

EFFECTO DE CORIOLIS Y SU INFLUENCIA EN LA EROSIÓN GEOLÓGICA

Jairo Cañón R. y Albeiro Espinosa B.
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Mecánica, Facultad de Minas,
Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
jcanon@unalmed.edu.co

Recibido para evaluación: 01 de Agosto de 2003 / Aceptación: 06 de Noviembre de 2003 / Recibida versión final: 11 de Noviembre de 2003

RESUMEN

Es frecuente encontrar en los textos de Dinámica que la desviación del cauce de ciertos ríos en las estepas siberianas se debe al efecto de Coriolis. Pero en una publicación encontrada en Internet nos sorprendió que el autor asegurara que mediante pruebas de laboratorio puede demostrar que el efecto de Coriolis no tiene ningún efecto sobre las erosiones causadas por estos ríos y su consecuente desviación del cauce.

La prueba en mención se realizó construyendo un cauce artificial con una mezcla de arcilla y piedrecillas que convierte el modelo en una estructura con cierta impermeabilidad y rigidez no propia para observar efectos de erosión causada por dilución. Por lo tanto en este artículo describimos un ensayo de laboratorio fácil de efectuar con el cual podemos observar los efectos erosivos debidos principalmente a la dilución y a las fuerzas ocasionadas por el efecto de Coriolis. Utilizando arena para moldeado de piezas fundidas, se modeló un canal que simula el cauce del río y se observaron los efectos causados por un caudal de agua sobre la geometría del cauce de sección transversal rectangular durante un periodo de tiempo de 5 minutos. Las observaciones llevadas a cabo se hicieron sin rotación y con rotación del canal, lo que permite visualizar los efectos de erosión sin el efecto de Coriolis y luego con él.

Queremos resaltar con este artículo la importancia analítica con que se debe abordar la información gratuita que nos suministran los sitios de Internet.

PALABRAS CLAVES: Aceleración de Coriolis, Erosión, Fuerzas de Coriolis, Efectos de Coriolis.

ABSTRACT

He is frequent to find in texts of Dynamics that the deviation of the channel of certain rivers in Siberian steppes must Coriolis in order that. But in a publication found in Internet it surprised to us that the author assured that by means of laboratory tests can demonstrate that the Coriolis effect does not have any effect on the erosions caused by these rivers and their consequent deviation of the channel. The test in mention was made constructing to an artificial channel with a mixture of clay and stones that turns the model into a structure with certain impermeability and nonown rigidity to observe effects of erosion caused by dilution. Therefore in this article we described a test of laboratory easy to carry out with which we can observe the erosive effects mainly due to the dilution and the forces caused by the Coriolis effect. Using sand for moulding of castings, model a channel that simulates the channel of the river and the effects caused by a water volume were observed on the geometry of the channel of rectangular cross-sectional section during a period of time of 5 minutes. The carried out observations took control without rotation and of rotation of the channel, which allows to soon visualize the effects of erosion without the Coriolis effect and him. We want to emphasize with this article the analytical importance whereupon the gratuitous information that is due to approach they provide the sites to us of Internet.

KEYWORDS: Coriolis Acceleration, Erosion, Coriolis Forces, Coriolis Effect.

1. INTRODUCCIÓN

El matemático francés G. G. Coriolis concluyó que debido a la rotación de la tierra cualquier movimiento lineal hacia el norte conseguía desviarse hacia la derecha en el hemisferio norte (Figura 1.a) y si el movimiento es hacia el sur en ese mismo hemisferio la desviación será hacia la izquierda (Figura 1.b). Esto implica que cualquier flujo de fluido puede ser desviado. Por eso determinados ríos que van por bastas zonas planas serán desviados por el efecto de Coriolis y como se sabe: “El agua de los arroyos y de los ríos es un poderoso agente erosivo; disuelve determinados minerales y los cantos que transporta la corriente desgastan y arrastran los depósitos y lechos fluviales”.

Este ensayo fue hecho para demostrar como el efecto de Coriolis desvía el flujo de la corriente del río y poder cuantificar los efectos erosivos causados durante un periodo de tiempo sobre el flanco del cauce hacia el cual se desvía la corriente.

2. EL EXPERIMENTO

2.1. Objetivo

Medir los efectos erosivos causados por una corriente de agua sobre un canal impreso sobre un bloque de arena de la empleada en moldes de fundición. Los experimentos se llevarán a cabo en primera instancia sin efectos rotativos y en una segunda instancia bajo los efectos de rotación para luego hacer la respectiva comparación.

2.2. Modelo Para el Cauce Artificial

- Las dimensiones del bloque de arena con el cauce para el fluido se da en la figura 2. La pendiente del cauce es del 5%, la sección transversal es de 5cm por 3cm. Pero el caudal de agua solo alcanzará a llenar el 30% de la capacidad aproximadamente.

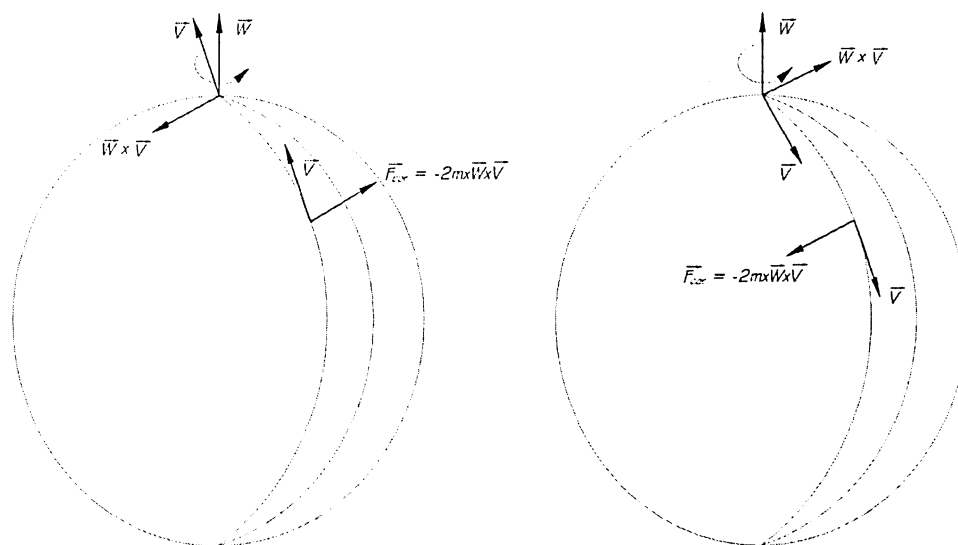


FIGURA 1.

- Desviación de fluidos en el hemisferio norte.
- El fluido fluye hacia el norte, la desviación hacia la derecha.
 - El fluido fluye hacia el sur, la desviación hacia la izquierda.

- La corriente fluirá en forma radial del centro de rotación hacia el exterior. Imitando el fenómeno descrito en la figura 1.b, pero girando en el sentido de las manecillas del reloj cuando se mira en vista de planta..
- El caudal constante se logro mediante un depósito de agua en el cual se mantuvo constante la altura del nivel del agua. El montaje se muestra en la figura 3.

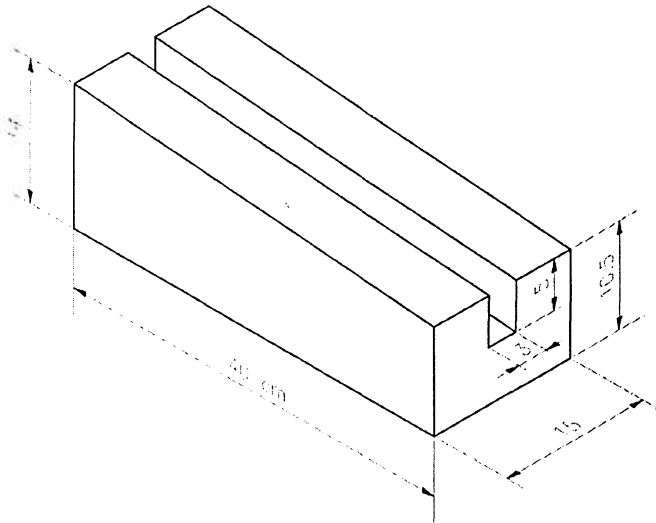


FIGURA 2.
Modelo para el cauce de circulación del fluido.

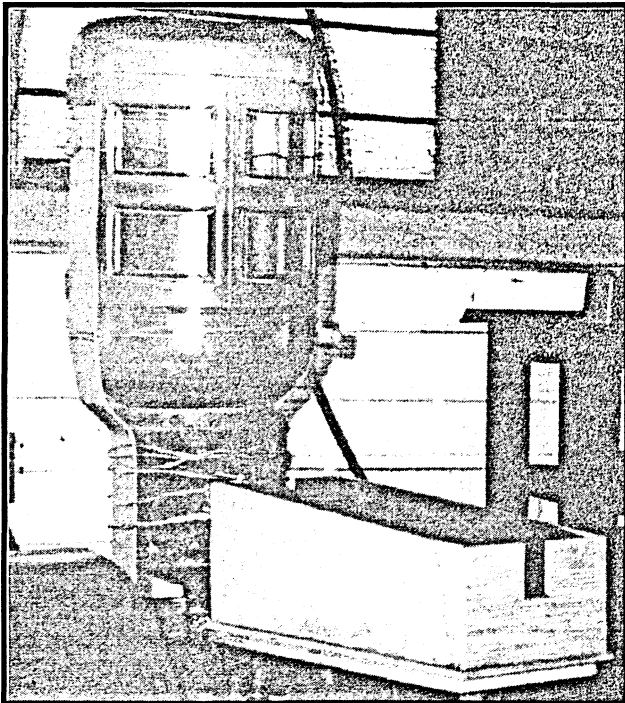


FIGURA 3.
Modelo para el cauce artificial.

- En la figura 4 se da el modelo cinético de una porción P del fluido en el cauce, para cuando el sistema rota en sentido horario visto en planta.

3. CÁLCULOS

A. Caudal

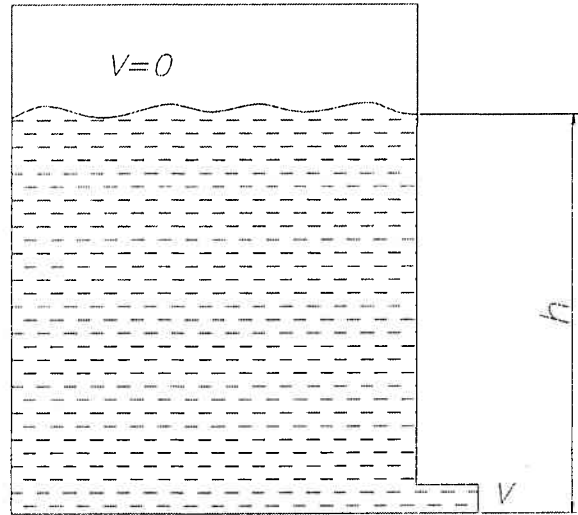


FIGURA 4.
Deposito de agua que alimenta el caudal de simulación.

Aplicando la ecuación de Bernoulli al deposito se obtiene:

Donde:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

v : Velocidad de salida

g : Aceleración de la gravedad

h : Altura del nivel de agua del depósito

$$v = \sqrt{2 * 980 \frac{cm}{s^2} * 20cm}$$

Cálculo del caudal

$$v = 197 \frac{cm}{s}$$

Q : Caudal (cm³ /s)

A : Área de salida del tanque

$$Q = v * A$$

$$Q = 197 \frac{cm}{s} * (1.5 * 3)cm^2$$

$$Q = 886 \frac{cm^3}{s}$$

B. Fuerzas

Ver figura 4, la aceleración absoluta de una particular de agua del caudal ubicado a una distancia r del eje de rotación esta dada por:

$$\vec{a}_p = \vec{a}_{p'} + \vec{a}_{pp'} + \vec{a}_C \quad (2)$$

Donde :

\vec{a}_P : Aceleración absoluta de P.

$\vec{a}_{P'}$: Aceleración absoluta de $\vec{P}' = \vec{W}_x(\vec{W}_x\vec{r})$ P' pertenece al sistema que rota y coincide con P.

$\vec{a}_{PP'}$: Aceleración relativa de P con respecto a P'. Como \vec{U} es constante, $\vec{a}_{PP'}$ es cero.

\vec{a}_C : Aceleración complementaria o de Coriolis: $2\vec{\Omega}_x\vec{U}$

\vec{U} : Velocidad relativa de P respecto a P'.

$\vec{\Omega}$: Velocidad angular con que rota el sistema. Para el experimento esta velocidad es constante.

$$\vec{a}_P = \vec{W}_x(\vec{W}_x\vec{r}) + 2\vec{\Omega}_x\vec{U} \quad (3)$$

La fuerza resultante sobre esa particular de agua es:

$$\vec{F}_P = m\vec{a} = m[\vec{W}_x(\vec{W}_x\vec{r}) + 2\vec{\Omega}_x\vec{U}] \quad (4)$$

La dirección mostrada de \vec{F}_P , será la línea de acción en que actuara la fuerza que erosionará la pared, esta se muestran gráficamente en la figura 5.

4. ENSAYOS REALIZADOS

A. Sistema Sin Rotación

En la figura 6 se muestra el efecto erosivo del caudal de $886 \text{ cm}^3/\text{s}$ que circulo por el canal durante 5 minutos, sin efecto de rotación.

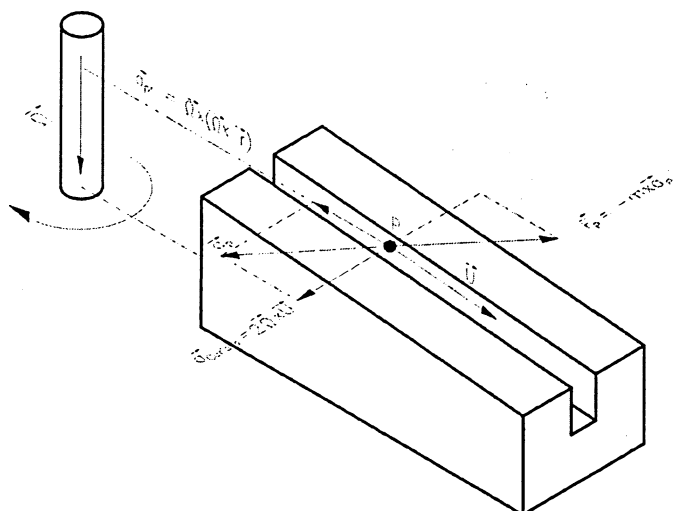


FIGURA 5. Modelo matemático para la porción de fluido P.

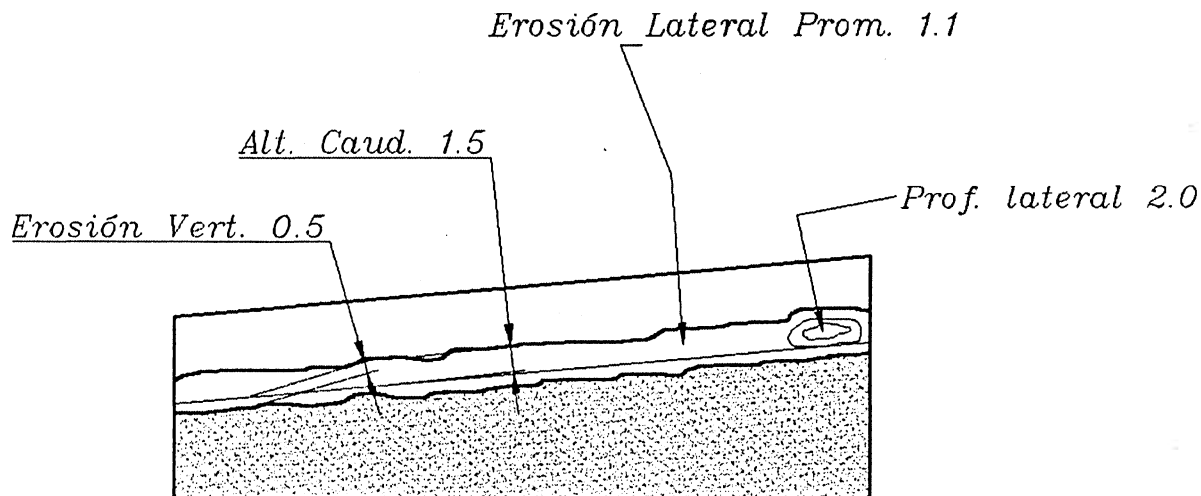


FIGURA 6.
Corte longitudinal del modelo para mostrar los efectos de erosión en un caudal sin rotación.

El efecto erosivo fue simétrico sobre las paredes laterales y el fondo del caudal en la prueba sin rotación del sistema. La erosión se debió básicamente al arrastre de la corriente y a la dilución.

B. Ensayo con Rotación

En la figura 7 y 8 se muestran los resultados de la erosión de un caudal de $886 \text{ cm}^3/\text{s}$ durante un tiempo de 5 minutos, en un sistema en rotación a una velocidad angular constante de 2.7 rad/s .

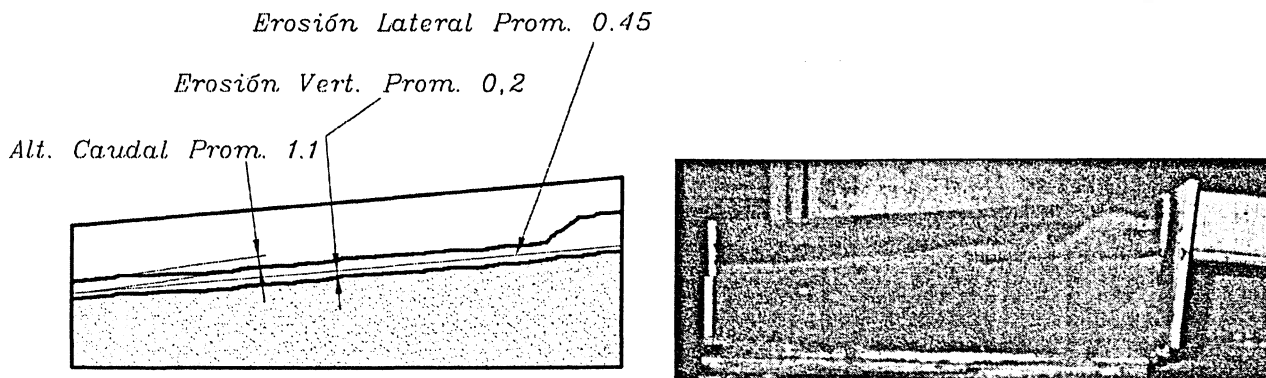


FIGURA 7.
Corte longitudinal del modelo, lado derecho, para mostrar los efectos de erosión en un caudal con rotación.

Los efectos de erosión sobre el lado derecho del caudal disminuyeron en relación a la prueba anterior. En cambio aumentaron sobre el lado izquierdo sobre el cual actuaron las fuerzas resultantes del caudal, ver figura 8.

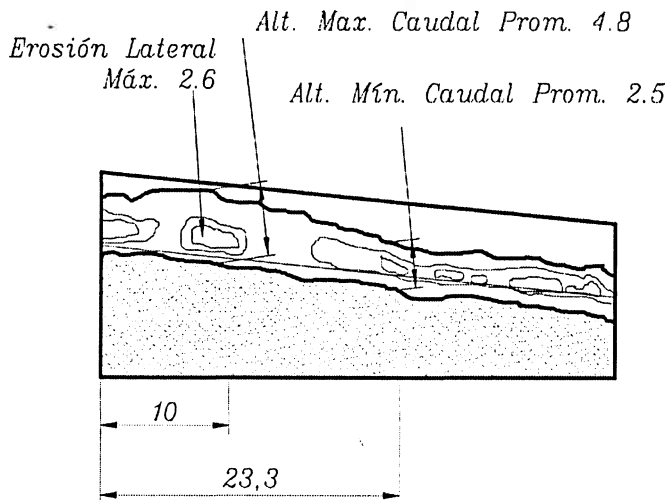


FIGURA 8.
Corte longitudinal del modelo, lado izquierdo, mostrando los efectos de erosión en un caudal con rotación.

5. CONCLUSIONES

Formación de cárcavas: En la figura 8 se muestran las fuerzas que actúan a lo largo del área erosionada.

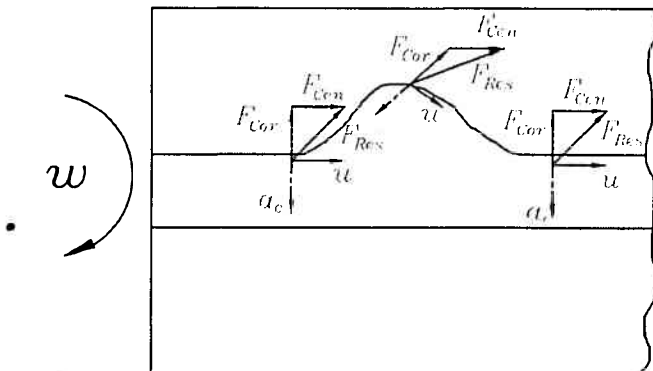


FIGURA 9.
Fuerza producida por el efecto de Coriolis actuando sobre las cárcavas producidas por el mismo efecto.

Al comparar los resultados de los ensayos con rotación y sin rotación, se evidencia el efecto de la rotación sobre la formación de las cárcavas en el flanco donde coincide la predicción del efecto de las fuerzas resultantes con el efecto de la fuerza de coriolis.

6. GLOSARIO

Cárcava, pequeño surco excavado por las aguas de escorrentía y arroyada sobre la superficie terrestre. Se desarrolla fundamentalmente en regiones áridas que registran fuertes precipitaciones ocasionales y dan lugar a un terreno de aspecto acanalado, con estrías en principio poco profundas y separadas entre sí por interfluvios agudos. Inciden con más facilidad sobre materiales blandos y poco compactos, como los suelos arcillosos y de margas. Aunque su origen se debe a la erosión fluvial, la cárcava sólo está ocupada momentáneamente por un curso de agua. Cuando presentan mayores dimensiones, y sobre todo profundidad, reciben el nombre de cárcavones. Las cárcavas, que caracterizan una amplia superficie disecada por arroyamiento, normalmente conducen a la formación de las llamadas badlands o tierras baldías, resultado de una intensa erosión del suelo.

Escorrentía, conjunto de las aguas que se desplaza por la superficie terrestre gracias a la fuerza de la gravedad. Las aguas que circulan en la escorrentía provienen de las precipitaciones, ya sean en forma de lluvia, granizo o nieve. El agua de escorrentía puede desplazarse en forma de mantos o corrientes, bien sin cauce fijo, como en las aguas de arroyada, o bien con cauce, como en los ríos o los glaciares. En cualquier caso, son una parte importante del ciclo del agua, puesto que la conducen hasta el océano o los lagos, donde se evapora. La acción morfogenética de la superficie terrestre por parte de la escorrentía es fundamental. Los glaciares, las aguas de arroyada, los torrentes y ríos producen la erosión del terreno y llevan a cabo también el transporte y la sedimentación de materiales. La acción geomorfológica, en cada caso, depende de muchos factores, como la pendiente del terreno, el volumen de agua circulante y el tipo de roca superficial.

7. REFERENCIAS

Coriolis Force

<http://aci.mta.ca/TheUmbrella/Physics/P3401/Concepts/CoriolisGDA.html>

Algorithm, Incorporated / Algorithm, Inc. - Science! - The Coriolis Force

<http://www.algorithm.com/vinny/coriolis.html>

The Coriolis Effect: A (Fairly) Simple Explanation

<http://www.physics.ohio-state.edu/~dvandom/Edu/coriolis.html>

Characterization of the Coriolis Effect and How it Pertains to Geological Erosion

<http://aci.mta.ca/TheUmbrella/Physics/P3401/Investigations/CoriolisAGL.html>

Understanding the Coriolis force

<http://satftp.soest.hawaii.edu/ocn620/coriolis/>

