

ETOA – 6to año 1° div. - Ciclo Orientado Hidráulica –
HIDRAULICA EXPERIMENTAL II

- **Escuela:** Escuela Técnica Obrero Argentino
- **Docente:** Prof. Gustavo Cortez
- **Año:** 6° año 1° div.-, Ciclo Orientado Hidráulica
- **Turno:** Tarde
- **Área curricular:** Hidráulica Experimental
- **Título de la propuesta:** Modelación Hidráulica

Guía N° 11

DEFINICION: Los problemas complejos o desconocidos como es el de conocer el comportamiento hidráulico del flujo de agua al pasar por una presa derivadora y al ser captada por una toma. En estos casos, se evaluará que tipo de investigación se va a adoptar. Dicha investigación se iniciará conceptualizando y esquematizando el problema, después se seleccionará la técnica física o matemática para estudiar el problema. A este proceso de abstracción se le conoce como modelación. En definitiva, la modelación implica simular un fenómeno real, conceptualizándolo y simplificándolo en mayor o menor medida, para luego, por último, describirlo y cuantificarlo.

La modelación se ha desarrollado notablemente en el campo de la hidráulica, existen evidencias de estudios de diseños hidráulicos realizados desde tiempos antiguos, mediante pequeñas representaciones de estructuras y máquinas, por los cuales se ha llegado a enunciar principios fundamentales en la hidráulica; sin embargo hasta hace poco tiempo la experimentación hidráulica se llevaba a cabo habitualmente a escala real ya sea en vertederos, canales, tuberías y presas construidas sobre el terreno. Es durante el último medio siglo, cuando se han desarrollado métodos por los cuales, como resultado de experimentos realizados en modelos a escala reducida, es posible predecir la conducta de una estructura o prototipo. El sistema semejante reducido o simplificado es lo que llamamos modelo, frente a la realidad que llamamos prototipo. Los principios en que se basa este procedimiento incluyen las teorías de similitud hidráulica. El análisis de las relaciones básicas de las diversas cantidades físicas incluidas en el movimiento y la acción dinámica del fluido denominada análisis dimensional. En la actualidad, se diseñan y construyen pocas o ninguna estructura hidráulica importante, sin estudios preliminares de modelos, más o menos extensos.

Aplicación y aporte de los modelos hidráulicos

En hidráulica, la modelación se usa para la simulación de situaciones reales que se producen en el prototipo y cuyo comportamiento se desea conocer. Debido a que las simulaciones se producen bajo condiciones controladas de laboratorio, los modelos hidráulicos tienen múltiples aplicaciones. Problemas relacionados con las estructuras hidráulicas, fenómenos de infiltración o tramos de ríos y recientemente con el transporte de

ETOA – 6to año 1º div. - Ciclo Orientado Hidráulica –
HIDRAULICA EXPERIMENTAL II

sedimentos, determinar la capacidad hidráulica, reducir las pérdidas de carga en entradas a canales o tuberías o en secciones de transición; desarrollar métodos eficaces de disipación de energía en la corriente, al pie de las presas, o en el extremo de salida, reduciendo de ese modo la erosión del lecho de los cauces de ríos; determinar coeficientes de descarga para presas; desarrollar el mejor diseño de vertederos de presas, de sifones y pozos y de estructuras de salida de los embalses; diseñar puertos, incluyendo determinar la mejor sección transversal, altura y ubicación de los rompeolas, así como la posición y ubicación de la entrada; diseñar esclusas, incluyendo los efectos sobre los barcos de las corrientes establecidas debido al funcionamiento de las esclusas etc. El grupo de modelos de infiltración es creado para el estudio de fenómenos de infiltración en suelos y en medios granulares en general, en el subsuelo de una variedad de diques y de terraplenes, en la vecindad de los huecos excavados para la construcción en suelos granulares, bajo o alrededor de estructuras fundadas en tales suelos. Los estudios en modelos de ríos son usados para resolver problemas de regulación de ríos o desarrollos hidroenergéticos, determinar el tiempo de desplazamiento de ondas de inundación por los cauces de los ríos, métodos para el mejoramiento de canales para la transmisión de inundaciones con menos riesgo de desbordamiento sobre las orillas, los efectos de los acortamientos de los ríos, efecto de diques, paredes de contención sobre la erosión de los lechos, altura de los remansos provocados por estructuras permanentes o temporales, construidas en medio de un cauce; dirección y fuerzas de corriente en ríos y puertos y sus efectos sobre la navegación etc. Es importante destacar que la modelación hidráulica al lograr representar el flujo (tridimensional) de un río o a través de una estructura o suelo con mayor fidelidad y detalle que un simple cálculo teórico, aumenta la confiabilidad de las estructuras proyectadas. Esto significa que los diseños se ajustan más a las solicitaciones reales del flujo, lo cual tiene un importante impacto económico. Por un lado, se disminuye el riesgo de diseñar una obra poco resistente que colapse fácilmente con las consecuentes pérdidas económicas o lo que es peor, en vidas humanas; mientras que por otro lado también se reduce la posibilidad de un diseño sobredimensionado que requiera de inversiones innecesarias.

2.4 Clasificación general de los modelos hidráulicos

2.4.1 Modelo físico

Es la simulación física de un fenómeno hidráulico, que ocurre en relación con una obra de ingeniería, en un sistema semejante simplificado que permite observarlo y controlarlo con facilidad, además confirmar la validez del diseño de la obra, optimizarla o tomar nota de los efectos colaterales, que deberán ser considerados durante la operación de la misma.

Según las características propias de los modelos se pueden clasificar en:

a) Clasificación respecto de la semejanza geométrica con el prototipo:

– Modelos geoméricamente semejantes: son aquellos en los que se conserva la semejanza de todas las variables geométricas. Existe un único factor de reducción o ampliación, llamado escala, de todas las magnitudes geométricas y las que se derivan de ellas.

– Modelos geoméricamente distorsionados: se conserva la semejanza con el prototipo, pero los factores a usar de reducción o ampliación son distintos para diferentes dimensiones del mismo. Es frecuente que las dimensiones horizontales tengan una escala o factor y las dimensiones verticales, otras.

b) Clasificación respecto de la movilidad y deformabilidad del contorno:

– Modelos de contorno fijo: hay casos en que la deformabilidad del contorno no es relevante al fenómeno estricto, por tanto, puede representarse simplícidamente en el modelo como si fuera fijo o indeformable. Los modelos de este tipo serían, por ejemplo, sistemas de presión, canales revestidos o cursos naturales donde el fondo no experimente muchos cambios.

– Modelos de contorno móvil: existen situaciones en que el modelo debe representar el contorno móvil en una forma fiel y confiable, ya que los fenómenos que ocurren, caso del escurrimiento vienen determinados por la movilidad y deformabilidad de la sección. Estos casos son frecuentes sobretodo en obras hidráulicas y de mecánica fluvial.

2.4.2 Modelos analógicos

Es la reproducción de un fenómeno en estudio de un prototipo en un sistema físico diferente al original (modelo), pero que aprovecha la similitud de las leyes matemáticas que gobiernan el fenómeno en ambos sistemas. Su uso no es muy frecuente en la actualidad.

Analogía entre un flujo a través de medios permeables y flujo laminar en capas delgadas.

Analogía entre flujo laminar y flujo turbulento.

Analogía entre un flujo a través de medios permeables y la deformación de una placa elástica bajo carga.

Analogía eléctrica y otros fenómenos físicos (como hidráulicos, mecánicos, etc.).

2.4.3 Modelos matemáticos

Son aquellos en la que se hace uso de las ecuaciones o expresiones matemáticas que definen de una manera simplificada el fenómeno en estudio que ocurre en el prototipo. Son tres los modelos matemáticos:

– Modelos determinísticos: Los procesos físicos involucrados se expresan a través de relaciones funcionales determinísticas en los que no se considera la probabilidad de ocurrencia del fenómeno.

– Modelos estocásticos: Los procesos físicos se representan haciendo uso de variables aleatorias, probabilísticas que involucran el fenómeno en estudio.

ETOA – 6to año 1° div. - Ciclo Orientado Hidráulica –
HIDRAULICA EXPERIMENTAL II

– Modelos de simulación numérica: son modelos en los que se emplea, principalmente, ecuaciones diferenciales y condiciones iniciales de borde, que son resueltos utilizando técnicas de análisis numérico, tales como métodos de diferencias finitas y elementos finitos. Los métodos de diferencias finitas son capaces de simular algunos procesos que son imposibles de resolver con el simple cálculo.

-Principales limitaciones en los modelos físicos y matemáticos

Modelos físicos	Modelos matemáticos
Tamaño del modelo (espacio en el laboratorio).	Capacidad de almacenamiento en la memoria del computador
Tamaño del modelo (espacio en el laboratorio).	Velocidad de cálculo.
Carga hidráulica (capacidad de bombeo).	Conjunto incompleto de ecuaciones.
Leyes de similitud.	Hipótesis de turbulencias.

- Limitaciones prácticas en los modelos físicos y matemáticos

Modelos físicos	Modelos matemáticos
Escala mínima del modelo (tensión superficial, viscosidad, rugosidad).	En ecuación de simplificación: - Exactitud de relaciones supuestas. - Disponibilidad de coeficientes.
Tamaño del modelo (límite superior)	Resolución espacio-tiempo (límite inferior)
Método de medida y recolección de datos.	Resolución espacio-tiempo (límite inferior)

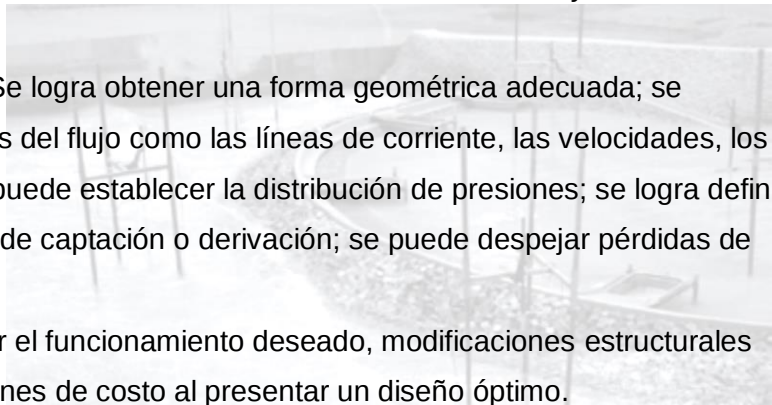
2.5 Importancia y uso de modelos físicos en una investigación

Los modelos físicos se utilizan normalmente como una herramienta técnica de apoyo al diseño de estructuras hidráulicas y en general a la ingeniería hidráulica, cuando éstos involucran fenómenos complejos o desconocidos para los cuales no hay una teoría y solución aceptadas, como son los fenómenos de turbulencia y la dificultad que imponen los contornos reales tridimensionales caprichosos, tal es el caso de un río.

Un modelo hidráulico permite evaluar diversas alternativas de dimensiones y ubicaciones relativas.

– En la investigación primaria: Se logra obtener una forma geométrica adecuada; se conocen diversas características del flujo como las líneas de corriente, las velocidades, los niveles de turbulencia, etc.; se puede establecer la distribución de presiones; se logra definir capacidades de las estructuras de captación o derivación; se puede despejar pérdidas de energía localizadas.

– En el diseño: Se logra obtener el funcionamiento deseado, modificaciones estructurales necesarias; se obtiene reducciones de costo al presentar un diseño óptimo.



2.6 Análisis dimensional

El requisito de la homogeneidad dimensional impone condiciones sobre las cantidades implicadas en un fenómeno físico, y así provee valiosos indicios acerca de las relaciones que conectan entre sí sus magnitudes. La búsqueda correcta de estas relaciones se llama análisis dimensional.

2.6.1 Aplicación de las leyes de semejanza al diseño de modelos físicos

Efectivamente la experimentación en modelos hidráulicos está basada en la aplicación de un conjunto de relaciones conocidas con el nombre de leyes de semejanza, las cuales se han derivado del análisis dimensional y expresan las relaciones entre los distintos parámetros.

2.6.2 Leyes de semejanza condicionantes del diseño

La interpretación dada a los números adimensionales o leyes de semejanza en donde existe una relación entre la fuerza de inercia y la fuerza específica asociada a una propiedad del fluido o del flujo, y el concepto de semejanza planteado de dichos números en la transformación de la escala en un modelo físico; permiten determinar las condiciones de diseño de un modelo que sea dinámicamente semejante con su prototipo.

2.6.2.1 Modelos a semejanza de Froude: El número de Froude representa la razón entre las fuerzas de inercia y las fuerzas gravitatorias. Este tipo de modelación es aplicable a flujos con superficie libre.

2.6.2.2 Modelos a semejanza de Reynolds: El número de Reynolds expresa la razón entre las fuerzas de inercia y las fuerzas de fricción interna, debido a la viscosidad.

2.6.2.3 Modelos a semejanza de Weber: El número de Weber expresa el efecto de la tensión superficial entre líquidos y gases y entre dos líquidos.

2.7 Principios de similitud en modelos físicos

Para asegurar que el modelo represente adecuadamente al prototipo, es necesario que aquel sea mecánicamente similar con éste, es decir, exista similitud geométrica, cinemática y dinámica, además de las similitudes relacionadas con los sedimentos.

2.7.1 Similitud geométrica: Esta similitud es independiente de la clase de movimiento y contempla sólo similitud en la forma. Esta relación se conoce como **factor de escala**.

2.7.2 Similitud cinemática: La similitud cinemática implica similitud en el movimiento. Esto implica similitud de longitud (esto es similitud geométrica) y en adición similitud de intervalos de tiempo.

2.7.3 Similitud dinámica: La similitud dinámica entre dos sistemas geométrica y cinemáticamente similares, requiere que la razón de todas las fuerzas homólogas (incluyendo la fuerza de inercia) en los dos sistemas sea la misma.

2.7.4 Similitud sedimentológica: Abarca muchos aspectos según sea el caso del modelo en estudio, tales como el proceso de sedimentación en sí (erosión, transporte, deposición, concentración de sedimento, ondas sedimentarias, etc.)

2.7.4.1 Selección del material del lecho móvil: El material del lecho móvil deberá seleccionarse cumpliendo, por lo menos, con la identidad del número de Froude, relacionado al grano (Fr^*), en modelo y prototipo.

2.8 Efectos de Escala

Al no darse las condiciones de completa semejanza mecánica, pueden aparecer “efectos de escala” en los modelos donde en razón de la magnitud de la transformación adoptada existen fuerzas que cobran importancia, fundamentalmente, las fuerzas moleculares que son, por lo general, insignificantes en el prototipo y que en cambio, por el reducido tamaño del modelo se hacen relevantes los fenómenos observados en éste.

2.9 Calibración

Para que el modelo en estudio refleje las cualidades del prototipo que se trata de reproducir, es necesario verificar si es efectivamente capaz de reproducirlas o si es necesario efectuar cambios para superar todo aquello que discrepe con la realidad. La calibración, generalmente, consiste en adecuar las condiciones y características físicas e hidráulicas, como la rugosidad del lecho, la descarga y los niveles de agua, con las del prototipo.

TRABAJO PRACTICO N° 11

OBJETIVOS: que el alumno sea capaz de

- ✓ Comprender la importancia de Modelación en Hidráulica.
- ✓ Identificar los diferentes elementos de Modelación.
- ✓ Aplicar los conocimientos adquiridos en ejercicios de aplicación.

ACTIVIDAD: En forma individual.

- Defina: Modelación en Hidráulica.
- Realice un Cuadro Sinóptico de Modelos Hidráulicos
- Realice Cuadro Sinóptico de Principios De Similitud de Modelos Físicos.
- De ejemplos de Aplicación Práctica de Modelación en Hidráulica

PRESENTACION: Trabajo Práctico realizado en tamaño de hoja: A4, con encabezado:

nombre de la escuela y nombre materia, y pie de página: nro. de página, nombre alumno y nro. de practico. Tipo y Tamaño de fuente Arial 11. Enviar el trabajo practico al Email:

gusabo12@hotmail.com

Correo electrónico de referencia: gusabo12@hotmail.com

Director: Téc. Jorge Grosso