



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL
ICH1104 - MECÁNICA DE FLUIDOS
PRIMER SEMESTRE 2020

PROYECTO SEMESTRAL

Flujo Potencial

PROFESORES:

- S1: Wernher Brevis
- S2: Rodrigo Cienfuegos
- S3: Clemente Gotelli
- S4: Leandro Suárez

11 DE JUNIO DE 2020

Índice

1. Introducción	2
2. Evaluaciones	2
2.1. Ficha didáctica	2
2.2. Problemas Propuestos	5
2.2.1. Escurrimiento Horizontal en Plano Vertical	5
2.2.2. Flujo de Agua Subterránea Medido por Pozo	6
2.2.3. Huracanes: Ciclones y Anticiclones	6
2.2.4. Río	7
2.3. Formato de la ficha	8
2.4. Nota de Proyecto	8
2.5. Evaluación de pares	9
3. Fechas Importantes	9
4. Ayudantes guía	9
5. Consultas	9
6. Material Adicional	9

1. Introducción

El proyecto semestral del curso de Mecánica de Fluidos es una instancia en que los estudiantes aplican los conocimientos adquiridos a lo largo del curso de una forma didáctica y aplicada. Este semestre el desafío consiste en diseñar una ficha didáctica sobre flujo potencial en grupos de 4 integrantes de la misma sección.

Este semestre, debido al contexto, la materia sobre flujo potencial no será vista en clases. La idea es que los alumnos/as realicen una revisión bibliográfica que les permita asimilar estos contenidos, y aplicar estos conocimientos en la elaboración de este proyecto. Para ayudar la comprensión de los contenidos, los estudiantes podrán pedir la colaboración del grupo de ayudantes del curso a través del foro de consultas. Además, se hará una ayudantía especial para este tema. Es importante recalcar que los conocimientos teóricos aprendidos durante el desarrollo de este proyecto serán evaluados en el examen del curso.

Los objetivos que se esperan lograr en el desarrollo de este proyecto son los siguientes:

- Aplicar conceptos fundamentales de la mecánica de fluidos, integrando conocimientos de otras áreas de la ingeniería.
- Conocer y entender las propiedades físicas de los fluidos, trabajando de manera aplicada contenidos teóricos.
- Desarrollar un modelo matemático que permita realizar visualizaciones de fluidos ideales.
- Elaborar un trabajo de alta calidad, aplicando aspectos vistos en otros cursos de la carrera y las habilidades comunicacionales escritas mínimas para un estudiante de la Escuela de ingeniería.

Para cumplir con estos objetivos tendrán el apoyo del cuerpo de ayudantes del curso, quienes los guiarán durante el desarrollo del proyecto y revisarán que su trabajo cumpla con los estándares mínimos esperados.

2. Evaluaciones

El proyecto consiste en la elaboración de una **Ficha Didáctica** compuesta de tres partes fundamentales. La primera parte es una revisión bibliográfica que resuma, en sus propias palabras, los contenidos sobre flujo potencial. La segunda sección implica programar una serie de herramientas que permitan transmitir los contenidos descritos en la sección anterior. Finalmente, las herramientas desarrolladas por el grupo deben ser capaces de resolver un problema propuesto.

2.1. Ficha didáctica

La Ficha Didáctica tiene que tener cohesión entre las tres partes. Esto significa que el trabajo tiene que tener un orden lógico que logre en el lector la comprensión total de la materia, así

como las distintas aplicaciones que puede tener. Deben preparar el material como si fuera a ser presentado a una persona que recién está comenzando el curso.

A continuación, se describen los puntos que debe tener, como mínimo, la ficha:

1. **Presentación del tema.** Introducción sobre el tema: Descripción general del fenómeno a estudiar (Flujo potencial), explicación física de su funcionamiento, otros contenidos del curso con la que está relacionada, y beneficios que trajo la comprensión de dicha materia al desarrollo científico y tecnológico.
2. **Marco teórico.** Recopilación bibliográfica de información y teoría acerca del tema escogido. En esta sección se deben explicar aspectos teóricos sobre funciones de potencial, líneas de corriente, superposición de potenciales, etc. Se exige una cantidad mínima de cinco (5) citas bibliográficas serias y distintas, tales como revistas científicas, bases de datos académicas, libros, etc. Además, éstas deben estar correctamente citadas de acuerdo al formato ISO o APA.
3. **Código.** El código debe cumplir los siguientes aspectos mínimos. Es importante que la rutina desarrollada resuelva los problemas de manera genérica.
 - a) Deber contener al menos los siguientes flujos bidimensionales:
 - 1) Flujo uniforme en la dirección X
 - 2) Flujo uniforme en la dirección Y
 - 3) Flujo uniforme en la dirección α
 - 4) Fuente o sumidero, de intensidad m en el punto z_o
 - 5) Remolino irrotacional en el punto z_o
 - b) Realizar superposiciones de los flujos antes descritos
 - c) Obtener las líneas de corriente y las líneas de potencial del flujo
 - d) Obtener las velocidades del flujo para cualquier punto del espacio
 - e) Graficar las líneas de corriente y las líneas de potencial
 - f) Graficar los vectores de velocidad
 - g) Determinar el campo de presiones sobre la superficie

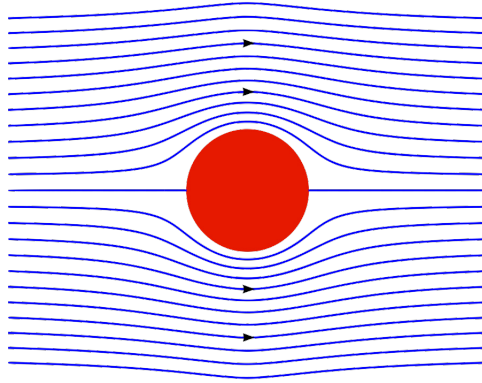


Figura 1: Flujo Potencial

Bonus

- h)* Graficar la distribución de presiones sobre la superficie [**1 décima**].
- i)* Calcular la fuerza resultante sobre el objeto [**1 décima**].
- j)* Realizar una animación de las líneas de corrientes y los vectores de velocidad [**1 décima**].
- k)* Realizar una interfaz gráfica con las herramientas descritas [**3 décimas**].

Estas décimas serán consideradas siempre y cuando la nota del proyecto y evaluación de pares sea mayor a **3,95**.

Como ejemplo, en la Figura 2 se puede ver el paquete de herramientas de Matlab para flujo potencial. Lo esperado es poder realizar ese tipo de visualización, sin la interfaz gráfica de por medio.

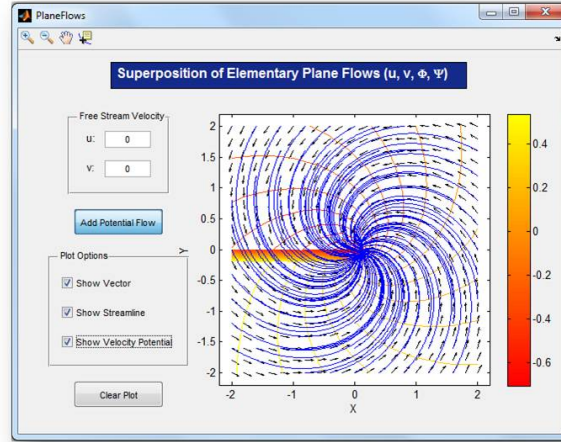


Figura 2: Paquete herramientas Matlab

4. **Problema propuesto.** Con las funciones programadas anteriormente deben ser capaces de resolver uno de los problemas descritos en la siguiente sección. Una vez se hayan conformado los grupos, su ayudante guía les informará el problema en específico que deben resolver y los datos para esto.

2.2. Problemas Propuestos

2.2.1. Escorrimento Horizontal en Plano Vertical

Un escurrimiento potencial en un plano horizontal queda descrito por la ecuación (1) a variable compleja.

$$f(z) = U_{\infty} \left(z + \frac{a^2}{z} \right) + iK \ln \frac{z}{a} \quad (1)$$

donde U_{∞} es la velocidad del flujo en la zona no perturbada aguas arriba del origen, a y K son dos constantes reales, $z = x + iy$ es el argumento complejo, $i^2 = -1$ es el imaginario puro, (x, y) son las coordenadas cartesianas definidas en el plano de escurrimiento.

- A partir de la función compleja (1), encuentre en coordenadas polares (r, θ) la función potencial (ϕ) y de corriente (ψ) asociadas al flujo.
- Encuentre la línea de corriente tal que $\psi = 0$, ¿qué representa esta línea? Utilice referencias para responder esta última pregunta.
- Expresé el campo de velocidades en coordenadas polares para cualquier punto del escurrimiento. Utilice para ello la convención de signo positivo que relaciona la función potencial con el vector de velocidades.

- d) Si la presión del escurrimiento en la zona no perturbada aguas arriba del origen es $P_\infty = 0$, encuentre la expresión para la presión sobre la línea de corriente $\psi = 0$.

2.2.2. Flujo de Agua Subterránea Medido por Pozo

A nivel mundial, un 30 % del agua dulce disponible para utilización humana se manifiesta en manera de agua subterránea. Actualmente, varias de las fuentes de riego en el país involucran el pedir derechos de agua subterránea a la Dirección General de Aguas (DGA), los cuales al ser otorgados permiten realizar extracción mediante la utilización de un pozo para lograr extraer un caudal específico. Si se desea aumentar el caudal a extraerse, se pueden instalar bombas que absorben el flujo de agua subterránea en los alrededores, y forman el denominado cono de depresión. alrededor del pozo. Este fenómeno se puede representar matemáticamente mediante Flujo Potencial, y la ecuación (2) implica un ejemplo.

$$F(z) = V_\infty z e^{-i\alpha} - \frac{m}{2\pi} \ln(z - z_0) \quad (2)$$

Con V_∞ la velocidad de agua subterránea no perturbada, y m parámetro constante.

- Encuentre tanto la función de corriente como la potencial, para coordenadas polares (r, θ) .
- ¿Qué representan α y z_0 ?
- Actualmente, por motivos de la megasequía a nivel nacional, se ha discutido la posibilidad de inyectar agua a los acuíferos mediante pozos. Para tal caso, exprese la nueva función de flujo potencial, pero en lugar de considerar una extracción de agua, se realiza una inyección de esta.
- Para tanto el caso de la inyección como el de extracción, exprese el campo de velocidades en coordenadas polares para cualquier punto del escurrimiento. Utilice para ello la convención de signo positivo que relaciona la función potencial con el vector de velocidades.
- Comente respecto al parámetro m , y a qué parámetro de la vida real cree intuitivamente que está vinculado al observar el efecto de su variación sobre el gráfico de la función.

2.2.3. Huracanes: Ciclones y Anticiclones

Un fenómeno fascinante a gran escala global consiste en los huracanes, llamados científicamente ciclones tropicales, los cuales corresponden a una circulación cerrada de corrientes de viento con respecto a un centro de baja de presión. Por otro lado, su hermano gemelo bien portado consiste en el anticiclón, donde se genera un centro de alta presión que implica una generación de buen tiempo, cielos despejados y ocasional niebla. Se caracterizan porque cada uno de ellos representa un sentido de rotación distinto. La función compleja para un anticiclón se caracteriza por la ecuación (3).

$$F(z) = i \cdot m \cdot \ln(z - z_0)$$

Con i como el número imaginario y m como número real.

- Exprese la función compleja en coordenadas polares (r, θ) , como también la función potencial y de corriente.
- ¿Cómo escribiría la función de un ciclón?
- Para el caso del ciclón, exprese la función compleja en coordenadas polares (r, θ) , como también la función potencial y de corriente.
- Considerando el potencial destructivo que un ciclón tiene, ¿qué relevancia tiene el parámetro m al momento de analizar el impacto de un ciclón sobre una localidad específica?

2.2.4. Río

Hace algunos años, la descarga de los residuos de una industria en un estuario formaban una zona de contaminación hacia aguas abajo, como se muestra en la figura. Para analizar el flujo se decide utilizar la teoría de flujo potencial, suponiendo una función correspondiente a un flujo uniforme de velocidad U_0 para representar al río:

$$F(z) = U_0 \cdot (z - z_0)$$

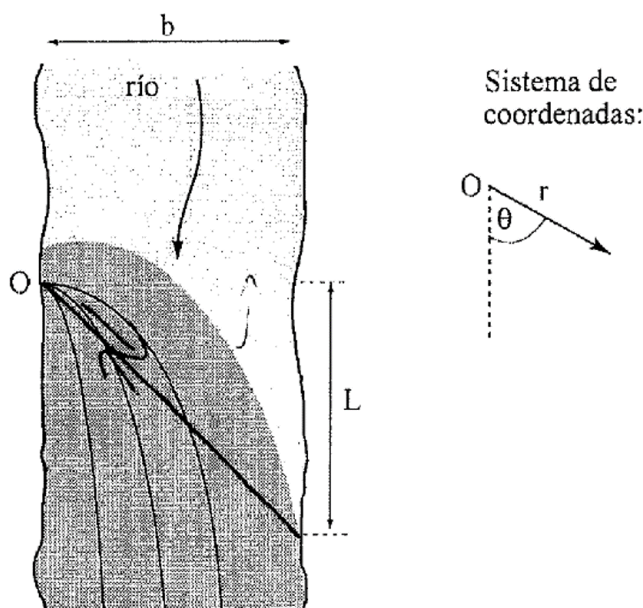


Figura 3: Vista superior de la descarga contaminada en el río. A la derecha el eje coordenado, que esta ubicado en la ribera izquierda, donde se inicia la descarga

- a) Si la descarga industrial puede representarse como la superposición de una fuente, $F(z) = m \cdot \ln(z - z_0)$, escriba la función compleja correspondiente a la ecuación del flujo potencial. Indique claramente las funciones potencial y de corriente del problema.
- b) Calcule el vector velocidad del flujo en la ribera que se encuentra al mismo lado de la descarga.
- c) Determine el campo de aceleración en todo el espacio $a = a(r, \theta)$.
- d) Verifique si existen puntos de estancamiento. ¿Qué significado tiene la línea de corriente que lo(s) contiene? ¿Cuál es el valor de $\Phi(r, \theta)$ en esos puntos?
- e) Determine una expresión para la distribución de presión a lo largo de la ribera que se encuentra al mismo lado de la descarga.
- f) Encuentre el valor de la distancia L en la ribera opuesta a la descarga, que se mantiene sin contaminación.

2.3. Formato de la ficha

La ficha deber ser realizada en Google Colab o en Jupyter Notebook. A continuación, se indica el formato que debe tener la ficha. Quienes no cumplan con este formato tendrán una **penalización de cinco décimas por falta**.

Formato Ficha Didáctica:

- Referencias bibliográficas formato ISO¹ o APA.
- Por cada error ortográfico se descontarán 0.5 décimas.
- La cantidad mínima de fuentes bibliográficas citadas debe ser **cinco**. Quienes no cumplan con este factor tendrán una penalización de **diez décimas**.

2.4. Nota de Proyecto

La nota del proyecto semestral se calculará con la siguiente ponderación:

- Marco Teórico (I): 20 %
- Cumplir aspectos mínimos solicitados (AM): 30 %
- Responder el problema propuesto (PP): 20 %
- Creatividad (C): 10 %
- Formato (F): 10 %
- Evaluación de Pares (EP): 10 %

¹Ayuda sobre referencias en formato ISO: **Tutorial de citas ISO**.

2.5. Evaluación de pares

Para evaluar la participación y funcionamiento del grupo se hará una evaluación de pares obligatoria a final de semestre. De obtener nota inferior a 3,95 se reprueba el proyecto y el curso.

3. Fechas Importantes

- Inscripción de grupos: desde el 1 de junio hasta el 7 de junio
- Reporte preliminar de avance: hasta el 3 de julio
- Entrega Final: 10 de julio

4. Ayudantes guía

Cada grupo tendrá un ayudante, con el cual **debe ponerse en contacto** una vez que les sea asignado para que los guíe en el desarrollo de su proyecto. Tendrán la oportunidad de solicitar reuniones periódicas en las que podrán hacerles preguntas y pedir su consejo. Al mismo tiempo, el ayudante les podría pedir rendir avances de su proyecto en las reuniones agendadas. Quienes no cumplan con estos avances tendrán **cinco décimas** de descuento en la nota de la evaluación siguiente a aquella reunión. Los detalles de los avances que se les pedirá serán entregadas oportunamente por los mismos ayudantes.

La asignación del ayudante guía será publicada una vez que termine el período de inscripción de los grupos de trabajo.

5. Consultas

Las consultas se realizarán vía el foro en CANVAS. Cualquier otra pregunta debe ir dirigida a su ayudante guía con copia a Rafael Labra (ralabra@uc.cl). Este correo debe contener en el asunto la sección y el número del grupo.

6. Material Adicional

Ejemplo Google Colab