

Análisis de la socavación eólica en un modelo experimental

HONORATO-MORENO, Antonio†*, ZAMORA-CASTRO, Sergio Aurelio, SALGADO-ESTRADA, Rolando y MOLINA-NAVARRO, Antonio

Universidad Veracruzana

Recibido 13 de Julio, 2017; Aceptado 15 de Septiembre, 2017

Resumen

En los últimos años, diferentes tipos de obras han sufrido daños a causa de socavación eólica, siendo uno de los principales problemas de la degradación del suelo en zonas áridas y semiáridas en México. El viento es un agente que acarrea cantidades de polvo, en este caso, los granos de arena (suelo experimental) solo pueden ser transportados a distancias cortas. El viento es un eficaz agente de erosión capaz de arrancar, levantar y transportar partículas. El presente trabajo ha sido elaborado para reproducir el fenómeno de socavación eólica producida por la velocidad del viento. El sitio experimental ubicado en las bardas perimetrales de Puerto de Veracruz, llevando a una simulación experimental a escala, donde se monitorea en intervalos de 5 minutos para calcular el suelo removido, hasta el colapso de la barda experimental a diferentes velocidades de aplicación de viento a 16, 34 y 64 km/h. Se analizan los efectos de pérdida de partículas por movimiento de suspensión, saltación y rodadura. De los resultados obtenidos se extrajeron modelos matemáticos de correlación lineal ascendente con $R^2=0.99$. Los resultados arrojados nos conllevan a que los vientos producidos en la zona del Golfo de México se pueden aprovechar para generar energía eléctrica.

Socavación eólica, viento, erosión, velocidad, simulación

Abstract

In recent years, different types of works have suffered damage due to wind erosion, being one of the main problems of soil degradation in arid and semi-arid zones in Mexico. The wind is an agent that carries amounts of dust, in this case, the grains of sand (experimental soil) can only be transported over short distances. The wind is an effective agent of erosion capable of starting, lifting and transporting particles. The present work has been elaborated to reproduce the phenomenon of wind scouring caused by the wind speed. The experimental site located in the perimeter fences of Puerto de Veracruz, leading to an experimental simulation at scale, where it was monitored at intervals of 5 minutes to calculate the soil removed, until the collapse of the experimental farda at different rates of application of wind to 16, 34 and 64 km/h. The effects of losses of particles by suspension movement, saltation and rolling are analyzed. From the obtained results mathematical models of linear correlation ascending with $R^2 = 0.99$ were extracted. The results show that the winds produced in the Gulf of Mexico can be used to generate electricity.

Wind Scrubbing, wind, erosion, speed, simulation

Citación: HONORATO-MORENO, Antonio, ZAMORA-CASTRO, Sergio Aurelio, SALGADO-ESTRADA, Rolando y MOLINA-NAVARRO, Antonio. Análisis de la socavación eólica en un modelo experimental. Revista de Ingeniería Innovativa 2017. 1-3:19-24

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: Antonio.honorato.ing@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La socavación eólica es la remoción del suelo por acción del viento; los factores que influyen a éste fenómeno son el clima, suelo y vegetación, (Zachar, 1982). La topografía parece ser no muy importante, aunque la longitud de la superficie erosionable tiene más influencia en el movimiento del suelo. La socavación es mayor a medida que disminuye la cubierta vegetal, por haber menor resistencia para que se inicie el movimiento, el cuál puede ser, en función de su tamaño, rodando ($>0,5$ mm), por saltación (0,05-0,5 mm), o en suspensión ($<0,1$ mm), (Williams, 1964).

Una de las manifestaciones más claras por la acción del viento son las dunas, que son acumulaciones de arena formadas al interponerse un obstáculo, que pueden tener forma transversal perpendicular al viento, forma estrellada con direcciones de viento variables, o la típica forma de media luna o duna aislada que forma un montículo en el que el lado opuesto a la dirección del viento tiene mayor pendiente, al caer la arena por gravedad, y el lado enfrentado a la dirección de avance menor pendiente al ascender las partículas por arrastre, (Lal, R. 1991).

Tipos de movimiento en las arenas

- Suspensión.- Se considera como las partículas que son removidas del suelo y permanecen sobre el aire ya que debido a su tamaño y densidad no son capaces de bajar puesto que la velocidad del viento contrarresta la fuerza de la gravedad y las partículas son transportadas a largas distancias como nubes de polvo.
 - Rodamiento.- Es el arrastre de las partículas sobre la superficie del suelo, impulsadas por el viento u otras partículas en movimiento.
- Estudios realizados sobre el movimiento del suelo por aire indican que el proceso de saltación transporta del 55 al 72 % del suelo, de 3 a 38 % del suelo es transportado por suspensión y de 6 al 25 % por rodamiento.

Metodología

Para la presente investigación, se realizó un modelo físico a escala, con las características apropiadas para representar el proceso que conlleva el fenómeno de socavación eólica en las bardas perimetrales de la zona norte de la administración portuaria integral de Veracruz (APIVER).

Se entiende por similitud cuando dos estructuras hidráulicas son semejantes cuando la razón de dos elementos de la misma naturaleza en ambas estructuras tiene el mismo valor. Sirve para calcular reacciones en un modelo de la realidad a escala, se tiene 3 tipos de similitud.

- Similitud geométrica
- Similitud dinámica
- Similitud cinemática

Para este modelo se requiere tener la similitud geometría, dinámica y cinemática ya que contamos con las dimensiones de longitud (L), fuerza (F), velocidad (V).

Equipo experimental

El túnel de viento (Figura 1), es un equipo de fabricación francesa, cuenta con cinco módulos que corresponden a las secciones de tobera, sección de pruebas, difusor, válvula y mecanismo impulsor (ventilador axial o ventilador centrífugo) (Del Cueto et al, 2012).



Figura 1 Equipo experimental utilizado

Basándose en la escala de Beaufort de la fuerza de los vientos (Tabla 1), en la primera fase tenemos una velocidad de 16 km/h, se encuentra en un rango de 12 a 19 km/h (brisa ligera), ésta velocidad hace que se agiten las hojas y se ondulan las banderas, en la segunda fase tenemos una velocidad de 34 km/h, se encuentra en el rango de 30-39 km/h (brisa fresca), esta velocidad hace que se muevan las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas y en la tercera fase tenemos una velocidad de 64 km/h, se encuentra en el rango de 62-74 km/h (viento duro), esta velocidad hace que se quiebren las copas de los árboles, circulación de personas muy difícil, los vehículos se mueven por sí mismos.

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Denominación	Aspecto del mar
0	0 a 1	Calma	Despejado
1	2 a 5	Ventolina	Pequeñas olas
2	6 a 11	Flojito	Crestas de apariencia vítrea
3	12 a 19	Flojo	Crestas rompientes
4	20 a 28	Bonancible	Borreguillos numerosos
5	29 a 38	Fresquito	Olas medianas y alargadas
6	39 a 49	Fresco	Olas grandes
7	50 a 61	Frescachón	Mar gruesa
8	62 a 74	Temporal	Grandes olas rompientes
9	75 a 88	Temporal fuerte	Olas muy grandes
10	89 a 102	Temporal duro	Olas muy gruesas
11	103 a 117	Temporal muy duro	Olas excepcionalmente grandes
12	+ 118	Temporal huracanado	Visibilidad nula

Tabla 1 Escala de Beaufort de la fuerza de los vientos

Para simular el suelo en el modelo experimental, se realizó la obtención de arena fina, que pasara la malla n°100 (0.15 mm), esto con el fin de obtener las mismas propiedades físicas del suelo que se encuentra en la zona de estudio.

Resultados

Las propiedades del suelo en el sitio experimental son las siguientes: se tiene hasta una profundidad explorada de 2.50 m, arena fina mal graduada con poco limo no plástico, color café claro, de compactidad suelta, clasificado según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos como SP-SM y presenta los siguientes valores de sus características físicas: humedad natural 4.3%, límite líquido de 8.4%, límite plástico 5.3%, índice plástico 3.1%, contracción lineal 0.5%, gravas 0.0%, arenas 92.3% y finos 7.7%, clasificado para fines de corte constructivos según la Secretaría de Comunicaciones y Transportes como tipo A.

De acuerdo al monitoreo se obtuvieron los siguientes resultados de material desalojado en la primera fase, así también se calculan los valores de la movilización de las partículas (rodadura, saltación, suspensión) como se muestra en la gráfica 1, donde se observa que el comportamiento a medida que el tiempo transcurre, se logra apreciar en forma lineal ascendente el fenómeno de erosión eólica, cuya tendencia lineal es de 0.9994

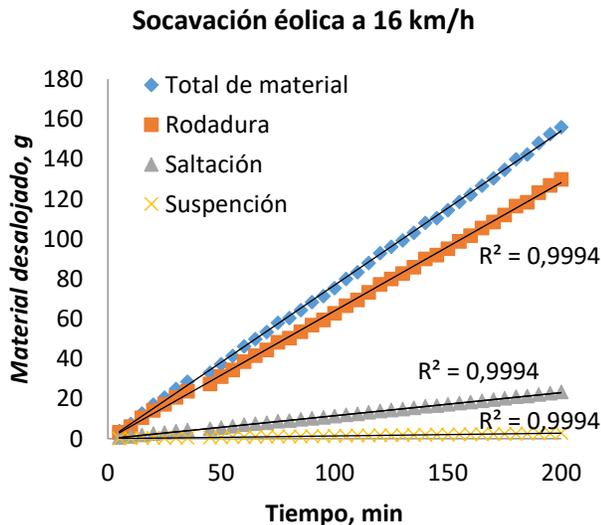


Gráfico 1 Material desalojado en los tres movimientos de partículas a una velocidad de 16 km/h

En la segunda fase, también se encuentran los valores de la movilización de las partículas (rodadura, saltación, suspensión) como se muestra en la gráfica 2. Donde se verifica que el fenómeno a medida que el tiempo transcurre, se logra observar un comportamiento no lineal, en el total de material con el movimiento de rodadura, mientras que en el movimiento de saltación y suspensión se logra apreciar un movimiento lineal ascendente.

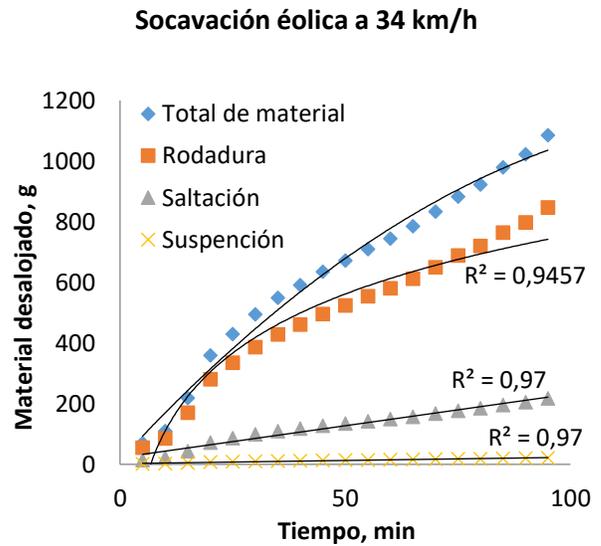


Gráfico 2 Material desalojado en los tres movimientos de partículas a una velocidad de 34 km/h

En su última fase se encuentra los valores de la movilización de las partículas (rodadura, saltación, suspensión) como se muestra en la gráfica 3, donde se muestra que a una velocidad mayor el fenómeno es visible que a una velocidad menor, y su comportamiento corresponde a una forma lineal ascendente.

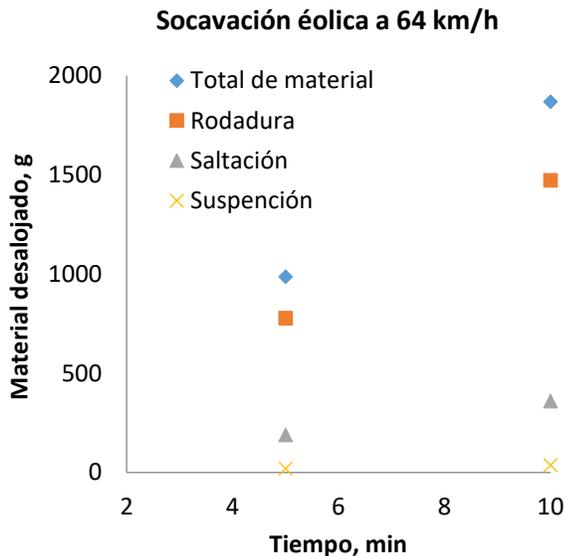


Grafico 3 Material desalojado en los tres movimientos de partículas a una velocidad de 64 km/h

Conclusiones

De acuerdo al modelo experimental se demuestra que a través del fenómeno de socavación eólica, existe una pérdida gradual del material constituyente del suelo, al ir siendo arrastradas las partículas (disgregadas, arrancadas y transportadas), a medida que quedan en superficie.

Los procesos erosivos constituyen un impacto negativo, con resultado de una degradación progresivo del recurso suelo. Algunas de las causas de la erosión eólica serían la falta de prácticas de conservación, la deforestación, el factor climático (presencia de viento de gran magnitud) y presencia de topografías planas, entre otros.

A causa de estos problemas se producen varias consecuencias como la pérdida de suelo y de la fertilidad, cambio de la textura del suelo (Lugares de desprendimiento poseen texturas gruesas y en los de deposición finas), disminución del rendimiento.

Debido a las altas intensidades de los vientos generados que provocan erosión, éstos mismos pueden ser usados para la generación de energía eléctrica, por medio del aprovechamiento de la energía del viento.

Referencias

Quirantes, J. (1987). Erosión eólica. Valoración experimental. *Papeles de Geografía Física*, (12), 11-18

Williams, G. (1964). Some aspects of the eolian saltation load. *Sedimentation*, (3), 257-287.

Zachar, D. (1982). Soil erosion. Developments in soil science 10. *Elsevier*, 547.

Tejeda del Cueto, M. E., Zúñiga, M. O., Arroyo, D., De la cruz, E. J., Medina, A. V., Rodriguez, E. F., Aldama, O. T., González, J. P., López, L. V., De la garza, A. G., Mier, A. C. (2012). Caso didáctico: modelado numérico-túnel de viento. *Universidad Veracruzana*, (1) 3-4.

F. A. O. (1961). La erosión eólica y medidas para combatirla en suelos agrícolas. F.A.O. Núm. 6, núm. 71. Roma 1961, pp 96.

Zobeck, T., Aimar, S. (1999). Wind erosion in loess soils of the Semiarid Argentinian Pampas. *Soil Sci.* (164), 133-138.

Taylor, V. (1993). Efectos de la erosión eólica sobre algunas propiedades de suelos de la región semiárida pampeana central. *Ciencia del suelo*, (10), 46-53.

Lal, R. (1991). Soil structure and sustentability. *J. Sust. Agric*, (1), 67-92.

Tatarko, J. (1990). Stochastic wind simulation for erosion modeling. *Trans, ASAE*, (33), 1893-1899.

Bilbro, J.D., Fryrear, D.W. (1994). Wind erosion losses as related to plant silhouette and soil cover. *Agron J.*, (86), 550-553.

Buschiazzo, D. E., Quiroga, A. R, Stahr, K. (1991). Patterns of organic matter accumulation in soils of the semiarid Argentinian pampas. *Z. Pflanzen Boden*, (154), 347-441.

Fryrear, D. W., Krammes, C. A., Williamson, D. L., Zobeck, T. M. (1994). Computing the wind erodible fraction of soils. *J. Soil Water Conserv*, (49), 183-188.

Hagen, L. J. (1984). Soilaggregate abrasion by impacting sand and soil particles. *Trans. ASAE*, (27), 805-808.

Huszar, P. C., Piper, S. L. (1986). Estimating the offsite cost of wind erosion in New Mexico. *J. Soil Water Conserv*, (41), 414-416.

Lyles, L. (1975). Possible effects of wind erosion on soil productivity. *J. Soil Water Conserv*, (30), 279-283.