



ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN  
LABORATORIO DE HIDRÁULICA. CO-3503  
Grupo #

INFORME #. TÍTULO

Elaborado por:  
NOMBRE DEL ESTUDIANTE:  
LUIS LOPEZ LOPEZ

Profesor guía:  
MAIKEL MÉNDEZ MORALES

Fecha de entrega:  
FECHA

II Semestre 20XX

# Índice

<b>1. RESUMEN</b>	<b>2</b>
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>3</b>
2.1. Equipo utilizado . . . . .	3
2.2. Conversión de unidades . . . . .	3
2.3. Memoria de cálculo . . . . .	3
<b>3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	<b>4</b>
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>5</b>
<b>5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	<b>7</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>8</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	<b>8</b>
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>9</b>

# 1. RESUMEN

El presente informe resume las actividades realizadas alrededor de un experimento orientado a analizar la distribución de velocidades en flujo libre. El **objetivo principal** [*OJO*] del experimento **fue** [*Tiempo pasado. La ejecución, fue en tiempo PASADO, los resultados y su análisis son en tiempo presente*] analizar el perfil de velocidades que se presenta en un canal hidráulico experimental (**CHI**) [*Primero se cita el pronombre y luego la abreviación*]; al tiempo que se estimaron los coeficientes de corrección de energía ( $\alpha$ ) y momentum ( $\beta$ ) para el CHI en cuestión.

El CHI utilizado **es** [*Tiempo presente, el canal aún existe*] de sección lisa (acero inoxidable y cristal). Las mediciones de velocidad se realizaron **mediante** [*Se dan nociones del procedimiento sin caer en detalles cuantitativos*] un tubo Pitot conectado a un piezómetro diferencial digital. El caudal volumétrico fue medido mediante un rotámetro análogo, mientras que los tirantes hidráulicos fueron medidos mediante un vernier de tipo análogo.

Los resultados **sugieren** [*Tiempo presente*] que los coeficientes de corrección de energía y momentum son despreciables, dado que ambos se aproximan a la unidad ( $\alpha = 1,070 \pm 0,030$  y  $\beta = 1,050 \pm 0,025$ ) [*Se incluyen los resultados más relevantes con sus respectivas incertidumbres*]. Lo anterior es consistente con las referencias consultadas y propone que en flujo libre, la carga de energía dinámica en una sección lisa, no se ve significativamente afectada por una distribución de velocidades no uniforme. [*Se concluye con base en un análisis soportado por referencias*]

La instrumentación utilizada se considera confiable dadas las bajas incertidumbres obtenidas. Se recomienda aumentar la **población de muestreo** [*Se estipulan las recomendaciones más relevantes*] con el fin de dar mayor validez estadística a los resultados experimentales.

## NOTAS DEL PROFESOR:

- Se utilizaron menos de 200 palabras. Cualquier lector con conocimientos básicos en ingeniería podría comprender el informe con tan solo leer la sección de Resumen.
- Entre más concisos sean ustedes, más rápido terminan el informe, mayor es su calidad y más sencillo es para el instructor su calificación.
- Se dividen las ideas por párrafo, generalmente entre 3 y 6.

## 2. METODOLOGÍA

En la presente metodología, se desarrolla la secuencia de cálculo analítica ligada al presente experimento (*Determinación de la distribución de velocidad en flujo libre*) [*Aunque me estoy manteniendo con el experimento citado en el resumen, no necesariamente será así durante el resto del desarrollo de este informe EJEMPLO, dado que literalmente...este es un documento **Frankenstein** de carácter meramente ilustrativo... y basado en trozos de experimentos que actualmente no se ejecutan*] en el orden y secuencia sugerida por el procedimiento y las referencias consultadas.

### 2.1. Equipo utilizado

- Canal hidráulico experimental, marca: XX, modelo: XX, longitud: XX m, sección: XX m.
- Rotámetro análogo, marca: XX, modelo: XX, unidad de medición: GPM, incertidumbre:  $\pm$  XX GPM.
- Vernier análogo, marca: XX, modelo: XX, unidad de medición: mm, incertidumbre:  $\pm$  mm.
- Tubo Pitot, marca: XX, modelo: XX, unidad de medición: mm, incertidumbre:  $\pm$  mm
- Manómetro Digital, marca: XX, modelo: XX, unidad de medición: mm, incertidumbre:  $\pm$  mm

### 2.2. Conversión de unidades

[*Todas aquellas equivalencias entre unidades diferentes al SI deben ser estipuladas. e.g, conversión de GPM a  $m^3/s$* ]

### 2.3. Memoria de cálculo

[*NO APLICA, en el caso de que R haga todos los cálculos. Aplica SOLO si ustedes utilizaron otros software como EXCEL o MINITAB para realizar algún cálculo*]

Con base en la ecuación 30.5 [*del procedimiento X o Y según sea el ensayo*], se calcula el coeficiente de corrección de momentum ( $\beta$ ):

$$\alpha = \frac{\Sigma v^2 \Delta y}{V^2 h} \quad (1)$$

(ACA SE TOMA UN VALOR NUMERICO Y SE DESARROLLA POR **COMPLETO** [OJO])

Con base en la Ecuación **30.6** [*Nuevamente....esto viene del procedimiento*], se calcula el coeficiente de corrección de energía ( $\alpha$ ):

$$\alpha = \frac{\Sigma v^3 \Delta y}{V^3 h} \quad (2)$$

(ACÁ SE TOMA UN VALOR NUMÉRICO Y SE DESARROLLA POR **COMPLETO**) [OJO]

### 3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis numérico, estadístico y gráfico de los datos observados se utilizó el lenguaje de programación [3]. Las bibliotecas R utilizadas fueron: *Agreement*, *DescTools*, *ggplot2*, *MASS*, *pastecs* y *reshape*. [Siempre se deben mencionar Packages instalados desde CRAN o GitHub, aquellos no incluidos en el CORE de R por defecto]

Dentro de las funciones utilizadas destacan: [Pueden poner la descripción en Inglés, NO hay problema!!!]

- Desc {DescTools} [Acá hay que ampararse en la descripción de la sección de ayuda de RStudio... SUPER FÁCIL verdad??]: estadísticas descriptivas con salidas gráficas y numéricas.
- t.test {stats}: Student's t-Test. Aplica una prueba de t-Test para determinar diferencias estadísticamente significativas entre las medias de dos muestras independientes.
- shapiro.test {stats}: aplica el test de Shapiro-Wilk para determinar si una variable aleatoria es Normalmente distribuida.
- cor.test {stats}: aplica el test de correlación de Pearson's entre dos vectores asociados.
- agreement {Agreement}: computa diversas pruebas de concordancia y calidad, dentro de ellas: concordance correlation coefficient (CCC), precision, accuracy, total deviation index (TDI), coverage probability (CP) and relative biased square (RBS).
- ggplot {ggplot2}: crea objetos gráficos tipo listas basados en "the grammar of graphics".

## 4. RESULTADOS

[Los resultados van a venir de R el 90 % del tiempo, los cuadros se generan y pegan en el documento]

A continuación se presentan los resultados del experimento “Medidor Venturi”.

Durante la ejecución del experimento, pudo **observarse** [Muy importante son aquellas particularidades ocurridas durante la ejecución del experimento] que para caudales mayores a 8 GPM, el balastro del rotámetro oscilaba en un rango cercano a los  $\pm 0.25$  GPM, lo cual resta confianza a las observaciones experimentales más allá de dicho valor. Lo mismo aplica a la estabilidad de las lecturas en el tubo Pitot y el manómetro digital.

Igualmente, pudo apreciarse una fuga de flujo sobre una de las juntas en la tubería de PVC que sostiene al medidor Venturi. Según el **Profesor** [Me pueden echar la culpa a mi :)], dicha fuga es insignificante y no fue tomada en consideración.

Finalmente, el **Profesor** hizo notar que los puertos de medición de presión estática NO interfieren en el campo de flujo (o lo que es lo mismo, no representan obstaculo alguno al campo de flujo), por lo que su intervención sobre la componente dinámica de energía debería ser mínima.

**Cuadro 1.0.** Determinación de los coeficientes de descarga “C” experimentales del Medidor Venturi. [El título debe ser autoexplicativo !!!, 3 decimales por favor!!]. Se deben estipular las ecuaciones que corresponden a los cálculos sugeridos en el procedimiento.]

Secuencia	Flujo Volumétrico “Q”	Lecturas de Presión Aguas Arriba (m)				Lecturas de Presión Aguas Abajo (m)				Gradiente de Presión (m)(Ec 12.1)	Número de Reynolds “Re”	Coeficiente “C” (Ec 12.4)
		L1	L2	L3	Media	L1	L2	L3	Media			
1	Q1	L1	L2	L3		L1	L2	L3		G1	Re1	C1
2	Q2	L1	L2	L3		L1	L2	L3		G2	Re2	C2
3	Q3	L1	L2	L3		L1	L2	L3		G3	Re3	C3
4	Q4	L1	L2	L3		L1	L2	L3		G4	Re4	C4
5	Q5	L1	L2	L3		L1	L2	L3		G5	Re5	C5
6	Q6	L1	L2	L3		L1	L2	L3		G6	Re6	C6
7	Q7	L1	L2	L3		L1	L2	L3		G7	Re7	C7
8	Q8	L1	L2	L3		L1	L2	L3		G8	Re8	C8
9	Q9	L1	L2	L3		L1	L2	L3		G9	Re9	C9
10	Q10	L1	L2	L3	UNICO	L1	L2	L3	UNICO	G10	Re10	C10 UNICO UNICO

Fuente: Los autores.

,

**Cuadro 2.0** Descripción estadística [Indispensable!]. de los coeficientes de descarga “C” experimentales del Medidor Venturi.

Distribución	Normal
Tamaño de la muestra	10
Estadística	0.169
P-Value	0.892
Nivel de Significancia	0.05
Prueba	Chi-Cuadrado
Valor Crítico	0.40 9
Se rechaza la hipótesis nula	No

Fuente: Los autores.

**Cuadro 3.0** Desviaciones [ Viene de la comparación entre el Valor Esperado obtenido de Mínimos Cuadrados o en este caso; de la Curva Teórica, versus los valores experimentales Observados] y % de Error entre los coeficientes “C” experimentales y teóricos del Medidor Venturi.

Coeficientes de Descarga			
Experimental	Teórico	Desviación	% Error
CE1	CT1	DV1	UNICO
CE2	CT2	DV2	
CE3	CT3	DV3	
CE4	CT4	DV4	
CE5	CT5	DV5	
CE6	CT6	DV6	
CE7	CT7	DV7	
CE8	CT8	DV8	
CE9	CT9	DV9	
CE10	CT10	DV10	

Fuente: Los autores.

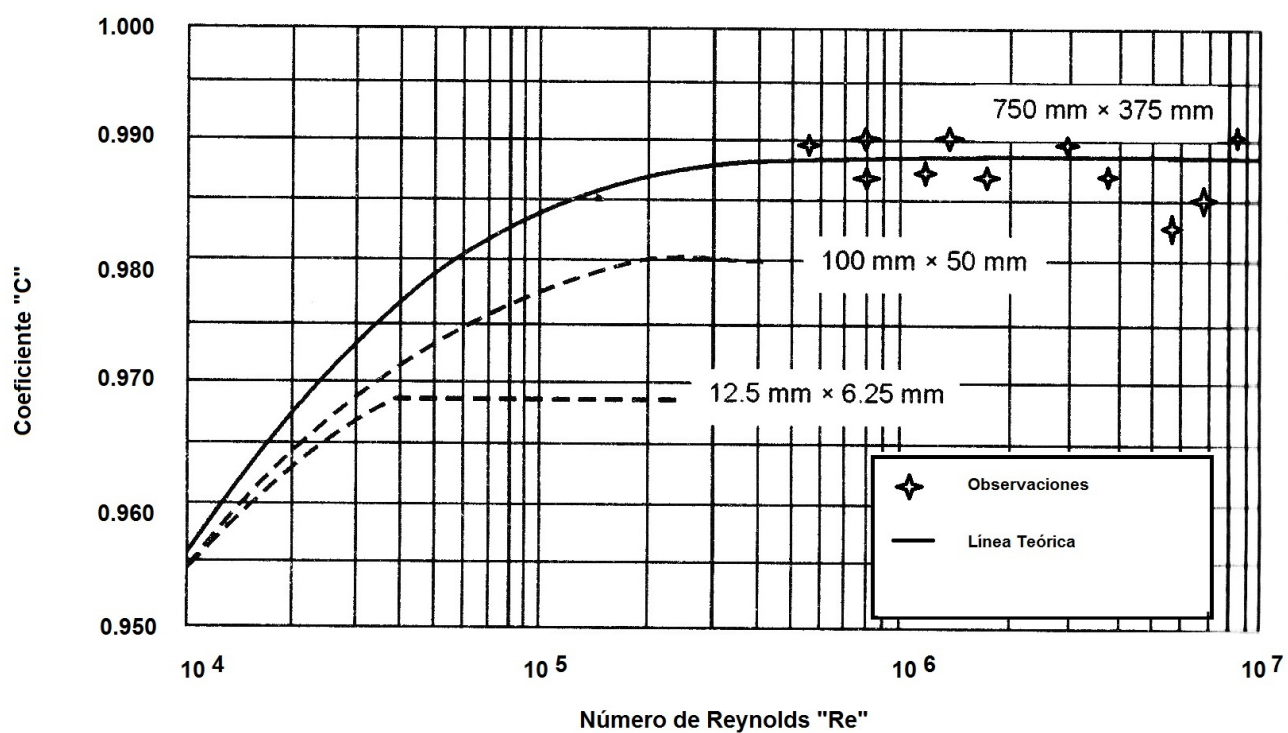


Figura 1: Comportamiento de los coeficientes C  
Fuente: R Studio, a partir de los datos del cuadro 1.

## 5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El Cuadro 1.0 muestra que los valores experimentales de flujo fueron todos medidos en un rango del número de Reynolds mayor a  $10^5$ . Esto también es evidenciado por la Figura 1.0. Consecuentemente, no se pudo validar la sección del nomograma que corresponde a valores de Re menores a  $10^4$ . El Cuadro 2.0 demuestra que el valor promedio del coeficiente de descarga “C” experimental es normalmente distribuido y que por lo tanto, la desviación estándar representa la incertidumbre total del experimento [1].

Dado que el Coeficiente de Variación (CV) está por debajo del 10 %, el promedio se considera uniforme, homogéneo y representativo del fenómeno que se está analizando [4]. Con base en el nomograma de la Figura 1.0, este comportamiento es de esperarse, ya que con valores de Re superiores a  $10^5$ , el coeficiente “C” tiende a ser independiente en su comportamiento [2]. Tómesese en cuenta que para efectos de este experimento la única tendencia teórica a considerarse, es aquella que corresponde a 750 mm X 375 mm. Al analizar las observaciones experimentales de la Figura 1.0, puede verse que los puntos secuenciales 7 y 8, los cuales corresponde a valores de caudal por encima de 8 GPM tienden a presentar mayores desviaciones que aquellas producidas por los demás pares ordenados que también se reflejan en los gradientes de presión de los mismos puntos. Lo anterior es respaldado por el Cuadro 3.0.

Si este comportamiento se ve reflejado tanto en el rotámetro como el manómetro y consecuentemente en el tubo Pitot, quiere decir que la fuente del error es sistemática y que proviene de una fuente que afectó todos los otros equipos. Si ese es el caso, la fluctuación debió venir del sistema de bombeo de la Pared Hidráulica. Es probable que este “transitorio” se haya debido a causas fortuitas, más allá de la operación normal de las bombas. Entre ellas destacan, variaciones de corriente eléctrica, cargas de succión y descarga.

Queda claro entonces, que no se puede hablar únicamente de errores aleatorios sino que también hay que tomar en cuenta errores sistemáticos; ligados en este caso a los equipos de medición y alimentación de flujo propiamente. Ambos puntos secuenciales, 7 y 8 podrían ser eliminados del análisis; pero esto requeriría de una población de muestreo mayor.



## 6. CONCLUSIONES

El coeficiente “C” experimental promedio para el Medidor Venturi es de  $XX.XXX \pm XX$  y es válido únicamente para un flujo enteramente turbulento y para un orificio de 750 mm X 375 mm. Este promedio se considera homogéneo y representativo.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Abarcar un espectro mayor de flujo volumétrico con el fin de validar valores del número de Reynolds cercanos al rango laminar.
2. Aumentar la población de muestreo con el propósito de mejorar la validez estadística del análisis.
3. Repetir las secuencias 7 y 8 con el fin de evaluar cualquier error sistemático que pudiera haber influido en su medición.
4. Evaluar el estado general del equipo de bombeo y la calibración de los equipos de medición.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Referencias

- [1] Robert L. Mott. *Mecánica de Fluidos Aplicada*. 4.<sup>a</sup> ed. Prentice Hall, Inc., 1996.
- [2] Merle C. Potter, David C. Wiggert y Bassem Ramadan. *Mecánica de Fluidos*. 4.<sup>a</sup> ed. Cengage Learning Editores, S.A., 2015.
- [3] R Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. R-project.org/, 2016.
- [4] Juan G. Saldarriaga V. *Hidráulica de Tuberías*. McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A, 2001.

temp_C	viscosity_m2_s	viscosity_cSt	column	group	fluid	fit	lwr	upr
30.00	0.00	276.49	300_A	TECNICO	SAE_20W50	282.01	274.61	289.42
40.00	0.00	164.49	300_A	TECNICO	SAE_20W50	153.86	150.08	157.63
50.00	0.00	99.83	300_A	TECNICO	SAE_20W50	96.16	92.70	99.62
60.00	0.00	67.50	300_A	TECNICO	SAE_20W50	65.50	62.32	68.68
70.00	0.00	44.04	150_A	TECNICO	SAE_20W50	47.34	44.50	50.18
80.00	0.00	31.49	150_A	TECNICO	SAE_20W50	35.73	33.22	38.24
90.00	0.00	23.46	150_A	TECNICO	SAE_20W50	27.88	25.67	30.10
100.00	0.00	17.93	150_A	TECNICO	SAE_20W50	22.33	20.37	24.29
105.00	0.00	15.52	150_A	TECNICO	SAE_20W50	20.15	18.30	22.00
110.00	0.00	13.83	150_A	TECNICO	SAE_20W50	18.27	16.53	20.01
115.00	0.00	12.39	150_A	TECNICO	SAE_20W50	16.64	14.99	18.28
30.00	0.00	276.81	300_B	TECNICO	SAE_20W50	282.01	274.61	289.42
40.00	0.00	165.01	300_B	TECNICO	SAE_20W50	153.86	150.08	157.63
50.00	0.00	100.75	300_B	TECNICO	SAE_20W50	96.16	92.70	99.62
60.00	0.00	68.34	300_B	TECNICO	SAE_20W50	65.50	62.32	68.68
70.00	0.00	44.90	150_B	TECNICO	SAE_20W50	47.34	44.50	50.18
80.00	0.00	32.15	150_B	TECNICO	SAE_20W50	35.73	33.22	38.24
90.00	0.00	24.03	150_B	TECNICO	SAE_20W50	27.88	25.67	30.10
100.00	0.00	18.38	150_B	TECNICO	SAE_20W50	22.33	20.37	24.29
105.00	0.00	15.93	150_B	TECNICO	SAE_20W50	20.15	18.30	22.00
110.00	0.00	14.20	150_B	TECNICO	SAE_20W50	18.27	16.53	20.01
115.00	0.00	12.74	150_B	TECNICO	SAE_20W50	16.64	14.99	18.28