

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. General	3
1.2.2. Específicos	3
1.3. Contenidos del informe	4
2. Revisión bibliográfica	5
2.1. Otras instalaciones experimentales	5
2.2. Fluidos no-newtonianos y flujo en tuberías rectangulares	9
2.3. Flujo oscilatorio	11
2.4. Formas de fondo	12
2.5. Sistemas de medición	17
2.5.1. PIV	17
2.5.2. FTP (Perfilometría por Transformada de Fourier)	19
3. Metodología	22
3.1. Instalación experimental	22
3.1.1. Preparación de la mezcla	24
3.1.2. Túnel principal	24
3.1.3. Mecanismo de oscilación	28
3.1.4. Sistema de recirculación	37
3.1.5. Sistemas de medición del flujo y formas de fondo	40
3.1.6. Otros instrumentos utilizados	42
3.2. Puesta en marcha	43
4. Resultados	45
4.1. Construcción de la instalación experimental	45
4.2. Puesta en marcha	49
4.2.1. Pruebas realizadas en la puesta en marcha	49
4.2.2. Análisis general de la puesta en marcha	64
4.3. Recomendaciones de la instalación	65
5. Conclusiones	66
Bibliografía	67

Anexos	72
Anexo A. Cálculo Potencia	73
Anexo B. Calibración Transductores de Presión	76
Anexo C. Obtención índices de flujo y consistencia	77
Anexo D. Cálculo Errores	81
D.1. Error amplitud de la oscilación en el túnel	81
D.2. Errores de los índices de consistencia y de flujo	82
D.3. Errores en calibración de los transductores de presión	83

Índice de Tablas

2.1. Constantes geométricas para sección rectangular (Kozicki et al., 1966).	10
2.2. Cuadro comparativo entre sistemas PIV y PTV.	18
3.1. Transductores de presión asociadas a su posición en el túnel y sus ecuaciones de presión, donde P_i corresponde a la presión en metros columna de agua y T_i a la medida del transductor en volts.	28
3.2. Características del motorreductor.	34
3.3. Curva característica de la bomba.	37
3.4. Parámetros de las pruebas con agua realizadas en la puesta en marcha.	44
3.5. Parámetros de las pruebas con solución de CMC realizadas en la puesta en marcha.	44
B.1. Datos de calibración de los transductores de presión.	76
C.1. Datos de tasa y esfuerzo de corte para cálculo de reología. Parte 1.	78
C.2. Datos de tasa y esfuerzo de corte para cálculo de reología. Parte 2.	79
C.3. Datos de tasa y esfuerzo de corte para cálculo de reología. Parte 3.	80
D.1. Errores y valores utilizados para el cálculo de la amplitud de la oscilación en el túnel de prueba.	81
D.2. Desviación estándar de las mediciones de los transductores de presión durante la calibración	83

Índice de Ilustraciones

2.1. Esquema del LOWST Pedocchi & García (009b).	6
2.2. Esquema de túnel oscilatorio utilizado por Admiraal et al. (2006).	8
2.3. Esquema de túnel oscilatorio utilizado por An et al. (2013) en forma de O.	8
2.4. Tipos de comportamiento de fluidos no-newtonianos y newtonianos (Chhabra & Richardson, 2008).	9
2.5. Principales formas de fondo (Dey, 2014).	13
2.6. Diagrama de fase para flujos combinados de campos de estabilidad de las formas de fondo en un gráfico de velocidad oscilatoria y unidireccional U_o vs U_u , donde NM: sin movimiento, SR: rizos simétricos, SD: dunas simétricas, AR: rizos asimétricos, QAR: rizos cuasi-asimétricos, AD: dunas asimétricas, USPB: etapa superior de fondo plano, CR: rizo de corriente, CD: duna de corriente. Líneas sólidas representan transición abrupta, líneas punteadas representan transición gradual y líneas con signo de interrogación representan transiciones sin información experimental (Perillo et al., 2014).	14
2.7. Predictor formas de fondo desarrollado por Liu (1957) y mejorado por Simons (1961) para flujos unidireccionales.	16
2.8. Predictor formas de fondo desarrollado por Chabert & Chauvin (1963) para flujos unidireccionales.	17
2.9. Izquierda: Marco euleriano utilizado en el método PIV. Derecha: Marco lagrangiano utilizado en método PTV.	18
2.10. Esquema del sistema FTP con disposición en ejes paralelos (Takeda & Mutoh, 1983).	20
3.1. Esquema de la instalación experimental.	23
3.2. Esquema de la sección transversal del túnel.	25
3.3. Fotografía del túnel de prueba.	25
3.4. Izquierda: Corte transversal rectificador de flujo. Derecha: Vista lateral rectificador de flujo y trampa de arena.	26
3.5. Esquema de la sección transversal del túnel.	26
3.6. Transductor de presión instalado en el túnel de prueba.	27
3.7. Gráfico de las medidas teóricas de presión donde se ubican los transductores 1, 4 y 6 en el túnel.	28
3.8. Esquema cámara donde se ubica el pistón (Vista frontal).	29
3.9. Esquema simplificado del problema.	30
3.10. Ajustes polinómicos de las constantes a y b en función de la relación de forma E.	32

3.11. Potencia necesaria para mover el fluido en función del tiempo.	33
3.12. Presión en la superficie bajo el pistón.	34
3.13. Fotografía lateral del motorreductor instalado en la estructura.	35
3.14. Fotografía del variador de frecuencia instalado en el Laboratorio Francisco J. Domínguez.	36
3.15. Esquema de funcionamiento de biela-manivela y pistón.	36
3.16. Esquema de la recirculación del flujo en el intercambiador de calor. Izquierda: Vista isométrica. Derecha: Corte transversal.	38
3.17. Imagen de sensor de caudal Siemens MAG3100.	39
3.18. Imagen de trasmisor de señal Siemens MAG5000.	39
3.19. Ubicación de los sistemas de medición en el túnel.	40
4.1. Fotografía general de la instalación. Las dos chimeneas son verticales, sólo se ven inclinadas por la perspectiva de la fotografía.	46
4.2. Fotografía del mecanismo de oscilación.	47
4.3. Fotografía de flujómetro.	47
4.4. Fotografía de la trampa de arena del extremo contrario al émbolo y su respectivo desagüe.	48
4.5. Fotografía del termómetro de pinchar en su lugar de funcionamiento.	48
4.6. Presión medida por los transductores 1, 2, 4 y 6 durante la Prueba 3.	51
4.7. Fotografía en perspectiva de las formas de fondo generadas en el túnel con agua. Las líneas que se ven sobre el lecho son la proyección de la imagen que se utiliza para el sistema FTP.	52
4.8. Presión medida por los transductores 1, 2, 4 y 6 durante la Prueba 4.	53
4.9. Fotografía lateral de las formas de fondo que se generaron durante la prueba 4.	53
4.10. Fotografía lateral de la trampa de arena al finalizar la prueba 4.	54
4.11. Medición de los transductores de presión 1, 2, 4 y 6 durante la prueba 5.	55
4.12. Medición de 6 transductores de presión al final de la prueba 5 con el lecho deformado.	56
4.13. Fotografía lateral de las formas de fondo que se generaron durante la prueba 5 con escala de 50 cm en la parte superior.	56
4.14. Medición de 6 transductores de presión durante la prueba 6.	57
4.15. Resultado de perfilometría por transformada de Fourier al final de la prueba 6 (Frecuencia oscilación: 26 RPM).	58
4.16. Resultado de perfilometría por transformada de Fourier al final de la prueba 6 (Frecuencia oscilación: 26 RPM; Q: 42 l/min).	58
4.17. Túnel de prueba con <i>fondo falso</i> instalado.	59
4.18. Medición de 6 transductores de presión durante la prueba 7 con frecuencia de oscilación 30 RPM.	60
4.19. Medición de 6 transductores de presión durante la prueba 7 con frecuencia de oscilación 35 RPM.	60
4.20. Medición de 6 transductores de presión durante la prueba 7 con frecuencia de oscilación 40 RPM.	61
4.21. Medición de 6 transductores de presión durante la prueba 7 con frecuencia de oscilación 20 RPM y recirculación de 60 l/min.	61

4.22. Resultado del campo de velocidades obtenido con PivLab en distintos tiempos de la oscilación. Izquierda: Velocidad negativa. Centro: Velocidad nula. Derecha: Velocidad positiva.	62
4.23. Perfiles de velocidad en 3 tiempos distintos.	63
4.24. Perfiles de velocidad para tres secciones (izquierda, centro y derecha) en un mismo tiempo con velocidades negativas.	63
A.1. Esquema simplificado del problema utilizado para el cálculo de la potencia del motor.	73