

Sumario Anexos

SUMARIO ANEXOS	1
1- ANEXO A: CÁLCULOS	3
1.1- Cálculo consumo de gas natural.....	3
1.2- Cálculo accesos a las duchas.....	7
1.3- Lecturas del contador de agua caliente	8
1.4- Proyección de sombras por obstáculos.....	14
1.5- Cálculo de distancia entre filas de captadores	14
1.6- Calculo de las pérdidas de carga en el primario.....	15
1.7- Cálculo del volumen de fluido caloportador en el circuito primario	18
2- ANEXO B. PLANOS Y ESQUEMAS	20
2.1- Emplazamiento real	20
2.2- Esquema Empresa	20
2.3- Integración de los captadores solares	21
2.4- Planta de las instalaciones.....	22
2.5- Esquema hidráulico.....	23
3- ANEXO C. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	24
4- ANEXO D. OTROS DATOS	25



1- Anexo A: Cálculos


1.1- Cálculo consumo de gas natural

En la siguiente página se muestra una tabla con el consumo de gas natural y su coste para los años 2003 y 2004. Las columnas en verde muestran los datos correspondientes al edificio B3. Los datos totales de consumo contemplan el consumo producido por las calderas para calentar agua en el edificio B3, el consumo de gas producido en cocina y el consumo producido por las calderas de climatización para todos los edificios.

Para el paso de m^3 a kWh se ha tenido en cuenta un factor de conversión mensual (que tiene en cuenta los coeficientes de temperatura, de presión y de factor de compresibilidad), ya que la entrega no es en condiciones normales. Los datos de la tabla ya han sido calculados siguiendo la ecuación de los gases perfectos por lo que los resultados son:

- Para el FY2003 hay un consumo de $19213 m^3$ que suponen al año 228394 kWh.
- Para el FY2004 hay un consumo de $19737 m^3$ que suponen en ese año 236504 kWh.



Consumo Energetico: Gas FY 04 BARCELONA SITE																											
 FY 04		Termino de Energia													Termino Fijo			Facturacion									
		Consumo contadores de HP de Gas			Consumo contadores de G.N. de Gas			Factor te./m3	Consumo ACUM.		Dif. consumo	Coste Gas segun consumo					Coste ACUM.	Dif. Coste	Factor de utilizacion		Cuota Fija	Total Factura	Factura ACUM.				
		m3			kWh	m3			kWh	kWh		m3	Dif	Euros					Euros	Euros				%	kWh	Euros/kWh	Euros
		Cafet.	Calefac.	TOTAL	NaturGas / Gas Natural	Cafeteria	Cafeteria	TOTAL		TOTAL	%	Euros/kWh		Cafet.	Calefac.	TOTAL	G.N.	Cafeteria	TOTAL	%	Euros	TOTAL	TOTAL				TOTAL
Nov.	2002	1.176	19.442	20.618	312.393	26.305	1.500	17.818	11,88	312.393	26.305	#DIV/0!	0,015	207,02	3.422,53	3.629,55	4.630,60	264,1	4.630,60	#VALOR!	27,903	0,03	973,06	125,73	5.729,39	5.729,39	
	2003	1.501	22.968	24.469	344.147	28.874	1.771	21.111	11,92	344.147	28.874	10	0,013	239,87	3.670,52	3.910,39	4.614,32	283,1	4.614,32	0	27,903	0,03	960,90	124,16	5.699,38	5.699,38	
Dic.	2002	1.050	21.265	22.315	199.015	16.756	788	9.364	11,88	511.408	43.061	-42,0	0,015	184,9	3.743,8	3.928,6	2.950,0	138,8	7.580,60	-36,1	27,903	0,03	973,06	125,73	4.048,79	9.778,18	
	2003	1.232	30.695	31.927	430.229	36.069	1.392	16.602	11,93	774.376	64.943	115,3	0,013	197,0	4.909,1	5.106,1	5.768,5	222,6	10.382,83	95,5	27,903	0,03	960,90	124,16	6.853,57	12.552,94	
Enero	2003	1.108	39.623	40.731	718.238	60.139	1.636	19.538	11,94	1.229.646	103.200	66,7	0,015	195,6	6.995,6	7.191,3	10.617,8	288,8	18.198,41	84,1	27,903	0,03	970,46	125,17	11.713,44	21.491,62	
	2004	1.303	20.533	21.836	393.110	32.833	1.959	23.458	11,97	1.167.486	97.776	-45	0,013	208,2	3.280,8	3.488,9	5.246,1	313,0	15.628,88	-51	27,903	0,03	952,19	123,04	6.321,28	18.874,23	
Feb.	2003	1.581	33.390	34.971	418.038	35.147	1.589	18.899	11,89	1.647.684	138.347	7,0	0,015	275,3	5.813,3	6.088,6	6.119,2	276,6	24.317,65	16,6	27,903	0,03	960,90	124,16	7.204,30	28.695,92	
	2004	1.497	13.010	14.507	180.616	15.208	1.569	18.638	11,88	1.348.102	112.984	-57	0,012	208,5	1.812,2	2.020,7	2.118,4	218,6	17.747,33	-65	11,000	0,03	369,94	121,26	2.609,65	21.483,87	
Marzo	2003	1.716	35.239	36.955	442.657	37.248	1.730	20.555	11,88	2.090.341	175.595	144,9	0,015	298,5	6.130,1	6.428,6	6.479,6	300,9	30.797,26	205,9	27,903	0,03	960,90	124,16	7.564,67	36.260,59	
	2004	1.891	14.762	16.653	201.007	17.037	1.935	22.825	11,80	1.549.109	130.022	-54,3	0,012	261,7	2.042,7	2.304,4	2.357,6	267,7	20.104,94	-63,6	11,000	0,03	369,94	121,26	2.848,81	24.332,68	
Abril	2003	1.514	19.704	21.218	377.151	31.747	2.265	26.911	11,88	2.467.492	207.341	86,3	0,015	260,8	3.394,4	3.655,3	5.469,1	390,2	36.266,32	132,0	27,903	0,03	960,90	124,16	6.554,12	42.814,71	
	2004	1.435	25.020	26.455	319.037	26.864	1.457	17.306	11,88	1.868.146	156.886	-15,4	0,012	197,9	3.450,1	3.647,9	3.704,3	200,9	23.809,28	-32,3	11,000	0,03	369,94	121,26	4.195,54	28.528,22	
Mayo	2003	1.505	10.414	11.919	150.223	12.711	1.605	18.968	11,82	2.617.714	220.053	-52,7	0,014	255,2	1.765,7	2.020,9	2.155,2	272,1	38.421,57	-41,8	27,903	0,03	960,90	124,16	3.240,30	46.055,01	
	2004	1.503	31.296	32.799	396.919	33.151	1.519	18.189	11,97	2.265.065	190.037	160,8	0,011	205,3	4.273,9	4.479,2	4.527,3	207,5	28.336,54	110,1	13,231	0,03	444,97	121,26	5.093,49	33.621,71	
Junio	2003	1.175	4.487	5.662	155.944	13.111	2.721	32.362	11,89	2.773.658	233.164	-60,5	0,014	200,5	765,7	966,2	2.237,3	464,3	40.658,90	-50,6	27,903	0,03	960,90	124,16	3.322,38	49.377,39	
	2004	1.315	8.732	10.047	150.685	12.581	1.647	19.722	11,98	2.415.750	202.618	-4,0	0,011	179,6	1.192,9	1.372,5	1.718,7	225,0	30.055,25	-23,2	13,231	0,03	453,43	123,59	2.295,73	35.917,44	
Julio	2003	1.309	5.102	6.411	82.526	6.945	1.418	16.850	11,88	2.856.184	240.109	-44,8	0,014	216,3	843,2	1.059,6	1.147,9	234,4	41.806,75	-33,2	27,903	0,03	960,90	124,16	2.232,91	51.610,30	
	2004	1.292	8.237	9.529	143.294	11.923	1.617	19.429	12,02	2.559.044	214.541	71,7	0,012	182,2	1.161,3	1.343,4	1.681,0	227,9	31.736,23	46,4	13,231	0,03	438,88	119,60	2.239,46	38.156,90	
Ago.	2003	981	4.684	5.665	79.229	6.660	1.153	13.720	11,90	2.935.414	246.769	-44,1	0,013	156,5	747,2	903,7	1.062,3	184,0	42.869,06	-36,8	27,903	0,03	960,90	124,16	2.147,36	53.757,66	
	2004	1.165	5.668	6.833	104.848	8.586	1.464	17.876	12,21	2.663.892	223.127	28,9	0,012	174,9	850,8	1.025,7	1.288,8	219,7	33.025,02	21,3	11,000	0,03	389,18	127,57	1.805,54	39.962,44	
Sep.	2003	1.093	7.745	8.838	126.637	10.660	1.318	15.661	11,88	3.062.051	257.428	24,2	0,013	174,1	1.233,7	1.407,8	1.698,0	210,0	44.567,02	31,7	27,903	0,03	960,90	124,16	2.783,01	56.540,67	
	2004	1.338	8.101	9.439	143.848	11.808	1.674	20.391	12,18	2.807.740	234.935	10,8	0,012	200,4	1.213,1	1.413,4	1.768,2	250,6	34.793,20	4,1	11,000	0,03	364,76	119,60	2.252,54	42.214,98	
Oct.	2003	1.744	17.456	19.200	195.373	16.390	1.489	17.746	11,92	3.257.424	273.819	38,8	0,013	278,7	2.789,9	3.068,6	2.619,6	237,9	47.186,58	48,2	27,903	0,03	960,90	124,16	3.704,62	60.245,29	
	2004	1.238	11.622	12.860	217.712	18.002	1.733	20.959	12,09	3.025.452	252.937	9,8	0,013	194,6	1.827,2	2.021,9	2.830,3	272,5	37.623,46	8,0	11,000	0,03	376,97	123,59	3.330,82	45.545,80	
		1,400			Media		11,93632				Consumo [l m3																
		Z			1,206																						
		(*) DATOS DE LAS LECTURAS DE H.P. (No de compañía).																									
												FY 03		228.394		19.213											
														FY 04		236.504		19.737									

1.2- Cálculo accesos a las duchas

En la columna de accesos de la siguiente tabla está el recuento mensual de accesos a la zona de vestuarios contabilizados mediante lector de tarjetas.

Año	Mes	Días laborales	Accesos	Accesos al día	Media anual	Estimacion anual	Estimacion final tras corrección				
2002	Enero	22	1632	74	69	60	51				
	Marzo	23	1482	64							
	Julio	22	1602	73							
	Septiembre	22	1377	63							
2003	Febrero	20	1692	85	67			60	51		
	Abril	22	1797	82							
	Junio	22	1527	69							
	Agosto	22	1182	54							
	Octubre	21	2052	98							
	Diciembre	23	282	12							
2004	Enero	22	882	40	45					60	51
	Marzo	23	1137	49							
	Mayo	21	1002	48							
	Julio	22	942	43							
	Septiembre	22	987	45							

La estimación anual es una media de las medias anuales de los tres últimos años, en unidades siempre de nº de accesos/día.

Se aplica una corrección a la estimación anual multiplicando su valor por 0,85, para descontar un 15% de accesos que no utilizan ducha. Este porcentaje de descuento incluye personas puntuales y los servicios (mantenimiento, limpieza, catering y seguridad).



1.3- Lecturas del contador de agua caliente

La siguiente tabla muestra las lecturas realizadas al contador de agua caliente. El proceso para hallar el consumo diario está explicado en la Memoria, apartado 5.2.

LECTURAS CONTADOR DE ACS							ESTUDIO CONSUMO DIARIO		
Día	Fecha	Hora	Consumo acumulado			Consumo acum [litros]	Día	Consumo diario [litros]	Media mensual
			m3	x0,1	x0,01				
	21/01/2005	0:00	0	0	0	0			10927,6
Viernes	21/01/2005	12:30	3	0	0	3000			
		13:00	4	0	0	4000			
		13:03	4	2	3	4230			
		14:20	7	0	0	7000	21-ene	13365	
		15:30	10	4	9,5	10495			
		17:00	12	7,5	4,5	12795			
		18:00	13	1	9,3	13193			
<i>Interpolación</i>	22/01/2005	0:00	13	3	6,5	13365			
<i>Interpolación</i>	24/01/2005	0:00				14742			
Lunes	24/01/2005	9:00	15	0	0	15000			
		14:50	20	6	1	20610	24-ene	9598	
		17:45	23	2,9	8,8	23378			
<i>Interpolación</i>	25/01/2005	0:00	24	3	4	24340			
Martes	25/01/2005	8:45	25	6	9	25690	25-ene	10870	
		14:45	31	3	2	31320			
<i>Interpolación</i>	26/01/2005	0:00	35	2	1	35210	26-ene	12405	



Miércoles	26/01/2005	9:30	39	2	1	39210		
		14:00	43	7,5	6	43810		
<i>Interpolación</i>	27/01/2005	0:00	47	6	1,5	47615		
<i>Interpolación</i>	28/01/2005	0:00	56	7,5	0	56750	28-ene	8400
Viernes	28/01/2005	12:30	61	4,5	5	61500		
<i>Interpolación</i>	29/01/2005	0:00	65	1	5	65150		
<i>Ha habido pruebas durante este fin de semana</i>						0		
<i>Interpolación</i>	01/02/2005	0:00	88	0	2	88020	1-feb	8465
Martes	01/02/2005	18:15	93	7,5	5	93800		8825,4
<i>Interpolación</i>	02/02/2005	0:00	96	4	8,5	96485	2-feb	10695
Miércoles	02/02/2005	17:15	104	5	4,5	104545		
<i>Interpolación</i>	03/02/2005	0:00	107	1	8	107180		
<i>Interpolación</i>	04/02/2005	0:00	116	5	5	116550	4-feb	7790
Viernes	04/02/2005	17:15	123	2	9	123290		
<i>Interpolación</i>	05/02/2005	0:00	124	3	4	124340		
<i>Interpolación</i>	07/02/2005	0:00	131	8	3	131830	7-feb	4290
Lunes	07/02/2005	15:45	134	2	9	134290		
<i>Interpolación</i>	08/02/2005	0:00	136	1	2	136120		
Martes	08/02/2005	12:00	138	7,5	3	138780	8-feb	11980
	08/02/2005	16:45	144	9,5	4,5	144995		
<i>Interpolación</i>	09/02/2005	0:00	148	1	0	148100		
<i>Interpolación</i>	10/02/2005	0:00	158	3	7	158370	10-feb	9330
Jueves	10/02/2005	16:15	165	2,5	7,5	165325		
<i>Interpolación</i>	11/02/2005	0:00	167	7	0	167700		



<i>Interpolación</i>	14/02/2005	0:00	176	0	7	176070	14-feb	8995
Lunes	14/02/2005	12:30	179	9	1	179910		
<i>Interpolación</i>	15/02/2005	0:00	185	0	6,5	185065		
<i>Interpolación</i>	16/02/2005	0:00	195	8	3	195830	16-feb	9995
Miércoles	16/02/2005	17:00	203	4	5	203450		
<i>Interpolación</i>	17/02/2005	0:00	205	8	2,5	205825	17-feb	8310
Jueves	17/02/2005	14:45	210	8	3	210830		
<i>Interpolación</i>	18/02/2005	0:00	214	1	3,5	214135		
<i>Interpolación</i>	21/02/2005	0:00	223	7	1	223710	21-feb	8800
Lunes	21/02/2005	16:30	229	5,5	5,5	229605		
<i>Interpolación</i>	22/02/2005	0:00	232	5	1	232510		
<i>Interpolación</i>	23/02/2005	0:00	241	8	1	241810	23-feb	9230
Miércoles	23/02/2005	17:30	248	5	9	248590		
<i>Interpolación</i>	24/02/2005	0:00	251	0	4	251040		
<i>Interpolación</i>	25/02/2005	0:00	260	1	0	260100	25-feb	8595
Viernes	25/02/2005	16:30	266	3	3	266330		
<i>Interpolación</i>	26/02/2005	0:00	268	6	9,5	268695		
<i>Interpolación</i>	28/02/2005	0:00	269	6	9,5	269695	28-feb	8255
Lunes	28/02/2005	15:00	274	3,5	7,5	274425		
<i>Interpolación</i>	01/03/2005	0:00	277	9	5	277950		
<i>Interpolación</i>	02/03/2005	0:00	287	3	4	287340	2-mar	7700
Miércoles	02/03/2005	17:30	294	1,5	4,5	294195		
<i>Interpolación</i>	03/03/2005	0:00	295	0	4	295040	3-mar	9015
Jueves	03/03/2005	11:30	296	4,5	7,5	296525		



	03/03/2005	17:00	302	9	2	302920		
	03/03/2005	18:00	303	3	5	303350		
<i>Interpolación</i>	04/03/2005	0:00	304	0	5,5	304055		
Viernes	04/03/2005	11:00	305	3	5	305350		
	04/03/2005	12:00	305	4,5	7	305520	4-mar	10085
	04/03/2005	15:00	309	5,5	6	309610		
	04/03/2005	16:00	310	1	2	310120		
	04/03/2005	17:00	311	5	1,5	311515		
<i>Interpolación</i>	05/03/2005	0:00	314	1	4	314140		
<i>Interpolación</i>	08/03/2005	0:00	324	1	3	324130		
Martes	08/03/2005	17:00	330	5	0	330500	8-mar	7675
	08/03/2005	18:00	330	9,5	4	330990		
<i>Interpolación</i>	09/03/2005	0:00	331	8	0,5	331805		
Miércoles	09/03/2005	12:00	333	4	3,5	333435	9-mar	6995
		13:30	334	9	9,5	334995		
<i>Interpolación</i>	10/03/2005	0:00	338	8	0	338800		
Jueves	10/03/2005	10:00	342	3,5	7,5	342425	10-mar	9750
		11:15	342	6	1,5	342615		
<i>Interpolación</i>	11/03/2005	0:00	348	5	5	348550		
Viernes	11/03/2005	12:00	354	1	4	354140		
		13:00	354	7	2	354720	11-mar	12735
		14:00	356	9	9	356990		
		15:30	358	7,5	3,5	358785		
<i>Interpolación</i>	12/03/2005	0:00	361	2	8,5	361285		



<i>Interpolación</i>	16/03/2005	0:00	376	4	0,5	376405		
Miércoles	16/03/2005	11:30	379	7	9	379790	16-mar	8705
		12:30	380	4	2	380420		
<i>Interpolación</i>	17/03/2005	0:00	385	1	1	385110		
<i>Interpolación</i>	21/03/2005	0:00	405	6	8,5	405685		
Lunes	21/03/2005	15:00	411	7,5	5,5	411805	21-mar	9435
		16:00	412	3,5	6,5	412415		
<i>Interpolación</i>	22/03/2005	0:00	415	1	2	415120		
<i>Interpolación</i>	23/03/2005	0:00	423	2	3,5	423235		
Miércoles	23/03/2005	12:00	427	2	9	427290	23-mar	8295
		15:30	431	3	3,5	431335		
		16:00	431	4	0	431400		
<i>Interpolación</i>	24/03/2005	0:00	431	5	3	431530	24-mar	10000
<i>Interpolación</i>	25/03/2005	0:00	441	5	3	441530		
<i>Interpolación</i>	29/03/2005	0:00	443	1	3	443130		
Martes	29/03/2005	11:30	443	3	2,5	443325	29-mar	5755
		12:30	443	9	7	443970		
		13:30	445	0	0	445000		
<i>Interpolación</i>	30/03/2005	0:00	448	8	8,5	448885	30-mar	11075
Miércoles	30/03/2005	12:00	453	3	3	453330		
		12:30	453	5,5	4	453590		
		13:00	454	0	0	454000		
		14:00	455	9,5	4	455990		
		15:00	457	6	9	457690		



		16:00	458	3,5	9	458440		
		17:00	459	2,5	5	459300		
<i>Interpolación</i>	31/03/2005	0:00	459	9	6	459960		
Jueves	31/03/2005	11:00	460	9	9,5	460995	31-mar	8155
		14:00	463	9	3	463930		
		16:00	466	3	4	466340		
<i>Interpolación</i>	01/04/2005	0:00	468	1	1,5	468115		9249,5
Viernes	01/04/2005	13:00	471	0	0	471000	1-abr	10100
		15:00	474	0	0	474000		
		16:00	475	6,5	5,5	475705		
<i>Interpolación</i>	04/04/2005	0:00	478	2	1,5	478215		
Lunes	04/04/2005	16:30	484	4	0	484400	4-abr	8815
		17:30	485	0	5	485050		
<i>Interpolación</i>	05/04/2005	0:00	487	0	3	487030		
Martes	05/04/2005	15:00	491	6	0	491600	5-abr	9960
		16:30	493	2,5	7,5	493325		
<i>Interpolación</i>	06/04/2005	0:00	496	9	9	496990		
Miércoles	06/04/2005	17:00	505	3	0	505300	6-abr	10290
		18:00	505	7	9	505790		
		19:00	505	7,5	6,5	505815		
<i>Interpolación</i>	07/04/2005	0:00	507	2	8	507280		
Jueves		15:00	511	6	9	511690	7-abr	7655
		17:30	514	1	8,5	514185		
<i>Interpolación</i>	08/04/2005	0:00	514	9	3,5	514935	8-abr	7625



Viernes	08/04/2005	12:00	516	2,5	8	516330		
<i>Interpolación</i>	09/04/2005	0:00	522	5	6	522560		
<i>Interpolación</i>	11/04/2005	0:00	523	5	6	523560	11-abr	11390
Lunes	11/04/2005	17:00	532	3	9	532390		
<i>Interpolación</i>	12/04/2005	0:00	534	9	5	534950	12-abr	8790
<i>Interpolación</i>	13/04/2005	0:00	543	7	4	543740		
Miércoles	13/04/2005	15:00	549	2	3,5	549235	13-abr	8735
		17:30	551	6	2,5	551625		
<i>Interpolación</i>	14/04/2005	0:00	552	4	7,5	552475	14-abr	8060
Jueves	14/04/2005	12:30	554	1	1	554110		
<i>Interpolación</i>	15/04/2005	0:00	560	5	3,5	560535		
Viernes	15/04/2005	17:00	570	0	3,5	570035	15-abr	10325
		18:00	570	3	1	570310		
<i>Interpolación</i>	16/04/2005	0:00	570	8	6	570860		

1.4- Proyección de sombras por obstáculos

Como se comenta en el apartado 6.3.5.1 de la Memoria, el único obstáculo para los captadores es el edificio B1. Sin embargo, debido a que dicho edificio queda totalmente al este del campo de captadores y bastante alineado, la sombra que pueda hacer sobre dicho campo, en el recorrido del Sol, puede considerarse despreciable.

1.5- Cálculo de distancia entre filas de captadores

La separación entre líneas de colectores se establece de tal forma que al mediodía solar del día más desfavorable (altura solar mínima) del periodo de utilización, la sombra de la arista superior de una fila ha de proyectarse, como máximo, sobre la arista inferior de la fila siguiente.



En equipos de utilización anual, como el aquí diseñado, el día más desfavorable corresponde al 21 de Diciembre (en el hemisferio Norte), día para el cual los valores de acimut y altura solar, para la latitud de 41° de Barcelona, se expresan en la siguiente tabla.

Hora respecto mediodía solar	Acimut (°)	Altura Solar (°)
0	0	26
1	15	24
2	29	20
3	42	13

Tabla valores solares

En concreto, la distancia de proyección ha sido calculada para un ángulo solar de 20°, ignorando las proyecciones debidas al ángulo solar de 13°, por considerar que en ese momento el sol se haya a una altura solar mínima y la incidencia de los rayos solares es en ángulo cerrado, aportando mínima energía al colector.

Se escoge el modelo horizontal (W) para los captadores ya que permitirá una superficie total menor para su disposición.

De acuerdo a este razonamiento, y con la aplicación de las fórmulas trigonométricas pertinentes, se obtiene una distancia entre filas de 3 metros.

$$h = L \cdot \sin 45^\circ = 1138 \cdot 0,707 = 804,68mm$$

$$d_1 = L \cdot \cos 45^\circ = 804,68mm$$

$$d = 0,80468 + \frac{0,80468}{\operatorname{tg} 20^\circ} = 3,015m$$

1.6- Calculo de las pérdidas de carga en el primario

Para el estudio de la caída de presión lineal se ha utilizado la fórmula de Darcy-Wisbach, básica en el cálculo de perdidas de carga en tuberías y conductos, expresada en la siguiente ecuación:

$$\Delta H(m.c.a.) = \lambda \cdot \left[\frac{p_e}{p_{ea}} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \right]$$



Donde $\lambda \equiv$ coeficiente de fricción

$\rho_e \equiv$ peso específico del fluido caloportador

$\rho_{ea} \equiv$ peso específico del agua a 25°C

L \equiv longitud de la tubería en metros

D \equiv diámetro en metros

V \equiv velocidad del fluido en m/s

g \equiv gravedad m/s²

Para su aplicación es preciso la determinación del coeficiente de fricción (f), que presenta diferentes relaciones matemáticas según diversas variables como son tuberías lisas o rugosas y flujo laminar o turbulento. Es normal que en circuitos como el aquí expuesto el fluido discorra según un modelo de flujo semi-turbulento, con un n° Reynolds comprendido entre 3000 y 100000, lo que permite el uso del Diagrama de Moody o la ecuación de Blasius para su cálculo, [MINGUELLA, "Manual de instalaciones térmicas, pags. 157 y 158].

$$R_E = \frac{V \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

Donde $\rho \equiv$ densidad del fluido (kg*s²/m⁴)

$\mu \equiv$ viscosidad absoluta (kg*s/m²)

$\nu \equiv$ viscosidad cinemática (m²/s)

$$f = \frac{0,316}{R_E^{\frac{1}{4}}}$$

Fijados los valores de velocidad y caudal [MEMORIA, punto 6.5.2.4.2], el cálculo de caída de presión es realizado para cada tramo del circuito (ver plano de integración de captadores en Anexo B, apartado 2.3), a una temperatura media de 20°C.

Para el inicio de los cálculos es preciso determinar previamente las constantes de viscosidad y peso específico del fluido caloportador, ["MEMORIA", punto 6.5.2.3].



Tramo	Q [m ³ /h]	Diámetro exterior de catálogo [mm]	V [m/s]	Re	Coefficiente de fricción f	Caída de Presión por metro lineal [m.c.a]	L [m]	Total [m.c.a]
A-B	4	42	0,88	72999	0,019	0,019	68,8	1,306
B-C	3	35	0,97	66363	0,020	0,028	3,0	0,085
C-D	2	35	0,65	44242	0,022	0,014	3,0	0,042
D-E	1	28	0,52	28076	0,024	0,013	3,0	0,038
F-G	1	28	0,52	28076	0,024	0,013	3,0	0,038
G-H	2	35	0,65	44242	0,022	0,014	3,0	0,042
H-I	3	35	0,97	66363	0,020	0,028	3,0	0,085
I-J	4	42	0,88	72999	0,019	0,019	34,4	0,653
								2,290

Tabla de caídas de presión lineales en tuberías del circuito primario

Con estos datos los resultados obtenidos para la caída de presión en cada tramo del circuito primario vienen expuestos en la tabla anterior, donde se puede observar que la caída de presión por metro lineal es inferior a los 40 mm.c.a. establecidos como correctos en la Memoria. En total suponen 2,29 m.c.a de pérdidas de carga lineales.

Cada captador presenta una pérdida de carga de 0,1 m.c.a, lo que supone 1 m.c.a por cada fila de 10 captadores. El intercambiador vitotrans 100 presenta una pérdida de carga para un caudal de 4 m³/h de 0,82 m.c.a. Suponen un total de 4,82 m.c.a.

El cálculo de las pérdidas de carga singulares es complicado ya que depende del número y tipo de válvulas, codos, derivaciones, etc. y saber su valor exacto solo es posible después de la instalación. Se ha procedido a una estimación estadística según tipología de instalación y longitud [CENSOLAR, "Sistemas de aprovechamiento térmico I, pag. 109].

Tipología	Tubería	Singularidades
Circuitos de distribución en edificios	50%	50%
Conducciones hasta 50 metros	80%	20%
Conducciones hasta 100 metros	90%	10%
Salas de máquinas	10-30%	90-70%

Tabla de distribución aproximada de las pérdidas de carga en instalaciones térmicas. Se expresan en % las pérdidas de carga sobre el total de la instalación.

La conducción lineal de unos 100 metros que posee el valor de 2,29 mca antes calculado correspondería al 90% del total, y además un valor de 0,068 mca correspondería al tramo de conducción lineal en la sala de máquinas (que sería el 10% del total). Por tanto las pérdidas en singularidades son:



$$\Delta H_{total} - \Delta H_{lineal} = 2,54 - 2,29 = 0,25mca \rightarrow \text{En el tramo de conducción lineal}$$

$$\Delta H_{total} - \Delta H_{lineal} = 0,680 - 0,068 = 0,612mca \rightarrow \text{En la sala de máquinas}$$

Un total de: 0,862 m.c.a.

Así pues, el circuito primario presenta una pérdida de carga de:

$$\Delta H_{total} = \Delta H_{lineal} + \Delta H_{capt-interc} + \Delta H_{singular} = 2,29 + 4,82 + 0,862 = 7,97m.c.a.$$

1.7- Cálculo del volumen de fluido caloportador en el circuito primario

El volumen total de fluido caloportador en el circuito primario es equivalente a la suma de tres partidas:

A. Volumen de fluido en los colectores

Viessmann, empresa fabricante, certifica de acuerdo a normativa vigente, una capacidad volumétrica de su captador Vitosol 100 [ANEXO C, "Especificaciones Técnicas"], de 3 litros/captador. Por tanto el volumen total de fluido en la captación, en base a una superficie compuesta por 40 captadores, es de 120 litros.

B. Volumen de fluido en las conducciones del circuito primario

Para el cálculo de esta capacidad se han utilizado los datos de longitud determinados en la siguiente tabla y que con la aplicación de la siguiente ecuación:

$$V = Longitud * Seccion = L * \frac{\pi * D_i^2}{4}$$

han permitido calcular la capacidad volumétrica de cada tramo y del total de la conducción.



Tramo	Diámetro catálogo exterior [mm]	Diámetro interior [mm]	Longitud [m]	Total volumen tramo [litros]
A-B	42	40	68,8	86,457
B-C	35	33	3	2,566
C-D	35	33	3	2,566
D-E	28	26	3	1,593
F-G	28	26	3	1,593
G-H	35	33	3	2,566
H-I	35	33	3	2,566
I-J	42	40	34,4	43,228
				143,134
Tabla para el cálculo volumétrico de la conducción del circuito primario				

Obteniéndose un volumen en el total de la conducción de 143,14 litros.

C. Volumen de fluido en el intercambiador

Viessmann, empresa fabricante, certifica de acuerdo a normativa vigente, una capacidad volumétrica de su intercambiador Vitotrans 100 [ANEXO C, "Especificaciones Técnicas"], de 4,66 litros.

La suma de las tres partidas, arroja un volumen total a considerar en el cálculo del vaso de expansión de 267,8 litros, ver Memoria, apartado 6.5.2.6.



2- Anexo B. Planos y esquemas

2.1- Emplazamiento real

2.2- Esquema Empresa



2.3- Integración de los captadores solares



2.4- Planta de las instalaciones



2.5- Esquema hidráulico



3- Anexo C. Especificaciones técnicas



4- Anexo D. Otros datos

