

PROYECTO FAD 2021

Jupyter Notebook como herramienta de apoyo para la enseñanza en Ingeniería Civil: Aplicación a la asignatura de Hidráulica



PROBLEMÁTICA OBJETIVO GENERAL

La asignatura de Hidráulica (IN1114C) se dicta en el séptimo semestre de la carrera de Ingeniería Civil de la UCSC. Dicho semestre es complejo para los alumnos puesto convergen tres asignaturas sabidas demandantes (i.e. Hidráulica, Mecánica de Suelos y Dinámica de Estructuras). En consecuencia, este proyecto implementa herramientas que faciliten y dispongan de ambientes eficientes para el aprendizaje para una de estas asignaturas. En este contexto los recursos digitales que ofrece la plataforma Jupyter Notebook favorecen la productividad de los estudiantes, proveen flexibilidad y facilitan el trabajo colaborativo (Cardoso et al., 2019). Lo anterior a través de un ambiente de programación amigable que permite desarrollar actividades combinando, en un mismo documento, diferentes tipos de recursos digitales.

Aumentar los niveles de motivación y aprobación de los estudiantes en la asignatura de hidráulica, y con el área de hidráulica y medio ambiente, a través del uso de metodologías aprendizaje innovadoras que aporten al desarrollo de habilidades técnicas en hidráulica y en programación en ambientes dinámicos.

EVIDENCIA GRÁFICA

Vertedero de pared ancha Vertedero Ogee Vertedero Ogee con dissipador tipo salto de esquí (superior) y bloques (inferior)

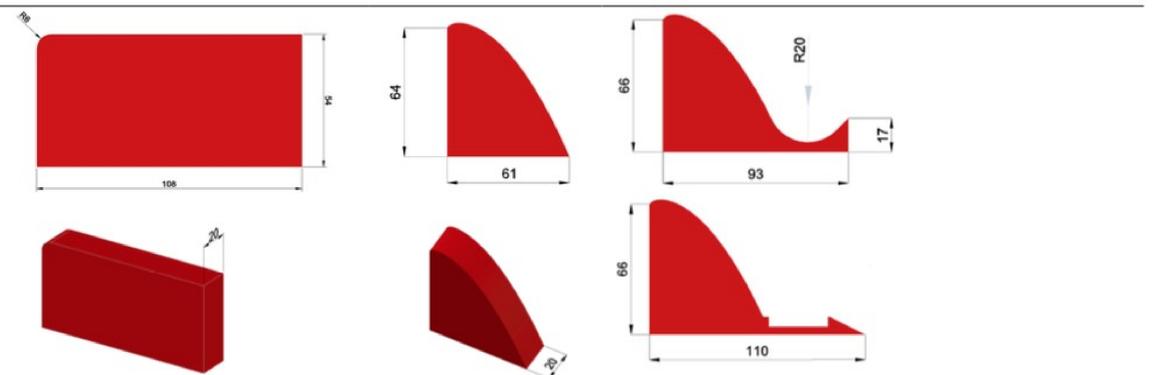


Figura 1. Esquemas de las estructuras generadas para la realización de nuevas experiencias en el canal de prueba del laboratorio.

Ejemplo actividad programada para evaluar las fuerzas sobre compuertas planas https://colab.research.google.com/drive/1JIA01aKaM1mBQsdN_jb6IN5rk3W3mZsD?usp=sharing

Fuerza Específica.

El concepto de *Energía Específica* ha permitido identificar los tipos de flujo definidos como sub y supercrítico. Se determina que el flujo subcrítico es controlado desde aguas abajo ($Froude = \frac{v}{\sqrt{gh}} < 1$) y el supercrítico desde aguas arriba ($\frac{v}{\sqrt{gh}} > 1$). De esta manera para una altura de agua conocida, o punto de control, la señal (i.e. onda) puede moverse hacia aguas arriba o hacia aguas abajo dependiendo del tipo de flujo. Así un punto de control subcrítico producirá un flujo subcrítico hacia aguas arriba, y por el contrario, un punto de control supercrítico producirá un flujo de estas características hacia aguas abajo. La Figura 1 muestra la altura crítica como punto de control, y las posibles combinaciones de flujo según las respectivas condiciones aguas arriba o aguas abajo.

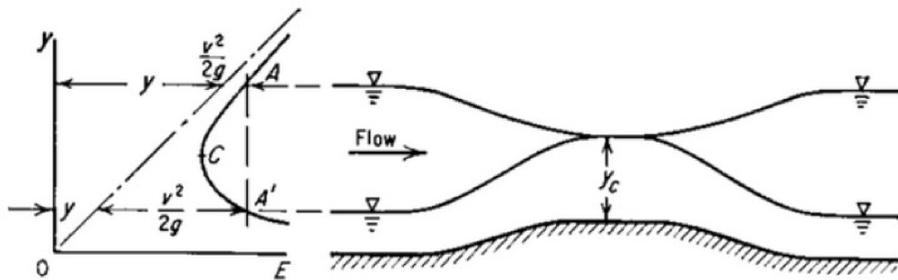


Figura 1 Altura crítica como punto de control y variación de alturas de escurrimiento.

Es importante entonces, identificar y conocer (i.e. calcular o medir) estos puntos de control. ¿Cómo se identifican? ¿Donde se ubican? ¿Cómo se calculan?

A la fecha hemos estudiado la *Energía Específica, E*, para diferentes transiciones de la sección del canal (i.e. compuertas, cambios en el nivel del lecho, cambios en el ancho del canal, o estos últimos ocurriendo simultáneamente). Entonces, $E_1 = E_2 + Dz$ permite obtener las alturas alternas, o bien, las condiciones asociadas a la energía mínima (i.e. altura crítica) del flujo. Lo anterior sobre la base de una pérdida de energía conocida (i.e. por ejemplo despreciable). Pero, ¿Cómo se estiman las alturas de agua en una transición cuando no se conoce la pérdida de energía?

En dichos casos se utiliza la fuerza específica y con ella se determinan las alturas conjugadas del escurrimiento. Una situación típica corresponde al resalto hidráulico (Hydraulic Jump). Esto se genera cuando el escurrimiento cambia de un régimen supercrítico a uno subcrítico a través de una pérdida de energía significativa y desconocida. La Figura 2, muestra dos compuertas que generan alturas alternas, es decir, las compuertas producen un cambio de escurrimiento de sub a supercrítico. ¿Cómo se resuelve entonces la discontinuidad del flujo que se indica entre ambas compuertas?

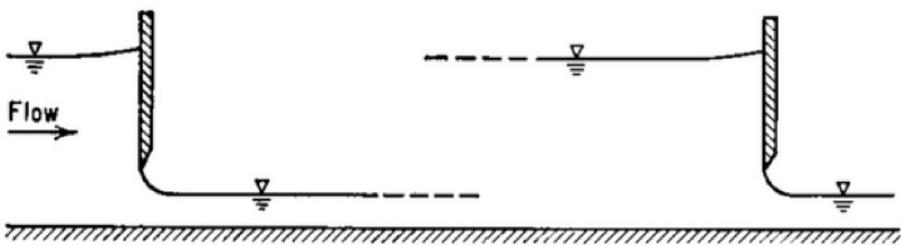
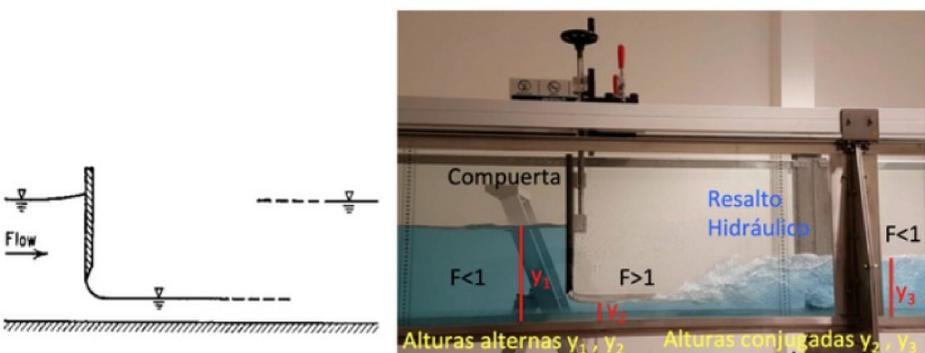


Figura 2 Compuertas y sus respectivas alturas alternas.

La discontinuidad se resuelve a través de una pérdida de energía de alta turbulencia que se denomina Resalto Hidráulico. La Figura 3 muestra el resalto y las alturas conjugadas (y_2, y_3) y también las alturas alternas (y_1, y_2) relacionadas con la energía específica.



MÉTODOLOGÍA

La asignatura de hidráulica plantea un proceso de enseñanza práctico. Tradicionalmente el vínculo teoría-realidad se aborda a través de actividades de laboratorio. Las actividades de laboratorio se desarrollan en base a prueba y error en un escenario preestablecido. Controlar las variables involucradas en los procesos físicos implica, por ejemplo, cerrar o abrir una válvula o una compuerta, variar la pendiente del canal o bien alternar las rugosidades del fondo de canal, para luego observar y medir el evento resultante. *Jupyter Notebook* ofrece un ambiente de aprendizaje interactivo en el que los alumnos pueden analizar los resultados de una situación predefinida en tiempo real, muy similar al laboratorio, pero a través de una plataforma.

De esta manera en este proyecto se generaron diversas actividades que indican algún aspecto teórico, seguidos de una aplicación a un caso de estudio, para finalmente culminar con un ejercicio práctico en que los alumnos interactúan cambiando las magnitudes de las variables involucradas y observando los resultados en tiempo real. En definitiva, corresponde a una herramienta que permite a los alumnos tomar un rol activo en su aprendizaje aplicando directamente la teoría en casos prácticos o reales.

RESULTADOS

Los principales resultados se pueden observar en las actividades disponibles para nuestros estudiantes y otras al público general. Las herramientas para nuestros estudiantes se descargan desde EV@ y las de libre acceso sólo requieren el link =sharing. Por ejemplo, para estudiar la energía y fuerza específica se presenta una actividad aplicable o válida para cualquier dispositivo con acceso a un navegador de internet. El link respectivo se indica en la parte de las evidencias gráficas.

Luego de las actividades presenciales de laboratorio, nace la iniciativa completaría de generar nuevas experiencias prácticas sobre la base de estructuras especialmente diseñadas para ello. Consecuentemente se diseñan a escala geométrica diferentes estructuras, y se materializan en las impresoras 3D disponibles en el departamento de Ingeniería Civil (Figura 1). Las experiencias se graban en video y editan para ser incluidas en los notebooks del semestre 1 del 2022. Un ejemplo de video está disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=bFTHgxe5s2w>.

CONCLUSIONES

Los Jupyter se presentaron en talleres de trabajo online que contaron con una asistencia baja (~20%). Los asistentes se mostraron motivados y llanos al trabajo grupal y colaborativo. Sin embargo, los resultados del feedback poseen un sesgo positivo importante que no permite una evaluación objetiva de la herramienta. La alta tasa de desvinculación del curso (~70%) es un indicador claro de la situación de agobio y cansancio acumulado que presentan nuestros estudiantes luego de 4 semestres consecutivos con clases online. Para subsanar lo anterior se desarrollaron actividades presenciales en el laboratorio con el fin de reforzar conceptos y motivar a los estudiantes.

Nombre (s) Integrante: Diego Caamaño A. , Mauricio Villagrán V.
Correo: dcaamano@ucsc.cl, mwillagran@ucsc.cl