

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNO PII-19-06

"Análisis hidráulico de la erosión alrededor de pilas de puentes, mediante modelación numérica utilizando el paquete computacional Flow 3D"

En la ciudad de Quito D.M., a los cuatro días del mes de marzo del año dos mil veintidós, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto de Investigación Interno **PII-19-06 "Análisis hidráulico de la erosión alrededor de pilas de puentes, mediante modelación numérica utilizando el paquete computacional Flow 3D"**, por una parte, la **Dra. Alexandra Patricia Alvarado Cevallos** en calidad de **Vicerrectora de Investigación, Innovación y Vinculación** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el **Dr. Khaled Mohamed Hamad Mohamed** en calidad de **Director del Proyecto de Investigación Interno PII-19-06**, al tenor de lo siguiente:

1. ANTECEDENTES:

- a) El 17 de septiembre de 2019, al amparo de lo dispuesto por Consejo de Investigación, Innovación y Vinculación - CIIV, mediante Resolución Nro. RCIPS-124-2019, se aprueba el cronograma para la Convocatoria para la presentación de Proyectos de Investigación, Vinculación y Transferencia Tecnológica del 2019. El 15 de octubre de 2019, mediante Resolución Nro. RCIPS-153-2019, se aprueba la modificación al cronograma.
- b) El 3 de marzo de 2020, al amparo de lo dispuesto por Consejo de Investigación, Innovación y Vinculación, mediante Resolución Nro. RCIV-028-2020, se aprobó el *"Informe Final de los Proyectos de Investigación de la Convocatoria 2019"*, donde se muestran los resultados y los proyectos aprobados de la Convocatoria 2019. Entre los proyectos aprobados se encuentra el Proyecto de Investigación Interno denominado *"Análisis hidráulico de la erosión alrededor de pilas de puentes, mediante modelación numérica utilizando el paquete computacional Flow 3D"*, presentado por el Dr. Khaled Hamad.
- c) Mediante Memorando Nro. EPN-VIIV-2020-0289-M del 6 de marzo del 2020, el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación, notifica a la Jefe del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental (DICA), la aprobación del proyecto del DICA correspondiente a la Convocatoria 2019, el Proyecto de Investigación Interno PII-19-06 *"Análisis hidráulico de la erosión alrededor de pilas de puentes, mediante modelación numérica utilizando el paquete computacional Flow 3D"*, dirigido por el Dr. Khaled Hamad.
- d) Mediante Memorando Nro. EPN-VIIV-2020-0348-M del 11 de marzo de 2020, el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación, notifica al Dr. Khaled Hamad que se ha aprobado la propuesta de Proyecto de Investigación Interno *"Análisis hidráulico de la erosión alrededor de pilas de puentes, mediante modelación numérica utilizando el paquete computacional Flow 3D"*, y que se ha asignado el código PII-19-06 al proyecto.
- e) Mediante Memorando Nro. EPN-VIIV-2020-0554-M del 15 de abril del 2020, el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación, notifica a los directores de los Proyectos de Investigación Internos de la Convocatoria 2019, que la fecha de inicio es el 4 de mayo de 2020, y la de finalización el 3 de mayo de 2021.

- f) Mediante Memorando Nro. EPN-CIIV-2021-0061-M del 31 de marzo de 2021, el Consejo de Investigación, Innovación y Vinculación, notifica al Dr. Khaled Hamad, la Resolución Nro. RCIIV-061-2021 del 30 de marzo de 2021, mediante la cual se aprueba la solicitud de prórroga técnica del Proyecto de Investigación Interno PII-19-06, siendo la nueva fecha de finalización del proyecto el 3 de agosto de 2021.

2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

Código de Proyecto	<i>PII-19-06</i>
Nombre del Proyecto	<i>Análisis hidráulico de la erosión alrededor de pilas de puentes, mediante modelación numérica utilizando el paquete computacional Flow 3D</i>
Director del Proyecto	<i>MOHAMED AHMED HAMAD MOHAMED KHALED</i>
Colaboradora del Proyecto	<i>CRISTINA ALEXANDRA TORRES JACOBOWITZ</i>
Unidad Ejecutora	<i>Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental (DICA)</i>
Línea de Investigación	<ul style="list-style-type: none"> <i>Mecánica teórica y computacional de fluidos</i>
Objetivo	<i>Realizar la modelación numérica tridimensional de la erosión alrededor de pilas de puentes, utilizando el paquete computacional Flow 3D</i>
Duración del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <i>Inicio: 4 de mayo del 2020</i> <i>Fin planificado: 3 de mayo de 2021</i> <i>Prórroga técnica: hasta el 3 de agosto de 2021</i> <i>Duración total: 15 meses</i>
Entrega del Informe Final	<i>3 de febrero de 2022</i>
Presupuesto asignado	<i>\$ 5.600,00 USD</i>
Presupuesto ejecutado	<i>\$ 5.281,92 USD</i>

3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando Nro. EPN-DICA-2022-0237-M del 3 de febrero de 2022, el Dr. Khaled Hamad, Director del Proyecto de Investigación Interno PII-19-06, presenta el Informe Final del Proyecto Interno que dirige, mismo que es revisado por la Dirección de Investigación, se anexa y forma parte integrante del Acta de Finalización, cuyas conclusiones y productos generados son:

CONCLUSIONES:

- Para la modelación numérica del análisis de la erosión alrededor de pilas de puentes se utilizó el paquete computacional FLOW-3D, este software permite calcular el movimiento de sedimentos prediciendo la erosión, advección y sedimentación.
- El modelo FLOW-3D se limita al uso de computadores de gran capacidad de procesamiento y almacenamiento, por esta razón se utilizó una work station con un procesador Intel Xeon de velocidad base de 2,2 GHz, este procesador cuenta con 12 núcleos y 24 procesadores lógicos, RAM instalada de 64 Gb y un procesador gráfico de 4Gb.
- Para determinar el mallado óptimo se realizó un análisis de sensibilidad con diferentes tamaños de malla, obteniendo como resultado un mallado general de 0,05x0,05m y mallado de pila de

0,01x0,01m para que el programa interprete adecuadamente la geometría de la pila. Cada corrida para la calibración se efectuó en un tiempo aproximado de 15 horas y para el resultado final de 42 horas.

- El modelo numérico de la pila cuadrada se calibró comparando la máxima erosión alrededor de la pila entre el modelo físico y numérico, obteniendo una diferencia máxima de 10% en una hora y 0% en cuatro horas.
- En el modelo numérico de calibración se evidenció que la malla utilizada en la zona de la pila circular no se acopla de forma adecuada al mallado general, debido a su forma; se realizaron varios intentos de mallado para lograr una correcta interpretación geométrica en el espacio matemático sin lograr que el modelo converja. El paquete computacional genera resultados en el mallado general que no se relacionan con los resultados del mallado alrededor de la pila; por esta razón, no fue posible realizar la comparación entre el modelo físico y el modelo matemático para la calibración.
- El modelo numérico de la pila cuadrada se estabiliza a las 8 horas de simulación, con un resultado de máxima erosión alrededor de la pila de 15 cm. Al comparar el resultado con el cálculo de estimaciones de máxima erosión utilizando varias ecuaciones empíricas propuestas se evidencia que, el resultado se ajusta en 91,85% con el resultado de la ecuación CSU y un 91,74% con el resultado de la ecuación de Froehlich.

PRODUCTOS:

- Artículo enviado para revisión: "*Análisis hidráulico con modelación numérica CFD-Flow 3D de la erosión local en pilas de puentes*"; Hamad Khaled, Torres Cristina; Revista Politécnica (Indexado Scopus); ISSN: 1390-0129; enviado en febrero de 2022.
- Conferencia con presentación oral, modalidad virtual: "*Análisis hidráulico de la erosión alrededor de pilas de puentes, mediante modelación numérica utilizando el paquete computacional Flow 3D*"; Khaled Mohamed Ahmed Hamad, Cristina Alexandra Torres Jacobowitz; Ciclo de conferencias DICA 2022, EPN; enero 2022.
- Tesis de Maestría en Recursos Hídricos: "*Análisis del Transporte de Sedimentos Aguas Abajo de Paneles Sumergidos Aplicando el Programa Flow 3D*", Jurado Amaluisa Luis Alfredo, Oñate Oñate Verónica Cristina, URL: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21331> ; enero 2021.

4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El monto asignado al Proyecto de Investigación Interno PII-19-06 fue de \$ 5.600,00 USD (*cinco mil seiscientos dólares americanos, con 00/100*), y se ejecutaron \$ 5.281,92 USD (*cinco mil doscientos ochenta y dos dólares americanos, con 92/100*), conforme al detalle emitido por la Unidad de Gestión de Investigación y Proyección Social del Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación, que se adjunta a la presente Acta y forma parte integrante de la misma.

5. FINALIZACIÓN:

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto de Investigación Interno PII-19-06 "*Análisis hidráulico de la erosión alrededor de pilas de puentes, mediante modelación numérica utilizando el paquete computacional Flow 3D*".

Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.

Dado en la ciudad de Quito, D.M. a los cuatro días del mes de marzo del año dos mil veintidós.

Dra. Alexandra Alvarado
**Vicerrectora de Investigación,
Innovación y Vinculación**

Dr. Khaled Hamad
**Director del Proyecto
PII-19-06**

sp/cr