



Catalogación en la publicación – Biblioteca Nacional de Colombia

Hatum Pontón, Andrés Felipe, 1991-

Guía de laboratorio de mecánica de fluidos / Andrés Felipe Hatum Pontón. -- 1a. ed. -- Santa Marta: Universidad del Magdalena, 2018.

p. 138

Incluye datos del autor en la pasta. -- Incluye bibliografía al final de cada capítulo.

ISBN 978-958-746-124-4 -- 978-958-746-126-8 (pdf) -- 978-958-746-125-1 (epub)

1. Mecánica de fluidos - Manuales de laboratorio I. Título

CDD: 532.078 ed. 23

CO-BoBN- a1027420

Primera edición, agosto de 2018

© UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

Editorial Unimagdalena

Carrera 32 No. 22 - 08 / Bloque 8 - Segundo Piso

(57 - 5) 4217940 Ext. 1888

Santa Marta D.T.C.H. - Colombia

editorial@unimagdalena.edu.co

<https://editorial.unimagdalena.edu.co>

Rector: Pablo Vera Salazar

Vicerrector de Investigación: Ernesto Amarú Galvis Lista

Coordinador de Publicaciones y Fomento Editorial: Jorge Enrique Elías-Caro

Diagramación: Xpress Estudio Gráfico y Digital

Diseño de portada: Luis Felipe Márquez Lora

Corrección de estilo: Gran Caribe, Pensamiento, Cultura, Literatura

Editor literario: Clinton Ramírez C.

Santa Marta, Colombia, 2018

ISBN: 978-958-746-124-4 (impreso)

ISBN: 978-958-746-126-8 (pdf)

ISBN: 978-958-746-125-1 (epub)

Impreso y hecho en Colombia - Printed and made in Colombia

Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.S. - Xpress Kimpres (Bogotá)

El contenido de esta obra está protegido por las leyes y tratados internacionales en materia de Derecho de Autor. Queda prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio impreso o digital conocido o por conocer. Queda prohibida la comunicación pública por cualquier medio, inclusive a través de redes digitales, sin contar con la previa y expresa autorización de la Universidad del Magdalena.

Las opiniones expresadas en esta obra son responsabilidad del autor y no compromete al pensamiento institucional de la Universidad del Magdalena, ni genera responsabilidad frente a terceros.

GUÍA DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS

◆ **Andrés Felipe Hatum Pontón** ◆

Equipo de apoyo del Laboratorio Integrado de Ingeniería Civil (LIIC):

Ing. Kelly Miranda

Ing. Leidy Espinosa

Ing. Edgardo Oñate

Tec. Farid Benítez

Tabla de contenido

19	INTRODUCCIÓN
23	1. DESCRIPCIÓN Y OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS
23	1.1. RED DE MEDICIÓN DE PÉRDIDAS, POR FRICCIÓN Y LOCALES, EN TUBERÍAS COMERCIALES PVC Y PLÁSTICO
23	1.1.1. PRÁCTICAS CORRESPONDIENTES AL EQUIPO
24	1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO
27	1.1.3. OPERACIÓN EN EL EQUIPO PREVIA A LA ELABORACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO
28	1.1.4. FORMA CORRECTA DE APAGAR EL EQUIPO DESPUÉS DE REALIZAR ALGUNA PRÁCTICA DE LABORATORIO
28	1.2. SISTEMA DE MEDIDORES DE FLUJO
28	1.2.1. PRÁCTICAS CORRESPONDIENTES AL EQUIPO
28	1.2.2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO
30	1.2.3. PRECAUCIÓN EN EL ENCENDIDO DE LA BOMBA CENTRÍFUGA
31	1.3. BANCO HIDROSTÁTICO
31	1.3.1. PRÁCTICAS CORRESPONDIENTES AL EQUIPO
31	1.3.2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO
35	1.3.3. RECOMENDACIONES EN LA OPERACIÓN DEL EQUIPO PREVIA A LA PRÁCTICA DE MEDICIONES MANOMÉTRICAS (ÍTEM 2.6).
35	1.4. SISTEMA DE BOMBAS INDIVIDUALES, EN SERIE Y EN PARALELO
35	1.4.1. PRÁCTICAS CORRESPONDIENTES AL EQUIPO
36	1.4.2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO
39	1.4.3. RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN DEL EQUIPO
41	1.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

42	2. PRÁCTICAS DE LABORATORIO
42	2.1. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL
42	2.1.1. OBJETIVOS
42	2.1.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
46	2.1.3. MATERIALES Y EQUIPOS
46	2.1.4. PROCEDIMIENTO
48	2.1.5. RESULTADOS
50	2.1.6. CONCLUSIONES
50	2.1.7. BIBLIOGRAFÍA
51	2.2. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE PÉRDIDAS LOCALES Y LONGITUD EQUIVALENTE
51	2.2.1. OBJETIVOS
51	2.2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
54	2.2.3. MATERIALES Y EQUIPOS
54	2.2.4. PROCEDIMIENTO
56	2.2.5. RESULTADOS
57	2.2.6. CONCLUSIONES
57	2.2.7. BIBLIOGRAFÍA
58	2.3. TUBERÍAS EN SERIE
58	2.3.1. OBJETIVOS
58	2.3.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
60	2.3.3. MATERIALES Y EQUIPOS
60	2.3.4. PROCEDIMIENTO
62	2.3.5. RESULTADOS
64	2.3.6. CONCLUSIONES
64	2.3.7. BIBLIOGRAFÍA
65	2.4. TUBERÍAS EN PARALELO

65	2.4.1. OBJETIVOS
65	2.4.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
68	2.4.3. MATERIALES Y EQUIPOS
68	2.4.4. PROCEDIMIENTO
70	2.4.5. RESULTADOS
71	2.4.6. CONCLUSIONES
71	2.4.7. BIBLIOGRAFÍA
72	2.5. CALIBRACIÓN DE MEDIDORES EN CONDUCTOS CERRADOS
72	2.5.1. OBJETIVOS
72	2.5.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
79	2.5.3. MATERIALES Y EQUIPOS
79	2.5.4. PROCEDIMIENTO
80	2.5.5. RESULTADOS
81	2.5.6. CONCLUSIONES
81	2.5.7. BIBLIOGRAFÍA
82	2.6. MEDICIONES MANOMÉTRICAS
82	2.6.1. OBJETIVOS
82	2.6.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
86	2.6.3. MATERIALES Y EQUIPOS
86	2.6.4. PROCEDIMIENTO
88	2.6.5. RESULTADOS
89	2.6.6. CONCLUSIONES
89	2.6.7. BIBLIOGRAFÍA
90	2.7. CAPILARIDAD
90	2.7.1. OBJETIVOS
90	2.7.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
92	2.7.3. MATERIALES Y EQUIPOS
92	2.7.4. PROCEDIMIENTO

94	2.7.5. RESULTADOS
95	2.7.6. CONCLUSIONES
95	2.7.7. BIBLIOGRAFÍA
96	2.8. FUERZAS SOBRE SUPERFICIES PLANAS
96	2.8.1. OBJETIVOS
96	2.8.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
101	2.8.3. MATERIALES Y EQUIPOS
101	2.8.4. PROCEDIMIENTO
101	2.8.5. RESULTADOS
103	2.8.6. CONCLUSIONES
103	2.8.7. BIBLIOGRAFÍA
104	2.9. SISTEMA DE BOMBAS INDIVIDUALES: CONSTRUCCIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS
104	2.9.1. OBJETIVOS
104	2.9.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
109	2.9.3. MATERIALES Y EQUIPOS
109	2.9.4. PROCEDIMIENTO
111	2.9.5. RESULTADOS
112	2.9.6. CONCLUSIONES
112	2.9.7. BIBLIOGRAFÍA
113	2.10. SISTEMA DE BOMBAS EN SERIE: CONSTRUCCIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS
113	2.10.1. OBJETIVOS
113	2.10.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
117	2.10.3. MATERIALES Y EQUIPOS
117	2.10.4. PROCEDIMIENTO
119	2.10.5. RESULTADOS
120	2.10.6. CONCLUSIONES

120	2.10.7. BIBLIOGRAFÍA
121	2.11. SISTEMA DE BOMBAS EN PARALELO: CONSTRUCCIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS
121	2.11.1. OBJETIVOS
121	2.11.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
125	2.11.3. MATERIALES Y EQUIPOS
125	2.11.4. PROCEDIMIENTO
127	2.11.5. RESULTADOS
129	2.11.6. CONCLUSIONES
129	2.11.7. BIBLIOGRAFÍA
129	ANEXOS
129	ANEXO 1. DIAGRAMA DE MOODY
130	ANEXO 2. ANÁLISIS DE INCERTEZAS Y SU PROPAGACIÓN
133	ANEXO 3. DEDUCCIÓN DE LA ECUACIÓN COMBINADA DE COLEBROOK WHITE Y DARCY-WEISBACH.
135	BIBLIOGRAFÍA

LISTA DE FIGURAS

- 20 Figura 1. Equipos hidráulicos existentes en el LIIC. a) Red de medición de pérdidas, por fricción y locales, en tuberías comerciales PVC y plástico. b) Sistemas de medidores de flujo. c) Banco hidrostático. d) Sistema de bombas en serie y en paralelo. Fuente: Elaboración propia.
- 24 Figura 2. Identificación de los diferentes componentes del equipo de Red de medición de pérdidas, por fricción y locales, en tuberías comerciales PVC y plástico. En las subfiguras **g** y **j2** se detallan las válvulas de purga de aire y las tomas piezométricas (del lado derecho), respectivamente. Fuente: Elaboración propia.
- 29 Figura 3. Identificación de los diferentes elementos de los medidores de flujo. Fuente: Elaboración propia
- 32 Figura 4. I) Identificación de los diferentes elementos del banco hidrostático. II) Vista ampliada de las válvulas 4 y 5. III) Vista frontal del compresor. IV) Vista trasera del compresor. Fuente: Elaboración propia.
- 37 Figura 5. I) Configuración general de los elementos del sistema de bombas en serie y en paralelo. II) Vista ampliada de los componentes del tablero de control [Elemento (a)]. III) Tubería que se encuentra en la parte trasera del sistema de bombas en serie y en paralelo. Fuente: Elaboración propia.
- 39 Figura 6. Cebado de una bomba centrífuga. I) Desenrosque del tornillo de cebado. II) Introducción de agua abriendo la válvula 5. III) Expulsión de las burbujas de aire por el tornillo de cebado. Fuente: Elaboración propia.
- 40 Figura 7. Evacuación del agua en el sistema bombas – tuberías. I) Giros en el rotor. II) Evacuación del agua por la tubería de succión. Fuente: Elaboración propia.
- 45 Figura 8. Representación esquemática de un manómetro diferencial en una tubería recta. Fuente: Adaptado de Saldarriaga Valderrama (2016)
- 52 Figura 9. Curva $K \times \text{Número de Reynolds (Re)}$ para un codo de 45° . Fuente: Adaptado de Melo Porto (2004)
- 53 Figura 10. Representación esquemática de un manómetro diferencial en una tubería recta con accesorios. Fuente: Adaptado de Saldarriaga Valderrama (2016)
- 59 Figura 11. Tuberías en serie. La línea verde punteada representa la línea de gradiente hidráulico. Para cada una de las tuberías se indican las longitudes, diámetros, rugosidades absolutas y las pérdidas por fricción y locales. Fuente: Adaptado de Saldarriaga Valderrama (2016).

- 60 Figura 12. Esquema de tuberías en serie conformado por los tramos A, B y C. En los extremos de cada uno de éstos se indican las tomas piezométricas TP 1, 2, 3 y 4. Fuente: Elaboración propia.
- 66 Figura 13. Tres tuberías en paralelo (líneas azules) con su respectiva línea de gradiente hidráulico (roja). A y B representan los nudos de entrada y salida, respectivamente. Fuente: Adaptado de Melo Porto (2004).
- 73 Figura 14. Medidor de Venturi. Las secciones (1) y (3) poseen el mismo diámetro D_1 de la tubería principal. La sección (2) es una zona estrecha llamada garganta con diámetro D_2 . Fuente: Adaptado de Mott and Brito (2006).
- 76 Figura 15. Medidor de tobera. Las secciones (1) y (3) poseen el mismo diámetro D_1 de la tubería principal. La sección (2) es la región en donde se encuentran las toberas y posee un diámetro D_2 . Fuente: Adaptado de Mott and Brito (2006).
- 77 Figura 16. Medidor de diafragma. Las secciones (1) y (3) poseen el mismo diámetro D_1 de la tubería principal. La sección (2) es la región en donde se encuentra la platina con un orificio central de diámetro D_2 . Adaptado de Mott and Brito (2006).
- 78 Figura 17. Rotámetro. La altura en que el flotador queda en equilibrio es directamente proporcional al valor del caudal. Fuente: Elaboración propia.
- 83 Figura 18. Manómetro diferencial. Fuente: Adaptado de Mataix (2005).
- 84 Figura 19. a) Manómetro de Bourdon conectado al banco hidrostático [Elemento (e)]. b) Representación esquemática del interior de un manómetro de Bourdon. Fuente: Elaboración propia
- 85 Figura 20. Representación esquemática del compresor [Elemento (b)] conectado a los dos manómetros diferenciales disponibles [Elementos (f) y (g)]. Fuente: Elaboración propia.
- 91 Figura 21. Ascensión del agua en un tubo capilar. Fuente: Adaptado de Fetter (2001)
- 92 Figura 22. Tubos capilares T1, T2 y T3 del Elemento (k). D_i representa el diámetro del tubo i. Fuente: Elaboración propia.
- 97 Figura 23. a) Vista frontal de los Elementos (i) y (j). b) Vista lateral de los Elementos (i) y (j). Fuente: Adaptado de HIDROCONSULTORES (2007)
- 99 Figura 24. Fuerza sobre superficie plana rectangular [Elemento (j)] con el nivel del agua hasta 0 cm. Fuente: Adaptado de HIDROCONSULTORES (2007).