



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en ingeniería mecánica

**PROYECTO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL**



**Anexo II, cálculo de tuberías**

**Autor:** Raúl González Reyes  
**Directora:** Reyna Mercedes Peña  
**Convocatoria:** Octubre 2017



## Índice Anexo II

<b>1.</b>	<b>CIRCUITO PRIMARIO</b>	<b>1</b>
1.1.	Datos iniciales.....	1
1.2.	Cálculo diámetro tuberías circuito primario .....	2
1.3.	Cálculo de longitud equivalente de tuberías y accesorios circuito primario .....	2
1.4.	Cálculo de pérdida de carga en el circuito primario.....	3
<b>2.</b>	<b>CIRCUITO SECUNDARIO CL1+CL2</b>	<b>4</b>
2.1.	Datos iniciales.....	4
2.2.	Cálculo diámetro tuberías circuito secundario CL1+CL2.....	4
2.3.	Cálculo de longitud equivalente de tuberías y accesorios circuito secundario CL1+CL2 .....	5
2.4.	Cálculo de pérdida de carga en el circuito primario secundario CL1+CL2.....	5
<b>3.</b>	<b>CIRCUITO SECUNDARIO CLIMATIZADOR 1</b>	<b>6</b>
3.1.	Datos iniciales.....	6
3.2.	Cálculo diámetro tuberías circuito secundario climatizador 1 .....	6
3.3.	Cálculo de longitud equivalente de tuberías y accesorios circuito secundario climatizador 1.....	6
3.4.	Cálculo de pérdida de carga en el circuito primario secundario climatizador 1 ....	7
3.5.	Cálculo pérdida de carga total en circuito secundario climatizador 1.....	7
<b>4.</b>	<b>CIRCUITO SECUNDARIO CLIMATIZADOR 2</b>	<b>8</b>
4.1.	Datos iniciales.....	8
4.2.	Cálculo diámetro tuberías circuito secundario climatizador 2 .....	8
4.3.	Cálculo de longitud equivalente de tuberías y accesorios circuito secundario climatizador 2.....	8
4.4.	Cálculo de pérdida de carga en el circuito primario secundario climatizador 2 ....	9
4.5.	Cálculo factor de fricción en bypass de 4" para calcular pérdida de carga total en climatizador 2.....	9
4.6.	Cálculo pérdida de carga en bypass de 4" en climatizador 2.....	10
4.7.	Pérdida de carga total en circuito secundario climatizador 2.....	10
<b>5.</b>	<b>DATOS DE SELECCIÓN DE BOMBAS</b>	<b>11</b>
5.1.	Circuitos primarios .....	11
5.2.	Circuito secundario climatizador 1 .....	11

5.3. Circuito secundario climatizador 2.....	12
<b>6. DATOS DE SELECCIÓN DEL VASO DE EXPANSIÓN _____</b>	<b>13</b>



# 1. Circuito primario

## 1.1. Datos iniciales

Calor específico en kJ/kg °C	viscosidad dinámica glicol Pa s	Rugosidad del acero (mm)	f régimen turbulento ecuación Haaland	Densidad etilenglicol al 35% en kg/m <sup>3</sup>
3,51	0,007	0,0046	Re >=4000	1055

	Climatizador 1		Climatizador 2		Bomba de calor 1 o 2	
	Frío	Calor	Frío	Calor	Frío	Calor
<b>Potencia en kW</b>	118,1	119,57	73,27	73,13	191	219
<b>Caudal en m<sup>3</sup>/h</b>	20,25	20,8	12,57	12,72	32,9	32,9
<b>Pérdida de carga en kPa</b>	23,03	12,6	19,49	17,08	36,7	36,7
<b>Pérdida de carga en mca</b>	2,35	1,28	1,99	1,74	3,74	3,74
<b>Pérdida de carga Belimo en kPa</b>	32,00	32,00	16,00	16,00	14,00	14,00
<b>Pérdida de carga Belimo en m.c.a</b>	3,26	3,26	1,63	1,63	1,43	1,43

## 1.2. Cálculo diámetro tuberías circuito primario

Tramo	Caudal en m <sup>3</sup> /s	c teórica en m/s	D interior teórico en m	D interior comercial en mm	D comercial en pulgadas	D interior comercial en m	c real en m/s	Re	f factor fricción	$((E/d)/3,7)^{1,11}$ régimen turbulento
Retorno	0,0091	1	0,108	125	5"	0,125	0,74	14030	0,028	2,80E-06
Impulsión	0,0091	1	0,108	125	5"	0,125	0,74	14030	0,028	2,80E-06

## 1.3. Cálculo de longitud equivalente de tuberías y accesorios circuito primario

Tramo	Longitud del tramo en m	Nº curvas	Longitud equivalente en m curvas 90º	Nº filtros	ΔP filtro en m	Nº válvulas mariposa	Longitud equivalente en m v. mariposa	Nº reducciones de 5 a 4"	Longitud equivalente de reducciones en m	Nº válvulas retención	Longitud equivalente en m v. retención	Longitud equivalente en m	Longitud total en m
Retorno	12,00	8	4,00	1	7,70	3	1,80	2	2,60	1,00	42,20	92,50	104,50
Impulsión	12,00	8	4,00	0	7,70	2	1,80	2	2,60	0,00	42,20	40,80	52,80

#### 1.4. Cálculo de pérdida de carga en el circuito primario

Tramo	f factor fricción	Longitud total en m	c real en m/s	D interior comercial en m	Pérdida de carga batería bomba calor en mca	Pérdida de carga belimo en mca	hf en mca
Retorno	0,028	104,500	0,74	0,125	3,742	0,00	4,41
Impulsión	0,028	52,800	0,74	0,125	0	1,43	1,76

hf total en circuito primario en mca	6,17
--------------------------------------	------

## 2. Circuito secundario CL1+CL2

### 2.1. Datos iniciales

(Véase 1.1 Datos iniciales)

### 2.2. Cálculo diámetro tuberías circuito secundario CL1+CL2

Tramo	Caudal en m <sup>3</sup> /s	c teórica en m/s	D interior teórico en mm	D interior comercial en mm	D comercial en pulgadas	D interior comercial en m	c real en m/s	Re	f factor fricción	$((E/d)/3,7)^{1,11}$ régimen turbulento
<b>Impulsión</b>	0,0091	1	107,74	125	5"	0,125	0,74	13996	0,028	2,80E-06
<b>Retorno</b>	0,0091	1	107,74	125	5"	0,125	0,74	13996	0,028	2,80E-06



### 2.3. Cálculo de longitud equivalente de tuberías y accesorios circuito secundario CL1+CL2

Tramo	Longitud del tramo en m	Nº tes	Longitud equivalente en m Te	Nº válvulas mariposa	Longitud equivalente en m v. mariposa	Nº reducciones	Longitud equivalente de reducciones en m	Longitud equivalente en m	Longitud total en m
Impulsión	1,00	1,00	7,60	2	1,80	1	2,60	13,80	14,80
Retorno	1,00	1,00	7,60	2	1,80	1	2,60	13,80	14,80

### 2.4. Cálculo de pérdida de carga en el circuito primario secundario CL1+CL2

Tramo	f factor fricción	Longitud total en m	c real en m/s	D interior comercial en m	hf en mca
Impulsión	0,028	14,80	0,74	0,125	0,09
Retorno	0,028	14,80	0,74	0,125	0,09

hf total en circuito primario en mca	0,19
--------------------------------------	------

### 3. Circuito secundario climatizador 1

#### 3.1. Datos iniciales

(Véase 1.1 Datos iniciales)

#### 3.2. Cálculo diámetro tuberías circuito secundario climatizador 1

Tramo	Caudal en m <sup>3</sup> /s	c teórica en m/s	D interior teórico en mm	D interior comercial en mm	D comercial en pulgadas	D interior comercial en m	c real en m/s	Re	f factor fricción	$((E/d)/3,7)^{1,11}$ régimen turbulento
Impulsión	0,0056	1	84,63	100	4"	0,100	0,72	10794	0,030	3,59E-06
Retorno	0,0056	1	84,63	100	4"	0,100	0,72	10794	0,030	3,59E-06

#### 3.3. Cálculo de longitud equivalente de tuberías y accesorios circuito secundario climatizador 1

Tramo	Long. de 4" tramo en m	Nº curvas	Long. Equiv. en m curvas 90º de 4"	Nº tes 4"	Long. Equiv. en m Te	Nº filtros	ΔP filtro en m	Nº válvulas mariposa	Long. Equiv. en m v. mariposa	Nº reducciones de 4 a 2,5"	Long. Equiv. reduc. en m	Nº válvulas retención	Long. Equiv. en m v. retención	Longitud equivalente en m	Longitud total en m
Impulsión	32,00	10	3,00	3,00	6,40	1,00	6,6	7	1,40	0,00	2,00	2,00	36,30	138,20	170,20
Retorno	32,00	10	3,00	1,00	6,40	0,00	6,6	4	1,40	2,00	2,00	1,00	36,30	82,30	114,30

### 3.4. Cálculo de pérdida de carga en el circuito primario secundario climatizador 1

Tramo	f factor fricción	Longitud total en m	c real en m/s	D interior comercial en m	Pérdida de carga batería climatizador 1 en mca	Pérdida de carga belimo en mca	hf en mca
Impulsión	0,030	170,20	0,72	0,100	2,35	0,00	3,70
Retorno	0,030	114,30	0,72	0,100	0	3,26	4,17

### 3.5. Cálculo pérdida de carga total en circuito secundario climatizador 1

Tramo	4"	5"
hf en tramo en mca	7,86	0,19

hf total en circuito secundario CL1 en mca	8.05
---	------

## 4. Circuito secundario climatizador 2

### 4.1. Datos iniciales

(Véase 1.1 Datos iniciales)

### 4.2. Cálculo diámetro tuberías circuito secundario climatizador 2

Tramo	Caudal en m <sup>3</sup> /s	c teórica en m/s	D interior teórico en mm	D interior comercial en mm	D comercial en pulgadas	D interior comercial en m	c real en m/s	Re	f factor fricción	$((E/d)/3,7)^{1,11}$ régimen turbulento
Impulsión	0,0035	1	67,07	65	2,5"	0,065	1,06	10431	0,031	5,79E-06
Retorno	0,0035	1	67,07	65	2,5"	0,065	1,06	10431	0,031	5,79E-06

### 4.3. Cálculo de longitud equivalente de tuberías y accesorios circuito secundario climatizador 2

Tramo	Longitud del tramo de 2,5" en m	Nº curvas	Long. Equiv. en m curvas 90º de 2,5"	Nº tes 2,5"	Long. equiv. en m Te	Nº filtros	ΔP filtro en m	Nº válvulas mariposa	Long. Equiv. en m v. mariposa	Nº reducciones de 2,5 a 1,5"	Long. Equiv. de reducc. en m	Nº válvulas retención	Long. Equiv. en m v. retención	Longitud equivalente en m	Long. total en m
Impulsión	12,00	8	1,80	3,00	3,60	1,00	3,7	7	0,85	0,00	1,00	2,00	20,30	75,45	87,45
Retorno	12,00	8	1,80	1,00	3,60	0,00	3,7	4	0,85	2,00	1,00	1,00	20,30	43,70	55,70

#### 4.4. Cálculo de pérdida de carga en el circuito primario secundario climatizador 2

Tramo	f factor fricción	Longitud total en m	c real en m/s	D interior comercial en m	Pérdida de carga batería en mca	Pérdida de carga belimo en mca	hf en mca
Impulsión	0,031	87,45	1,06	0,065	1,99	0,00	4,37
Retorno	0,031	55,70	1,06	0,065	0	1,63	1,52

#### 4.5. Cálculo factor de fricción en bypass de 4" para calcular pérdida de carga total en climatizador 2

Tramo	Caudal en m <sup>3</sup> /s	c teórica en m/s	D interior teórico en mm	D interior comercial impuesto en mm	D comercial en pulgadas	D interior comercial en m	c real en m/s	Re	f factor fricción	$((E/d)/3,7)^{1,11}$ régimen turbulento
Impulsión	0,0035	1	67,07	100	4"	0,100	0,45	6780	0,035	3,59E-06
Retorno	0,0035	1	67,07	100	4"	0,100	0,45	6780	0,035	3,59E-06

#### 4.6. Cálculo pérdida de carga en bypass de 4" en climatizador 2

Tramo	f factor fricción	Longitud total en m	c real en m/s	D interior comercial en m	hf en mca
Impulsión	0,035	37,40	0,45	0,100	0,13
Retorno	0,035	39,40	0,45	0,100	0,14

#### 4.7. Pérdida de carga total en circuito secundario climatizador 2

Tramo	2,5"	4"	5"
hf en tramo en mca	5,88	0,27	0,19

hf total en circuito primario en mca	6,34
---	------

## 5. Datos de selección de bombas

### 5.1. Circuitos primarios

Datos selección de bomba de recirculación de caudal estable para primarios	
hf total en Bomba de calor en mca	6,17
hf total + 33% margen de seguridad debido a filtro saturado en mca	8,21
Caudal en m3/h	32,9

### 5.2. Circuito secundario climatizador 1

Datos selección de bomba de recirculación de caudal variable para climatizador 1	
hf total en climatizador 1 en mca	8,05
hf total + 33% margen de seguridad debido a filtro saturado en mca	10,71
Caudal en m3/h	20,25

### 5.3. Circuito secundario climatizador 2

<b>Datos selección de bomba de recirculación de caudal variable para climatizador 2</b>	
<b>hf total en climatizador 2 en mca</b>	<b>6,34</b>
<b>hf total + 33% margen de seguridad debido a filtro saturado en mca</b>	<b>8,44</b>
<b>Caudal en m3/h</b>	<b>12,72</b>



## 6. Datos de selección del vaso de expansión

Cálculo de volumen de la instalación en l	
Litros de agua en primario	382,88
Litros de agua en secundario CL1+CL2	31,91
Litros de agua en secundario CL1	653,45
Litros de agua en secundario CL2	103,53
Depósito acumulación	1500,00
<b>Total litros en instalación</b>	<b>2671,77</b>