

# Análisis de las curvas de escorrentías mediante el *software* Surfer 13

## Analysis of runoff curves through the application of Surfer 13

Dulibiel Abrego<sup>1</sup>, Karen Agudo<sup>1</sup>, Nelsabel Buitrago<sup>1</sup>, Ana Rodriguez<sup>1</sup>, Katerina Torres<sup>1</sup>, Isis Vega<sup>1</sup> & Alexis Tejedor De León<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Licenciatura en Ingeniería Civil – Centro Regional de Veraguas – Universidad Tecnológica de Panamá

<sup>2</sup> Departamento de Materiales y Metalurgia – Centro Regional de Veraguas – Universidad Tecnológica de Panamá

**Resumen** En este proyecto se muestran las ventajas de utilizar un *software* para la búsqueda de solución de problemas como la erosión de la tierra debido a escorrentías. El área de estudio es un globo de terreno en la zona residencial Sueños de Soná, Provincia de Veraguas, República de Panamá. Se realiza el procesamiento de datos de campo y el uso de una plataforma que responda a necesidades de la actualidad, donde es posible visualizarse en 3D el perfil de la superficie y el comportamiento del terreno para la toma de decisiones.

**Palabras clave** Aguas superficiales, escorrentía, sedimentación, surfer 13.

**Abstract** This project shows the advantages of using software to search for solutions to problems such as soil erosion due to runoff, in a certain terrain globe as in this case, the residential area of Sueños, Soná, Veraguas Province, Panamá. Through processing of field data and the use of a platform it is possible to respond to specific needs, that can be seen in 3D the profile of the surface and the behavior of the land for decision making.

**Keywords** Surface water, runoff, sedimentation, surfer 13.

\* Corresponding author: alexis.tejedor@utp.ac.pa

## 1. Introducción

La escorrentía es la circulación libre del agua de lluvia sobre las superficies (suelo, techos, carreteras, etc.) que proviene de la precipitación [1]. Sin embargo, no toda la precipitación produce escorrentía, porque el almacenaje en los suelos puede absorber los chaparrones ligeros. El agua, al correr por la superficie del terreno, arrastra consigo partículas de suelo, pero también carga todo tipo de sustancia que encuentra en su paso, incluyendo residuos sólidos. En este proyecto se presenta el estudio de la escorrentía en el residencial Los sueños de Soná, Provincia de Veraguas, mediante el *software* Surfer 13 [2]. La erosión y la sedimentación son algunos de los efectos provocados por la escorrentía, por lo que se incluyen alternativas para el uso y control de la misma.

## 2. Objetivos

- Analizar las curvas de escorrentía de las aguas superficiales en la barriada residencial los sueños de Soná Mediante el *software* Surfer, incluyendo los efectos en la erosión, transporte y sedimentación.

- Generar propuestas de control de corrientes, conservación de suelos y otras actividades con el apoyo del *software* Surfer13.

## 3. Ubicación

El proyecto residencial por estudiar se encuentra ubicado en el distrito de Soná, provincia de Veraguas, en la República de Panamá. Este sitio fue seleccionado debido a las siguientes condiciones favorables: facilidad de la obtención de los datos, permiso para acceso al área y la viabilidad de hacer el estudio debido a las visualizaciones de las curvas de nivel del área y su relieve. La figura 1 muestra el área de estudio.



Figura 1. Vista área del área de estudio (Google maps).

#### 4. Software utilizado

El *software* Surfer 13, es utilizado para la creación de curvas de nivel, grillas y modelado de superficies 3D. Tiene aplicaciones en la volumetría y creación de superficies de alta calidad, lo que permite crear varios tipos de mapas para obtener la información solicitada. Este programa se descargó gratuitamente en internet y en el mismo había las instrucciones de cómo usarlo, en la figura 2 se muestra el logo del programa.



Figura 2. Software Surfer 13.

Para generar las curvas de nivel en el mapa, se necesitan los datos del terreno en formato “csv”, y contener información de elevación y coordenadas UTM, para insertarlos al programa. Surfer transforma estos datos a un formato “grid”, lo cual permite generar los procesos de elaboración de mapas y superficies.

Se abre el *software* a utilizar, Surfer13, y con esto inicia el procesamiento de datos comenzando por insertar las coordenadas que resultaron del trabajo en campo. Luego de tener los datos topográficos del terreno, se genera un modelo virtual que muestra las tendencias y condiciones del terreno. Estos datos permiten definir las vías probables de las escorrentías, lo que permite ver las condiciones sobre las que se toman decisiones. El área de terreno considerada para este estudio es de 77,625.151 metros cuadrados.

Después de haber realizado procesamiento de los datos, los resultados fueron los siguientes:

El área estudiada cuenta con un promedio de 4000 mm de precipitación anual, de los cuales:

- 10% se infiltra superficialmente (400 mm)
- 5% se va a infiltración profunda (200 mm)
- 30% se evapora (1200 mm)
- 55% se va en escorrentías (2200 mm).

Estos valores resultan por tratarse de superficies con desarrollo urbano, y se debe al recubrimiento de materiales asfálticos y al terreno ocupado por las viviendas. Luego de

realizar una visita técnica al lugar y recolectar datos topográficos del terreno, el trabajo de campo se llevó a oficina.

Ya que las escorrentías mal manejadas pueden causar inundaciones, aumentar la temperatura en los cuerpos de agua, afectando la vida acuática, alterar los cauces de los cuerpos de agua y contaminar las fuentes de agua potable; se recomienda el control mediante la estabilización y cuidado del suelo con cubiertas vegetales como el pasto o árboles [3-5].

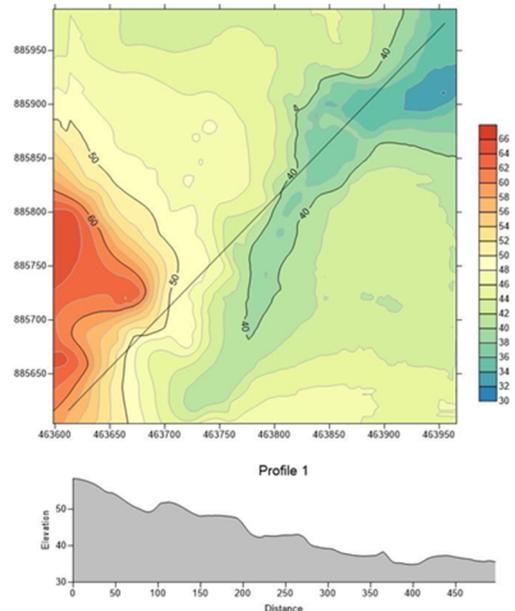


Figura 3. Curvas de Nivel y perfil longitudinal del terreno.

La superficie 3D del terreno, está clasificada por escala de colores, para que sea más fácil identificar las diferentes elevaciones, y poder hacer una comparación con el terreno original, tal y como se muestra en la figura 4.

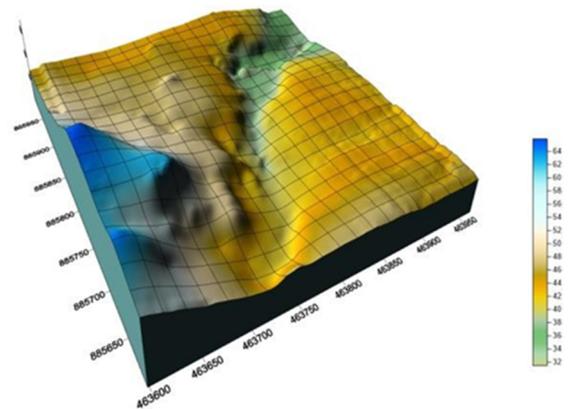


Figura 4. Modelado 3D del terreno, por escala de colores.

En la figura 5 claramente se puede observar que el terreno presenta diferentes elevaciones, formando una especie de valle,

que permite que las aguas superficiales fluyan. La dirección de escorrentía es 60° al N del E.



Figura 5. Valle en el terreno.

## 5. Impacto humano

La urbanización aumenta la escorrentía superficial, al crear superficies más impermeables, como pavimento y edificios, que no permiten la filtración del agua hasta el acuífero, como se muestra en la figura 6. En vez de filtrarse al suelo, el agua es forzada directamente hacia corrientes o drenajes, donde la erosión y sedimentación pueden ser problemas importantes, incluso cuando no hay inundación.

Cuando hay contaminantes disueltos o suspendidos en la escorrentía, el impacto humano se amplía. Esta carga de contaminantes puede alcanzar a diversas aguas receptoras como corrientes, ríos, lagos, estuarios y océanos, cambiando la composición química del agua en estos sistemas y en sus ecosistemas relacionados.

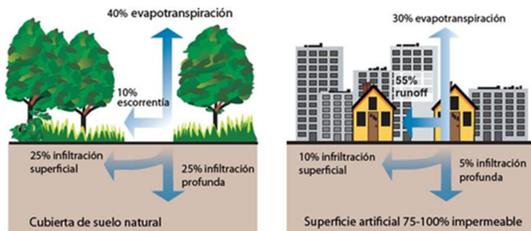


Figura 6. Desarrollo urbano = aumento en el volumen de escorrentía y reducción de la infiltración.

## 6. Pérdida de suelo por erosión

Actualmente, una de las fuentes principales de pérdida de suelo por erosión proviene de la tala y la quema de bosques tropicales. Cuando la superficie de tierra total es despojada de vegetación y de todos los organismos vivos, los suelos superiores son vulnerables a la erosión del viento y el agua, como se aprecia en la figura 7. Dentro de los efectos de la erosión se encuentran la turbidez y la sedimentación. El agua no solo arrastra partículas de suelo, sino también residuos de plaguicidas y otros químicos.

Su control es sencillo, el suelo puede ser protegido o estabilizado con una cubierta vegetal (yerba, árboles); esto aumentará la infiltración, disminuirá la velocidad, reducirá el arrastre [4].



Figura 7. El residencial presenta erosión en el terreno.

### 6.1 Escorrentía urbana

La escorrentía urbana se debe tratar como un residuo que contiene contaminantes y que afecta negativamente la calidad de las aguas receptoras. El control efectivo de las escorrentías urbanas debe abarcar tanto la disminución de la velocidad de flujo de la escorrentía como la disminución de contaminantes que transporta.

Existen diversas técnicas que influyen frecuentemente en los sistemas de retención, como lo son los estanques de infiltración que retienen la escorrentía, estos hacen que las descargas sean más lentas y se puedan tratar para retirar contaminantes.

Existen diversas técnicas como por ejemplo los estanques de retención, los cuales retienen las escorrentías, de modo que la descarga de la escorrentía sea más lenta y puedan tratarse para retirar la contaminación.

Otro método es el uso de pavimentos permeables y los sistemas de bioretención, conocidos en algunas regiones como jardines de lluvia (*rain garden*), que se pueden instalar en los colectores de lluvia antes de descargar, pero también en calles, zonas de *parking*, carreteras y otras áreas.

### 6.2 Efectos del manejo inadecuado de la escorrentía

La escorrentía mal manejada puede causar inundaciones, aumentar la temperatura en los cuerpos de agua afectando la vida acuática, alterar los cauces de los cuerpos de agua, contaminar las fuentes de agua potable y hacer que sea más costoso el tratarlas.

También, es responsable de la erosión del suelo, proceso por el cual las partículas del suelo se mueven de un sitio a otro por medio de la acción del agua, viento u otro efecto, donde el suelo queda expuesto a las inclemencias del tiempo (sin

cubierta) y las partículas del suelo pueden llegar a los cuerpos de agua, ocasionando sedimentación.

## 7. Cómo reducir los niveles de contaminación en las aguas de escorrentías

Algunas alternativas para reducir la contaminación del agua por escorrentía superficial incluyen las siguientes:

- Crear superficies de tierra más sólidas y saludables que no se deslaven tan fácilmente.
- Eliminar la contaminación en las aguas de escorrentía desde su origen, ya sea eliminando los contaminantes o minimizando sus efectos.
- Obtener recomendaciones de expertos sobre la mejor protección para el tipo de suelo de su zona.
- Implantar las mejores prácticas o métodos para contener las aguas de escorrentía, eliminando los contaminantes o ayudándolos a que se asienten en el suelo.

La vegetación alrededor y en las ranuras de los bordes de las aceras y las cunetas de césped puede:

- Atrapar contaminantes y sedimentos.
- Reducir la velocidad de las aguas de escorrentías.

Los sistemas de almacenamiento temporero (zanjas y cunetas) pueden:

- Reducir el volumen de las aguas escorrentías.
- Absorber contaminantes.

Los sistemas de almacenamiento permanentes pueden aplicar también a:

- Pantanos, humedales y charcas formados por las aguas pluviales.
- Áreas de retención para recolectar y conservar las aguas de escorrentía.

Los trabajos de barrido de calles, recogido y limpieza de las orillas de las carreteras son de mucha ayuda, así como el apoyo de las empresas de manejo de desperdicios peligrosos para recoger y disponer de forma segura las sustancias y productos químicos.

Los negocios, la industria, las ciudades y barriadas pueden llevar a cabo lo siguiente:

Realizar las actividades que generan contaminantes bajo techo y no a la intemperie.

- Almacenar de manera segura los materiales y productos.
- Recoger frecuentemente la basura acumulada.
- Limpiar adecuadamente los derrames de productos químicos y las fugas de los vehículos con trapos o materiales absorbentes en lugar de usar agua.

## 8. Conclusiones

Con las experiencias tanto de campo como de consulta; puede resaltarse el gran impacto que las escorrentías tienen en la cotidianidad de la gente que sin darse cuenta las ignora y vive bajo los efectos de la contaminación. La escorrentía

proviene de la precipitación. Sin embargo, no toda la precipitación produce escorrentía, porque el almacenaje en los suelos puede absorber las primeras lluvias y el resto de estas, se ven correr arrastrando basura, sedimentos, contaminantes y sustancias que ni siquiera se consideran presentes.

Luego de analizar las curvas de escorrentías de las aguas superficiales en la barriada residencial Los Sueños de Soná mediante el *software* Surfer, se comprobó las grandes facilidades que ofrecen los avances tecnológicos, que permiten incluso decidir sobre el tratamiento que se le da al terreno para reducir las escorrentías. En el caso de Los Sueños de Soná, resultó conveniente utilizar el programa que determinara la forma del terreno para conocer dónde ubicar los elementos que hacen función de filtro para dichas aguas.

Debido a que el terreno está en uso para construcción, se considera de conveniencia, el uso de plantas para sostener los suelos y reducir la movilidad de estos en presencia de lluvia. Esta capa vegetal, asegura menor erosión, transporte de sedimentos y contaminantes. No se ha registrado ningún tipo de accidente en el lugar porque es un terreno usado por primera vez. Las prácticas de control de escorrentías utilizadas en el terreno son la plantación de grama y pequeñas plantas en el terreno, también se incluye el sistema de alcantarillado y cunetas que estaba propiamente diseñado para la forma del terreno.

## RECONOCIMIENTO

Los elaboradores del proyecto desean reconocer la importante labor del Doctor Alexis Tejedor por iniciar científicamente a los estudiantes de Ingeniería.

## REFERENCIAS

- [1] Superhéroes del ambiente – Capítulo 4: Las inundaciones <http://www.uprm.edu/agricultura/sea/4h/superheroes.html>.
- [2] Surfer® 13. (2015). Full User's Guide. Noviembre 25, 2017, de Golden Software, LLC Sitio web: <http://downloads.goldensoftware.com/guides/Surfer13UsersGuidePreview.pdf>
- [3] González, C., Lozada, W, (2009) Manejo y control de las aguas de escorrentía para mantener la calidad del agua, Servicio de Extensión Agrícola - UPR.
- [4] Carmen González Toro. (2009). Manejo y control de las aguas de escorrentía para mantener la calidad del agua. Noviembre 20, 2017, de Servicio de Extensión Agrícola Sitio web: <http://agricultura.uprm.edu/escorrentia/Material%20educativo/Presenta%20general%20escorrentia.pdf>
- [5] Juan Padial. (2017). ¿Qué es la escorrentía urbana? 15 de octubre, 2017, de curiosoando.com Sitio web: <https://curiosoando.com/que-es-curiosoando-com>