



3. DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS.

3.1. Introducción

A modo de guía para la descripción de los equipos que se van a instalar, se adelanta un esquema general del tipo de instalación que se va a realizar, donde se observan los elementos principales.

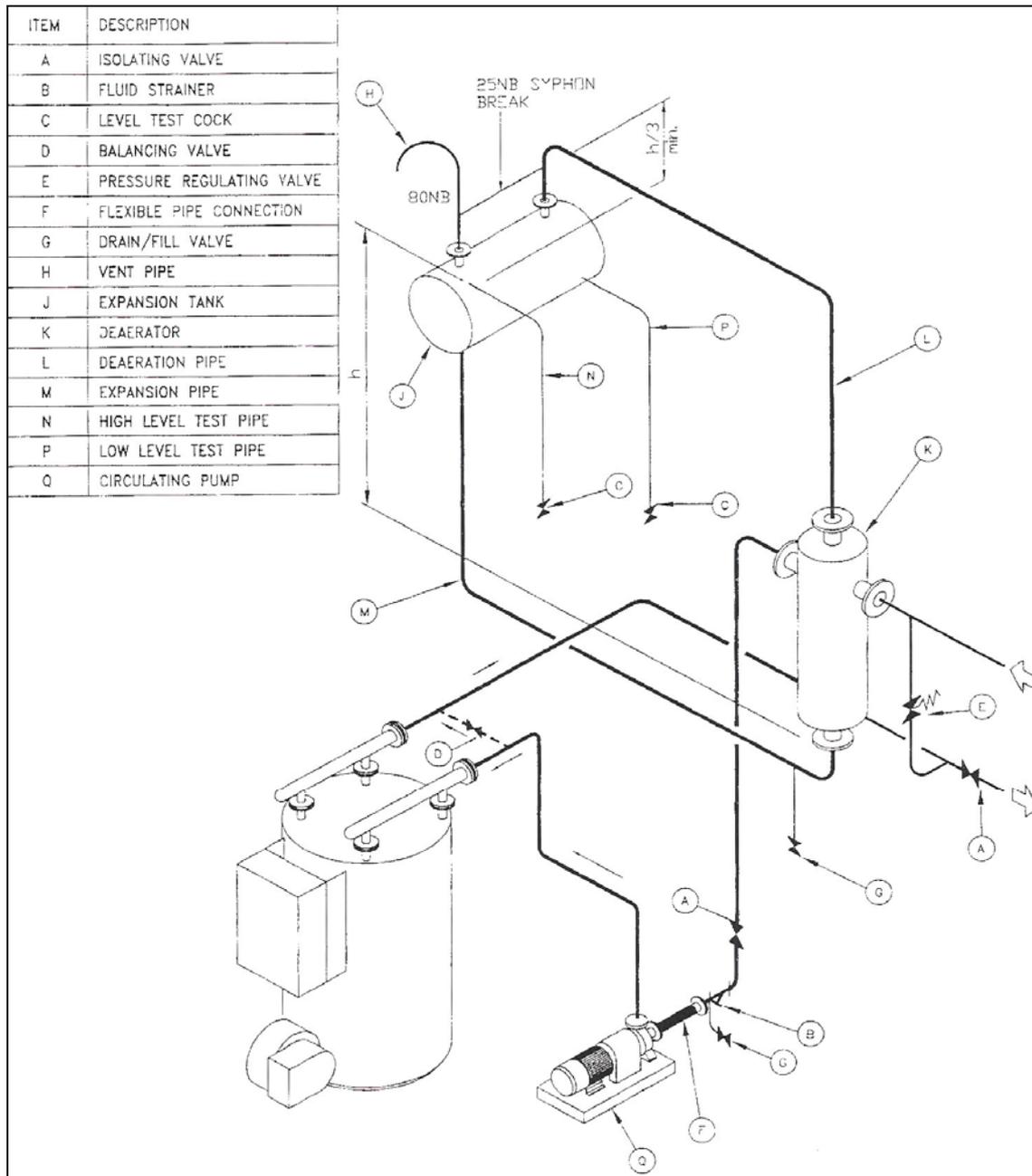


Fig. 3.1. Esquema de instalación con tanques separados.

En particular, se observa en la figura cómo el tanque de expansión y el desaireador están separados. En el proyecto se contempla una solución similar aunque con la particularidad de que estos dos tanques están unificados en uno sólo como se puede observar en la figura siguiente.

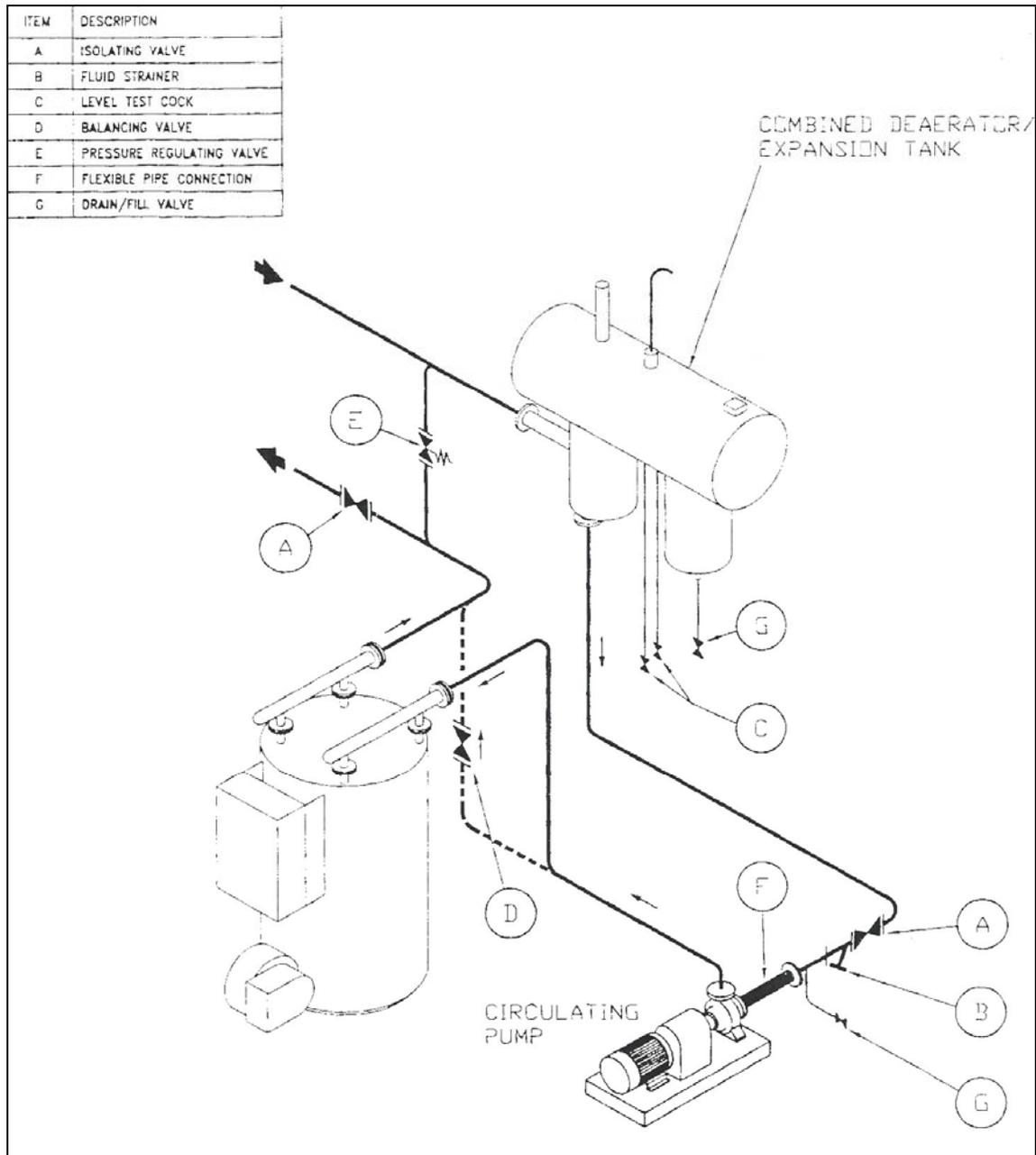


Fig. 3.2. Esquema de instalación con tanques unificados.

Se completa la introducción con un esquema p&id específico de la instalación completa objeto del proyecto, en el que aparecerán todos los equipos que se describen a continuación. El total de los planos serán adjuntados en el capítulo correspondiente.



Proyecto fin de carrera:
Sustitución de central térmica en una fábrica de refinado de aceite y envasado

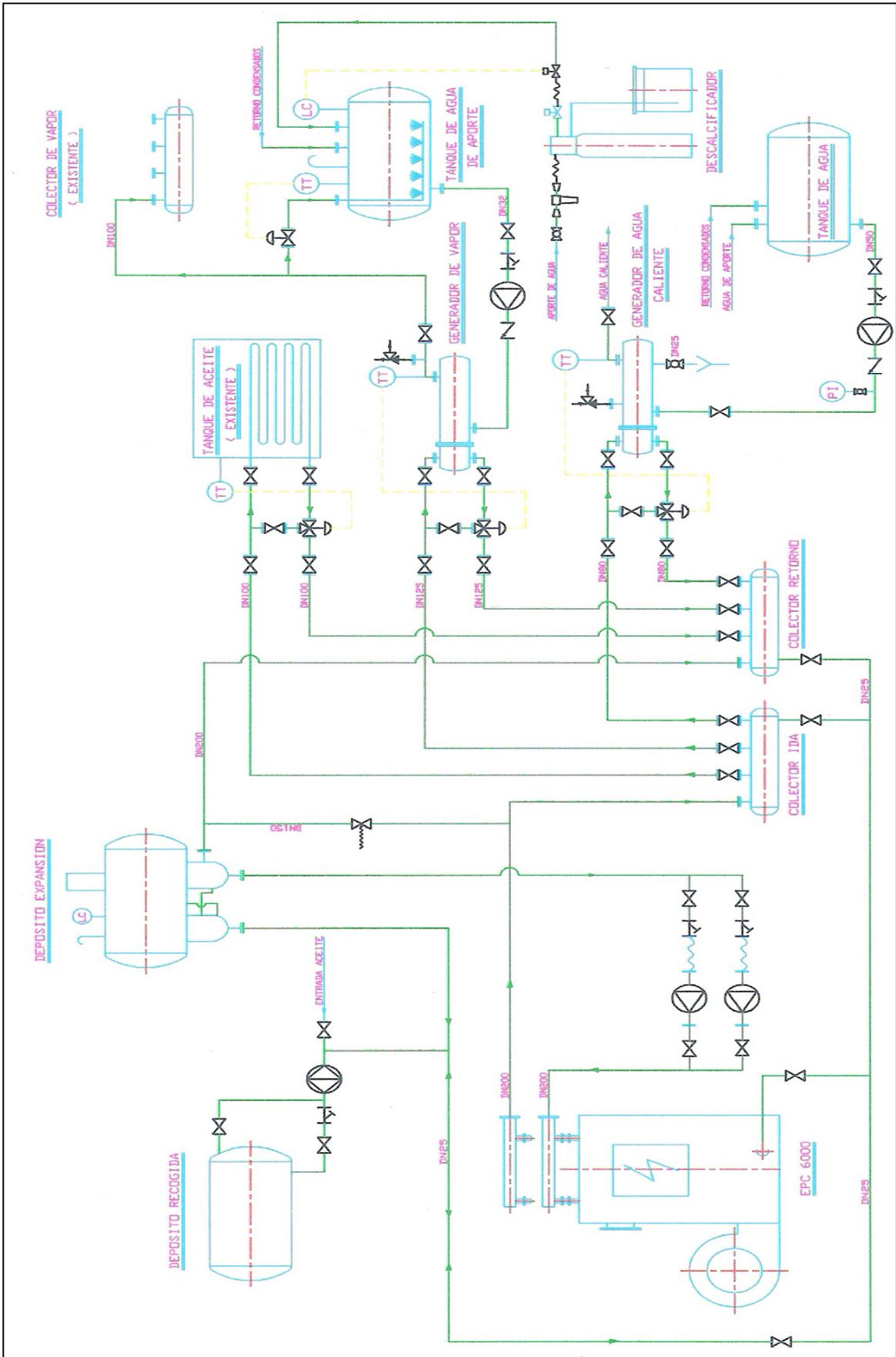


Fig. 3.3. Diagrama P&ID de la instalación completa.



3.2. CALDERA DE FLUIDO TÉRMICO EPC 6000H

3.2.1. Introducción a la caldera

El generador que forma parte del proyecto ha sido concebido para poder quemar gas natural, y responde a las características de generadores de fluido térmico, de circulación forzada, de tipo fijo, compuesto por circuitos tubulares, enlazados a colectores de doble pared de entrada y salida de fluido térmico, que se distribuye en cada tubo de calefacción proporcionalmente a su carga calorífica media.

La fuente de calor de este generador se obtiene de la combustión de gas natural, la cual se realiza en la cámara de combustión de la caldera.

El fluido es distribuido en las superficies de intercambio, proporcionalmente a las capacidades de absorción de calor de estas superficies, para que la temperatura a la salida de los tubos sea rigurosamente la misma para cada uno de ellos.

La velocidad de circulación del fluido es ajustada en el valor necesario, siempre por encima de los valores de seguridad, y diferenciada entre la cámara de combustión y el banco de convección, para optimizar la pérdida de carga del circuito, evitar todo peligro de carbonización sobre la pared caliente y para que la temperatura de película no sobrepase a la de masa de un valor apreciable.



Fig. 3.4. Cámara de combustión

La cámara de combustión (ver fig. 3.4), de gran volumen y por ello con baja carga térmica y reducido flujo térmico superficial, tiene una forma particular de tronco de pirámide paralelepípeda, realizada con bancos de tubos curvados y sucesivamente apilados para su soldadura. Estos tubos no están en contacto, sino situados una distancia entre sí y unidos por soldadura. Esta distancia siempre será inferior al diámetro de los tubos.

La superficie de calefacción por convección está situada a la salida de la cámara de combustión. Está formada por baterías de tubos correctamente espaciados para beneficiarse de las mejores condiciones de intercambio. La construcción de estas baterías es conformada en frío mediante maquina adecuada para ello.



Los colectores de entrada y salida (ver fig. 3.5) no están sometidos a radiación ni a convección. Están fabricados en tubo de acero estirado, sin soldadura.

El colector de entrada está provisto de tubuladura para enlace de la tubería de alimentación DN200 PN16. A su vez, el colector de salida está provisto de tubuladura para unión con tubería de proceso DN200 PN16.

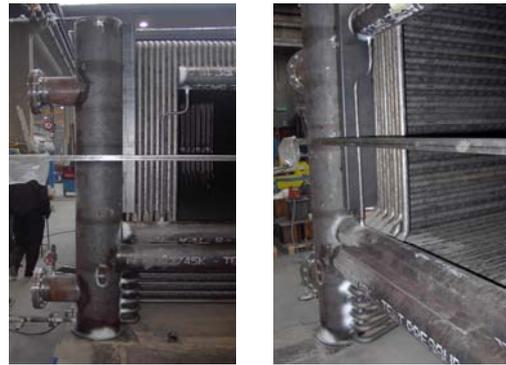


Fig. 3.5. Colectores de la caldera

La estanqueidad de la cámara de combustión en el lado de humos se realiza a través de soldadura integrada y continua de todos los tubos que constituyen la pared externa de la misma, que será cerrada con un doble panel de lana de roca con un espesor total de 140 mm, revestimiento exterior de protección mediante paneles de planchas con grecas.

Una conexión de evacuación de humos en forma de tronco de pirámide paralelepípeda, colocada a la salida del precalentador, permite el apoyo directo sobre la caldera de una chimenea

Esta carcasa incorpora los elementos de control, medida y seguridad, necesarios para el funcionamiento del generador, y descansa sobre una base de perfiles laminados que facilitan el traslado del generador hasta el lugar de su instalación.

El generador es una unidad compacta que dispone de los siguientes elementos necesarios para su funcionamiento.

- Quemador de aire forzado.
- Encendido automático mediante bujía de encendido electrónico.
- Electrodo de ionización.
- Circuitos de gas natural, para la rampa principal con su correspondiente regulador estabilizador de presión.
- Válvula motorizada de regulación de gas, regula la presión y el caudal de gas de manera modulante según las necesidades.
- Válvulas magnéticas para control de la mencionada rampa de gas natural.
- Un circuito secundario, de gas natural, con sus correspondientes seguridades para encendido del quemador principal de gas.
- Sondas de temperatura en los controles, tanto del fluido térmico, como de salida de gases.
- Aparatos de medida, manómetros, termómetros, etc.
- Salidas de humos con cortatiros.
- Ventilador que tiene la misión de llevar aire para la combustión hacia el quemador.
- Válvulas de llenado y vaciado.

Este generador está totalmente cableado eléctricamente. Igualmente se encuentra listo para su conexión al sistema de tuberías de gas y fluido térmico.



El aire necesario para la combustión es aportado por un ventilador centrífugo, pasando por la cámara formada por la doble envolvente, lo que permite un intercambio de calor entre los humos y el aire de combustión, elevándose el rendimiento térmico del generador al entrar el aire de combustión previamente calentado.

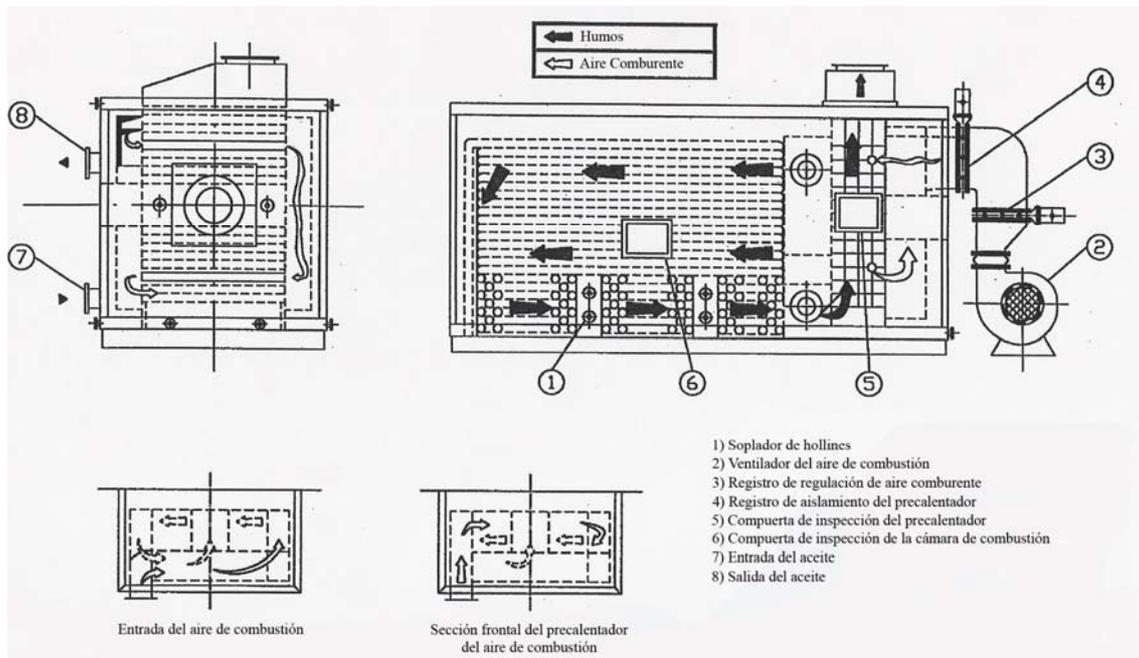


Fig. 3.6. Circuitos de aire en la caldera.

3.2.2. Datos técnicos y dimensionales

La caldera de aceite térmico, modelo EPC 6000 H tiene las siguientes características:

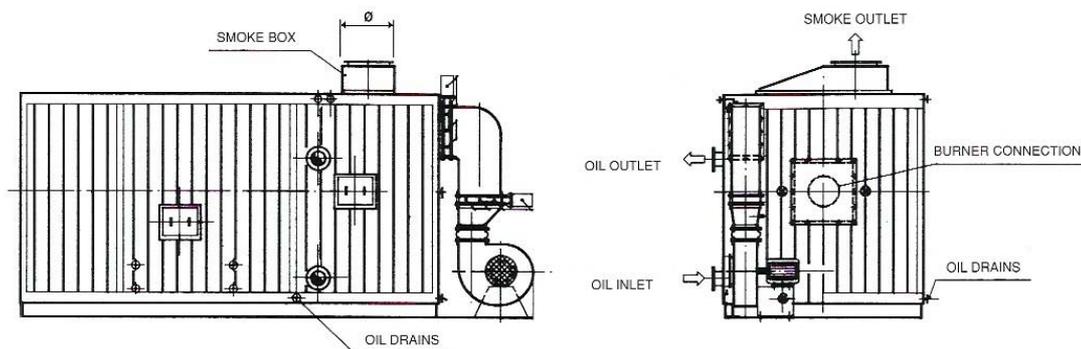


Fig. 3.7. Caldera de fluido térmico mod. EPC-H 6000



Proyecto fin de carrera:

Sustitución de central térmica en una fábrica de refinado de aceite y envasado

GENERADOR DE ACEITE DIATERMICO mod.	EPC-H 6000
SISTEMA	DIRECTO
EJECUCIÓN	HORIZONTAL
POTENCIA TERMICA NOMINAL MAXIMA	6.000.000 Kcal/h
POTENCIA TERMINA NOMINAL MINIMA	1.200.000 Kcal/h
RENDIMIENTO TERMICO MAXIMO	92,5 %
TEMPERATUR MAX. NOMINAL DE ACEITE DIATERMICO	300 °C
TEMPERATURA DE PROYECTO	300 °C
PRESION DE PROYECTO	5 bar
ΔT ENTRE ENTRADA Y SALIDA DE ACEITE DIATERMICO	50 °C
CONEXIONES ACEITE DIATERMICO	DN 200 PN 16
TIPO DE REGULACIÓN DE QUEMADOR	MODULANTE
RELACION DE REGULACIÓN DEL QUEMADOR	20 ÷100 %
COMBUSTIBLE UTILIZADO	GAS NATURAL
POTENCIA CALORIFICA INFERIOR DEL COMBUSTIBLE	9.200 Kcal/Nm ³
CONSUMO MAXIMO DEL COMBUSTIBLE	709 Nm ³ /h
PRESION DE ALIMENTACION GAS NATURAL MINIMA /MAXIMA	2.000÷3000 mm.c.H ₂ O
POTENCIA ELECTRICA INSTALADA	22.5 Kw
TENSION DE FUERZA	400V 50Hz
TENSION AUXILIAR	230/24V
CONTENIDO ACEITE DIATERMICO	2.900 Lts
PESO EN VACIO	21.000 Kg
DIMENSIONES	7.500 x 3.080 x 3.200
DIAMETRO SALIDA DE HUMOS	600 mm.
CAUDAL DE HUMOS	9.067 Nm ³ /h
TEMPERATURA SALIDA HUMOS	162 °C
GRADO DE PROTECCIÓN DEL MOTOR ELECTRICO	IP55
GRADO DE PROTECCION DEL CUADRO ELECTRICO	IP45
CO OXIDO DE CARBONO EMITIDO CON % O ₂ EN LOS HUMOS SECOS 3%	≤ 200 mg/Nm ³
NO _x OXIDO DE NITROGENO EMITIDO CON % O ₂ EN LOS HUMOS SECOS = 3%	≤ 200 mg/Nm ³



3.2.3. Especificaciones

La caldera es de tipo multitubular y, tal y como se ha introducido al inicio del capítulo, se pueden diferenciar las siguientes partes:

- Cuerpo calentador

Está formado por una batería de circuitos en paralelo, unida a un colector de doble pared. La cámara de combustión, de gran volumen y por ello con baja carga térmica y reducido flujo térmico superficial, tiene una forma particular de tronco de pirámide paralelepípeda, realizada con bancos de tubos curvados con máquina de control numérico y sucesivamente apilados para su soldadura. De este modo, además de conseguir una total protección, con la técnica de los tubos tangentes se consigue un total envolvimiento de la llama.

La velocidad del aceite, siempre por encima de los valores de seguridad, y diferenciada entre la cámara de combustión y el banco de convección, para optimizar la pérdida de carga del circuito.

- Sistema de contención de humos

La estanqueidad de la cámara de combustión en el lado humos se realiza a través de soldadura integrada y continua de todos los tubos que constituyen la pared externa de la misma, que será cerrada con un doble panel de lana de roca con un espesor total de 140 mm. revestimiento exterior de protección mediante paneles de planchas con grecas.

Una conexión de evacuación de humos en forma de tronco de pirámide paralelepípeda, colocada a la salida del precalentador, permite el apoyo directo sobre la caldera de una chimenea normal.

- Precalentador aire comburente

Es de flujo cruzado y se presenta como una unidad compacta, constituido de dos bancos de tubos horizontales por los que circula el aire comburente y dos conductos verticales que conducen los humos hasta la chimenea.

Esta completamente aislado térmicamente y colocado en el frente de la caldera.

El precalentador tiene una elevada superficie de intercambio que permite una recuperación de calor tal que aumenta el rendimiento alrededor del 7 % precalentando el aire hasta aproximadamente los 170 °C.



Fig. 3.8. Precalentador de aire



3.2.4. Accesorios de caldera

- Drenaje y venteo del circuito de aire

Es útil en la fase de carga y descarga de la caldera o por cualquier eventualidad que pudiese ocurrir.

La caldera está provista de tres venteos de aire sobre la parte superior de los colectores y dos vaciados de aceite en la base de los mismos, con acometidas laterales.

- Inspección de cámara de combustión y precalentador aire

La inspección de la cámara de combustión y del precalentador de aire es posible gracias a dos bocas de hombre (dimensiones interna 400 x 500 mm).



Fig. 3.9. Bocas de hombre

3.2.5. Dispositivos de control

- Cuadro eléctrico de accionamiento

El cuadro está contenido en un armario con planchas barnizadas, conteniendo:

- Interruptor general con dispositivo de bloqueo de apertura de la puerta.

- Guardamotores para el motoventilador.

- Panel programador y protección de llama que determina las diferentes secuencias de encendido y apagado del quemado, según el siguiente programa:

- ⇒ Prebarrido del circuito humos a plena capacidad del ventilador.

- ⇒ Encendido del quemador a la mínima carga de tiempo de encendido y apagado del piloto post-lavado en el encendido.

- ⇒ Eventual señalización de alarma por fallo de encendido, apagado de la llama o mala combustión.



Fig. 3.10. Armario eléctrico

- Relés auxiliares.

- Transformador para el accionamiento de los auxiliares.

- Dispositivo para el accionamiento manual modulación quemador.

- Interruptores y conmutadores de accionamiento.

- Pulsadores de desbloqueo manual quemador.

- Fusibles de protección, tomas de tierra y lámparas de señalización.

- Sistema de control de la relación aire-combustible.



- Termorregulador electrónico

Este elemento integra visualización digital del valor real de la temperatura de entrada de aceite en la caldera, con acción proporcional, integral y límite, que acciona el sistema de regulación aire-gas.

3.2.6. Aparatos de seguridad

Los aparatos de seguridad intervienen en caso de superar los valores límites estables, o en caso de funcionamiento anómalo del quemador y de la caldera, poniendo en situación de bloqueo al quemador.

Comprenden:

- Un termorregulador electrónico, con visualización digital del valor real de la temperatura controlada, con acción ON/OFF, colocado a la salida de la caldera contra la superación de la máxima temperatura preestablecida para el aceite.
- Presostato diferencial, alojado entre el colector de entrada y salida del aceite, que interviene cada vez que la pérdida de carga y el flujo de aceite descienda por debajo de un valor preestablecido. Viene instalado completo con dos válvulas de interrupción y con un manómetro de control sobre las dos acometidas de ingreso y salida de caldera.
- Detector de llama, con rayos ultravioleta que interviene en caso de combustión irregular o por falta de llama.
- Un presostato, para el control de la presión de aire comburente.
- En el quemador de gas, además :
 - Un presostato de máxima presión gas, que interrumpe el paso de gas al quemador cuando la presión de gas excede la prefijada. El presostato de máxima queda tarado a un 20 % por encima de la presión de utilización.
 - Un presostato de mínima presión gas, de tal manera que cuando la presión descienda de la prefijada, el paso de gas se interrumpe. Una vez bloqueado el quemador por la acción de alguno de los presostatos, su rearme es manual.
 - Un control de válvula de retención.

3.2.7. Quemador

Este generador dispone de un quemador de aire forzado, perforado, de llama premezclada en cabeza, y funcionamiento modulado, instalado en posición horizontal en el frente del generador. Este quemador está especialmente diseñado para ser acoplado a este generador y es imposible montarlo de forma distinta a la que ha sido diseñado.

Su principio de funcionamiento se basa en el hecho de que una parte del aire necesario para la combustión completa, se mezcla con el combustible aprovechando la sobrepresión creada por un mecanismo compresor de aire. Este ventilador, compresor de aire, es el encargado de aportar el aire necesario para la combustión. Este aire llega a la cabeza del quemador atravesando las perforaciones del difusor de aire cónico,



teniendo como efecto asegurar una excelente repartición del aire para una perfecta mezcla aire/combustible.

El quemador con premezclado es capaz generalmente de producir todo tipo de mezclas mediante una simple regulación del aire y del combustible. Con el premezclado se consigue una liberación de calor más uniforme. Es esencial, sin embargo, que la mezcla entre en la cámara con una velocidad inferior a la de propagación de la llama, ya que de otra forma se producirían retrocesos de la misma.

El funcionamiento del quemador modulado, se consigue mediante un control de temperatura modulante, situado delante del colector de salida de fluido térmico, el cual actúa sobre:

- Una válvula accionada por un servomotor que controla el caudal de gas y con ello la potencia del quemador
- Un servomotor que actúa sobre el elemento encargado de regular el caudal de aire que se introduce en el quemador.

Cuando la temperatura del fluido térmico sobrepasa el valor de tarado del control de temperatura anteriormente citado, el quemador reduce de forma automática su potencia.

El encendido de la llama principal se realiza a la potencia mínima de modulación, a partir de la caña de encendido, que se encuentra fijada al quemador. Es del tipo *Bunsen* y su encendido se realiza mediante un transformador eléctrico, que hace saltar una chispa durante dos segundos en la mezcla aire-gas, tiempo de seguridad durante el cual debe encenderse el combustible en el quemador: si no se encendiese pasado este tiempo reglamentario, la célula fotoeléctrica bloquearía el paso de combustible siendo necesario su rearme manual. La llama del quemador es fácilmente observable desde el exterior a través de una mirilla de control de llama, situada en la misma tapa del quemador. Las dimensiones de la llama serán adecuadas a las dimensiones de la cámara de combustión a fin de asegurar la no-incidencia de la llama en ninguna de las paredes de la cámara de combustión.

Como ya se ha comentado este generador está diseñado y fabricado para trabajar con quemador apto para poder quemar gas natural. En la introducción del proyecto se adelantaron algunas características del gas, que serán completadas a continuación:

- Composición química: Metano (86%), Etano (8%), Propano (2%), Butano (1%), y Nitrógeno (3%)
- Poder calorífico inferior: 8.400 Kcal./Nm³
- Densidad relativa: 0,64
- Límite de inflamabilidad: 4,8 – 13,6%

Las emisiones de NO_x, de inquemados y de SO₂ están por debajo de los valores requeridos en el territorio nacional y de la Comunidad Económica Europea.

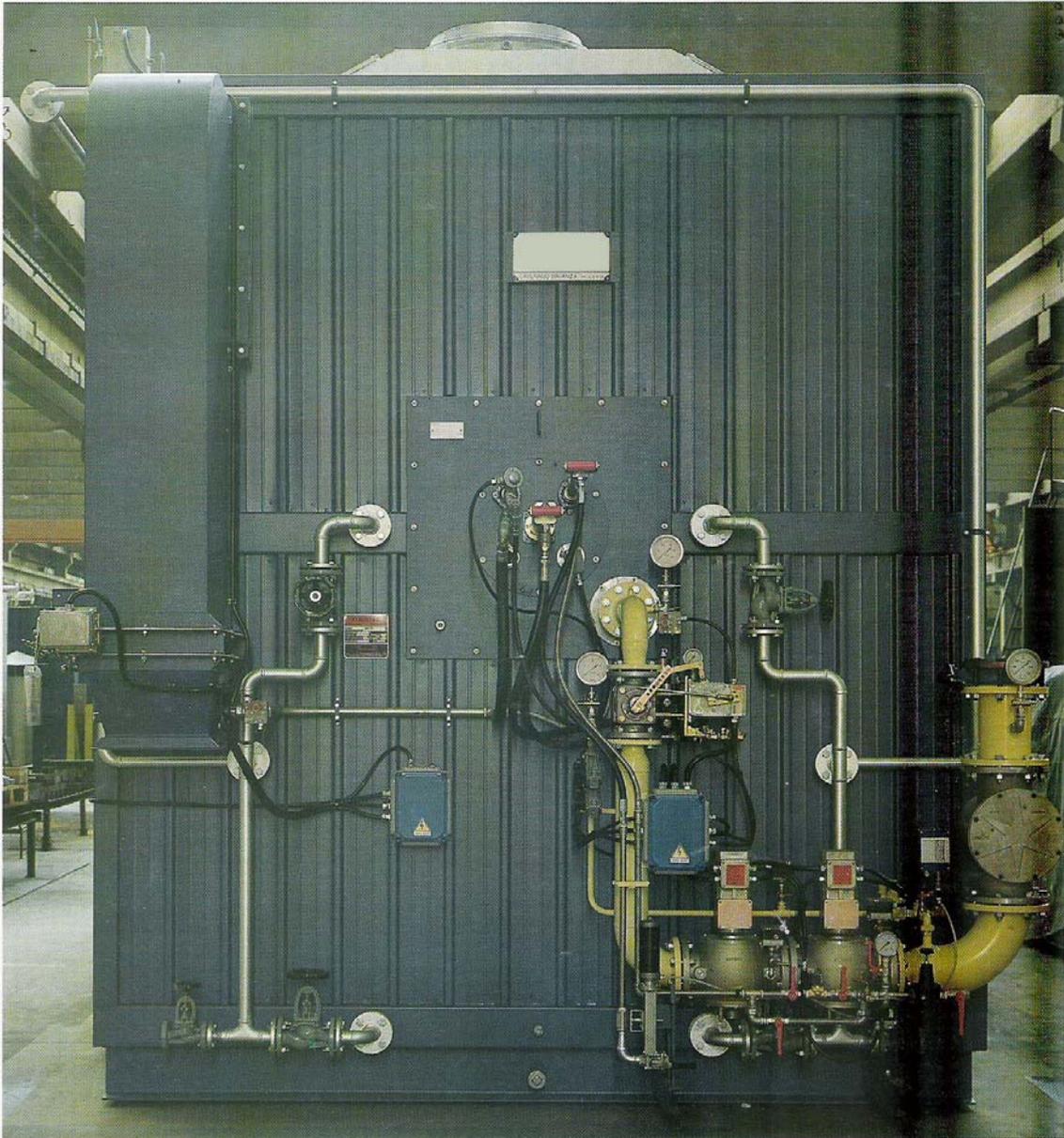


Fig. 3.11. Frontal de la caldera con la rampa de gas del quemador

El quemador está constituido por:

- Un ventilador centrífugo, de alto rendimiento, directamente acoplado al motor eléctrico, que ayuda además a la expulsión de los productos de la combustión sin necesidad de aspiración en la chimenea.
- Un transformador de encendido eléctrico de servicio continuo.
- Un quemador piloto de gas, completo de conexión al transformador, al aire de combustión y al gas.
- Conducto de aire integrado en la parte frontal de la caldera con chapa portaquemador.



- Clapeta para la regulación del aire comburente.
- Junta antivibrante.
- Grupo de regulación y modulación llama, compuesto por :
 - Doble servocomando modulante eléctrico accionado por el sistema electrónico de regulación de la relación aire-combustible.
 - Fin de carrera para conseguir la perfección de baja llama.
- Rampa de gas. La línea de suministro de gas al quemador parte de la llave de acometida, y se compone de tubería de acero estirado en frío sin soldadura. Dispone de las llaves de corte necesarias para independizar cada tramo, y siempre una antes del aparato de consumo, así como de los elementos de regulación, seguridad, y medida necesarios, que se especifican más adelante. De ella parte la línea de gas al quemador piloto, también en acero. El diámetro de la tubería de gas es suficiente para suministrar el caudal necesario al quemador, con una pérdida de presión inferior a la reglamentaria. Consta de:
 - Filtro de gas general, dos electroválvulas de bloqueo servocomandadas sobre la línea principal, con el control de retención intermedio.
 - Un estabilizador de presión y dos electroválvulas sobre la línea del quemador piloto, válvula de regulación del caudal de gas, comandada por el servomotor modulante.



3.2.7. Descripción del aceite térmico

En este punto, una vez descrita la caldera de fluido térmico, es conveniente introducir una descripción de los parámetros fundamentales para la elección de un aceite térmico adecuado para cada instalación, así como de las características principales de estos aceites.

El aceite térmico, según su origen y en función de sus características, es un agente transmisor de calor de tipo orgánico o de tipo sintético. Los elaborados por el sistema de refinado de aceites minerales son aplicados preferentemente en procesos con temperaturas hasta 300 °C, y los aceites sintéticos se aplican en procesos con temperaturas de hasta 400 °C. Por encima de esta temperatura es necesario utilizar sales o metales fundidos.

La elección correcta de un determinado caloportador, teniendo en cuenta la utilización en el proceso, pueden alcanzar valores óptimos, aportando un rendimiento satisfactorio en todo el amplio espectro de condiciones requeridas.

Estos aceites no suelen ser tóxicos y sus puntos de congelación son bajos, generalmente inferiores a 0 °C, por lo que se puede manipular sin precauciones especiales.

Como inconvenientes, citaremos que los aceites térmicos son susceptibles de oxidaciones, especialmente intensa a altas temperaturas, produciéndose fenómenos de envejecimiento, que se manifiestan porque el aceite va haciéndose más espeso y en ese momento es aconsejable su renovación. Asimismo y debido a sucesivos recalentamiento en el interior de la caldera, se inicia un proceso de descomposición térmica, conocido con el nombre de “cracking”, que obliga también a la renovación del aceite térmico. Este último efecto requiere de muy altas temperaturas, del orden de 500 a 600 °C, y se detecta por un fuerte olor muy desagradable a la salida de gases por el tanque de expansión.

En nuestro caso, la temperatura máxima de trabajo es de 300 °C y estamos planteando un circuito de circulación forzada. Elegiremos por tanto un aceite mineral como fluido coloriporante en nuestro proceso. En los anexos se incluye la hoja de especificaciones del fluido que se ha utilizado como referencia para la elaboración del proyecto.

Estos aceites minerales son los más utilizados actualmente, ya que además de poder transmitir un alto nivel de temperatura, poseen una serie de ventajas como son:

- Buena estabilidad térmica, y por tanto buena resistencia frente a la oxidación y el cracking.
- Baja presión de vapor. Hasta temperaturas de 150 °C es menos de 1 mm. Hg, y para temperaturas superiores a 300 °C puede alcanzar hasta 500 mm. Hg.. Siempre es recomendable que su valor no exceda de $\frac{1}{4}$ de la presión de aspiración de la bomba. Además, es interesante conocer la presión de vapor a diferentes temperaturas para evitar fenómenos de bolsas de vapor y cavitación en las bombas.
- No son tóxicos.
- Fluidez a bajas temperaturas
- Utilización en fase líquida exclusivamente. Por tanto tienen un elevado punto de ebullición, que indica la máxima temperatura a que puede utilizarse el fluido. Este punto de ebullición indica el punto inicial de destilación a presión atmosférica.



- No se requieren equipos o sistemas especiales en su utilización y empleo.

También hay que decir que en función de la temperatura de utilización y sistema, ya sea forzada o por baño, se selecciona la viscosidad adecuada del fluido. A este respecto, una práctica habitual antes consistía en utilizar aceites de elevada viscosidad, ya que se buscaba alto puntos de inflamación al considerar que el punto de inflamabilidad era decisivo en cuanto a la temperatura máxima a que podían calentarse los fluidos. Esto se abandonó ya que creaba problemas de rotura térmica o cracking en los sistemas de circulación forzada. Los aceites ligeros se comportan mejor al poseer mejores condiciones de circulación y mejores coeficientes de transmisión de calor. Sin embargo, dentro del rango de aceites ligeros y en función de la temperatura de servicio, se recomienda cierta variación en las viscosidades, como son:

	Para circulación forzada	Por baño
Para temperatura hasta	250 °C	320 °C
Viscosidad CS a 100 °C	1,5 - 2	6 a 9
Viscosidad En. a 50 °C	1,75	3,5 - 8,0

Para justificar esta decisión hay que comprobar las siguientes tablas elaboradas por fabricantes de este tipo de fluidos.

Aceites Minerales	(-)1 °C a 300 °C
Alquil-bencenos	(-)17 °C a 315 °C
Silanos	(-)17 °C a 343 °C
Silicatos Orgánicos	(-)73 °C a 355 °C
Polifenilos Clorados	(-)17 °C a 315 °C
Hidrocarburos Cloro-Flúor	(-)100 °C a 260 °C
Esteres Orgánicos	(-)45 °C a 230 °C
Siliconas	(-)73 °C a 260 °C
Glicoles, Polialquílicos	(-)17 °C a 290 °C
Polifenilos, Derivados	(-)17 °C a 400 °C
Mezclas Polifenil/Feniléter	12 °C a 400 °C
Polifenilos	65 °C a 400 °C
Metales	93 °C a 1.109 °C
Sales Inorgánicas	150 °C a 455 °C

Tabla. 3.1. Límites de temperatura para tipos promedio de líquidos térmicos

	Densidad	Viscosidad C. Poles	Conductividad térmica	Calor especifico
Aceite mineral	0,66	0,40	0,097	0,72
Alquilbenceno	0,78	0,39	0,088	0,63
Difenilos	1,09	0,37	0,082	0,39
Polifenilos hidrogenados	0,77	0,31	0,092	0,64
Polifenil éter	0,87	0,19	0,090	0,58

Tabla. 3.2. Comparación de algunos valores físico-químicos de distintos fluidos a 300-310 °C



En los anexos se muestran las características del aceite escogido válido para este proceso así como sus especificaciones técnicas y hojas de seguridad. A modo de resumen, se adelantan los siguientes valores del fluido elegido:

Materia Prima Básica	Hidrocarburo Parafínico (Corte Simple/Sencillo)
Apariencia	Transparente, Amarillo Pálido
Olor	Débil (aceitoso)
Alcance Óptimo de Uso	66°C a 316°C(150°F a 600°F)
Punto de Inflamación (coc) ASTM D-92	227°C (440°F)
Punto de Combustión (coc) ASTM D-92	260°C (500°F)
Autoencendido ASTM D-2155	371°C (700°F)
Punto de Ebullición Atmosférica, 10% Fracción, ASTM D-1160	415°C (779°F)
Presión de Vapor, psia a:	
149°C - 300°F	0.00039
177°C - 350°F	0.00193
204°C - 400°F	0.0097
232°C - 450°F	0.0387
260°C - 500°F	0.1350
288°C - 550°F	0.3870
315°C - 600°F	0.8700
Coefficiente de Expansión Térmica**	0.000592/°F 0.001066/°C
Calor de Vaporización (Calculado)	179 Kj/Kg (77.19 BTU/lb)
Calor de Combustión	45473 Kj/Kg (19,550 BTU/lb)
Gravedad API ASTM D-287	31.7
Gravedad Específica a 15°C ASTM D-1298	0.8651
Densidad, lb/gal a 16°C (60°F)	7.22
Viscosidad: cSt a 40°C ASTM D-445	40.25
Punto de Fluidéz (Punto de Cristal) ASTM D-97	-15°C(5°F)
Capacidad de Bombeo: Centrífuga a 2,000 centipoises, nominal	-7°C (20°F)
Color ASTM D-1500	1.0
Peso Molecular ASTM D-2502	445g/mole
Corrosión (3hr Cu Strip a 100°C) ASTM D-130	1A
Azufre Total (Masa%) J-140	0.002
Número Ácido total (T.A.N.) ASTM D-664	0.01
Propiedades Eléctricas	
Rigidez Dieléctrica a 20°C, nominal	>30 KV/cm
Propiedades Ópticas	
Índice de Refracción ASTM D-1747	1.4722

* Estos son valores típicos de laboratorio y no se garantizan para todas las muestras.
** Nota: La práctica normal es medir el tanque de expansión, éste está de 1/4 a 1/3 lleno, cuando el sistema está frío y and 2/3 a 3/4 lleno cuando el sistema está a su máxima temperatura de operación.

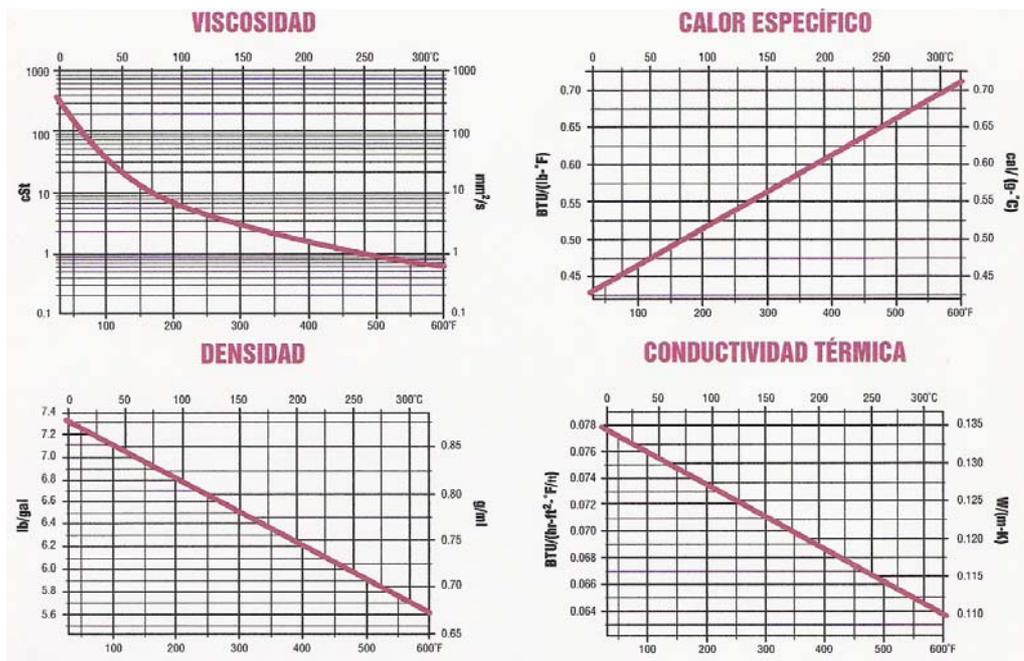


Fig. 3.12. Propiedades físicas del fluido Paratherm HE



3.3. BOMBAS DE CIRCULACIÓN

La norma UNE 9-310-92 establece que se deben incorporar dos bombas de circulación, de idéntico caudal, una de las cuales servirá como bomba de reserva.¹

Se incluirán por tanto dos grupos moto-bomba centrifuga para la circulación de aceite térmico. Estas bombas irán colocadas en paralelo y serán dimensionadas para el correcto funcionamiento de la instalación.

Las características técnicas principales son:



Fig. 3.13. Bomba de circulación de aceite térmico

- Marca Allweiler
- Caudal 240 m³/h
- ΔP 55 m.c.l.
- Potencia neta 45 Kw.
- Ejecución..... Horizontal
- Temperatura máx. trabajo 350 ° C
- Potencia del motor IP 55
- Sistema cierre Mecánico

Las motobombas irán conectadas convenientemente mediante un aparillaje de potencia en el cuadro de caldera. A través de esta conexión se debe asegurar que la detención de la bomba provoque necesariamente la interrupción de la combustión.

¹ De hecho, si la caldera es de potencia superior a 6.000.000 Kcal./h, las bombas deberán estar alimentadas por fuentes de alimentación diferentes.



3.4. DEPÓSITO DE EXPANSIÓN-DESGASIFICADOR

Como se indica en la norma UNE 9-310-92, se debe incluir en la instalación un depósito de expansión como seguro contra la posible sobrepresión del circuito de aceite térmico. Este depósito debe ser de capacidad suficiente. Así para volúmenes de instalación superiores a 1.000 litros, como es el caso, este depósito debe permitir absorber 1,3 veces el aumento de volumen de toda la carga de líquido de la instalación correspondiente a la máxima temperatura del líquido caloriportante.¹



Fig. 3.14. Depósito de expansión-degasificador

Este depósito de expansión deberá colocarse en el punto más elevado de la instalación y, dentro de lo posible, se colocará fuera de la vertical del generador de calor para evitar calentamientos por corrientes de convección.

La instalación de transmisión de calor será abierta, es decir, la unión del depósito con la atmósfera se realizará de manera libre y segura a través del depósito colector, de forma que no exista sobrepresión alguna. Para garantizar esto, la sección transversal de esta abertura debe cumplir con los requerimientos de la citada norma UNE 9-310-92. En ella se establece que la tubería de expansión no será seccionable ni presentará estrechamiento alguno, debiendo conducirse con elevación continuamente permanente hacia el depósito de expansión. Al ser de tipo abierto, se dotará a la tubería de expansión de un sistema para impedir que las corrientes de convección en el interior de la misma puedan calentar el líquido contenido en el depósito. Pues bien, la conexión con la atmósfera comentada antes, debe tener un diámetro igual o superior al valor más alto entre un valor mínimo establecido por la norma y la aplicación de una fórmula de cálculo, que se detallará en el capítulo dedicado al diseño de la instalación.

La misma norma UNE 9-310-92 dice que los líquidos portadores térmicos también deben protegerse, en caso necesario, contra el deterioro por oxidaciones. El depósito de la imagen realiza, además de la función de vaso de expansión, la función de degasificador tampón, proporcionando una protección contra la oxidación del fluido térmico.² Esta función de degasificador tampón tiene como objetivos eliminar permanentemente el aire, los vapores o las partículas ligeras (“cracking” del

¹ Si el volumen de la instalación es inferior a 1.000 litros, el depósito de expansión deberá absorber 1,5 veces dicho aumento de volumen.

² En los circuitos de gran capacidad, el vaso degasificador y el depósito de expansión han de instalarse de forma separada.



fluido térmico) del circuito para prolongar la vida del fluido, así como acelerar el tiempo de desgasificación de la instalación.

Se incluye por tanto dentro del proyecto, un depósito de expansión-desgasificador de aceite, de tipo abierto, del cual se adelantan las siguientes características:

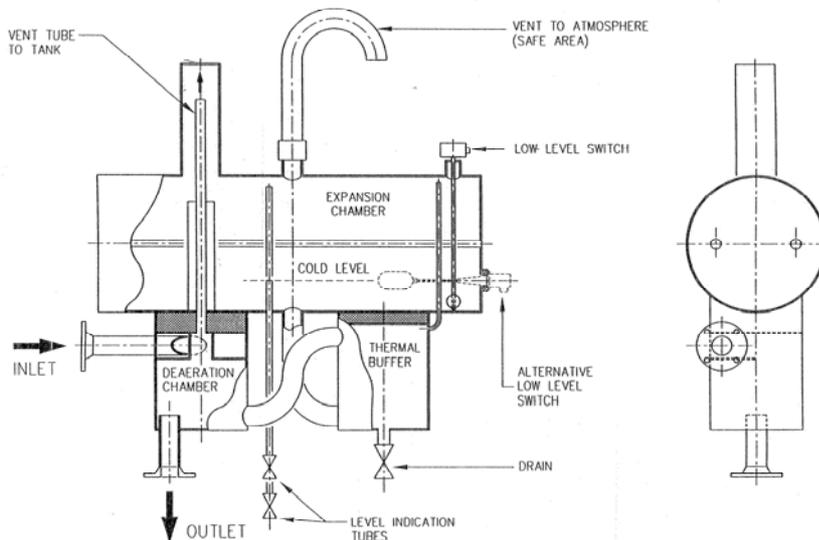


Fig. 3.15. Esquema del depósito

Volumen aproximado	3.000 l
Diámetro de virola	1.200 mm.
Longitud virola	3.000 mm.
Espesor	6 mm.

Este depósito incluye:

- Tubuladuras.
- Orejetas de elevación.
- Cunas preparadas para recibir estructura soporte.
- Certificado de prueba hidráulica.
- Nivel visual.
- Interruptor de nivel para la parada de caldera en caso de nivel insuficiente.
- Valvulería de servicio.

Para entender el funcionamiento de este equipo se puede utilizar la figura anterior. En ella se observa cómo el aceite térmico ingresa en uno de los tetones inferiores denominado cámara de desaireación. Esta entrada se produce de forma tangencial, creando una circulación del fluido en la que, gracias a la fuerza centrífuga,



se libera del aire y los vapores. A partir de aquí, estos elementos gaseosos se extraen a través de un tubo de venteo al interior del tanque donde, a continuación, se produce el venteo con la atmósfera de la manera convencional. La justificación de esta forma de efectuar el venteo de los gases se encuentra en la necesidad de mantener la estanqueidad del circuito de aceite térmico en la instalación completa.

Por otro lado, al aceite térmico, una vez desaireado, se le permite la expansión a través del segundo tetón del tanque, denominado buffer termal, para posteriormente ingresar en la cámara de expansión. Este segundo tetón está justificado por lo siguiente. El aceite, al entrar en el primer tetón, conserva una temperatura muy elevada. Para que no ingrese con esa temperatura en la cámara de expansión y ésta funcione correctamente, se utiliza un segundo tetón donde se producirá un enfriamiento inicial del aceite.

Por último, es conveniente indicar que con la instalación en frío, es decir, cuando permanece parada, el tanque de expansión debe contener un nivel mínimo de aceite para conservar la estanqueidad del circuito cerrado. Teniendo esto en cuenta, se debe dejar el espacio suficiente para la expansión de dicho aceite. Este espacio está directamente relacionado con el volumen total de aceite en la instalación completa. Se detallará el cálculo en el capítulo correspondiente al diseño de la instalación.



3.5 SISTEMA DE LLENADO/VACIADO Y RECOGIDA DE ACEITE

3.5.1. Depósito almacén

La norma UNE 9-310-92, en su apartado 10, indica que toda instalación fija de fluido térmico de capacidad mayor de 1.000 litros, como es el caso, debe disponer de un depósito colector situado en el punto más bajo de dicha instalación. Este depósito colector debe ser capaz de recibir la cantidad total de líquido de la instalación y debe disponer de un dispositivo de ventilación y vaciado.

Se incluye por tanto dentro del proyecto depósito de recogida, construido en acero al carbono y del que se adelantan las siguientes características:

Volumen aproximado	15.000 l
Diámetro de virola	2.200 mm.
Longitud virola	3.950 mm.
Espesor	5 mm.

Este depósito incluirá:

- Tubuladuras.
- Orejetas de elevación.
- Nivel visual.

El cálculo de este depósito colector se detallará en el capítulo correspondiente al diseño de la instalación.

3.5.2. Accesorios

Junto con el depósito se deben incluir los siguientes elementos del circuito de llenado y vaciado de la instalación.

- Motobomba reversible para llenado y vaciado de la instalación.
- Un filtro aceite.
- Tres válvulas de bola para aceite térmico.
- Diez válvulas de bola de tres cuerpos para aceite térmico para llenado y vaciado de la instalación.



3.6. CHIMENEA

La chimenea será construida con materiales resistentes a los humos, al calor y a las corrosiones ácidas que se pudieran formar, y dispondrá de un orificio para la realización de mediciones y tomas de muestras de los gases de combustión.

Se incluirá en el proyecto, por tanto, una chimenea modular de doble pared aislada con lana de roca, fabricada en acero inoxidable y con un diámetro interior de 600 mm.

La chimenea se compone de los siguientes elementos:

- Módulos rectos (1.000 mm.) para culminación a una cota de + 15 m.
- Pieza de transformación a la salida de caldera (cuadrada-redonda).
- Modulo de comprobación de humos.
- Accesorios para el paso de tejados.
- Módulo final libre.
- Anclajes, abrazaderas, etc.

Como se ha comentado en apartados anteriores, el cálculo de las características de esta chimenea se realizará en el capítulo dedicado al diseño de la instalación.



3.7. VALVULERÍA Y ACCESORIOS

3.7.1. Circuito principal

Se define como circuito principal el de circulación de aceite térmico entre la caldera y los colectores de envío y retorno de fluido.

Se incluyen dentro del proyecto todas las válvulas de interrupción, retención, filtros, acoplamientos flexibles y en general elementos necesarios para el buen funcionamiento de la instalación entre los dos puntos mencionados.

Los elementos principales son:

- Cuatro válvulas de interrupción de DN 200 con cierre de vástago mediante fuelle, con cuerpo en fundición GGG-40.3. especial para fluido térmico hasta 350 °C.
- Una válvula estabilizadora de presión de DN 150 con internos en acero inoxidable, fuelle de compensación de presiones, y cuerpo en fundición GGG-40.3.
- Dos filtros DN 200 con interior en acero inoxidable y cuerpo en GG-25 para aceite hasta 300 °C.
- Dos válvulas de retención de DN 200 con cuerpo en GG-25 para aceite hasta 300 °C.
- Dos conexiones flexibles de DN 200 en acero inoxidable con malla.

En el diagrama de flujos general que se incluye en los anexos se pueden observar todos estos elementos.

3.7.2. Colectores de envío y retorno

La distribución del aceite térmico procedente de la caldera a los diferentes utilizadores se hace por medio de un colector de 250 mm de diámetro, equipado con las siguientes conexiones:

- Entrada de fluido térmico DN 200
- Salida al sistema generador de vapor de DN 125
- Salida al sistema generador de agua caliente de DN 100
- Salida a la anterior sala de calderas de fluido térmico, de DN 100

Todas las conexiones de salida de fluido térmico están equipadas con válvulas de interrupción con cierre de vástago mediante fuelle con cuerpo en fundición GGG 40.3 especial para fluido térmico hasta 350°C.

El aceite térmico procedente de los usuarios se recoge en un colector idéntico al anterior para ser enviado a la caldera. Las conexiones son:



- Entrada de fluido del sistema generador de vapor de DN 125
- Entrada de fluido del sistema generador de agua caliente de DN 100
- Entrada de fluido procedente de la sala de la actual sala de caldera de fluido térmico con DN 100
- Salida a la caldera, en DN 200.

Al igual que en el colector de envío, las conexiones del colector con los usuarios se hacen por medio de válvulas de aislamiento de las características ya descritas.

Ambos colectores disponen de una conexión con el circuito de drenaje, que sirve para llenado y vaciado de la instalación. La conexión va provista de una válvula de bola de tres cuerpos, especial para aceite térmico.

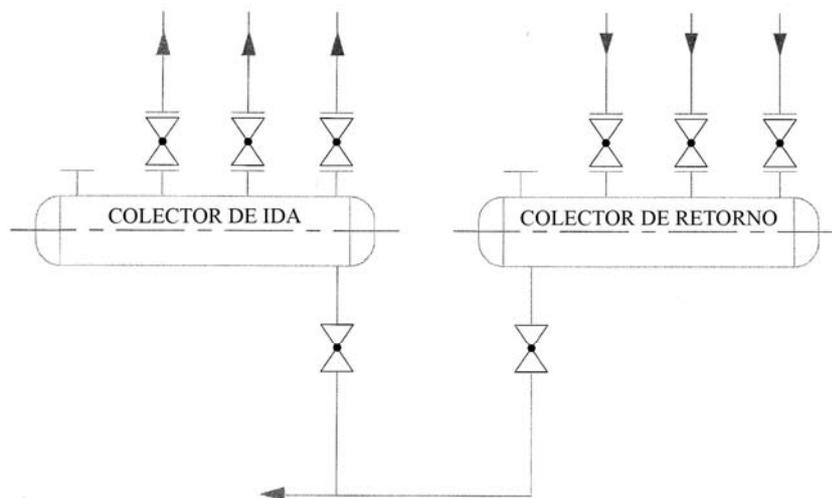


Fig. 3.16. Esquema de los colectores de aceite térmico

3.7.3. Circuitos secundarios

El proyecto incluye sistemas de regulación de temperatura, válvulas y accesorios necesarios para el buen funcionamiento en cada una de las líneas de fluido a usuarios o consumidores. El sistema de termorregulación será el mismo para ambos utilizadores, el generador de vapor y el de agua caliente, y será descrito a continuación.

- Circuito de generador de vapor

La regulación de la temperatura de utilización del aceite térmico en el generador de vapor es la clásica y se efectúa a través de una válvula mezcladora de tres vías que, en función de la temperatura de salida del vapor, abre o cierra la recirculación del aceite. Así, si el sensor de temperatura del utilizador devuelve una lectura de reducción de la temperatura, da una señal que abre el by-pass con la válvula de tres vías, reduciendo la energía térmica disponible para el utilizador. Al ser devuelto el aceite al generador sin ser utilizado, éste tiende a aumentar su temperatura. El termostato situado en el retorno de la caldera actúa sobre el quemador para reducir la potencia en la caldera, manteniendo así constante la temperatura de servicio.

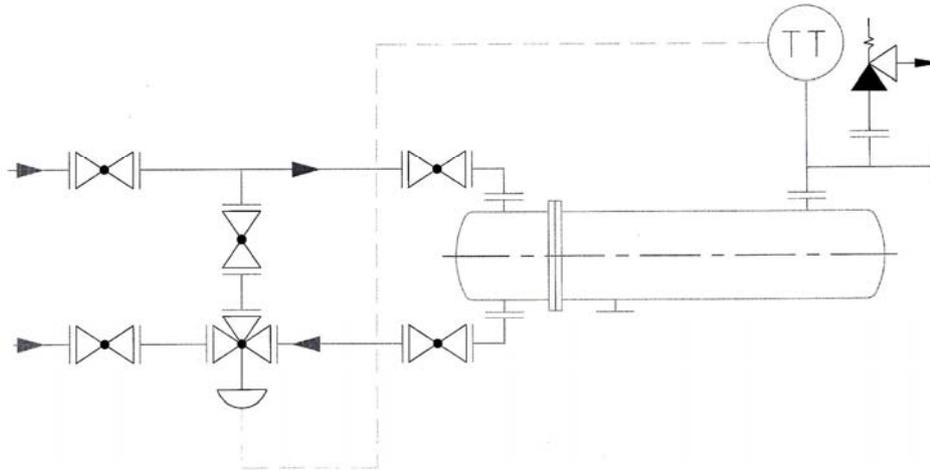


Fig. 3.17. Esquema de la regulación en el generador de vapor

Se incluirán por tanto dentro del proyecto:

- Una válvula de control de 3 vías DN 125 con característica lineal, fuelle de acero inoxidable y cuerpo en fundición GGG-40.3 o superior, especial para fluido térmico hasta 350 °C incluido actuador eléctrico.
- Un conjunto para control de la producción del calor aceite térmico/vapor, compuesto por sonda de temperatura, controlador incluido en cuadro eléctrico y posicionador para mando del actuador de la válvula de 3 vías.
- Cinco válvulas de interrupción de DN 125 con fuelle y cuerpo de fundición GGG-40.3 especial para fluido térmico hasta 350 °C, para las reparaciones y mantenimientos de los distintos elementos del conjunto.
 - Circuito de generador de agua caliente

La regulación de la temperatura del aceite térmico en el utilizador se efectúa de manera similar a la descrita en el punto anterior.

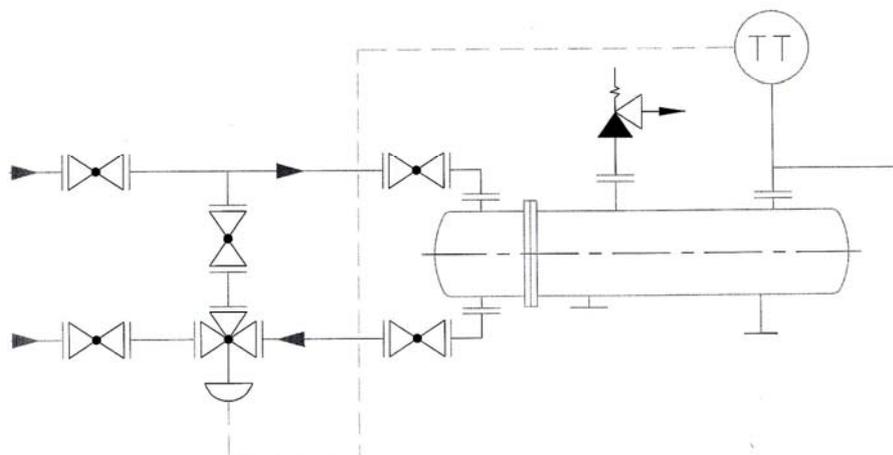


Fig. 3.18. Esquema de la regulación en el generador de agua caliente



Se incluirán por tanto dentro del proyecto:

- Una válvula de control de 3 vías DN 100 con característica lineal, fuelle de acero inoxidable y cuerpo en fundición GGG-40.3 o superior, especial para fluido térmico hasta 350 °C incluido actuador eléctrico.
- Un conjunto para control de la producción del calor aceite térmico/agua, compuesto por sonda de temperatura, controlador incluido en cuadro eléctrico y posicionador para mando del actuador de la válvula de 3 vías.
- Cinco válvulas de interrupción de DN 100 con fuelle y cuerpo de fundición GGG-40.3 especial para fluido térmico hasta 350 °C, para las reparaciones y mantenimientos de los distintos elementos del conjunto.
 - Circuito de fluido térmico

Como en este caso, el sistema de regulación de aceite térmico ya existe de la instalación actual, lo único que hay que contemplar para esta utilización es la conexión a ese circuito existente.

Se incluirán por tanto dentro del proyecto:

- Dos válvulas de interrupción de DN 100 con fuelle y cuerpo de fundición GGG-40.3 especial para fluido térmico hasta 350 °C.



3.8. GENERADOR DE VAPOR

3.8.1. Intercambiador aceite/vapor.

Un generador de vapor modelo SOV 3000/12 está representado en la fig. 3.19. siguiente:

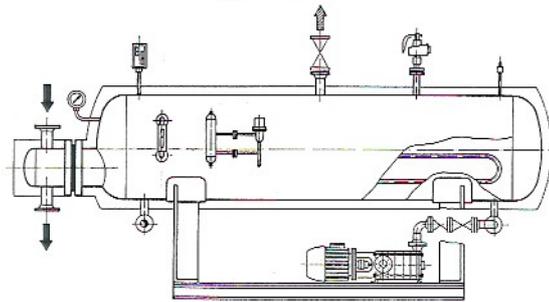


Fig. 3.19. Esquema del S.O.V.

En general, los generadores tipo S.O.V. son aparatos para la producción de vapor a una determinada presión y temperatura, de acuerdo con las exigencias del utilizador.

El vapor generado por el calentamiento del agua en el depósito, se acumula en la parte superior del recipiente por encima del nivel de agua. Cuando existe una demanda de vapor por el utilizador, la presión del recipiente disminuye, el agua sobrecalentada se evapora y el regulador de nivel de señal de entrada a la aportación de agua a través de la bomba de agua de alimentación, manteniéndose el nivel constante de la misma.

El calentamiento del agua se realiza por medio de un haz tubular, colocado en la parte inferior del recipiente, alimentado por fluido térmico primario a una temperatura mayor que la del vapor.

El haz tubular realizado en tubos curvados en U y fijados a una placa soporte, está dimensionado para un intercambio térmico con moderadas pérdidas de carga y coeficientes de ensuciamiento tanto interno como externo del tubo.

En estos equipos, según la producción de vapor requerida, y dependiendo de la potencia del generador, es posible prever recipientes complementarios para disponer de agua sobrecalentada de forma que el generador asuma la función de pequeño o grande volante térmico. Así, para recipientes de pequeñas dimensiones, de cara a una demanda imprevista de vapor se hace mínimo el volante térmico con un tiempo de calentamiento reducido y la máxima frecuencia con la que se utiliza el volante citado. Con un recipiente óptimamente dimensionado, en relación con las exigencias, el tiempo de calentamiento se alarga y el generador viene a asumir como una función de acumulador parcial de vapor.



3.8.2. Datos técnicos y dimensionales

GENERADOR DE VAPOR mod.	S.O.V 3000/12
SISTEMA	INDIRECTO
EJECUCIÓN	HORIZONTAL
POTENCIA TERMICA NETA	3.000.000 Kcal/h
FLUIDO PRIMARIO	ACEITE TERMICO
ESTADO FISICO FLUIDO PRIMARIO	LÍQUIDO
FLUIDO SECUNDARIO	AGUA
ESTADO FISICO FLUIDO SECUNDARIO	VAPOR
PRODUCCION DE VAPOR	5.000 Kg/h
TITULO DE VAPOR	SATURADO
SUPERFICIE DE INTERCAMBIO TERMICO	47 m ²
PRESION DE PROYECTO LADO VAPOR	10 bar
PRESION DE PRUEBA HIDRAULICA LADO VAPOR	17 bar
PRESION DE PROYECTO LADO ACEITE TÉRMICO	6 bar
PRESION DE PRUEBA HIDRAULICA LADO ACEITE TERMICO	9 bar
PRESION MAXIMA TRABAJO LADO VAPOR	12 bar
TEMPERATURA PROYECTO VAPOR	179 °C
TEMPERATURA PROYECTO ACEITE TERMICO ENTRADA	280 °C
TEMPERATURA PROYECTO ACEITE TERMICO SALIDA	240 °C
SALTO TERMICO	40°C
CAPACIDAD TOTAL DEPOSITO	3.840 Lts
CAPACIDAD A NIVEL MAXIMO	2225 Lts
CAPACIDAD MAXIMA HAZ TUBULAR	210 Lts
PESO EN VACIO	2.400 Kg
DIMENSIONES	5.310 x 1.980 x 1.550
CAPACIDAD BOMBA AGUA	8.000 Lts/h
POTENCIA BOMBA AGUA	7.5 Kw
TENSION DE FUERZA	380V 50Hz
TENSION AUXILIAR	220/24V



El depósito del SOV incorpora una serie de tubuladuras previstas para las siguientes funciones:

- Entrada y salida de aceite térmico
- Entrada de agua de alimentación
- Salida de vapor
- Purga de fondo
- Toma de presión
- Conexiones para indicador visual de nivel
- Conexiones para regulador de nivel
- Conexión válvula de seguridad
- Conexión para eventual sonda de control de salinidad

Además lleva incorporado un sistema secador de vapor colocado en la salida del mismo para eliminar eventuales gotas de agua arrastrada por el vapor a utilización

Por tanto, el generador de vapor se encuentra completo con los accesorios necesarios para el correcto funcionamiento, tales como:

- Bomba de agua de alimentación.
- Válvula salida de vapor.
- Válvula de seguridad.
- Niveles visuales.
- Manómetros, termómetros, etc.

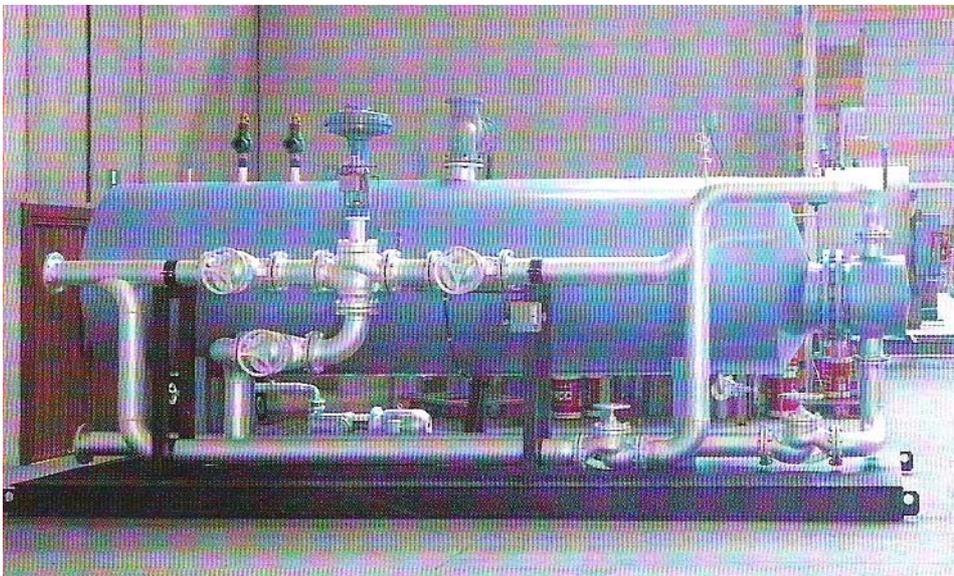


Fig. 3.20. Accesorios del S.O.V.



3.8.3. Sistema de aporte de agua

Este sistema se compone de:

- Depósito de retorno de condensados

El funcionamiento de este equipo es tal y como se observa en el siguiente diagrama.

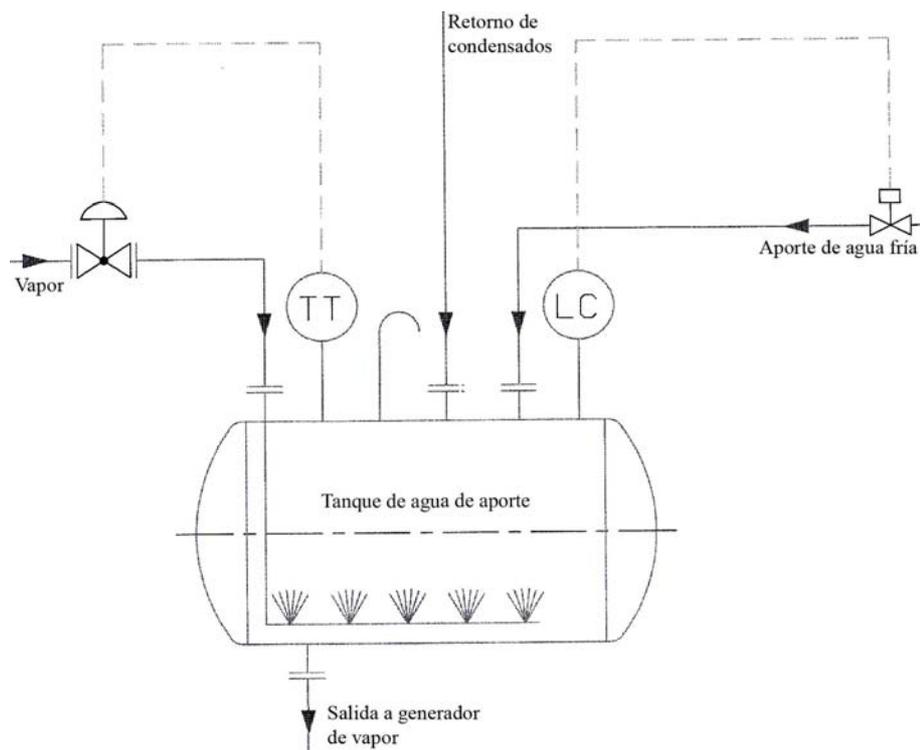


Fig. 3.21. Esquema del tanque de agua de aporte al generador de vapor

Se trata de un depósito de 6.000 l. de capacidad, construido en acero al carbono, que incluye lo siguiente:

- Tubuladuras
- Orejetas de elevación
- Nivel visual
- Sistema de control de nivel con interruptor de nivel y electroválvula.
- Termómetro
- Valvulería de servicio

El depósito deberá ir calorifugado para reducir las pérdidas térmicas.



- Tratamiento de agua

El tratamiento de agua de aporte al depósito de condensados se ha calculando, suponiendo los siguientes datos de partida:

Retorno de condensados.....	50%
Dureza agua	30 °F
Horas de trabajo caldera.....	16 h/diarias.
Caudal de trabajo	2,5 m ³

Con estas condiciones se ha estimado un descalcificador cronométrico con un volumen de resina de 220 litros. El descalcificador¹ incluye un depósito de salmuera para regeneración de la resina.

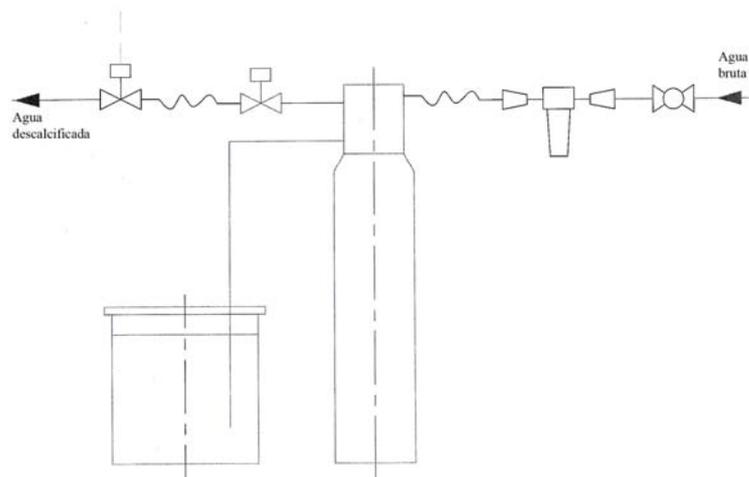


Fig. 3.22. Esquema del descalcificador y sus accesorios

- Accesorios

El sistema de aporte de agua al generador de vapor por intercambio de calor se completa con los siguientes accesorios:

- filtro en la entrada de agua a caldera
- filtro de malla en el aporte de agua al descalcificador
- cuadro eléctrico para control del interruptor de nivel, electroválvula de aporte de agua, descalcificador y bomba de alimentación al intercambiador.

¹ El principio de funcionamiento de este equipo se describirá en el capítulo dedicado al diseño de la instalación.



3.9. GENERADOR DE AGUA CALIENTE

3.9.1. Intercambiador aceite/agua.

El intercambiador aceite/agua es multitubular y está construido en acero inoxidable, con las siguientes características:

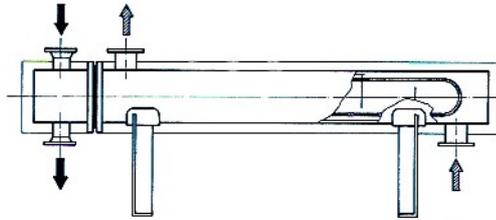


Fig. 3.23. Esquema del intercambiador aceite/agua caliente

GENERADOR DE AGUA CALIENTE	
LONGITUD	3.000 mm.
DIAMETRO	179 mm.
DIAMETRO TUBOS	16 mm.
LADO DEL ACEITE	
CAUDAL	50 m ³ /h
TEMPERATURA DE ENTRADA	280 °C
TEMPERATURA DE SALIDA	240 °C
LADO DEL AGUA	
CAUDAL	30 m ³ /h
TEMPERATURA DE ENTRADA	45 °C
TEMPERATURA DE SALIDA	90 °C

El generador lleva incorporadas las tubuladuras necesarias para toda la valvulería de servicio.



3.9.2. Sistema de aporte de agua.

Este sistema comprende los accesorios necesarios para el funcionamiento del intercambiador de aceite/agua, y está compuesto por:

- Depósito de agua

El depósito es de 6.000 litros de capacidad, está construido en acero al carbono e incluye lo siguiente:

- Tubuladuras
- Orejetas de elevación
- Nivel visual
- Sistema de control de nivel compuesto de interruptor de nivel y electroválvula.
- Termómetro
- Valvulería de servicio

El depósito deberá ir calorifugado para reducir las pérdidas térmicas.

- Accesorios

El sistema se completa con los siguientes accesorios:

- Bomba de circulación de agua.
- Filtro de DN 50 a la entrada de la bomba
- Válvulas de aislamiento de DN 50
- Manómetro a la impulsión de la bomba
- Cuadro eléctrico para control del interruptor de nivel, electroválvula y bomba de circulación.

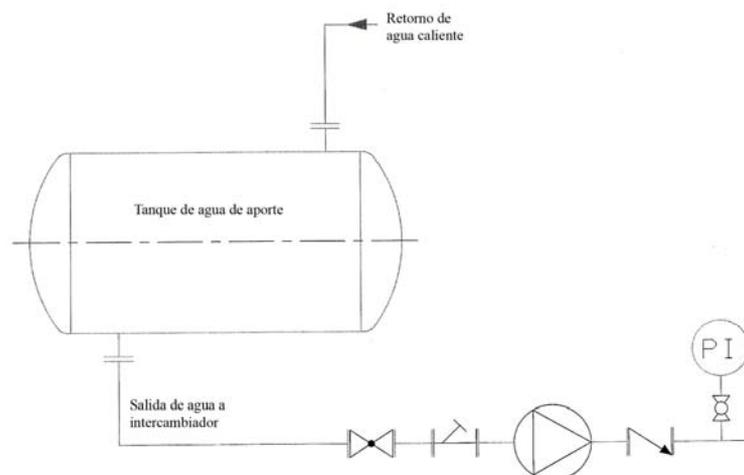


Fig. 3.24. Esquema del tanque de agua de aporte al intercambiador de agua caliente