

# Características dinámicas del canal hidráulico ASSUT-1

## *Dynamic characteristics of ASSUT-1 hydraulic channel*

Oriol Rosselló Coma y Ferran Colombo Piñol

Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines. Fac. Geologia. C/Martí-i-Franquès s/n. E-08028 Barcelona. pedrasecaoriol@gmail.com; colombo@ub.edu;

### ABSTRACT

*An initial study of hydraulic characteristics of the ASSUT-1 channel has been produced and the results are presented here. This experimental equipment was created in order to develop studies in the modelling of transport and accumulation of sediments. The ASSUT-1 channel is part of the Laboratori de Simulació de Processos Geològics (SIMGEO). This laboratory which is shared with the Institut de Ciències de la Terra (CSIC) is located in the underground of the building of the Faculty of Geology. The aim of this work is to know the flux velocities pattern of this experimental equipment such as the first step to project and develop some transport and sedimentation simulations.*

**Key words:** Flux velocities pattern, hydraulic channel, experimental modelling

*Geogaceta, 46 (2009), 167-170  
ISSN: 0213683X*

### Introducción

El equipo Assut-1, de diseño propio, está compuesto por: Un canal de 16 m de largo, con medidas útiles de 37 cm de ancho y 40 cm de profundidad (Fig. 1). Las paredes laterales del canal son de vidrio blindado, transparente y rectificadas. La unión de los vidrios con la base metálica es perfectamente estanca. El conjunto está soportado por un sistema de vigas técnicas de aluminio especial, suficientemente rígido como para impedir flexiones longitudinales y transversales significativas. El fondo del canal es metálico y todas sus juntas están suficientemente mecanizadas para minimizar cualquier irregularidad. Se ha instalado un mecanismo hidráulico de elevación de todo el canal, que permite realizar los ensayos con variación de pendientes (gradientes). El levantamiento, que afecta a todo el canal, se manifiesta por un extremo del canal (extremo apical) mientras que en el otro (extremo terminal) la elevación es menor. Existe una gruesa de bisagra sobre la que pivota todo el canal y que garantiza la estabilidad de todo el conjunto. Existen dos compuertas, una a la entrada y otra a la salida, con movimiento automático y filtros disipadores. La variación de la posición de estas compuertas permite controlar la profundidad del flujo durante los ensayos.

La circulación de agua se realiza en circuito continuo y la masa acuosa se en-

cuentra cerrada y recircula indefinidamente por el canal. El sistema de bombeo cuenta con dos bombas hidráulicas, una de entrada y una de salida del flujo, con capacidad máxima de 10.000 litros/hora y variador de caudal adecuado. También cuenta con cuatro depósitos de 1m<sup>3</sup> cada uno que intervienen en la recirculación del agua y en su almacenamiento una vez finalizado el ensayo. El sistema admite tanto agua dulce como marina, siendo la dulce la utilizada en el caso que nos ocupa.

Existe un pupitre de control compuesto por mandos y computadores digitales programables que permiten controlar todos los parámetros y automatismos necesarios. Se dispone de un tanque metálico para retener sedimentos finos (arcillas, limos y arenas finas (según Deutsche Industrie Norm 4022), con separadores del flujo que se accionan manualmente, por donde circula el agua antes de entrar dentro del canal estanco. El sistema admite sedimentos con partículas de un diámetro de entre 0.0002mm (arcilla fina) y 2 cm (grava fina), (escala Wentworth).

### Procedimiento

Como que el canal ASSUT-1 es un diseño propio, se ha tenido que cuantificar sus características dinámicas. Durante todo el proceso de ensayos, la compuerta de salida se encuentra en posición horizontal mientras que la compuerta de

entrada está en la posición de máxima elevación que permite el sistema. Todas las lecturas de velocidad de flujo estarán condicionadas por este hecho.

No se ha considerado necesario realizar un estudio de los errores instrumentales ni de las desviaciones estándar de las medianas realizadas ya que sería una tarea que se alejaría del carácter orientativo de este primer contacto dinámico con el equipo experimental.

El equipamiento utilizado en el proceso de recogida de lecturas de velocidades de flujo está formado por un correntímetro *MiniAir20* (con una hélice de 2 cm de diámetro) fijado al extremo de un tubo metálico que está sujeto, y es transportado, a lo largo del canal por una vagoneta metálica.

### *Selección de las pendientes del canal*

El equipo ASSUT-1 puede modificar la pendiente del canal mediante un sistema hidráulico, que permite elevar el extremo por donde tiene lugar la entrada del agua en diferenciales de 1 cm, hasta llegar a una altura máxima del sistema de 40 cm. Se han seleccionado cuatro inclinaciones del sistema ( $i$  = inclinación medida sobre la base del canal):  $i=0,0^\circ$  (la altura máxima del canal es de 0 cm),  $i=0,9^\circ$  (la altura máxima del canal es de 21 cm),  $i=1,4^\circ$  (la altura máxima del canal es de 32 cm) y  $i=1,8^\circ$  (la altura máxima del canal es de 40 cm).

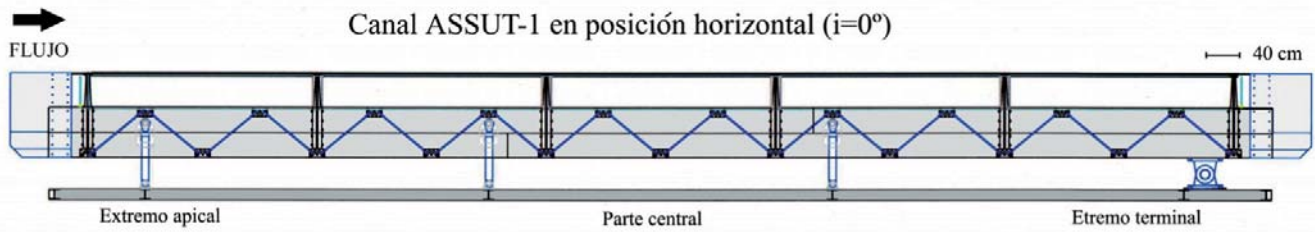


Fig. 1.- Esquema a escala del margen derecho del canal ASSUT-1 en posición horizontal ( $i=0^\circ$ ).

Fig. 1.- Scheme concerning the right margin of channel ASSUT-1. In horizontal position ( $i=0^\circ$ ).

**Selección de los caudales representativos**

En teoría se pueden descargar diferenciales de caudal de 250 l/h, hasta un máximo de 10000 l/h. Experimentalmente el equipo empieza a descargar un caudal suficiente (se forma una columna de agua superior a 2 cm de altura) cuando los controles marcan 2500 l/h. Para las experiencias con  $i=0^\circ$ , se puede incrementar al caudal de 2500 l/h en valores de 750 l/h hasta alcanzar el valor del caudal máximo (10000 l/h). De esta ma-

nera se obtienen 11 caudales diferentes y representativos de las posibilidades del aparato. Estos 11 caudales (en l/h) corresponden a: 2500, 3250, 4000, 4750, 5500, 6250, 7000, 7750, 8500, 9250 y 10000.

Para las experiencias con  $i\neq 0^\circ$ , los caudales representativos que se han escogido son los siguientes (en l/h) : 4000, 5500, 7000, 8500 y 10000. Son 5 de los 10 caudales representativos de las experiencias con  $i=0^\circ$ . Esta simplificación se

ha realizado con el fin de anotar grupos de lecturas suficientemente diferenciados como para obtener resultados claros.

**Selección de los puntos de medida de velocidades de flujo**

Se ha dividido el canal en 5 celdas de 300,6 cm de largo y numeradas según el sentido del flujo (Fig. 2). De esta manera la denominada celda 1 corresponde a la celda donde el agua entra en el canal, y celda 5 a la celda de salida del canal. Los planos verticales imaginarios que separan las 5 celdas de canal contendrán los puntos donde realizar la recogida de datos de velocidades de flujo. Teniendo en cuenta la especial naturaleza de las celdas 1 y 5, se ha decidido que los planos imaginarios que definen la mitad de la celda 1 y la mitad de la celda 5 contengan el resto de los puntos de muestreo. Estos 6 planos imaginarios se denominan estaciones, y siguiendo el sentido del flujo: estación A, estación B, estación C, estación D, estación E y estación F.

También se definen 3 posiciones a lo ancho del canal. Se denomina posición 1 la del margen izquierdo del canal, se denomina posición 2 la central del canal, y la del margen derecho del canal se denomina posición 3. Al estar estas posiciones incluidas en alguna de las 6 estaciones, para el caso de la estación A, en la base del canal se definen tres puntos de muestreo fijos denominados: a1 (en el margen izquierdo del canal), a2 (en el centro del canal) y a3 (en el margen derecho del canal).

También se pueden definir otros puntos en la vertical de los puntos fijos (a1, a2 y a3), de altura no constante, situados en el nivel más alto de la lámina de agua. Son los puntos a1', a2' y a3'.

Como que esto sucede en las 6 estaciones, se definen los siguientes 36 puntos de muestreo: Estación A: (a1, a2, a3) y (a1', a2', a3'), Estación B: (b1, b2, b3) y (b1', b2', b3'), Estación C: (c1, c2, c3) y (c1', c2', c3'), Estación D: (d1, d2, d3) y (d1', d2', d3'), Estación E: (e1, e2, e3) y (e1', e2', e3') y Estación F: (f1, f2, f3) y (f1', f2', f3').

**COMPARTIMENTACIÓN IMAGINARIA DEL PRISMA DE VIDRIO DEL CANAL ASSUT-1**

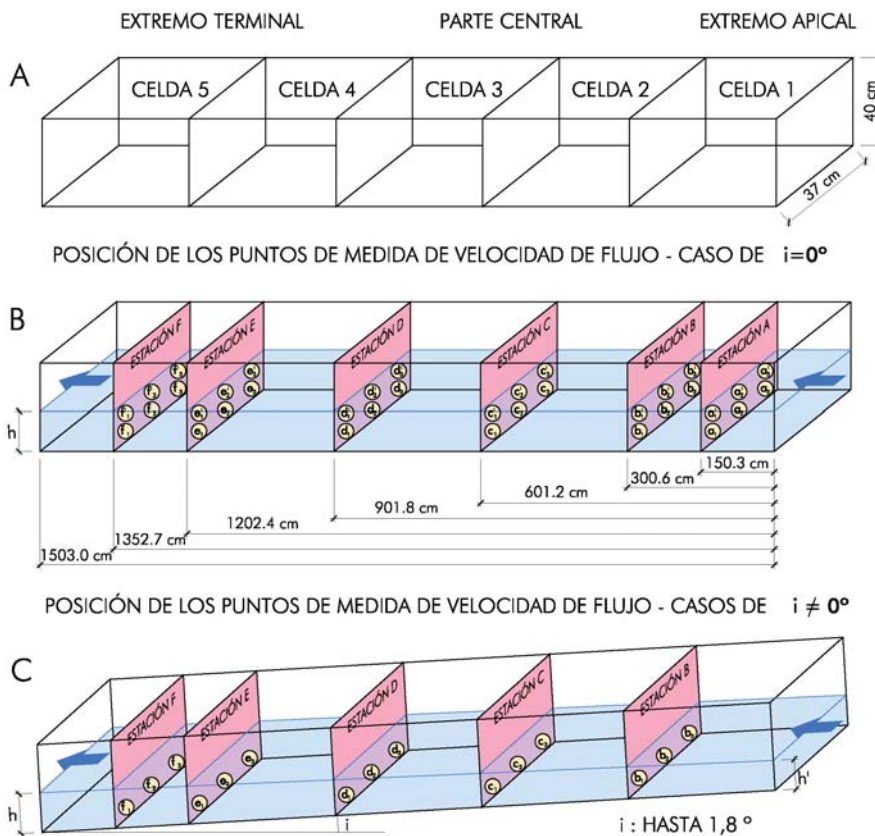


Fig. 2.- A) Compartimentación imaginaria del prisma de vidrio del canal ASSUT-1. B) Posición de los puntos de medida de velocidad de flujo - casos de  $i=0^\circ$ . C) Posición de los puntos de medida de velocidad de flujo - casos de  $i\neq 0^\circ$ .

Fig. 2.- A) Imaginary partition of the glass prism of channel ASSUT-1. Position of the measurement points of flow velocity - case  $i=0^\circ$ . C) Position of the measurement points of flow velocity -  $i\neq 0^\circ$ .

Muestreo de valores

Cuando se alcanza una altura constante de la lámina de agua se inicia la recogida de datos. En cada uno de los puntos de muestreo, se han registrado 5 valores de los indicados por el correntímetro. Estos 5 valores, se han tomado siguiendo criterios de aleatoriedad, predeterminando un tiempo de 30 segundos entre la anotación de una lectura y la siguiente.

Fichas de datos

Ensayos con  $i=0^\circ$

Se ha realizado una ficha de datos para cada una de las 6 estaciones de muestreo (A, B, C, D, E y F) en las cuales quedan reflejadas las lecturas de velocidad de flujo para los 10 caudales representativos. Cada ficha también incluye los datos de las alturas de las columnas de agua estables para cada caudal representativo.

Estas fichas están diseñadas para facilitar la toma de datos para un caudal predeterminado tomando lecturas en el canal en el sentido de la corriente. Los 5 valores anotados en cada uno de los 36 puntos de muestreo permiten realizar ciertas operaciones estadísticas. Se calculan 6 medianas de los datos obtenidos para cada caudal en una estación de muestreo concreta (ejemplo para la estación A):

- Todos los datos de cada estación:  $a_1, a_1', a_2, a_2', a_3$  y  $a_3'$ .
- Tanto de los datos (en el fondo del canal) del margen izquierdo del canal, como los del centro y las del margen derecho:  $a_1, a_2, a_3$ .
- Tanto de los datos del margen izquierdo del canal, como los del centro y los de la derecha del canal, a cierta altura (h) del fondo del canal:  $a_1', a_2', a_3'$ .
- Los datos de las estaciones del margen izquierdo del canal (tanto en  $h=0$  cm como a cierta altura):  $a_1$  y  $a_1'$ .

Campos de estabilidad de velocidad de flujo en el canal ASSUT-1

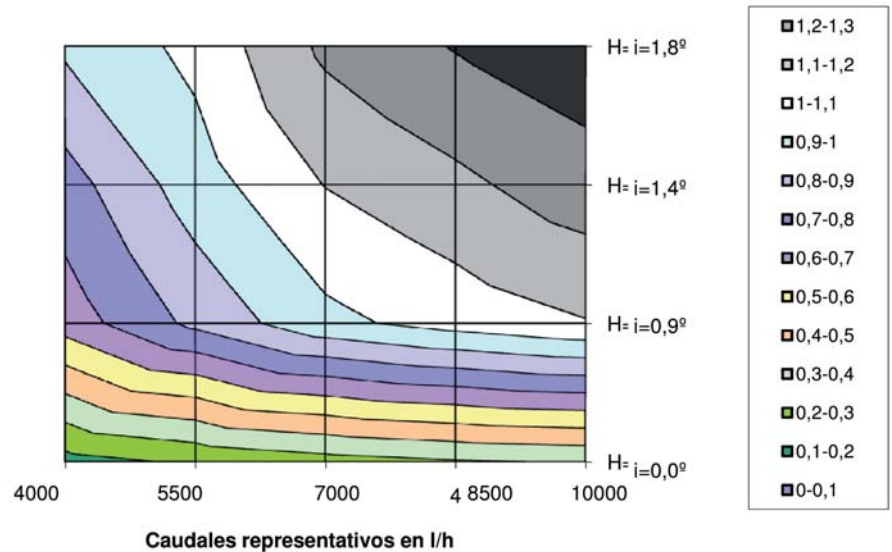


Fig. 3.- Campos de estabilidad de velocidad de flujo en el canal ASSUT-1.

Fig. 3.- Fields of stability of flow speed in channel ASSUT-1.

-Los datos de las estaciones del centro del canal (tanto en  $h=0$  cm como a cierta altura):  $a_2$  y  $a_2'$ .

-Los datos de las estaciones del margen derecho del canal (tanto en  $h=0$  cm como a cierta altura):  $a_3$  y  $a_3'$ .

Ensayos con  $i \neq 0^\circ$

El patrón de las fichas de datos de velocidad de flujo en los dos casos es idéntico. Para estas experiencias, se ha modificado el modelo de ficha de velocidades de flujo. Estas modificaciones, para las experiencias con  $i=0^\circ$ , son:

1) Con  $i \neq 0^\circ$  sólo se pueden realizar lecturas en la base del canal ya que en ningún caso la altura de la columna de agua supera en más de 4 mm la altura del correntímetro.

Esto significa que todas las lecturas realizadas con  $i \neq 0^\circ$  son del tipo  $A_1=a_1, A_2=a_2$  y  $A_3=a_3$ , etc.

2) Los caudales representativos que se han escogido son los siguientes (en l/h): 4000, 5500, 7000, 8500 y 10000.

3) Las experiencias con  $i=0^\circ$  indican que las lecturas realizadas en la estación A son anómalas a causa de la turbulencia generada por la entrada del flujo en el sistema. Por este motivo se han descartado lecturas en esa estación.

4) Con los cinco valores anotados en cada uno de los puntos de muestreo se calculan cuatro medianas de los datos obtenidos para cada caudal en una estación concreta de muestreo (ejemplo para la estación B):

- Todos los datos de cada estación (en  $h=0$ ):  $b_1, b_2$  y  $b_3$ .
- Los datos de las estaciones del margen izquierdo del canal (en  $h=0$ ):  $b_1$ .
- Los datos de las estaciones del centro del canal (en  $h=0$ ):  $b_2$ .

Caudal en l/h	2500	3200	4000	4750	5500	6250	7000	7750	8500	9250	10000	
$i=0^\circ$	Mediana de todas las lecturas de velocidad de flujo (m/s)	0,077	0,125	0,162	0,188	0,216	0,24	0,259	0,279	0,29	0,3	0,308
	Mediana de las lecturas del centro del canal (m/s)	0,071	0,135	0,169	0,198	0,227	0,263	0,279	0,291	0,304	0,318	0,325
	Mediana de las lecturas del margen derecho del canal (m/s)	0,076	0,125	0,168	0,194	0,222	0,239	0,256	0,275	0,284	0,29	0,296
	Mediana de las lecturas del margen izquierdo del canal (m/s)	0,067	0,115	0,148	0,174	0,199	0,222	0,243	0,27	0,283	0,291	0,3
	Mediana de las lecturas a cierta altura de la base del canal (m/s)	0,078	0,126	0,163	0,189	0,221	0,244	0,261	0,282	0,291	0,306	0,32
	Mediana de las lecturas de la base del canal (m/s)	0,075	0,122	0,158	0,181	0,208	0,232	0,252	0,274	0,286	0,291	0,3
$i=0,9^\circ$	Mediana de todas las lecturas de velocidad de flujo (m/s)		0,6464		0,8254		0,9726		1,0416		1,0944	
	Mediana de las lecturas del centro del canal (m/s)		0,6844		0,8616		1,0064		1,0924		1,1568	
	Mediana de las lecturas del margen derecho del canal (m/s)		0,6648		0,8404		0,9776		1,032		1,0664	
	Mediana de las lecturas del margen izquierdo del canal (m/s)		0,5902		0,7744		0,9332		1,0248		1,06	
$i=1,4^\circ$	Mediana de todas las lecturas de velocidad de flujo (m/s)		0,7566		0,9534		1,1032		1,1766		1,259	
	Mediana de las lecturas del centro del canal (m/s)		0,7948		0,9904		1,1412		1,2016		1,2996	
	Mediana de las lecturas del margen derecho del canal (m/s)		0,7752		0,9692		1,1214		1,1868		1,2652	
	Mediana de las lecturas del margen izquierdo del canal (m/s)		0,6996		0,9008		1,0472		1,1408		1,2116	
$i=1,8^\circ$	Mediana de todas las lecturas de velocidad de flujo (m/s)		0,9184		1,0268		1,2212		1,3066		1,358	
	Mediana de las lecturas del centro del canal (m/s)		0,9432		1,062		1,2572		1,34		1,38	
	Mediana de las lecturas del margen derecho del canal (m/s)		0,9272		1,0492		1,2464		1,31		1,3696	
	Mediana de las lecturas del margen izquierdo del canal (m/s)		0,8844		0,97		1,1612		1,2704		1,324	

Tabla I.- Resumen de medianas de velocidad de flujo realizadas.

Table I.- Summary of made medians of flow velocity.

Caudales representativos, en l/h	4000	5500	7000	8500	10000
i=0,0°	0,162	0,216	0,259	0,29	0,308
i=0,9°	0,6464	0,8254	0,9726	1,0416	1,0944
i=1,4°	0,7566	0,9534	1,1032	1,1766	1,259
i=1,8°	0,9184	1,0268	1,2212	1,3066	1,358

Tabla II.- Valores medianos de velocidad de flujo en el canal ASSUT-1.

Tabla II.- Medium values of flow speed in channel ASSUT-1.

-Los datos de las estaciones del margen derecho del canal (en h=0): b3.

**Resultados**

*Resumen final de velocidades*

Con el fin de mostrar los resultados obtenidos se ha realizado la Tabla I. En ella, se refleja la totalidad de las medianas de velocidad de flujo realizadas.

La Tabla II muestra las medianas de todas las lecturas de velocidad de flujo realizadas en los caudales coincidentes en las 4 posiciones del sistema.

La figura 3 es una expresión gráfica de los datos de la tabla II. Compara las medianas de todas las lecturas de velocidad de flujo realizadas con i=0,0°, i=0,9°, i=1,4° y i=1,8° a partir de los 5 caudales representativos de las experiencias en las que i=0°.

El rango de velocidades de flujo que el canal ASSUT-1 permite generar queda claramente acotado, así como los campos de estabilidad de velocidad de flujo para

todo caudal superior a 4000 l/h generado con cualquier pendiente del sistema.

Es pues una figura que permite predecir los comportamientos del aparato a caudales superiores e iguales a 4000 l/h.

**Conclusiones**

Los resultados experimentales contribuyen a conocer en profundidad el patrón de velocidad de flujo en el canal ASSUT-1. Esto permitirá proyectar simulaciones de fenómenos de sedimentación. Ahora ya se están planificando diversas series de ensayos con arenas para generar diversos tipos de estructuras sedimentarias primarias tractivas que permitan tener una idea de las horquillas de valores de la velocidad del flujo para cada ejemplo concreto. Esto se realizará en el sentido que han marcado ensayos similares (Briggs y Middleton 1964), que han sido aplicados al análisis de estructuras sedimentarias primarias tractivas (Allen, 1984; Chamley, 1990; Eisele, 1992).

**Agradecimientos**

Investigación realizada en el Laboratorio de Simulación de Procesos Geológicos (SIMGEO) de la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona.

Este trabajo ha recibido financiación parcial del Proyecto CGL2006-12415-CO3-03. Grup de Qualitat (2005-SGR-00397) de la Generalitat de Catalunya.

**Referencias**

Allen, J. R. L. (1984). *Sedimentary structures, their character and physical basis*. Vol- I. Elsevier Science Publishers.  
 Briggs, L. I. y Middleton, G. V. (1964). *Society of Economic Paleontologist and Mineralogists Special Publication*, 12, 5-16.  
 Chamley, H. (1990). *Sedimentology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.  
 Einsele, G. (1992). *Sedimentary Basins*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 33.