



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental (DICA)

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Modelación Numérica

1 Proyecto de Investigación

Título:

SIMULACIÓN NUMÉRICA DE FLUJOS RÁPIDOS EN CANALES DE FUERTE PENDIENTE CON DIFERENTE RUGOSIDAD.

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

Dentro de las ciudades andinas uno de los principales problemas es la restitución y disipación de energía para grandes alturas topográficas del orden de 100 y 200m, a esto se debe sumar la magnitud de los caudales a descargar y la importancia de las obras hidráulicas.

El vertido sobre vertederos de perfil liso es una excelente solución, ya que esta estructura hidráulica funciona satisfactoriamente para grandes caudales y alturas de descarga, una de las principales consideraciones de diseño que se debe tener en cuenta es la disipación de energía al pie de la rápida lisa a fin de evitar daños en los cuencos de disipación y socavaciones excesivas en las márgenes naturales de los cauces de descarga.

La simulación numérica con metodología CFD (Dinámica de fluidos computacional) es una herramienta muy utilizada para simular el comportamiento del flujo y su interacción con las fronteras sólidas, presentando resultados satisfactorios siempre y cuando este modelo numérico sea calibrado y validado con resultados de un modelo físico o de un modelo numérico similar validado. En la presente investigación se va a utilizar el modelo comercial ANSYS CFX y se realizará la comparación con el código libre OPEN Foam.

La relevancia de esta investigación radica en incorporar un flujo bifásico (agua-aire) y evaluar su comportamiento en la rápida lisa, la simulación de flujos bifásicos exige mayores capacidades computacionales, comprensión del fenómeno y mayor interés en las características hidromecánicas del flujo así como el uso de parámetros de orden superior en el modelo numérico.

Palabras clave (4-6):

Modelación, numérica, tridimensional, flujo bifásico. CFD



| | |
|---|---|
| 5 | Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación |
| Objetivos: | |
| 5.1.1 Objetivo General | |
| <ul style="list-style-type: none">• Evaluar mediante una simulación numérica tridimensional con metodología CFD el comportamiento de flujo y su interacción con las fronteras solidas de una rápida con perfil liso cuyo flujo principal está compuesto por la mezcla de agua y aire, | |
| 5.1.21 Objetivos Específicos | |
| <ul style="list-style-type: none">a. Evaluar el comportamiento de flujo y características hidrodinámicas como velocidades, presiones calados y mezclas de agua-aire en el flujo principal sobre la rápida de perfil lisob. Comprobar que la variación de rugosidad del material en el fondo de una rápida aumenta el porcentaje de disipación de energía en el flujo.c. Encontrar una relación entre la variación de la rugosidad y la introducción de aire en el flujod. Proponer modificaciones de ser necesario a fin de aumentar los porcentajes de disipación al pie de la rápida y así evitar socavaciones excesivas en los cauces naturalese. Continuar con esta línea de investigación y avanzar en la comprensión de la modelación numérica de flujos bifásicos muy importantes en la hidráulica actual. | |
| 5.2 Relevancia de esta propuesta de investigación y su relación con la(s) Línea(s) de investigación asociadas. | |
| <p>El Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental tiene una larga trayectoria en el área de modelación física que ha permitido alcanzar importantes aportes al desarrollo del país a través de la optimización de la gran</p> <p>mayoría de proyectos importantes relacionados con el aprovechamiento y manejo racional del recurso hídrico. Al plantear la complementación de la modelación física con la modelación numérica tridimensional se busca aprovechar efectivamente las nuevas herramientas de modelación disponibles a la fecha, al igual que lo hacen los grandes centros de investigación en las Universidades más destacadas a nivel mundial. La implementación de las metodologías CFD así como la disponibilidad de potentes máquinas y hardware facilitan el trabajo que hace una década era posible hacerlo única y exclusivamente con ayuda de la modelación física.</p> <p>Sin embargo es muy importante mantener siempre presente que la modelación numérica, al igual que la física requiere indispensablemente de la fase de calibración para garantizar la validez de sus resultados. El desarrollo del presente proyecto de investigación, en consecuencia aportará en el desarrollo del equipo de investigadores dedicados a la modelación de fenómenos hidráulicos con flujos más complejos como los son los flujos agua-aire ampliando su experiencia en el manejo y aplicabilidad de los paquetes CFD, pues ya no se trata de un líquido incompresible, sino de una mezcla bifásica con alta turbulencia, cuya adecuada representación en modelo físico representa también un reto.</p> | |
| 5.3 Productos esperados | |
| <ul style="list-style-type: none">a. Publicaciones científicas (obligatorio); <input checked="" type="checkbox"/>b. Disertación a la Comunidad Politécnica; <input type="checkbox"/>c. Proyecto de Titulación; <input checked="" type="checkbox"/>d. Tesis de Grado (maestría o doctorado); <input type="checkbox"/>e. Aplicación tecnológica construida o implementada; <input type="checkbox"/>f. Patente presentada; <input type="checkbox"/>g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. <input type="checkbox"/> | |
| 5.4 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos) | |
| <ul style="list-style-type: none">a. Modelo numérico calibrado y validado de una rápida con perfil lisob. Mapas de contorno de velocidades, presiones, calados y fracciones volumétricas agua-airec. Diseño óptimo de una rápida con perfil liso con su respectivo cuenco de disipación al pied. Informe final de la simulación numérica y detalle de la simulación bifásica agua-airee. Artículos científicos realizados para revistas indexadas y congresos de hidráulicaf. Proyectos de titulación | |



| | |
|---|---|
| 6 | Descripción, metodología y cronograma de trabajo |
| | <p>6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)</p> <p>El presente proyecto de investigación busca implementar un modelo numérico, de una estructura hidráulica a fin de evaluar el flujo bifásico agua-aire en una rápida con perfil liso. El estudio experimental evalúa y verifica la eficiencia del flujo mientras que los objetivos específicos dentro de la investigación experimental, corresponden al análisis de la calidad y eficiencia del flujo agua-aire para la serie de caudales de operación de la rápida y de la eficiencia en la disipación de energía al pie de dicho vertedero.</p> <p>La metodología propuesta para la investigación para el análisis y optimización del funcionamiento hidráulico de la estructura de descarga con perfil liso. En base de los resultados obtenidos con el modelo físico cuya investigación fue realizada en el Laboratorio del CIERHI y las que se definen las condiciones de contorno para la modelación numérica su calibración y validación.</p> <p>Las fases de la investigación previstas son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">(i) Recopilación de la información disponible sobre diseño de la estructura de descarga.(ii) Recopilación de información de los resultados modelo físico, escala, rangos de caudales de operación, interpretación de resultados(iii) Implementación y calibración del modelo numérico(iv) Desarrollo del plan de pruebas(v) Análisis de resultados de simulación numérica(vi) Planteamiento de modificaciones geométricas de la estructura(vii) Verificación y validación de la geometría modificada(viii) Elaboración de informes y artículos técnicos |
| | <p>La principal ventaja de la metodología CFD es permitir la resolución de los problemas de mecánica de fluidos, proporcionando una gran cantidad de resultados, sin embargo, para su uso es necesario realizar una comparación y calibración previa con resultados obtenidos en modelos físicos y/o prototipos¹.</p> <p>La metodología de cálculo de los programas de dinámica de fluidos radica en el cálculo de elementos y volúmenes finitos dividiendo el área de estudio en volúmenes de control lo cual nos permite calcular los parámetros hidráulicos (velocidad, presión etc.) cumpliendo el equilibrio de las ecuaciones de Navier-Stokes promediadas (RANS) que rigen el movimiento del fluido en tres direcciones². Las ecuaciones de Navier-Stokes describen los flujos laminar y turbulento sin necesidad de información adicional sin embargo los flujos turbulentos con números de Reynolds reales abarcan un amplio rango de longitud de turbulencia y tiempos de escala³. Es necesario para la solución de los sistemas de ecuaciones la combinación de las ecuaciones de Navier-Stokes con un modelo de turbulencia⁴. La metodología de Dinámica de fluidos CFD simula la interacción entre diferentes fluidos como el fenómeno bifásico aire-agua pero que debe ser verificada y calibrada con ayuda de los resultados obtenidos en la modelación física⁵. Como se expuso anteriormente la validación del modelo numérico radica en su calibración obtenida de los datos del modelo físico, y así obtener resultados idóneos de ambas modelaciones, validando así el diseño geométrico final de la estructura analizada. Se realizará una comparación de resultados de la simulación numérica entre la aplicación computacional FLOW 3D y ANSYS, así como con los resultado obtenidos del modelo físico</p> |

¹ Carrillo Sánchez, José María. (2012). Trabajo fin de período formativo, Programa de Doctorado, Medio Ambiente y Minería Sostenible. España: Grupo de Investigación en Ingeniería Hidráulica Marítima y Medioambiental, Hidr@m, Universidad de Cartagena.

² Ferziger, J. H., Peric, M. (2002) Computational Method for Fluids Dynamics. Springer.

³ Luis G. castillo Elsitdié, Dr. José María Carrillo Sánchez, 2012, "Caracterización del fenómeno de vertido libre frente a variación del índice de turbulencia inicial con metodología CFD, Dr., XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, San José de Costa Rica,

⁴ Sarfaraz M., Attari, J. and Pfister M., (2012) "Numerical Computation of Inception Point Location for Steeply Sloping Stepped Spillways", 9th International Congress on Civil Engineering, Isfahan University of Technology, Iran

⁵ Valero, D., Bung, D., (2015), "Hybrid investigation of air transport processes in moderately sloped stepped spillway flows", E-proceedings of the 36th IAHR World Congress 28 June – 3 July, 2015, The Hague, the Netherlands.



| Actividad | Primer Año | | | | | | TOTAL |
|--|------------------------------|-----|-----|-----|------|-------|-------|
| | Porcentaje de avance por mes | | | | | | |
| | 1-2 | 3-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 | 11-12 | |
| Recopilación de Información, sobre el flujo en rápidas con perfil liso | 10 | | | | | | 10 |
| Elaboración de los modelos numéricos y calibración del mismo | | 5 | 25 | | | | 30 |
| Plan de Pruebas a realizarse en los modelos físico y numérico | | | 20 | | | | 20 |
| Modificaciones propuestas a ser evaluadas en caso de existir (construcción, ensayo de pruebas) | | | | 10 | 15 | | 25 |
| Elaboración de informes, y resultados de la investigación | | | | | 5 | 10 | 15 |
| | | | | | | | 100% |

Fechas de inicio y fin

Fecha de Inicio: 01 de Febrero del 2016 Fecha de Finalización: 31 de Enero del 2017

| 8 | Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales. | | | | |
|--|--|---------------|---------------|--------|-------|
| | 8.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores. | | | | |
| | <table border="1"><thead><tr><th>Director</th><th>Colaboradores</th></tr></thead><tbody><tr><td>16 HSS</td><td>8 HSS</td></tr></tbody></table> | Director | Colaboradores | 16 HSS | 8 HSS |
| | Director | Colaboradores | | | |
| 16 HSS | 8 HSS | | | | |
| 8.2 Infraestructura y equipos - Indicar la infraestructura y equipos <u>disponibles</u> para la ejecución del proyecto Los equipos que se emplearán en el estudio corresponden a computadoras portátiles y de escritorio pertenecientes a cada uno de los participantes del proyecto, así como de equipos Workstation los cuales pertenecen a la Facultad de Mecánica | | | | | |
| 8.3 Breve justificación del equipo requerido - Justificar la infraestructura y equipos <u>solicitados</u> para la ejecución del proyecto | | | | | |
| 8.4 Fondos Adicionales - Otros fondos de otros organismos (si los hubiere) No aplica | | | | | |



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

| | | | | |
|---|--|--|--------------------------------|-------------------|
| 9 | Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual) | | | |
| | - Los costos para la elaboración del presupuesto estimado no deben incluir IVA. | | | |
| | <u>Primer Año</u> | | | |
| | Lista de ítems | | Cantidad solicitada (US \$) | Porcentaje (%) |
| | 1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i> | | | |
| | Subtotal | | | |
| | 2. Maquinaria y Equipos | | | |
| | Subtotal | | | |
| | 3. Reactivos y materiales de laboratorio | | | |
| | Subtotal | | | |
| | 4. Literatura especializada | | | |
| | Subtotal | | | |
| | 5. Viajes técnicos y de muestreo | | | |
| | Subtotal | | | |
| 6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones | | | | |
| Subtotal | | | | |
| TOTAL PRESUPUESTO | | | | |

| | | |
|----|--|-------------------------------|
| 10 | Lugar y Fecha / Firma del Director del Proyecto | |
| | Quito, 21 de Enero del 2016 Nombre: Patricia Lorena Haro Ruiz CC: 1716782600 | Firma del Director |