

XXIVº Congreso Nacional del Agua 2013

San Juan, 14 al 18 de Octubre de 2013

MEDICIÓN DE EROSIÓN EN MODELOS FÍSICOS UTILIZANDO UNA CÁMARA KINECT®.

Mariana Pagot¹, Emanuel Sanchez Aimar², Nicolás Bellino¹, Cristian Apostolo¹, Mariano Corral¹, Andrés Rodríguez², Oscar Bustos² y Gerardo Hillman¹

¹Laboratorio de Hidráulica, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

²Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba.
Av Filloy s/n, Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina. mpagot@efn.uncor.edu

RESUMEN

En este trabajo se presenta una novedosa técnica para medición de erosión en modelos físicos a escala reducida utilizando un método no intrusivo basado en el uso de una cámara RGB-D “Kinect” (Microsoft, 2010). Esta cámara permite detectar un plano de profundidades a través de un sensor láser, y generar simultáneamente una imagen color óptica que se corresponde con dicho plano. Se consigue así los datos 3D de la superficie final de cada ensayo hidrosedimentológico realizado y una visualización detallada de la condición alcanzada.

El objetivo planteado fue automatizar la recolección de datos topográficos resultantes de cada ensayo de erosión, desarrollando una metodología que pueda ser replicable en futuros proyectos.

Los datos topográficos utilizados se midieron en el modelo físico tridimensional “Los Molinos” en escala 1:65 con fondo móvil, construido en el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, de la Universidad Nacional de Córdoba.

Como resultado de este trabajo se presentan los mapas digitales relevados durante un ensayo en particular, los cuales se validaron con una nube de puntos característicos medidos en forma directa en este escenario analizando. Finalmente se evaluaron ventajas y desventajas de esta nueva técnica propuesta respecto de las técnicas tradicionales utilizadas en laboratorio.

Palabras Claves: Erosión, medición, KINECT, modelo físico.

INTRODUCCIÓN

La medición de erosión en modelos físicos a escala reducida se realizó, hasta hace poco tiempo, exclusivamente con el empleo de un nivel óptico y una mira. La problemática identificada al utilizar esta técnica tradicional se manifiesta básicamente en dos aspectos. El primer aspecto está relacionado con la forma de medición, en la cual es necesario apoyarse sobre la superficie a relevar para medir el dato de interés. El segundo aspecto está relacionado con el excesivo tiempo empleado para relevar en detalle el área en estudio, incrementándose cuando la misma es extensa y cuando la cantidad de ensayos hidrosedimentológicos son numerosos, como en el caso de aplicación aquí presentado.

Para salvar estas problemáticas, se trabajó en una nueva técnica digital que propone el registro de datos medidos en forma remota. Esta técnica brindará con mayor detalle del área en estudio e involucrará menor tiempo de trabajo. La principal premisa a seguir fue lograr repetitividad entre ensayos con la aplicación de esta nueva técnica propuesta.

El objetivo principal de este trabajo fue: “Desarrollar e implementar nuevas técnicas “no intrusivas” de medición de erosión para aplicar en laboratorios, automatizando la recolección de datos topográficos resultantes de cada ensayo, aplicando una metodología que pueda ser replicable en futuros proyectos”.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las mediciones de erosión se realizaron sobre el modelo físico tridimensional del Dique Los Molinos (Figura 1), construido a escala 1:65 con similitud de Froude a fondo móvil, en el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, de la Universidad Nacional de Córdoba. (Laboratorio de Hidráulica, 2012 y Eder, M., 2012)

El Dique Los Molinos (Figura 2), localizado sobre el Río Grande en la provincia de Jujuy, Argentina, es una obra hidráulica existente cuyo objetivo principal es la derivación de agua para consumo para la ciudad capital de la provincia, y para abastecer los canales de riego de la región. Actualmente, la obra, tiene problemas para la operación debido a la gran cantidad de sedimentos que transporta el flujo, y el tamaño de los mismos. En la actualidad se observan importantes deposiciones de sedimentos aguas arriba, problemas de erosión aguas abajo e importantes daños en la presa por los efectos abrasivos de los sedimentos que pasan sobre la estructura. Por este motivo se diseñaron nuevas obras para restaurar la operatividad de la presa y sus estructuras hidráulicas de derivación y evacuación. La presa tiene tres tipos de estructuras de descarga: Un vertedero fijo, un vertedero móvil y un canal moderador.

El área representada en el modelo físico comprende además un tramo del curso fluvial con un desarrollo total de 1520 m (1000 m aguas arriba y 500 m aguas abajo del eje del cierre), y un ancho efectivo variable entre los 250 a 700 m en prototipo.



Figura 1. Imagen satelital en detalle de la zona de estudio.

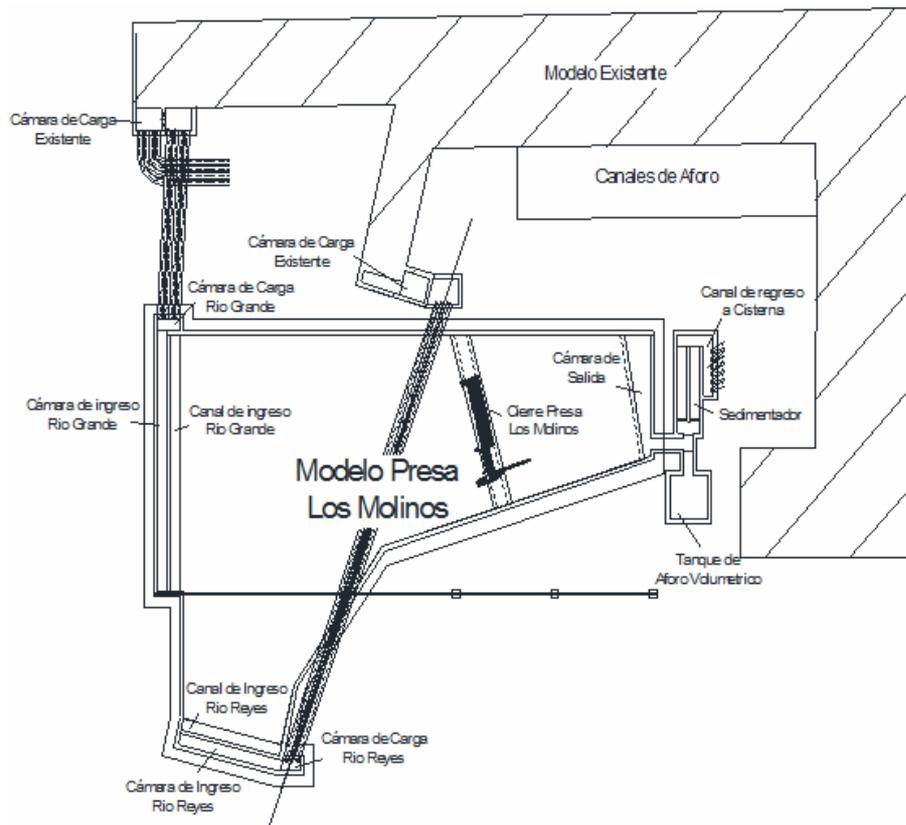


Figura 2. Elementos del modelo físico Dique Los Molinos.

En este trabajo se desarrolló un sistema alternativo de medición de erosión y formas de fondo, utilizando tecnología prevista en el ámbito comercial para entretenimiento. Se presenta el uso de una cámara digital láser denominada comercialmente RGB-D KINECT (Microsoft, 2010) (Figura 3).

Esta cámara está provista de un sensor óptico y dos sensores para emitir el láser y recibir la energía reflejada lo que permite reconstruir un modelo de profundidad del terreno respecto de la posición de la cámara.



Figura 3. Cámara KINECT (Microsoft, 2010).

La capacidad técnica de esta cámara permite realizar un barrido de la superficie analizada dividida en parcelas de 1,30m x 0,83 m aprox. con una resolución espacial de 2 mm.

Estas mediciones se realizaron sobre una guía horizontal que facilita el desplazamiento de la cámara sostenida por un soporte especialmente diseñado en el Laboratorio de Hidráulica (LH) de la FCEfyN de la UNC (Bellino, 2013) para tomar imágenes cubriendo el ancho total del modelo utilizado (ya que este superó la mínima área posible de registrar en una única toma). (Figura 4)



Figura 4. Técnica de medición de erosión con cámara KINECT en modelo físico del LH-UNC.

La adquisición de datos con la cámara KINECT se realizó utilizando el procesador (o marco de trabajo) OpenNI que se ejecuta bajo LINUX y es de código abierto. Las principales características de OpenNI es que permite trabajar con valores de profundidad de hasta 9 m, y además linealiza los valores de bits (de modo que se representen en milímetros, a través de una conversión de los patrones de bits a enteros sin signo).

Las mediciones con nivel óptico se realizaron en forma tradicional utilizando una regla graduada al milímetro con un palpador de apoyo. Se utilizó un punto fijo permanente durante todos los ensayos simulados. Estas mediciones se tomaron sobre tres perfiles transversales y tres perfiles longitudinales al cauce del río, todos aguas abajo de las estructuras de control modeladas. Los perfiles transversales (Figura 5) se organizaron en tres secciones: a) al pie de las estructuras, b) en el foso de erosión y c) sobre la barrera de sedimentación. Además se relevaron tres secciones

longitudinales coincidentes con el muro lateral del canal moderador, la sección media del dique móvil y la sección media del dique fijo.

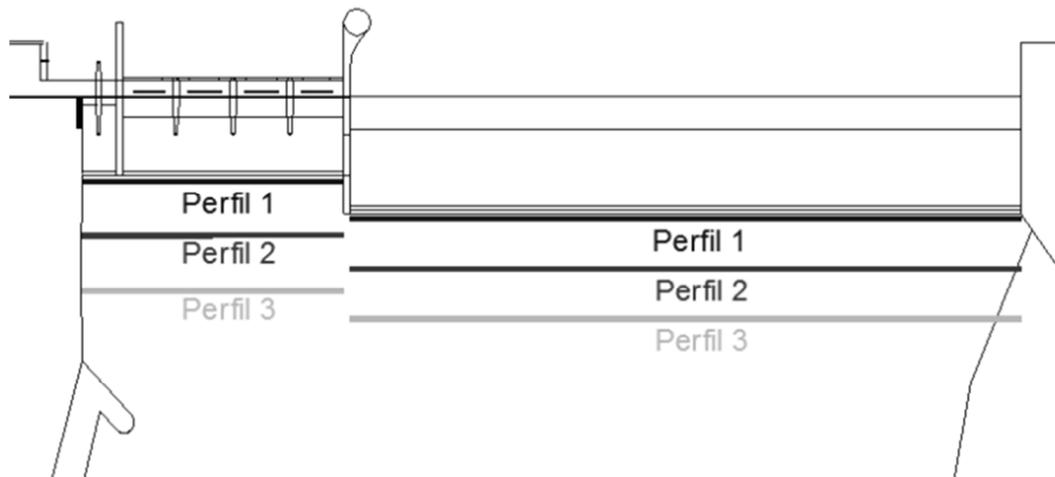


Figura 5. Ubicación de perfiles transversales para medir las erosiones finales.

Los datos relevados en el modelo físico se digitalizaron en planillas de cálculo y fueron convertidos a valores de prototipo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados para el escenario correspondiente a un caudal de $600 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual permite evaluar la erosión generada por el paso del mayor caudal posible por canal moderador y por ambos diques móvil y fijo.

En la Figura 6 (a) se observa un instante del escenario simulado para el caudal de $600 \text{ m}^3/\text{s}$, pasante por el Dique Móvil y el Canal Moderador. En la Figura 6 (b) se observa una fotografía de la fosa de erosión resultante. La erosión final obtenida con el método tradicional de medición en las tres secciones paralelas a la obra aguas abajo del Dique Móvil, se presenta en la Figura 7.



Figura 6. Ensayo $600 \text{ m}^3/\text{s}$; a) Ensayo hidráulico; b) Cuenco resultante.

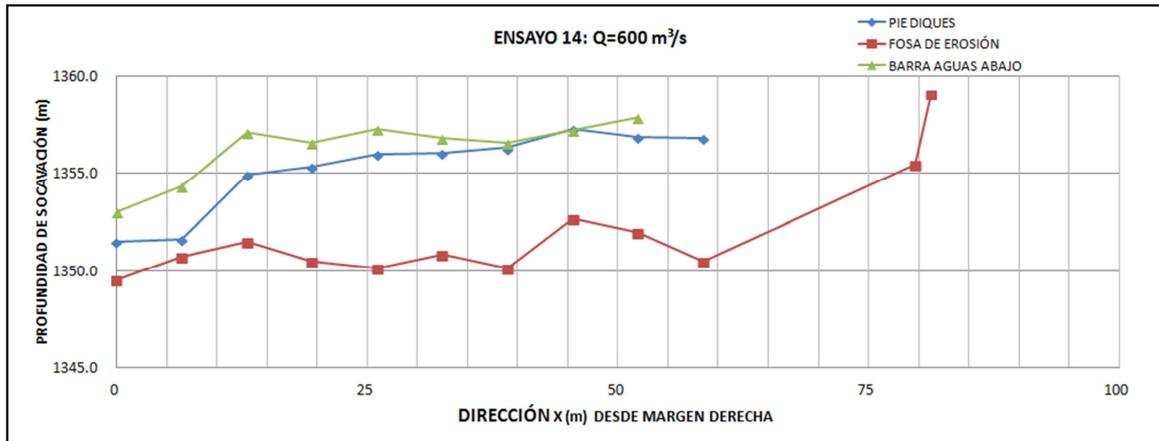


Figura 7. Erosión final en las tres secciones paralelas aguas abajo del Dique Móvil.

En la Figura 8 se aprecia la imagen generada con la cámara KINECT y con valores ya convertidos a prototipo.

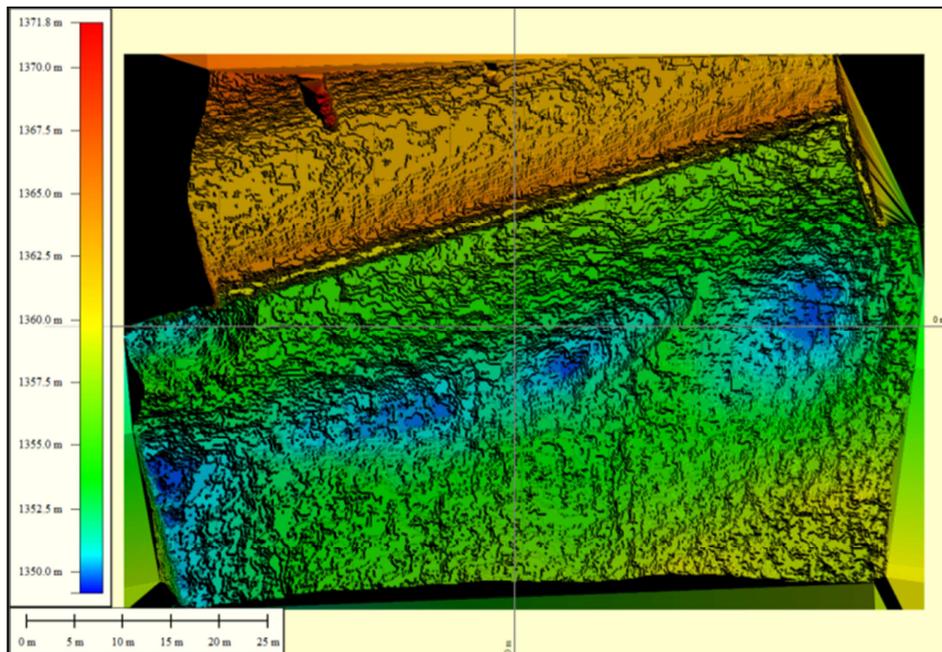


Figura 8. Erosión 3D medida llevada a prototipo.

Se realizó la representación conjunta entre los valores de erosión medidos con ambos métodos, con el método tradicional, es decir utilizando nivel óptico, y las mediciones con el método digital, utilizando la cámara KINECT.

En la Figura 9 y Figura 10 se esquematizan ambas mediciones en valores de prototipo y se colocó como referencia el nivel topográfico al inicio de cada ensayo asumido en cota 1360 m.

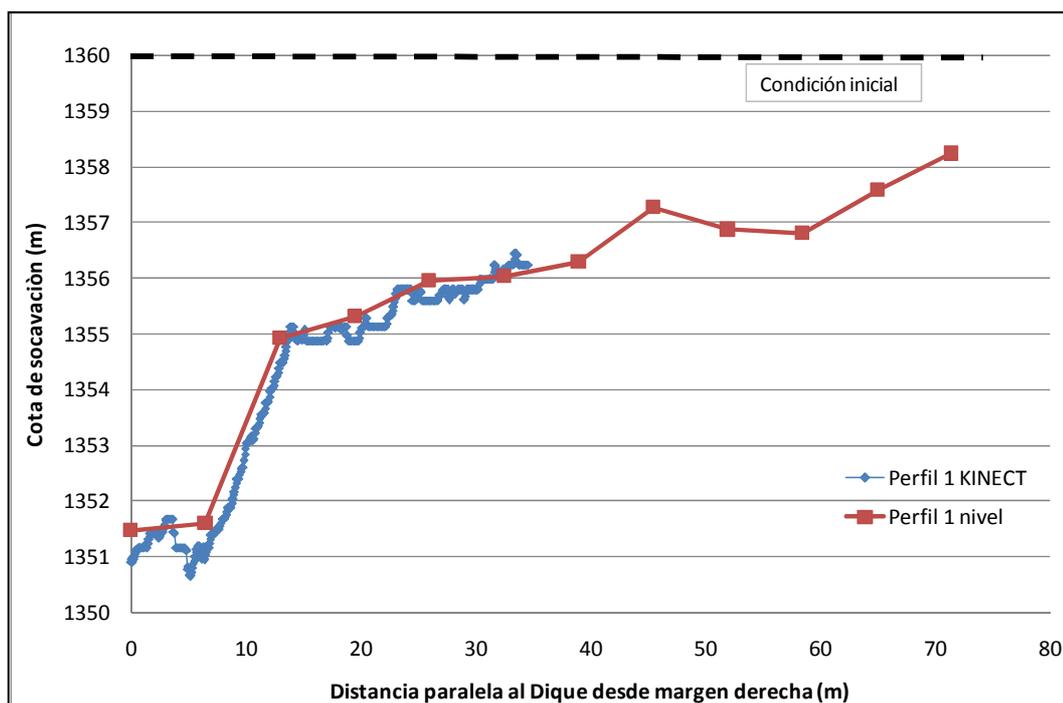


Figura 9. Comparación de resultados obtenidos al pie de la obra con el método tradicional y con el método digital.

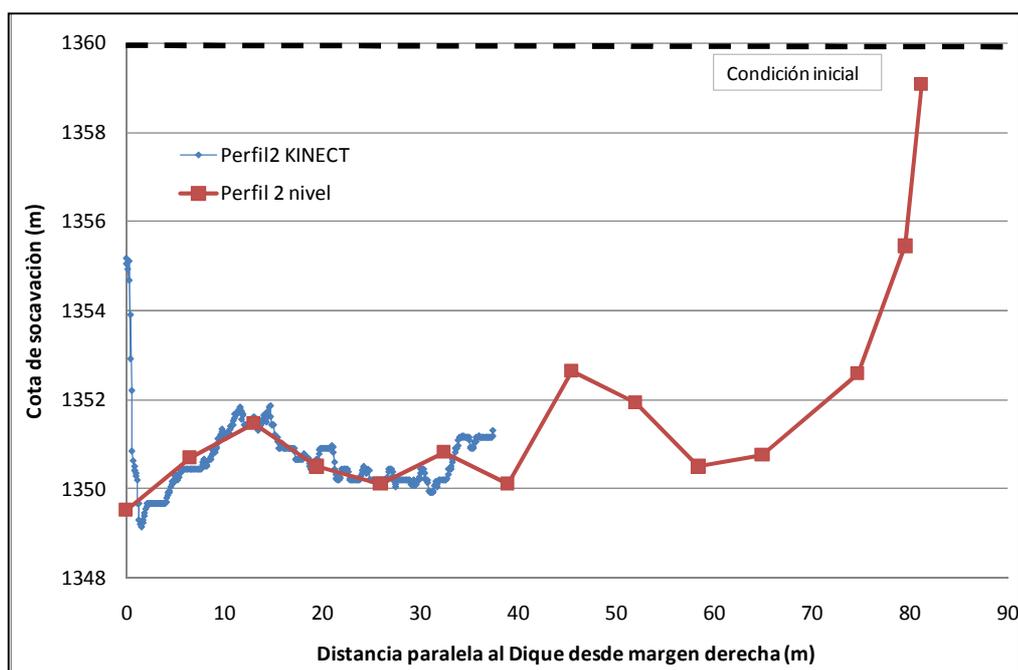


Figura 10. Comparación de resultados obtenidos en el foso de erosión con el método tradicional y con el método digital.

Se observa a partir de un análisis estadístico básico, sobre los ensayos realizados (17 en total), que los correspondientes resultados alcanzados con ambos métodos tienen una correlación aceptable (R^2 mayor a 0,80) sin aplicar filtros previos sobre los valores medidos con la cámara KINECT. Esto indica que los resultados podrían mejorar luego de un post-procesamiento de los datos digitales.

CONCLUSIONES

Se destacan las principales ventajas de la técnica propuesta, utilizando la cámara KINECT, respecto a la técnica tradicional:

- Es una técnica “no intrusiva”, por lo tanto no se altera en la menor medida el escenario resultante de cada ensayo realizado.
- Mejora la resolución espacial del área medida, consiguiendo una resolución de 2 mm.
- Mejora el registro de cada escenario ensayado, el detalle final con que se toma cada área modelada cuenta con 307200 puntos relevados.
- Disminuye el tiempo de medición de los resultados para cada escenario ensayado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se desarrolló en el marco del contrato firmado entre el Laboratorio de Hidráulica (Centro de Vinculación del Departamento de Hidráulica) de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba y la UTE Roggio S.A. – José Cartellone Construcciones Civiles S.A., para la ejecución del modelo físico del Dique Derivador Los Molinos, por lo que agradecemos la confianza en este grupo de profesionales, docentes e investigadores. También, agradecemos a la Universidad Nacional de Córdoba.

BIBLIOGRAFIA

Bellino, Nicolás (2013): “*Nuevo método de medición de erosión aplicado al modelo físico del Dique Los Molinos (Jujuy)*”. Trabajo final de la carrera de Ingeniería Civil – Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba – Córdoba, Argentina. Abril.

Eder, Matías (2012): “*Diseño, construcción y calibración del modelo físico – Dique Los Molinos (Jujuy)*”. Trabajo final de la carrera de Ingeniería Civil – Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales – Universidad Nacional de Córdoba – Córdoba, Argentina. Diciembre.

Laboratorio de Hidráulica (2012): “*Modelación Física Tridimensional del Dique Los Molinos, provincia de Jujuy*”. Segundo Informe Técnico. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Diciembre.

MICROSOFT (2010). “*KINECT*” Web: <http://www.xbox.com/en-us/kinect/> (acceso 08 junio 2012).