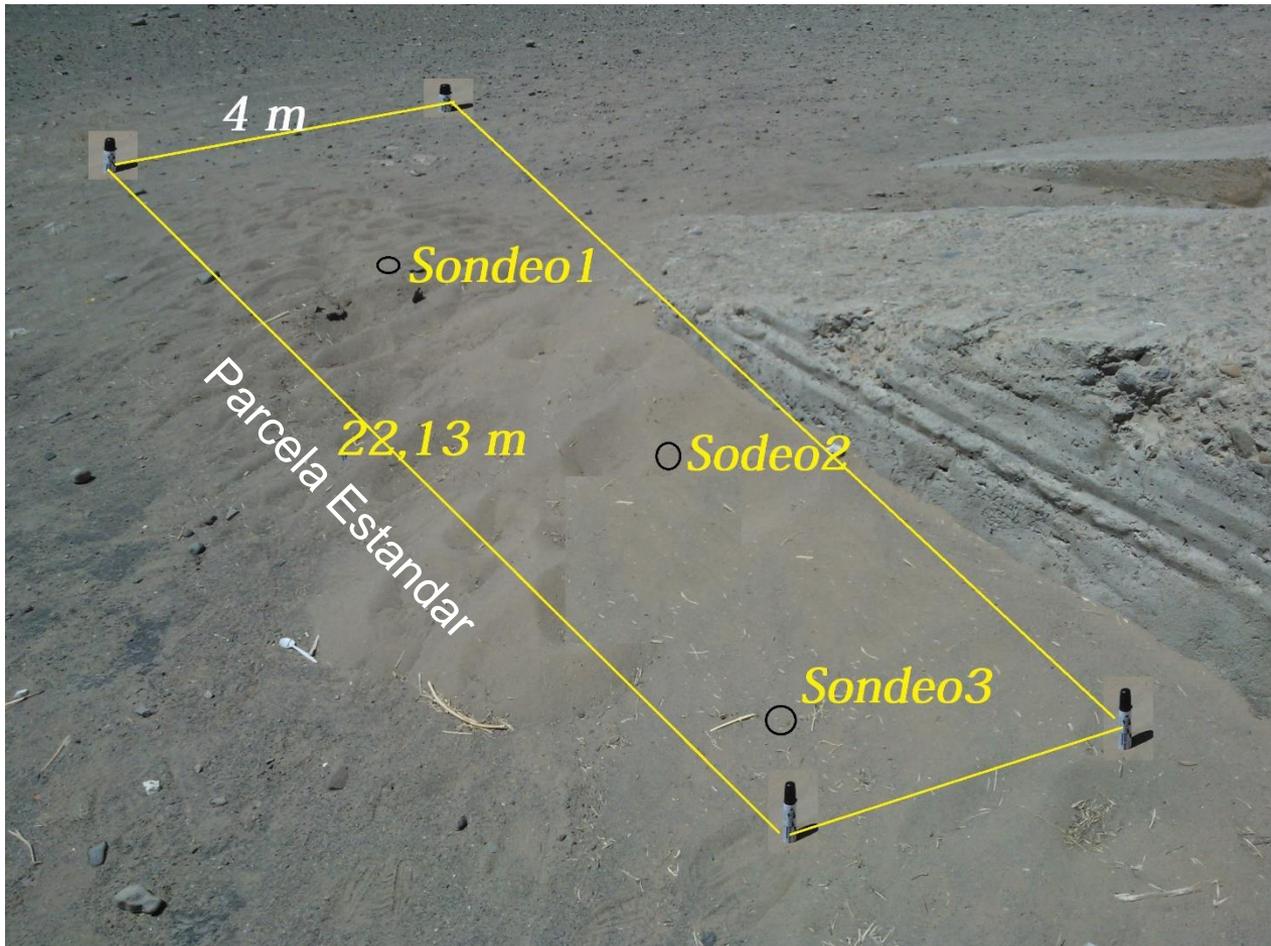
$$K = [2,8 T^{1.14} 10^{-7} (12-m) + 4.3 * 10^{-3} (e-2) + 3.3 * 10^{-3} (p-3)]$$



- **Donde:**
- **p** = La clase de permeabilidad del perfil del suelo:
- **p= 1** rápido
- **P= 2** moderado a rápido
- **p= 3** moderado
- **p= 4** lento a moderado
- **p= 5** lento,
- **p= 6** muy lento



METODO DEL SONDEO USLE- Erosión



Calculo de la PERMEABILIDAD

Método del Sondeo



Permeabilidad del perfil del suelo (p-3)



Permeabilidad del perfil del suelo (p-3)



Permeabilidad del perfil del suelo (p-3)



11-May-10 10:29



Mediciones	Datos de sondeo (cm)
H	42
hi	42-6,5= 41,5
hn	42-33= 9
ti	0
tn	20*60seg= 1200seg
diámetro	9
radio	4,5



Altura (cm)	Tiempo (min)
6,5 (hi)	0 (ti)
15	1
18	2
20	3
22	4
24	5
28,5	10
31	15
33 (hn)	20 (tn)

CALCULO DE PERMEABILIDAD (CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA)

$$P = \frac{432 \cdot r \cdot \ln\left(\frac{h_i + r/2}{h_n + r/2}\right)}{t_o - t_i}$$

to-ti

$$P = \frac{432 \cdot 4,5 \cdot \ln\left(\frac{41,5 + 2,25}{9 + 2,25}\right)}{1200 \text{ seg.}}$$

1200 seg.

$$P = 2,64 \text{ m/dia.}$$



Obtención estructura del suelo (e-2)

TEXTURA	ESTRUCTURA	μ %	K m/día
Arcillosa	Masiva columnar	1--2	< 0.05
Franco arcillosa pesada	Fina o muy fina		
Arcillosa	Prismática, bloques	1--3	0.05-0.1
Franco arcillosa	Angulares y laminar		
Arcillo limosa	Muy fina y fina		
Franco arcillo arenosa			
Arcillosa	Prismática, bloques	3--8	0.1-0.5
Arcillo arenosa	Angulares y laminar		
Franco arcillosa	Fina y media		
Franco arcillo arenosa			
Franco limosa			
Limosa			
Franco arcillo arenosa			



Obtención estructura del suelo (e-2)

TEXTURA	ESTRUCTURA	μ %	K m/día
Franco arcillosa ligera Limosa Franco limosa Franco arenosa muy fina Franca	Prismática y bloques Sub. angulares media	6--12	0.5 - 1.5
Franco arenosa fina Franco arenosa	Bloque sub. angulares Y granular gruesa Migajosa fina	12--18	1.5 - 3.0 (2,64) m/día
Arenosa franca Arenosa fina	Migajosa media granos sueltos Granos sueltos	15--22	3.0 - 6.0
Arenosa media Arenosa gruesa	Granos sueltos	22--26	>6
Grava		26--35	>6



Tablas. Para Permeabilidad por Mannaerts, (1999)

Textura clase	Valor de Permeabilidad (P)	Conductividad hidráulica saturada (mm/hr)	SCS Grupo Hidrológico de suelo
Arcilla, franco arcilloso	6	<1	D
Arcillo arenoso, franco arcillo limoso	5	1-2	C-D
Franco arcillo arenoso, franco arcilloso	4	2-5	C
Franco limoso, franco	3	5-10	B
Areno francoso, franco arenoso.	2	10-60	A
Arena	1	>60	A



CALCULO DE ERODABILIDAD METODO SONDEO

$$K = [2,8 (9)^{1.14} 10^{-7} (12-1) + 4.3 * 10^{-3} (3-2) + 3.3 * 10^{-3} (2-3)]$$

$$K = 2,8 * 12,242 * 0.0000001 * 11 + 0,0043 - 0,0033$$

- $K = 0,001377 \text{ (Mj/ha/hrs)}$

- $= \text{Tn/ha/hrs}$

- Donde: $T = \frac{(70\% \text{ arena} + 20\% \text{ limo})}{10\% \text{ arcilla}}$

m = Porcentaje de la materia orgánica; 0, 1, 2, 3 y 4

e = La estructura clasificación; $e = 1$ granular muy fino, 2 granular fino, 3 granular medio o grueso y 4 masivo, laminar y blocoso.

p = La clase de permeabilidad del perfil del suelo; $p = 1$ rápido, 2 moderado a rápido, 3 moderado, 4 lento a moderado, 5 lento, y 6 muy lento.

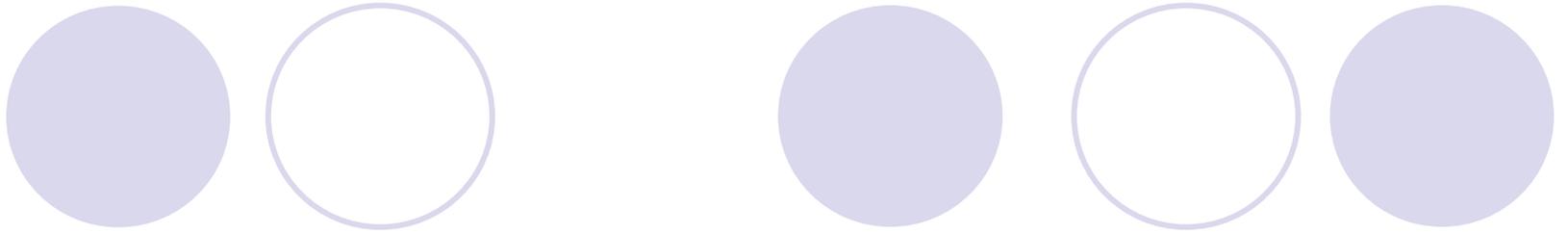


CLASE DE ERODABILIDAD - K

$$K = [2,8 T^{1.14} 10^{-7} (12-m) + 4.3 * 10^{-3} (e-2) + 3.3 * 10^{-3} (p-3)]$$

Clase de erosionabilidad *	Valor de K
Muy bajo	0.00 – 0.14
Bajo	0.14 – 0.28
Moderado	0.28 – 0.40
Alto	0.40 – 0.56
Muy alto	0.56 – 0.80





OTROS METODOS DE ERODABILIDAD

METODO DEL MONOGRAMA (Wischmaier and Smith 1978)

Para Williams (1995) el valor del Factor K de acuerdo con la clasificación del tipo de suelo y de su textura superficial (gruesa, media o fina) se calcula siguiendo las siguientes ecuaciones:

$$K_{USLE} = f_{csand} * f_{cl-si} * f_{orgc} * f_{hisand}$$

Donde:

$$f_{csand} = \left(0.2 + 0.3 * \exp \left(-0.256 * m_s * \left(1 - \left(\frac{m_{silt}}{100} \right) \right) \right) \right)$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right)^{0.3}$$

$$f_{orgc} = 1 - \left(\frac{0.25 * orgC}{orgC + \exp(3.72 - 2.95 * orgC)} \right)$$

$$f_{hisand} = 1 - \left(\frac{0.7 * \left(1 - \left(\frac{m_s}{100} \right) \right)}{\left(1 - \left(\frac{m_s}{100} \right) \right) + \exp \left(-5.51 + 22.9 * \left(1 - \left(\frac{m_s}{100} \right) \right) \right)} \right)$$

Donde

f_{csand} = Arena gruesa

f_{cl-si} = Limo - arcilla

f_{orgc} = Carbono organico

f_{hisand} = Arena fina

Los términos m_s , m_{silt} , m_c y $orgC$ son el porcentaje de arenas, limos, arcillas y carbono orgánico respectivamente, los cuales dependen del tipo de suelo. Estos datos se obtienen de la información disponible a través del Mapa Mundial de Suelos de la FAO/UNESCO (<http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/metadata.show?id=14116>).



METODO MUNDIAL DE SUELOS FAO/UNESCO

Los términos m_s , m_{silt} , m_c y $orgC$ son el porcentaje de arenas, limos, arcillas y carbono orgánico respectivamente, los cuales dependen del tipo de suelo. Estos datos se obtienen de la información disponible a través del Mapa Mundial de Suelos de la FAO/UNESCO (<http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/metadata.show?id=14116>).



METODO DEL MONOGRAMA (Wischmaier and Smith 1978)

Erodabilidad del suelo. Factor "K".

El factor K indica el grado de susceptibilidad o resistencia de un horizonte específico del suelo a la erosión. La erodabilidad del suelo es una propiedad compleja y se concibe como la facilidad con la cual es desprendido por:

1. El salpicado de las gotas durante un evento de lluvia.
2. El flujo superficial.
3. Por la acción de ambos fenómenos en conjunto.

Sin embargo, desde un punto de vista cuantitativo, la erodabilidad del suelo puede entenderse como el cambio en la pérdida de suelo por unidad de fuerza o energía externa aplicada (Montes-León, Uribe-Alcántara, y García-Celis, 2011). Tradicionalmente, la metodología usada para la determinación de dicho factor es un nomograma (Wischmeier y Smith, 1978) mostrado en la figura 3.10, el cual toma en cuenta ciertas propiedades del suelo, como contenido de materia orgánica, contenido de arenas, contenido de limos, estructura y permeabilidad, entre otras.

CONAGUA (1966) enlista los valores generales del factor K (tabla 3.3), a partir del contenido de materia orgánica.



METODO DEL MONOGRAMA

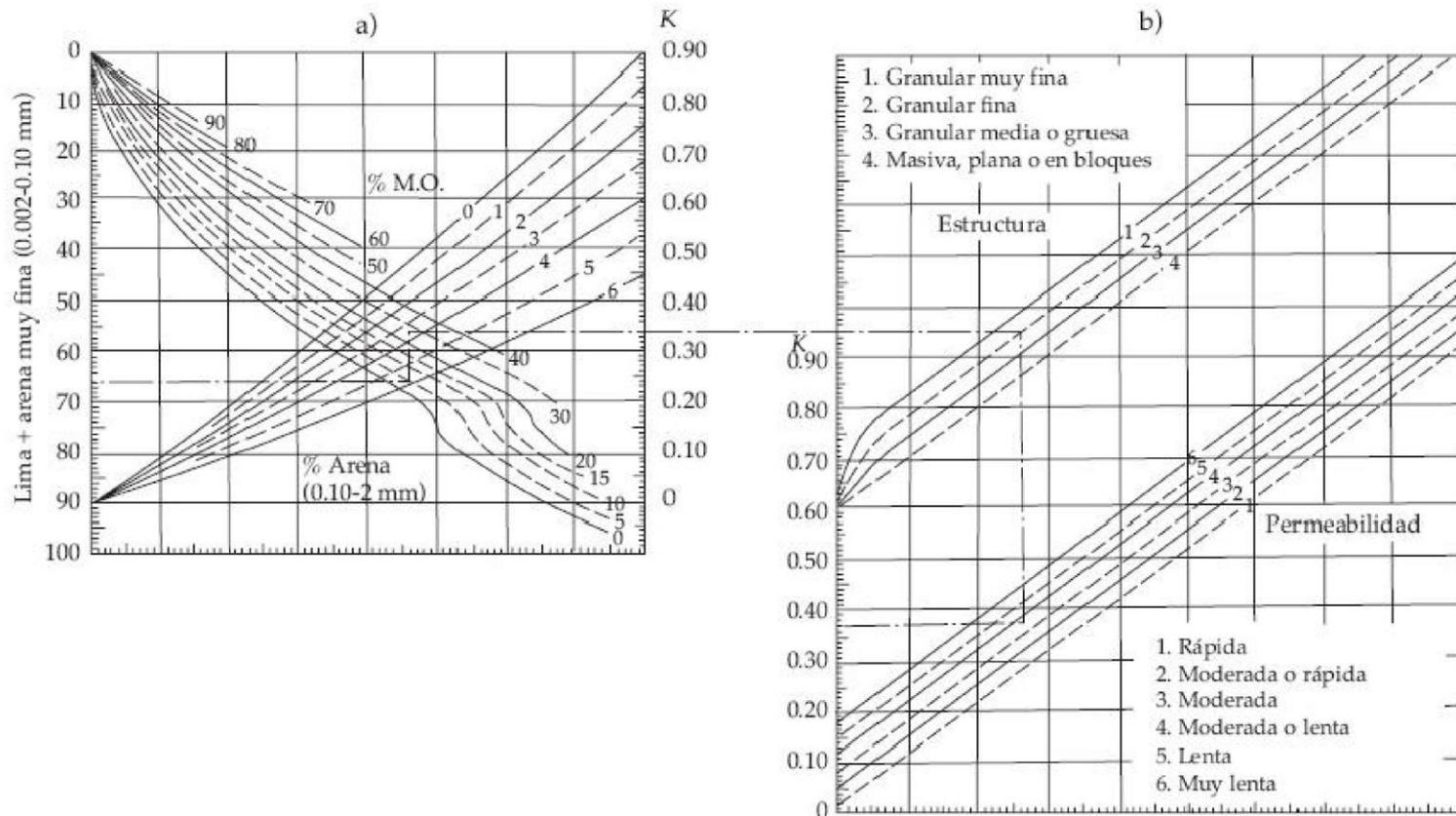


Figura 3.10. Nomograma de Wischmeier y Smith para el cálculo del factor K (Renard, 1997).



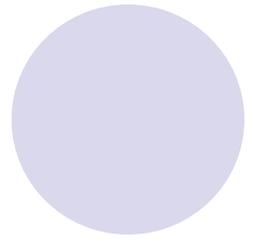
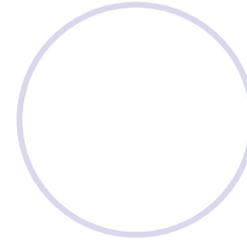
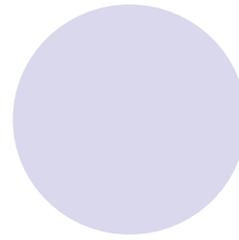
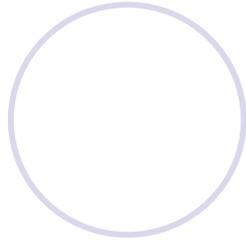
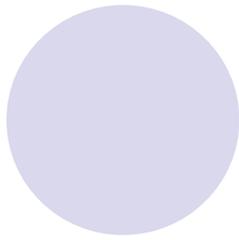
METODO DE CONTENIDO MATERIA ORGANICA valores de K

CONAGUA (1966) enlista los valores generales del factor K (tabla 3.3), a partir del contenido de materia orgánica.

Textura	CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA		
	0.5%	2.0%	4.0%
Arena	0.066	0.040	0.026
Arena fina	0.211	0.184	0.132
Arena muy fina	0.553	0.474	0.369
Arena migajonosa	0.158	0.132	0.105
Arena fina migajonosa	0.316	0.263	0.211
Arena muy fina migajonosa	0.579	0.500	0.395
Migajón arenoso	0.356	0.316	0.250
Migajón arenoso fino	0.461	0.395	0.316
Migajón arenoso muy fino	0.619	0.540	0.435
Migajón	0.500	0.448	0.382
Migajón limoso	0.632	0.553	0.435
Limo	0.790	0.685	0.553
Migajón arcilloso arenoso	0.356	0.329	0.277
Migajón arcilloso	0.369	0.329	0.277
Migajón arcilloso limoso	0.487	0.421	0.342
Arcilla arenosa	0.184	0.171	0.158
Arcilla limosa	0.329	0.303	0.250
Arcilla	-	0.171-0.382	-

Tabla 3.3. (Continuación) Valores generales del factor K . (CONAGUA, 1966).





FIN ERODABILIDAD

**MÁS PRÁCTICA
MENOS TEORÍA**



ESTIMACION RUSLE- EROSION HIDRICA

1. GRADIENTE (G) Y Long.PENDIENTE (L)

2. MANEJO SUELO (Ms)

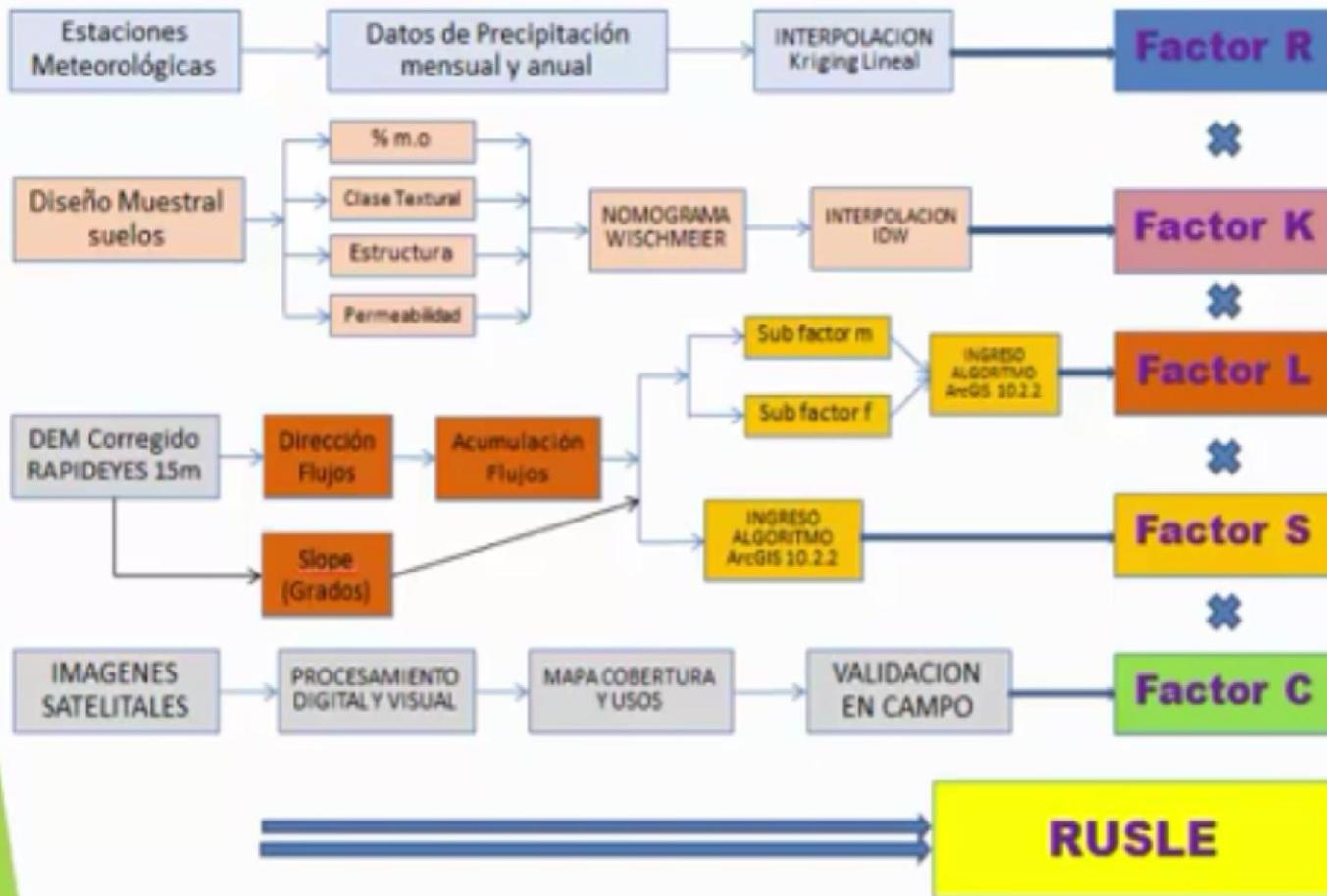
3. MANEJO CULTIVO (Mc)

4. APLICACIÓN SOFTWARE
RUSLE- EROSION

Por: MSc. Ing. FREDDY FERNANDEZ C.

ESQUEMA METODOLOGICO

ESQUEMA METODOLÓGICO



Calculo USLE – EROSION HIDRICA

● $P = R \cdot K \cdot LG \cdot Ms \cdot Mc = \text{Ton/ha/año}$

Estudiados
anteriormente

En estudio

Donde:

R = Erosividad

K = Erodabilidad

LG= long y Gradiente

Ms = Manejo del suelo (Tablas adjuntas)

Mc = Manejo del cultivo (Tablas adjuntas)

LONG. PENDIENTE (LS) GRADIENTE(G)

Determinación de FACTOR "LS" - Topografía

martes, 31 de enero de 2017 9:47

FACTOR L

Foster, 1977

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m, \quad m = \frac{F}{1+F}, \quad F = \frac{\sin \beta / 0.0896}{3(\sin \beta)^{0.8} + 0.56}$$

Con los SIG, DESMET & GOVER, VELAZQUEZ, 2008

$$L_{(i,j)} = \frac{[A_{(i,j)} + D^2]^{(m+1)} - A_{(i,j)}^{m+1}}{x^m D^{m+2} (22.13)^m}$$

Donde:

β - Pendiente a nivel de pixel (debe estar expresa en radianes, a grados multiplicar por 0.01745)

A - Acumulación del flujo a nivel del pixel

D - Lado del Pixel

x- Coeficiente de forma (x=1 para sistemas pixelados)

FACTOR S

McCOOLS

Cuando $\tan \beta_{(i,j)} < 0.09$

$$S_{(i,j)} = 10.8 \sin \beta_{(i,j)} + 0.03$$

Cuando $\tan \beta_{(i,j)} \geq 0.09$

$$S_{(i,j)} = 16.8 \sin \beta_{(i,j)} - 0.5$$

Longitud de la pendiente. (L)

- La longitud de la pendiente se define como la distancia desde el punto de origen del flujo sobre la superficie hasta el punto de la escorrentía que entra al canal definido es:

FACTOR L

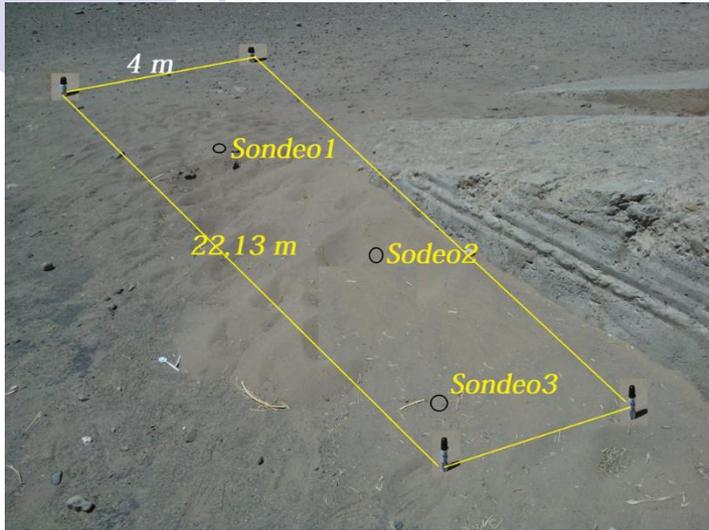
Foster, 1977

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m,$$

Pendiente (%)	m.
<1	0,2
1 a 3	0,3
3 a 5	0,4
>5	0,5

- Donde:
- λ = Longitud de la pendiente en m .
- m = Exponente según Wischmeier y Smith. (1978)

Longitud de la pendiente (L)



Regla de TRES:

c/ 100 m = 9 m diferencia

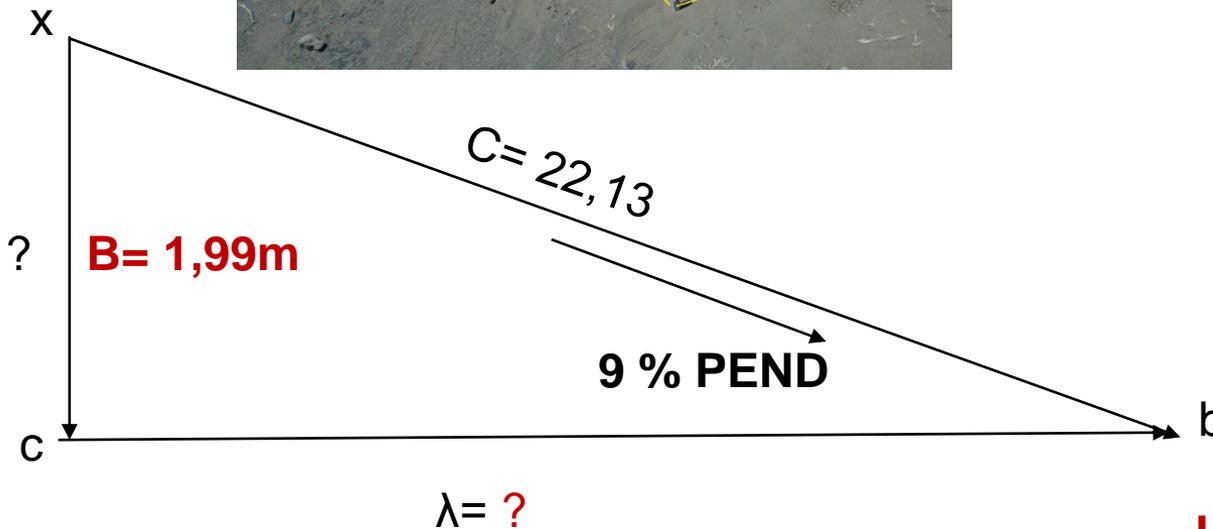
22.13m = ? λ

B = 1,99

Pitágoras:

$$X = \sqrt{22,13^2 - 1,99^2}$$

= **22,0403**



FACTOR L

Foster, 1977

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m$$

$$L = (2,0403/22,13)^{0.5}$$

L = 0,9980

Ecuación de la Gradiente de la pendiente. (G)

$$G = (0.065 + 0.045 s + 0.0065 s^2)$$

Donde:

G = Pendiente del talud en porcentaje

Donde:

S = El factor de gradiente de pendiente

s = gradiente en porcentaje

FACTOR S

McCOOLS

Cuando $\tan \beta_{(i,j)} < 0.09$

$$S_{(i,j)} = 10.8 \sin \beta_{(i,j)} + 0.03$$

Cuando $\tan \beta_{(i,j)} \geq 0.09$

$$S_{(i,j)} = 16.8 \sin \beta_{(i,j)} - 0.5$$

$$S = 10.8 * \sin \alpha + 0.03 \text{ (Si pendiente } < 9 \% \text{)} \quad (1)$$

$$S = 16.8 * \sin \alpha - 0.5 \text{ (Si pendiente } > 9 \% \text{)} \quad (2)$$

Gradiente de la pendiente. (G)

- Donde: Reemplazando en (1)

$$S = 10.8 * \text{Sin}(1,99/22,0403) + 0.03$$

$$S = 0,04623$$

$$G = (0.065 + 0.045(0,04623) + 0.0065 (0,04623)^2$$

$$G = 0,067094 \text{ Resultado.}$$

Entonces: para el Software EUPS asumir:

- $LG = 0,9980 \times 0,067094$

- $LG = 0,06696$

MANEJO DEL SUELO (Ms).

PENDIENTE %	CONTORNO	FAJAS	TERRAZAS
1 a 2	0.4	0.15	0.05 - 0.03
2 a 7	0.5	0.25	0.10 - 0.05
7 a 12	0.6	0.3	0.12 - 0.05
12 a 18	0.8	0.4	0.16 - 0.05
18 a 24	0.9	0.45	0.15 - 0.06

MANEJO DEL CULTIVO (MC)

COBERTURA VEGETAL	C
Bosque no intervenido	0.001
Bosque intervenido	0.34
Tierras erosionadas con escasa vegetación	0.8
Suelo desnudo	1
Cultivos extensivos en hileras	0.2 – 0.8
Pastos	0.3

Aplicación Software **USLE-EROSION**

<http://fferdez.wixsite.com/camferdez>

Ir a Portal de pagina web Docente. Y buscar abajo en línea **cal EUPS clic**

SECCION SOFTWARE APLICACIONES

Fórmula
[A = pérdida de suelo debida a erosión laminar]
 $A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$
[A in Ton. M./ha/año, o tons/acre/año]

Bibliografía
Ponce, V.M., 1989. Engineering Hydrology, Principles and Practices, Prentice Hall, páginas 538-543.

DATOS DE ENTRADA:
[Ejemplo]
Cuenca (opcional):
Unidades métricas:

RESULTADOS:

0 0 0 1 3 6 3

PERIODO DE INICIO ACTIVIDADES SEMESTRE 01-2020

ASIGNATURA CONSERVACION DE SUELOS INGA 5205A y H

TEMAS A DESARROLLARSE

- * HUMANIDAD Y LOS RR.NN
- * DINÁMICA PROCESO DE EROSION
Ver seccion video Grado de erosion
- * LLUVIA FACTOR PRINCIPAL DE EROSION
- * EROSIVIDAD.

EVALUACION VIRTUAL (De los temas de



Fórmula

[A = pérdida de suelo debida a erosión laminar]

$$A = R K L S C P$$

[A in Ton. M./ha/año, o tons/acre/año]

Bibliografía

Ponce, V. M., 1989. Engineering Hydrology, Principles and Practices, Prentice Hall, páginas 538-543.

DATOS DE ENTRADA:

RESULTADOS:

[Ejemplo]

No hay datos.

Cuenca (opcional):

CUENCA: NOMBRAR cerro.

Seleccione:

Seleccione: Unid métricas

Unidades métricas o USA.
[Predeterminado: Unidades USA].

Área de la cuenca A_d (ha) [acres]:

Área d c: ha: 2500

[Haga click en cada variable para obtener información adicional].

Factor de lluvia R:

Factor d lluvia R: lo calculado

Factor de erodibilidad del suelo K:

Idem. Lo calculados

Factor de longitud y pendiente LS:

Factor de manejo de cultivo C:

Idem. Lo calculados

Factor de prácticas para el control de erosión P:

Hacer clic

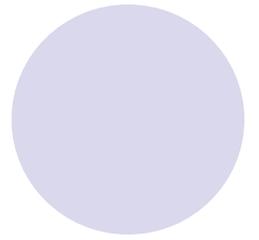
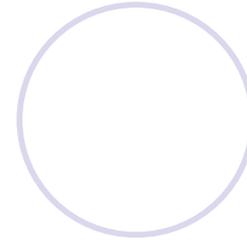
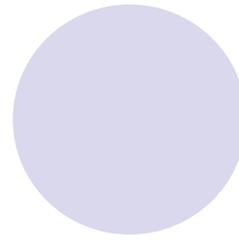
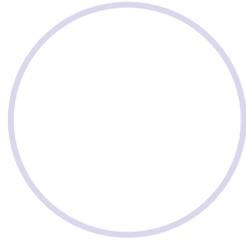
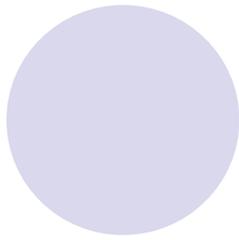
Reset

Su pedido fue procesado el 200502 a horas 13:08:03.

Gracias por usar enlinea_eups. [080514]

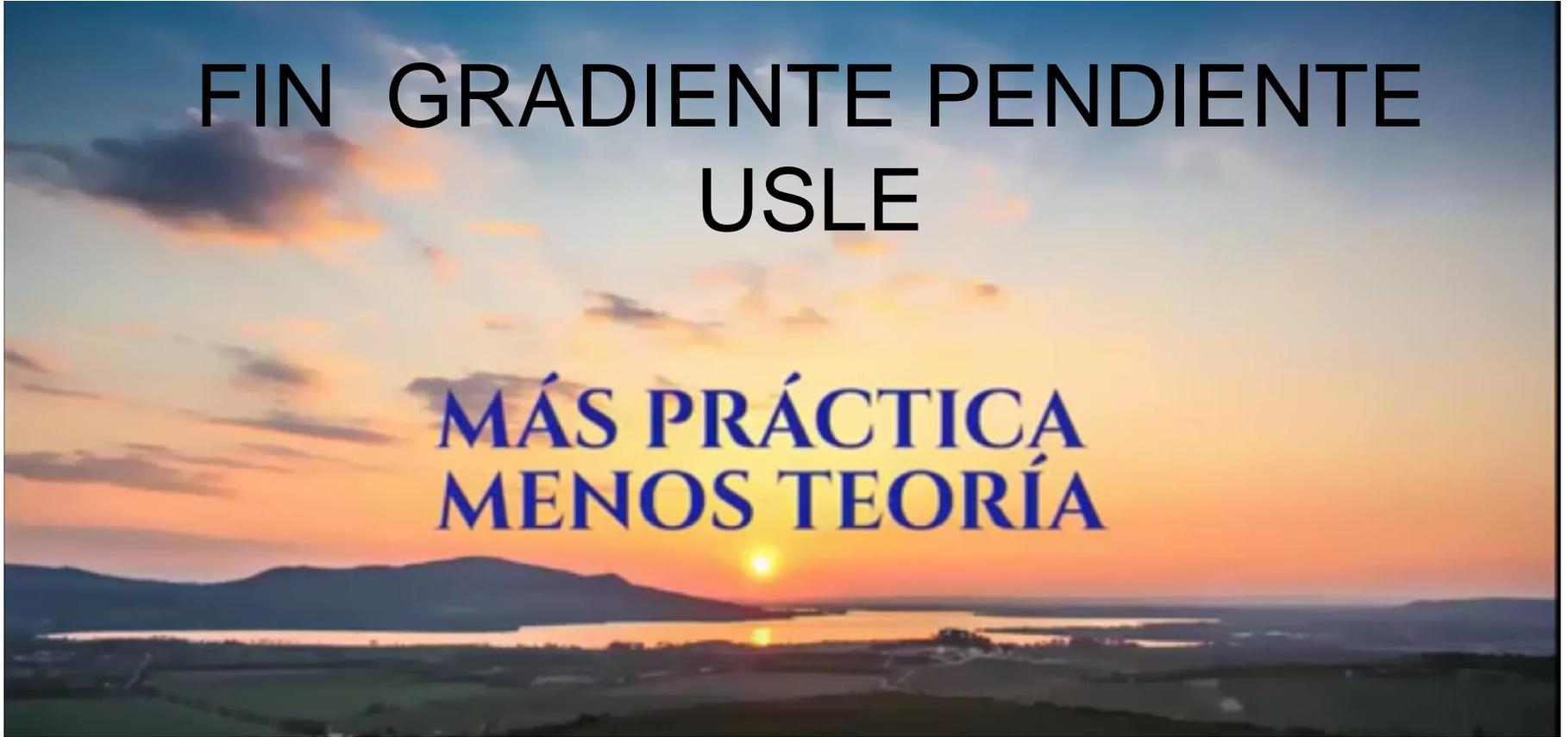
Count

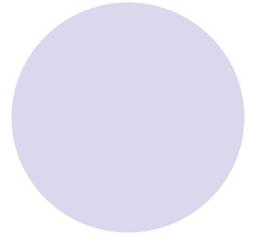
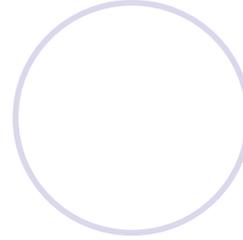
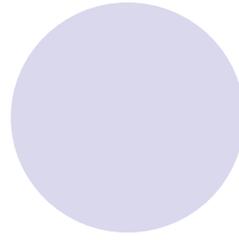
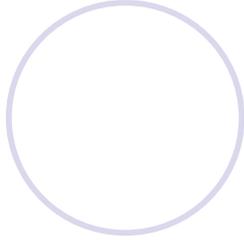
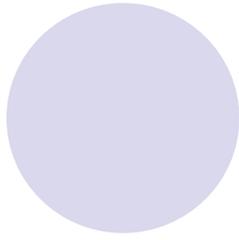
enlinea calc				
tirante normal	tirante crítico	tirantes normal y crítico	tirante normal alcantarilla	tirante crítico alcantarilla
descarga canal prismático	descarga alcantarilla circular	descarga bajo compuerta	descarga sobre aliviadero	pendiente crítica
flujo crítico en angostamiento	profundidad secuencial resalto	pérdida de energía resalto	profundidades secuenciales resalto	eficiencia del resalto
método racional	número de la curva	fórmula de Creager	indicador de capacidad	Muskingum
Blaney-Criddle	Penman	Penman-Monteith	Thornthwaite	Priestley-Taylor
Gumbel	Log Pearson III	método gráfico TR-55	tiempo de concentración	balance hídrico
EUPS	Dendy-Bolton	Shields	Colby	vida útil de un reservorio
Oxígeno disuelto		Salinidad (CE a SDT)		



**FIN GRADIENTE PENDIENTE
USLE**

**MÁS PRÁCTICA
MENOS TEORÍA**





fn