



Universidad de Salamanca
Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Industrial

Diseño del campo solar de una central termosolar

Norberto Redondo Melchor
Doctor Ingeniero Industrial

1

Un poco de investigación...

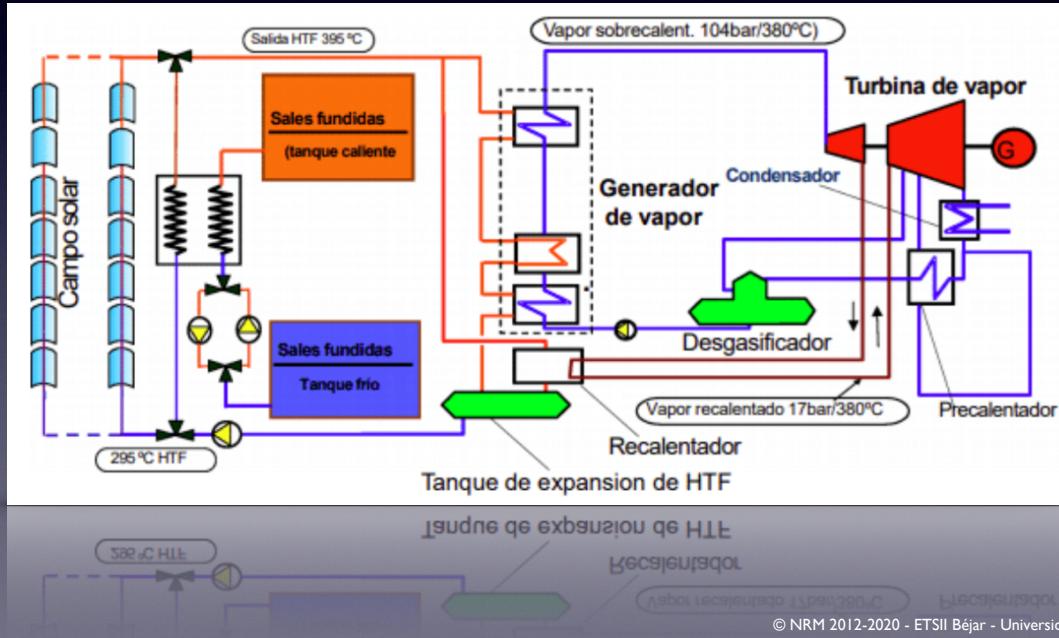
50 MW Las Posadas (Córdoba)



© NRM 2012-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

Un poco de investigación...

50 MW - ESQUEMA DE PRINCIPIO CLÁSICO



8

Un poco de investigación...

COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO EUROTROUGH ET 150



© NBM 2012-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

Un poco de investigación...

COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO EUROTROUGH ET 150

Especificaciones del Eurotrough ET150		
	Módulo	Colector
Apertura (m)	5,77	5,77
Distancia focal media (m)	1,71	1,71
Longitud (m)	12,5	150
Área de espejo (m ²)	68,125	817,5
Diámetro exterior del receptor (mm)	70	70
Diámetro interior del receptor (mm)	65	65

Diámetro interior del receptor (mm)	65	65
Diámetro exterior del receptor (mm)	70	70

© NRM 2012-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

5

Un poco de investigación...

TUBO ABSORBEDOR



SCHOTT PTR 70	
Longitud	4060 mm
Ø exterior tubo metálico	70 mm
Tipo de metal	Acero inoxidable
recubrimiento selectivo	Cermet
Ø exterior tubo vidrio	125 mm
Tipo de vidrio	Vidrio borosilicatado ²
Transmisividad	≥ 96%
Tratamiento antirreflexivo	En las dos caras del tubo de vidrio
Absortividad	≥ 95%
Emisividad	≤ 10 % a 400 °C
Superficie útil	~ 95%
Cámara de vacío	Vida útil > 25 años

Cámaras de vacío	≤ 22 Ltr > 22 Ltr
Superficie útil	

© NRM 2012-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

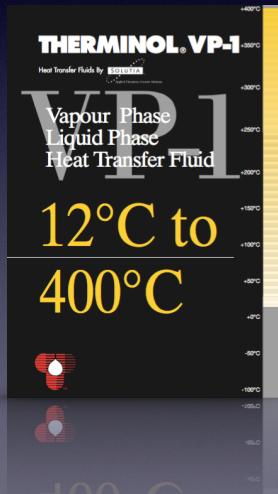
6

Un poco de investigación...

Properties of Therminol VP-1 vs Temperatures - Liquid Phase

Temperature °C	Density kg/m ³	Thermal Conductivity W/m.K	Heat Capacity kJ/kg.K	Viscosity		Vapour pressure (absolute) kPa*	Enthalpy kJ/kg	Latent Heat vap. kJ/kg
				Dynamic mPa.s	Kinematic mm ² /s**			
12	1071	0.137	1.523	5.48	5.12	-	0	419.0
20	1064	0.136	1.546	4.29	4.03	-	12.3	414.7
30	1056	0.135	1.575	3.28	3.10	-	27.9	409.3
40	1048	0.134	1.604	2.60	2.48	-	43.8	403.9
50	1040	0.133	1.633	2.12	2.03	-	60.0	398.6
60	1032	0.132	1.662	1.761	1.707	-	76.4	393.3
70	1024	0.131	1.690	1.492	1.458	-	93.2	388.1
80	1015	0.130	1.719	1.284	1.265	-	110.3	382.9
90	1007	0.129	1.747	1.119	1.111	-	127.6	377.8
100	999	0.128	1.775	0.985	0.986	0.5	145.2	372.7
110	991	0.126	1.803	0.875	0.884	0.8	163.1	367.6
120	982	0.125	1.831	0.784	0.798	1	181.3	362.6
130	974	0.124	1.858	0.707	0.726	2	199.7	357.5
140	965	0.123	1.886	0.642	0.665	3	218.4	352.6
150	957	0.121	1.913	0.585	0.612	5	237.4	347.6
160	948	0.120	1.940	0.537	0.566	7	256.7	342.7
170	940	0.118	1.968	0.494	0.526	9	276.2	337.7
180	931	0.117	1.995	0.457	0.491	13	296.0	332.8
190	922	0.115	2.021	0.424	0.460	18	316.1	327.9
200	913	0.114	2.048	0.395	0.432	24	336.5	323.0
210	904	0.112	2.075	0.368	0.407	32	357.1	318.0
220	895	0.111	2.101	0.345	0.385	42	378.0	313.0
230	886	0.109	2.128	0.324	0.366	54	399.1	308.0
240	877	0.107	2.154	0.305	0.348	68	420.5	303.0
250	867	0.106	2.181	0.288	0.332	86	442.2	297.9
260	857	0.104	2.207	0.272	0.317	108	464.1	292.7
270	848	0.102	2.234	0.258	0.304	133	486.3	287.5
280	838	0.100	2.260	0.244	0.292	163	508.8	282.2
290	828	0.098	2.287	0.232	0.281	198	531.6	276.8
300	817	0.096	2.314	0.221	0.271	239	554.6	271.2
310	806	0.095	2.341	0.211	0.262	286	577.8	265.6
320	796	0.093	2.369	0.202	0.254	340	601.4	259.7
330	784	0.091	2.397	0.193	0.246	401	625.2	253.8
340	773	0.089	2.425	0.185	0.239	470	649.3	247.6
350	761	0.086	2.454	0.177	0.233	548	673.7	241.3
360	749	0.084	2.485	0.170	0.227	635	698.4	234.7
370	736	0.082	2.517	0.164	0.222	732	723.4	227.8
380	723	0.080	2.551	0.158	0.218	840	748.8	220.7
390	709	0.078	2.588	0.152	0.214	959	774.4	213.2
400	694	0.076	2.628	0.146	0.211	1090	800.5	205.3
410	679	0.073	2.674	0.141	0.208	1230	827.0	197.0
420	662	0.071	2.729	0.137	0.206	1390	854.0	188.0
425	654	0.070	2.760	0.134	0.205	1470	867.7	183.3

FLUIDO
CALOPORTADOR



© NRM 2012-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

7

...y de diseño propio

TAMAÑO DEL CAMPO SOLAR:

- POTENCIA OBJETIVO = 50 MW
- RENDIMIENTOS DECRECIENTES:
 - ALTERNADOR / TURBINA / CONDENSADOR.... (RANKINE)
 - INTERCAMBIADOR CALOR ACEITE / AGUA
 - PÉRDIDAS DE CALOR EN DISTRIBUCIÓN ACEITE
- PÉRDIDAS EN CAPTACIÓN:
 - ENFOQUE
 - SUCIEDAD
 - DEL TUBO ABSORBEDOR ETC

© NRM 2012-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

8

...y de diseño propio

CIRCUITOS DE ACEITE CALOPORTADOR:

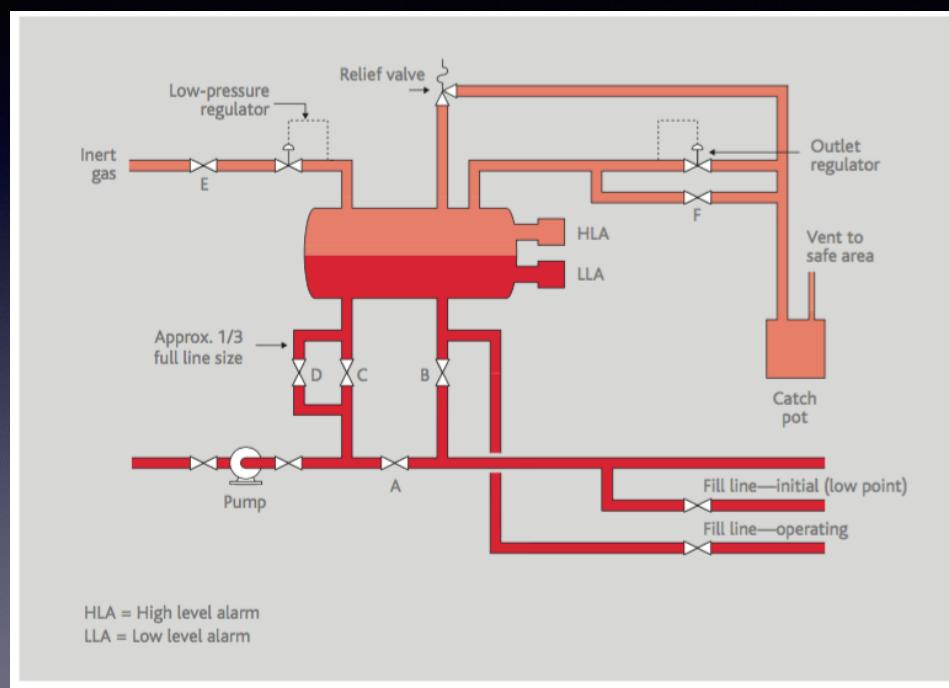
- DEFINICIÓN DEL ESQUEMA DE PRINCIPIO
- ESTIMACIÓN DE CAUDALES
- CÁLCULO DE TUBERÍAS
- TANQUES DE EXPANSIÓN
- CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA
- SELECCIÓN DE ELECTROBOMBAS
- OPTIMIZACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO

© NRM 2012-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

9

...y de diseño propio

TANQUES DE EXPANSIÓN



© NRM 2012-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

...y de diseño propio

SCE-M Mag Drive Process Pump

Horizontal Single Stage Pumps with Permanent Magnetic Drive

The SCE-M is a heavy-duty horizontal centrifugal process pump with permanent magnetic drive complying with the latest edition of API 685. Its 100% leakage free performance allows the safe handling of hazardous and volatile fluids.

Operation Limits

- Capacity** up to 2,200 m³/h (9,690 gpm)
- Head** up to 330 m (1,080 ft)
- Maximum Pressure** up to 40 bar (590 psi)
- Temperature** -120 to 450 °C (-184 to 840 °F)
- Discharge flanges** according to ASME B16.5 up to 300# (600# as an option)
- Applications** Petroleum Refining, Production and Distribution, Petrochemical, Refineries, Heavy-duty Chemical, Gas Industry Services, Power Plants, Utilities.

Selection Chart SCE-M

4 POLES
— 50 Hz — 60 Hz
1669 m³/h
1669 gpm
Only at 50 Hz

© NRM 2012-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca

11

...y de diseño propio

CIRCUITOS DE ACEITE CALOPORTADOR:

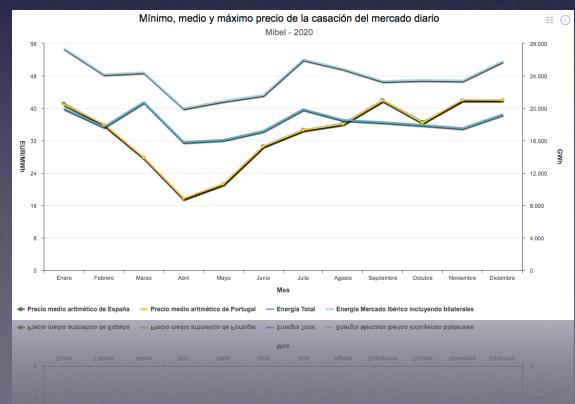
- OPTIMIZACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO:
 - Opción 1: aislamiento mínimo
 - Resto de opciones: aislamientos crecientes
- COSTE DEL AISLAMIENTO:

Lana de roca 0,040 W/(m·K)	125 €/m ³
Forro chapa aluminio	150 €/m ²

COSTE DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA TÉRMICA:

- ENERGÍA PERDIDA (MWh/año):
 - Diferencia de pérdidas entre opciones (MW)
 - Horas de funcionamiento anual equivalentes de la planta (2100 h/año)
- PRECIO DE VENTA (€/MWh):
 - MIBEL - casación mercado diario
 - Precio medio último año (32 €/MWh)

	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Pérdidas (MW)	12,5	7,6	3,1	1,2
Coste (M€)	1,8	3,7	6,5	9,8
Ahorro (M€/año)	--	0,65	0,85	1,12
Amortiz. (años)	--	5,7	7,6	8,8



12

Bloque preliminar

Fin del bloque

© NRM 2012-2020 - ETSII Béjar - Universidad de Salamanca