

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Química

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN PARA EL ESTUDIO DEL EFECTO DOMINÓ CON DARDOS DE FUEGO



ANEXO A: CÁLCULOS DEL DIMENSIONADO

Autor: Sergio Marín Peral

Director: Elsa Pastor Ferrer

Convocatoria: Enero 2019

ÍNDICE

1.	CÁLCULOS DEL DIMENSIONADO	4
2.	BIBLIOGRAFÍA	8

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Cálculos del dimensionado del diámetro de la tubería mediante la geometría de llama	5
Tabla 1.2.	Condiciones de trabajo para el cálculo de caudal másico	6
Tabla 1.3.	Resultados del caudal másico en función de su diámetro y su respectiva área	6
Tabla 1.4.	Resultados del caudal volumétrico en función de su diámetro para los orificios de salida y el caudalímetro	7

1. Cálculos del dimensionado

Este anexo tiene la finalidad de exponer de forma más extensa los cálculos, constantes y variables utilizadas para obtener los resultados del Apartado 4.2 de la Memoria.

En primer lugar la Tabla 1.1 muestra los datos utilizados en el dimensionado del diámetro de la tubería. Se comparan los resultados teóricos obtenidos en la geometría de llama con resultados reales (Palacios Rosas, 2011). La comparación de la longitud de llama y «lift-off» se realiza en base al número de Reynolds más próximo y el diámetro del orificio de salida.

La Tabla 1.2, Tabla 1.3 y Tabla 1.4 muestran los datos utilizados para definir el rango de trabajo del caudalímetro y el caudal volumétrico en el orificio de salida, calculando en primer lugar el caudal másico para una posterior transformación a caudal volumétrico haciendo uso de la densidad.

Tabla 1.1. Cálculos del dimensionado del diámetro de la tubería mediante la geometría de llama

Diámetro del orificio (d_{or})		Número de Reynolds					Geometría de la llama				Resultados de Palacios Rosas (2011)		
		Velocidad del sonido (U_s)	Densidad (ρ) ¹	Viscosidad (μ)		Número de Reynolds (Re)	Diámetro equivalente (D_{eq})	Longitud (L) ²	Longitud (L) ³	«Lift-off» (S)	Longitud (L)	«Lift-off» (S)	Número de Reynolds (Re)
mm	m	m/s	kg/m ³	cP	Pa·s	---	m	m	m	m	m	m	---
1	0,001	253	2,643	8,21E-03	8,21E-06	8,14E+04	0,01	0,09	0,09	0,17	---	---	---
2	0,002	253	2,643	8,21E-03	8,21E-06	1,63E+05	0,03	0,24	0,24	0,24	---	---	---
3	0,003	253	2,643	8,21E-03	8,21E-06	2,44E+05	0,06	0,42	0,43	0,30	---	---	---
4	0,004	253	2,643	8,21E-03	8,21E-06	3,26E+05	0,09	0,63	0,64	0,34	---	---	---
5	0,005	253	2,643	8,21E-03	8,21E-06	4,07E+05	0,12	0,86	0,88	0,38	---	---	---
6	0,006	253	2,643	8,21E-03	8,21E-06	4,89E+05	0,16	1,11	1,13	0,42	---	---	---
7	0,007	253	2,643	8,21E-03	8,21E-06	5,70E+05	0,20	1,38	1,40	0,45	---	---	---
8	0,008	253	2,643	8,21E-03	8,21E-06	6,52E+05	0,24	1,66	1,69	0,48	---	---	---
9	0,009	253	2,643	8,21E-03	8,21E-06	7,33E+05	0,28	1,96	2,00	0,51	---	---	---
10	0,01	253	2,643	8,21E-03	8,21E-06	8,14E+05	0,32	2,27	2,31	0,54	2,57	0,61	1,20E+06
11	0,011	253	2,643	8,21E-03	8,21E-06	8,96E+05	0,37	2,59	2,64	0,57	---	---	---
12	0,012	253	2,643	8,21E-03	8,21E-06	9,77E+05	0,42	2,93	2,99	0,59	---	---	---
12,7 ⁴	0,0127	253	2,643	8,21E-03	8,21E-06	1,03E+06	0,45	3,17	3,23	0,61	3,25	0,91	1,00E+06
13	0,013	253	3,5	7,40E-03	7,40E-06	1,56E+06	0,55	3,82	3,90	0,75	---	---	---
14	0,014	253	3,5	7,40E-03	7,40E-06	1,68E+06	0,61	4,24	4,32	0,78	---	---	---

¹ Valores obtenidos por Foroughi (2018).

² Longitud de llama calculada con la Ecuación (4.1) de la Memoria.

³ Longitud de llama calculada con la Ecuación (4.3) de la Memoria.

⁴ El diámetro de 12,7 mm equivale a ½”, DN común en tuberías.

Tabla 1.2. Condiciones de trabajo para el cálculo de caudal másico

Coeficiente adimensional de descarga (C_d) ¹	Presión interna (P_{in})		Presión del orificio (P_{or})		Temperatura orificio (T_{or})	Temperatura interna (T_{in})	Masa molecular (M_w) ¹	Constante universal de los gases (R)	Factor de compresibilidad (Z) ²	Coeficiente C_p/C_v (γ) ²
	bar	Pa	Pa	bar	K	K	kg/kmol	kJ/kmol·K	---	---
0,62	3,00	303975,00	175710,94	1,73	298,15	317,83	44,10	8,31	0,98	1,13

¹ Valores bibliográficos de Casal (2018c).

² Valores obtenidos por Foroughi (2018).

Tabla 1.3. Resultados del caudal másico en función de su diámetro y su respectiva área

Diámetro del orificio (d_{or})		Área (A_{or})	Caudal másico (m)
mm	m	m ²	kg/s
4	0,004	1,26E-05	6,20E-03
5	0,005	1,96E-05	9,68E-03
6	0,006	2,83E-05	1,39E-02
7	0,007	3,85E-05	1,90E-02
8	0,008	5,03E-05	2,48E-02
9	0,009	6,36E-05	3,14E-02
10	0,01	7,85E-05	3,87E-02
11	0,011	9,50E-05	4,69E-02
12,7	0,0127	1,27E-04	6,25E-02

Tabla 1.4. Resultados del caudal volumétrico en función de su diámetro para los orificios de salida y el caudalímetro

Diámetro del orificio		Caudal másico	Presión	Densidad ¹	Caudal volumétrico ²		
					LPM	NPLM	SLM
mm	m	kg/s	bar	kg/m ³	L/min	NL/min	SL/min
12,7	0,0127	6,20E-03	9,5	22,55	18,09	167	167,45
12,7	0,0127	6,25E-02	9,5	22,55	182,36	1681	1587,14
4	0,004	6,20E-03	1,73	2,623	141,73	238	224,63
5	0,005	9,68E-03	1,73	2,623	221,45	372	350,98
6	0,006	1,39E-02	1,73	2,623	318,89	535	505,41
7	0,007	1,90E-02	1,73	2,623	434,04	729	687,92
8	0,008	2,48E-02	1,73	2,623	566,91	952	898,51
9	0,009	3,14E-02	1,73	2,623	717,49	1205	1137,18
10	0,01	3,87E-02	1,73	2,623	885,79	1487	1403,93
11	0,011	4,69E-02	1,73	2,623	1071,81	1799	1698,75
12,7	0,0127	6,20E-03	3	5,623	66,11	192	181,71
12,7	0,0127	6,25E-02	3	5,623	666,45	1940	1831,71

¹ Valores obtenidos por Foroughi (2018).

² Las unidades LPM, NPLM y SLM son utilizadas en la industria para designar el rango de trabajo de un caudalímetro.

2. Bibliografía

Casal, J. (2018) «Source Term», en Science, E. (ed.) *Industrial Safety Series*. Segunda. Elsevier B.V., pp. 25-74. doi: 10.1016/B978-0-444-63883-0.00002-2.

Foroughi, V. (2018) *Risk analysys of domino effect in pipelines*. Universitat Politècnica de Catalunya.

Palacios Rosas, A. (2011) *Study of jet Fires geometry and radiative features*, *Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona*. Universitat Politècnica de Catalunya. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/93798>.