

La turbulencia en los flujos en canales con lechos vegetados. Estudio teórico-experimental con aplicación del “Acoustic doppler Velocimeter” ADV.

Vicente Medina Iglesias, Allen Bateman Pinzón, José Manuel Redondo

Resumen

El ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) abre una nueva vía de análisis en hidráulica, en primer lugar hay que realizar una calibración del mismo para tratar de determinar su capacidad operativa así como la validez de sus datos. Realizado este trabajo analizamos dos perfiles de velocidades obtenidos el primero sobre un lecho de gravas y el segundo sobre un lecho con plantas. Del análisis se deduce que no es fácil encontrar similitud entre las predicciones de la turbulencia y los valores medidos en los ensayos. En último lugar se propone un método alternativo al modelado experimental para evaluar el efecto de la vegetación.

Introducción

La dinámica del flujo del agua en canales abiertos viene condicionada por la geometría y por la rugosidad del material de las paredes. Todo ello conduce a una serie de coeficientes empíricos, como la “n” de Manning o la “f” de Darcy, que a través de las pérdidas de energía nos relacionan el flujo medio con el resto de parámetros geométricos así como el caudal.

En el caso de rugosidades de origen vegetal se hace imprescindible retroceder hasta analizar el origen de la oposición al flujo de las rugosidades, ya que de esta manera podemos modelizar la resistencia que opondrá un elemento flexible y como esto repercutirá en el flujo medio.

Veremos como en todos los casos el flujo libre de agua acaba traducándose en un desarrollo de Von Karman del perfil de velocidades, y como este resulta consecuencia de la dinámica turbulenta del desplazamiento del fluido.

Para todos estos análisis se parte de datos tomados con un instrumento de medida ADV de Nortek, por ello el primer análisis es una calibración del aparato en función de su configuración.

Se analizaran dos series de datos obtenidos con este instrumento correspondientes a dos perfiles, uno de un canal con un lecho de gravas y otro de un canal con un lecho de plantas.

Las capacidades computacionales actuales permiten modelar numéricamente los procesos turbulentos entrando en competencia directa con modelos experimentales, abriéndose la puerta a la posibilidad de elaborar ábacos útiles para ingeniería obtenidos a partir de modelizaciones numéricas.

1.- Calibración del Nortek ADV

En este capítulo realizamos una batería de ensayos en el canal de pendiente variable del módulo B-0 consistentes en medir el mismo fenómeno con todas las configuraciones posibles para el instrumento.



Ilustración 1 Nortek ADV

Son posibles 48 configuraciones diferentes combinando frecuencias de muestreo con rango de velocidades medido y con el tamaño del volumen de control. A la vista de los resultados solo unas pocas de estas configuraciones son validas para el análisis turbulento, como muestra los resultados de las desviaciones en la velocidad V_y , lo que es equivalente a la media cuadrática de las velocidades turbulentas:

Desviaciones de V_y para 3 mm vol de control

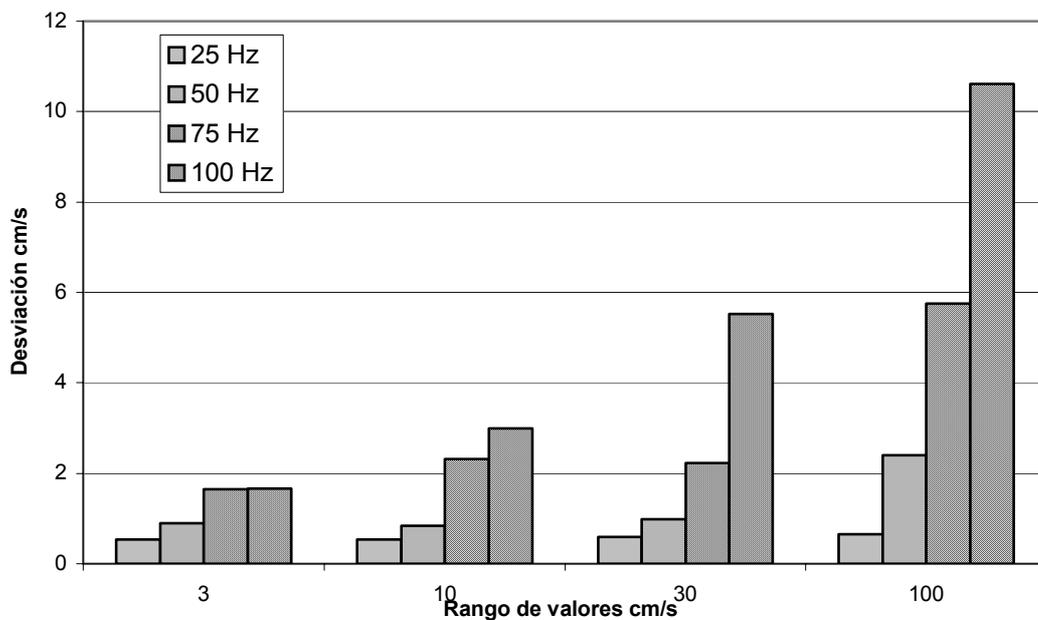


Gráfico 1 Velocidades cuadráticas medias turbulentas V_y

Una conclusión evidente es que únicamente a 25 Hz se obtiene un valor más o menos estable. Estas conclusiones hicieron que descartásemos series de datos obtenidas con otras configuraciones ya que influía en gran manera en los resultados.

2.- Análisis de las series de datos

Se analizan dos series de datos de las que se realizan muchas pruebas. Como resultados interesantes está el contraste entre la potencia disipada por el canal y la potencia disipada medida en el flujo.

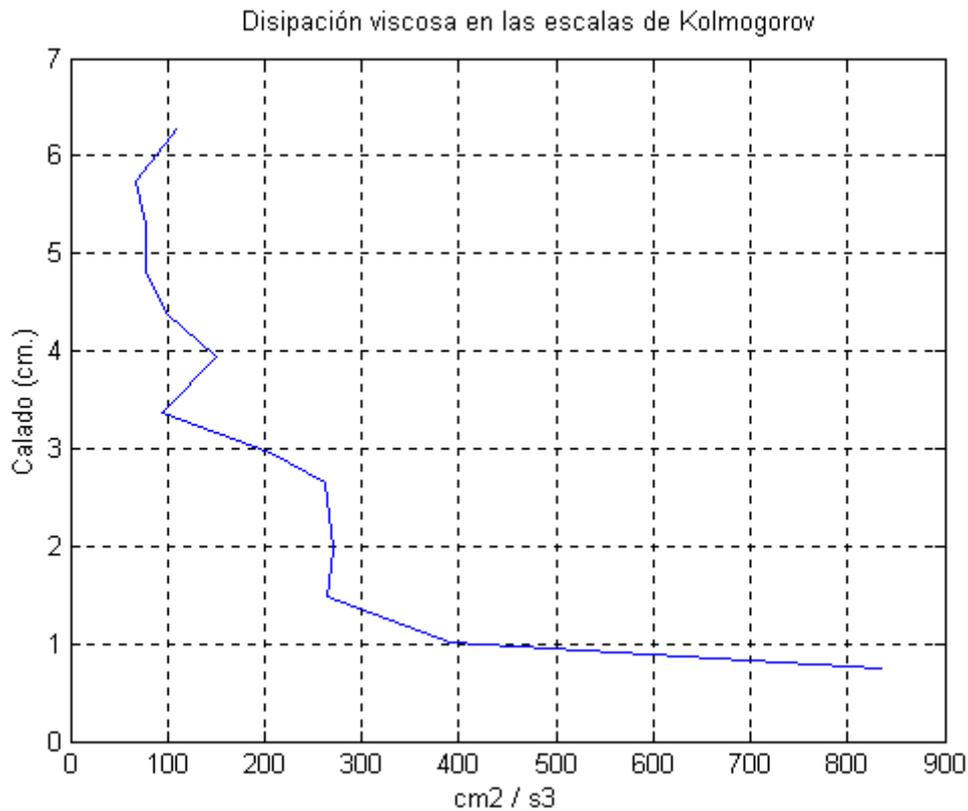


Ilustración 2 Disipación viscosa en un canal con lecho de grava a lo largo del perfil

La media es de $223 \text{ cm}^2/\text{s}^3$ cuando el valor previsto es de $559 \text{ cm}^2/\text{s}^3$ lo que implica una gran diferencia, muchas pueden ser las causas, condicionadas por la metodología experimental o por la configuración del instrumento.

Otra gráfica que resulta interesante es la de las tensiones de Reynolds medidas relacionadas con las previstas por las corrientes secundarias. En ella se aprecia la gran diferencia que hay entre las tensiones totales y las de fondo reducidas debido al efecto causado por las corrientes secundarias.

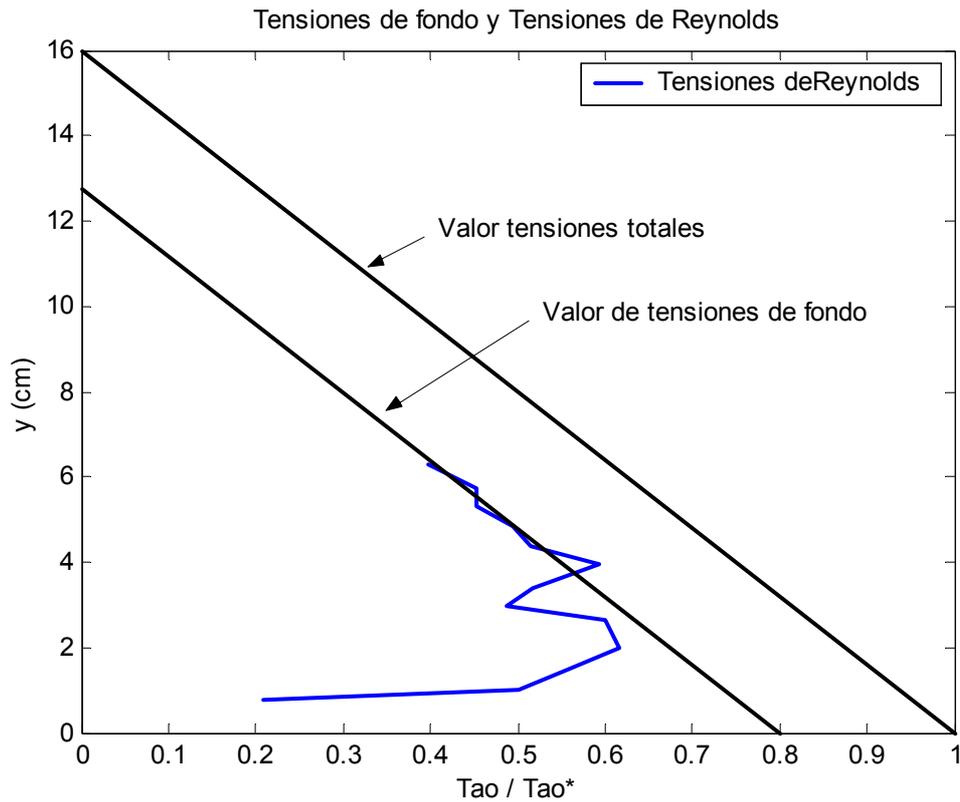


Ilustración 3 Tensiones medidas comparadas con las previstas

3.- Metodo numérico para el calculo de la rugosidad sobre plantas

Se pueden usar modelos numéricos para simular el efecto de la rugosidad, para ello usamos un modelo hidrodinámico y uno mecánico de deformación de planta una vez obtenidas las cargas sobre las plantas usamos el modelo de resistencia para ver como se deforman y reintroducir esta nueva deformación en el modelo hidrodinámico.

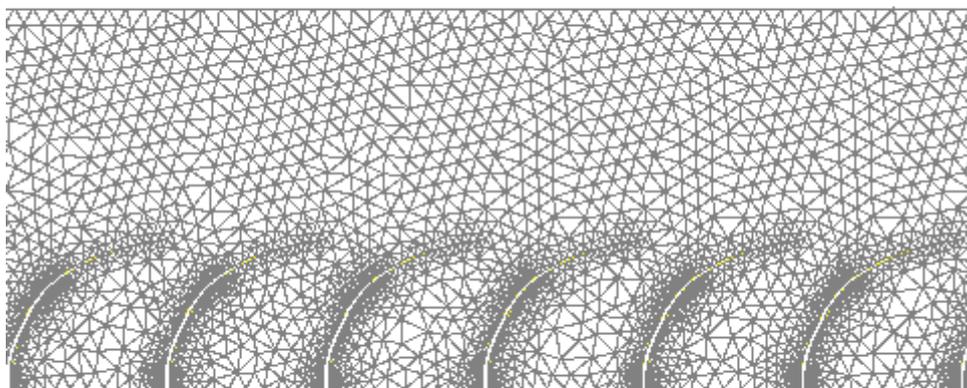


Ilustración 4 Detalle del mallado en la zona de las plantas en el lecho

Podemos ver en la imagen el detalle de cómo introducir las plantas en la geometría de la malla.

Conclusiones

Estudiar el efecto de elementos de rugosidad flexible en canales (plantas) obliga a conocer la interacción entre estos elementos (plantas) y el fluido, de esta manera es posible prever el comportamiento para diferentes tipologías de plantas, con sus hojas sus diámetros, sus longitudes, sus flexibilidades o sus densidades, en contraste la rugosidades convencionales presentan un comportamiento mucho más simple, se trata de elementos rígidos con unas formas mucho más homogéneas. Esto cambia en el momentos que aparece transporte de sedimentos, en el que vuelve a ser necesario conocer la interacción entre sedimentos arrastrados y el flujo que los arrastra.

De todas estas interacciones podemos aprender a través de la turbulencia. Dentro ésta se han producido grandes avances que describen el funcionamiento de los canales con los procesos que tiene lugar en ellos a nivel de mecánica de fluidos. Estos avances deberían hacer que se replantease la metodología utilizada en la experimentación hidráulica, yendo más allá de la hidráulica de coeficientes y tablas.

Para analizar cualquier proceso presente en la hidráulica general como podrían ser los coeficientes de fricción o el transporte de sedimentos empieza a ser necesaria una base de conocimiento en turbulencia.

Las medidas de turbulencia hasta ahora han sido más típicas de entornos controlados como laboratorios de mecánica de fluidos, trabajando con volúmenes de control relativamente pequeños. En nuestro caso las hemos aplicado a un entorno de mayor escala como es un laboratorio de hidráulica. A la vista de los resultados se aprecia que existen discrepancias entre las predicciones teóricas y los resultados experimentales. No cabe duda de que muchas de ellas de deben a la dificultad presente para medir parámetros que definan la realidad. Podemos considerar como ejemplo el diámetro de la grava usada. En las formulaciones este diámetro será un valor numérico único, que nos permitirá calcular desde el coeficiente de Manning hasta utilizar el D_{50} como escala de longitud para cálculos de disipación viscosa. Sin embargo la realidad que tratamos de medir (el diámetro de la grava) posee una curva granulométrica, unos coeficientes de forma, y otros elementos que quedan fuera de un único valor característico.

Dentro del mismo apartado entrarían elementos como la pendiente de la solera, la pendiente motriz o el calado. Esta dificultad gana importancia ya que se trata de calcular valores instantáneos y locales (del orden de mm), en contraste la hidráulica que en general mide valores medios tomados en dominios del orden de decímetros o metros.

No cabe duda que la inexperiencia en la toma de datos de los individuos que realizamos los experimentos es decisiva, ya que en el momento del análisis surgen muchas dudas que solo se hubiesen podido contestar en el momento de la toma de datos.

Un análisis hidráulico de los datos tomados no evidencia tantos errores como uno turbulento ya que en el primero se promedian los valores, lo que suprime mucha de la información incluida en estos. En cambio en el segundo se miden muchos más

aspectos de los datos, desde estadísticos comunes como las desviaciones o correlaciones hasta elementos más avanzados como los espectros de energía.

De lo que no cabe duda es de que serán necesarias más campañas de toma de datos y de análisis para ajustar las realidades mediadas con las predicciones esperadas.

El uso de los nuevos instrumentos disponibles permite tomar una imagen más clara de la dinámica del agua dentro de un flujo. En concreto dentro de la hidráulica el ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) permite la captura de velocidades tridimensionales en un punto del espacio.

En primer lugar un análisis detalla de las posibilidades del instrumento viéndose que debe restringirse mucho la configuración para obtener unos datos que sean validos desde el punto de vista de valores instantáneos. Esta evaluación de las capacidades del aparato se realizo posteriormente a la toma de datos de manera que los descalificó ya que se habían tomado con una configuración muy osada que solo permitió su uso para medir valores medios.

Un nuevo tipo de análisis es posible en la actualidad, se trata de los modelos numéricos. Hasta ahora las ecuaciones de Navier-Stokes tridimensionales estaban restringidas a computadoras muy potentes, actualmente con ordenadores de precios moderados es posible realizar simulaciones ambiciosas, en la tesina se propone una vía posible de estudio del efecto de plantas en canales, para ello combina el uso de dos módulos, uno de ellos hidrodinámico y otro de ellos de resistencia de materiales. Se trata únicamente de una metodología, ya que exige todavía mucho trabajo el optimizar el proceso.