



Índice

1. Introducción y objetivos, Proyecto fin de carrera.....	5
2. Introducción y objetivos, tecnología Termosolar.....	6
2.1 Tecnologías de explotación solar.....	7
2.2 Viabilidad energética y económica de la planta.....	10
2.2.1 Costes de la Instalación.	
2.2.2 Índice de consumo y producción	
3. Descripción de la Actividad.....	13
3.1 Conceptos previos	
3.2 Descripción del sistema	
3.3 Análisis general de producción	
3.4 Análisis general de almacenamiento térmico	
4. Principios Básicos de la Tecnología CCP.	19
4.1 HTF, Fluido Caloportador.	
4.2 Campo solar.	
4.3 Sistema HTF.	
4.4 Tren de generación.	
4.5 Ciclo Agua-Vapor.	
4.6 Turbinas.	
4.7 Sistemas auxiliares (BOP).	
5. HTF.....	28



6. EL campo Solar.....	36
6.1 Módulos, colectores y lazos	
6.2 Tubo absorbedor	
6.3 Tubería colectoras fría y caliente	
7. Sistema HTF.....	41
7.1 Descripción Funcional	
7.2 Bombas principales	
7.3 Sistema Ullage	
7.4 Depósitos de expansión	
7.5 Calderas de apoyo	
7.6 Tanques de sales	
8. Tren de generación.	51
8.1 Descripción funcional	
8.2 Economizador	
8.3 Evaporador	
8.4 Sobrecalentador	
8.5 Recalentador	
9. Ciclo agua vapor.	60
9.1 Descripción funcional	
9.2 Válvulas By pass	
9.3 Condensador	
9.4 Bombas de alimentación	
9.5 Recalentadores de baja y alta presión	
9.6 Tanque de alimentación.	



10. Turbinas.....	69
11. Sistemas BOP.....	70
11.1 Sistema auxiliar eléctrico	
11.2 Planta de tratamiento de aguas residuales	
11.3 Sistema de refrigeración	
11.4 Planta de tratamiento de agua	
11.5 Sistema contra incendios	
11.6 Planta de gas natural	
12. Análisis.....	76
12.1 Valvulería de campo	
12.2 Planta de filtrado	
12.3 El gas Natural	
12.4 Cálculo de Lazos y doblado de tren de generación	
12.5 Emplazamiento de equipos en obra	
12.6 Informe ambiental	
12.6.1. Marco legal.	
13. Infografía del proceso constructivo.....	84
14. Conclusión.....	89
15. Bibliografía.....	90





1. Introducción y objetivos, PFC.

El presente proyecto, trata de realizar el análisis y estudio de las plantas de generación de energía limpia y renovable, basadas en tecnología desarrollada a partir de captadores cilindro parabólicos.

Quizás la meta más importante no es el objetivo inherente al análisis, sino el estudio suficientemente pormenorizado, como para poder hacer participe a cualquiera en la materia. El proyecto constará de dos fuentes de información principales:

- 1- Documentación: Parte del proyecto escrita, encargada de recoger datos, maquinaria, soporte técnico, mecanismos...etc. Es decir todo aquella información relevante para la instalación y posterior explotación de una planta de estas características.
- 2- Presentación: Parte del proyecto visual y oral, en la que se tratara de exponer, explicar y defender el análisis y funcionamiento de una planta de generación de energía renovable mediante un video que simule una visita guiada que incluya anotaciones puntuales que expliquen los detalles más significativos del recorrido.

Para la mas eficiente comprensión de la parte documental se ha de tener en cuenta la estructura general que lo compone, ya que:

- En primer lugar se realizara un breve análisis que explique porque, como, cuando y cuanto puede abarcar la Energía térmica.
- En segundo lugar se tratara la funcionalidad de las centrales CCP en general, en que se basa, como se hace, donde se hace, porque se hace... etc.
- En tercer lugar se abarcan los principios básicos de la tecnología Termosolar CCP, enumerando y definiendo los equipos más representativos.
- Posteriormente, se realizará un estudio pormenorizado de cada uno de los elementos analizando su función e interacción con los demás equipos y detallando el proceso de generación completamente.
- Por ultimo se trataran diversos aspectos económicos/funcionales/legislativos que pueden llegar a mejorarse, junto con una conclusión final.

2. Introducción y objetivos, tecnología termosolar

Actualmente las energías renovables, constituyen un mercado con un constante desarrollo y crecimiento, proporcional a la asimilación del ser humano de la importancia de la conservación del planeta. Las nuevas tecnologías están inmersas en un continuo proceso de madurez, alimentado por la rentabilidad a la que están sujetas y una interminable pugna con el resto de energías renovables, capaces de explotar los ilimitados recursos que se encuentren en disposición de mantener el equilibrio de nuestro ecosistema.

Si bien es verdad que todo este proceso se mantiene a flote en la medida en que la moneda de cambio no es el beneficio del planeta, ni el apuntalamiento de la convivencia entre nuestra sociedad y el ecosistema, ni siquiera por asegurar nuestra continuidad en el, sino y por increíble que parezca, la propia moneda.

Mas allá, de la evaluación pormenorizada de la problemática susceptible de generarse por el sistema económico vinculado a nuestra sociedad, se extienden ante nosotros, nuevas metas que vislumbran futuros limpios, “económicos” y autosostenibles que permiten abastecernos de energía quemando nuestros propios residuos como la biomasa, o bien aprovechando fuentes de energía interminables como el sol y el viento en el caso de las plantas Termosolares y los generadores eólicos respectivamente.

El objetivo sobre el que se ha construido el Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, está dirigido a que las emisiones globales de gases de efecto invernadero en España no superen en más de un 37% las del año base en promedio anual en el periodo 2008-2012. Aproximadamente, un 20 % de la energía consumida en España para el 2013 debería proceder de fuentes no contaminantes, para lo que se han impuesto unas suculentas primas a nivel gubernamental que hacen viables proyectos como las centrales Termosolares.

Se trata de proyectos valorados entre 250 y 300 millones de euros y que difícilmente puede afrontar una empresa que no recurra una UTE. Plantas capaces de generar 50 Mw. eléctricos/hora, suponiendo el abastecimiento de 15.000 hogares, operando a plena carga durante siete horas y media tras la puesta de sol y evitando así la emisión a la atmósfera de 149.000 toneladas de dióxido de carbono al año.

Plantas que se levantan sobre un terreno de 200 hectáreas en el que se instalan campos solares de 510.120 metros cuadrados de espejos, lo que equivale a 70 campos de fútbol.

Es necesario aunar el esfuerzo de miles de trabajadores, procedentes de decenas de subcontratas para acercarse a las aproximadamente 3 millones de horas, que se necesitan para levantar un central de tales características.

Las centrales Termosolares se basan en la concentración de la radiación que llega a una superficie en otra de menor tamaño, de forma que se aumenta notablemente la temperatura de la superficie concentrada, por lo que, aprovechar todo este calor para calentar un líquido (en función del tipo de Termosolar) cuya misión es vaporizar agua con la que a través de una turbina podamos generar electricidad, se convierte en una realidad.

En función de la metodología de concentración de radiación encontramos diferentes tipos de Termosolares.

2.1 Tipologías de explotación solar.

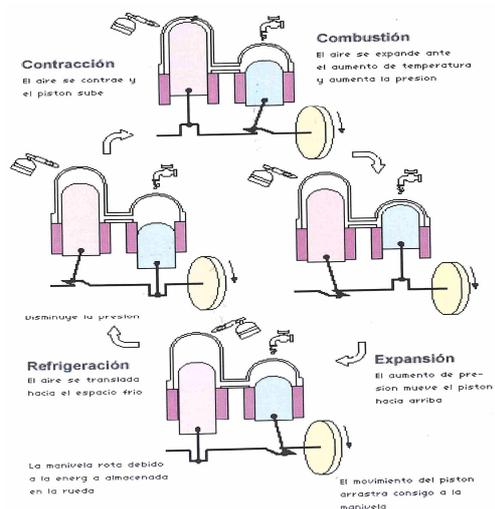
Disco Stirling.

Un sistema de concentrador disco Stirling está compuesto por un concentrador solar de alta reflectividad, por un receptor solar de cavidad, y por un motor Stirling que se acopla a un alternador. El funcionamiento consiste en el calentamiento de un fluido localizado en el receptor hasta una temperatura entorno a los 750°C . Esta energía es utilizada para la generación de energía por el motor o la microturbina. Para óptimo funcionamiento, el sistema debe estar provisto de los mecanismos necesarios para poder realizar un seguimiento de la posición del sol en dos ejes.

Este sistema tiene numerosas ventajas frente a las tecnologías que actualmente lideran el mercado de la explotación de la radiación solar, como la eliminación del Bloque de potencia convirtiéndose en una Energía mas barata, segura y versátil gracias a su disponibilidad de generación en función de presupuestos que no alcancen sumas millonarias.

Únicamente presenta un pequeño inconveniente, que no funciona: El motor stirling no es una incorporación actual a los más novedosos diseños de ingeniería, solo se trata de un motor que juega con el equilibrio de las presiones que se generan en los gases en función de las temperaturas a la que encuentran. De forma que, acoplado a un sistema de captación solar encontramos 750°C que calientan helio por un lado, mientras que por el opuesto encontramos un pequeño ventilador encargado de refrigerar la parte opuesta.

Actualmente no se consigue mantener en funcionamiento el sistema durante un tiempo significativo debido a un equilibrado progresivo de temperaturas.



Espejos Fresnel.

Otra prometedora tecnología aun no suficientemente desarrollada es el sistema Fresnel. De Igual forma que la anterior y que la mayoría de tecnologías inmaduras, promete innumerables ventajas respecto a las demás, que equilibran la problemática de una tecnología poco testada, respecto a los organismos inversores.

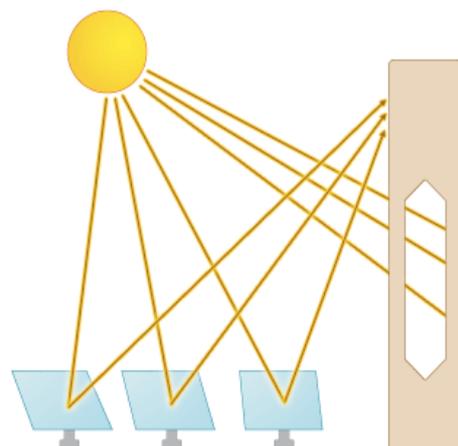


En concreto, la piedra angular de esta tecnología, es la manipulación con éxito de fluidos bifásicos, es decir, son capaces de calentar un fluido por ejemplo agua y convertirlo en vapor suficientemente seco, como para evitar la cuantiosa inversión en maquinaria que precisan las demás centrales. Además al igual que la anterior, es sencilla, barata y por supuesto, cuenta con la misma versatilidad energética que la tecnología disco stirling. En contrapartida a las ventajas, encontramos la inmadurez de la tecnología sumada a la problemática resultante de las plantas piloto en construcción.

Receptor central o de torre.

La tecnología de torre se posiciona como una tecnología termosolar con un grado de madurez media. En los sistemas de torre, un campo de helióstatos o espejos móviles que se orientan según la posición del sol, reflejan la radiación solar para concentrarla hasta 600 veces sobre un receptor que se sitúa en la parte superior de una torre. Actualmente presume ser la segunda opción mas valida, prueba de ello son las plantas construidas o en construcción, a pesar de sus no despreciables inconvenientes como:

- La altura de la torre se convierte en un obstáculo arquitectónico, debido a su incremento económico exponencial fruto del crecimiento en altura por demandas energéticas superiores.
- Los colectores deben estar proporcionalmente mas separados entre si en función de la separación que determine su posición respecto a la torre, produciendo así una perdida de rendimiento debido al incremento en distancia.
- El paso de una nube o el arranque diario obliga a la concentración del los captadores de uno en uno, para no someter a un intenso estrés térmico a la caldera donde se concentran. Lo que se traduce en largas pérdidas de generación.



Termosolares de captadores Cilindro parabólicos. (CCP)

Por último y como objeto principal del PFC encontramos la tecnología de las plantas termosolares de captadores cilindro parabólicos (centrales termosolares CCP).

La tecnología cilindro-parabólica es una tecnología limpia, madura y con un extenso historial que demuestra estar preparada para la instalación a gran escala. Esta tecnología lleva siendo instalada a nivel comercial desde los años 80 con un excepcional comportamiento. Desde entonces, ha experimentado importantes mejoras a nivel de costes y rendimientos. Actualmente hay más de 800 MW en operación, más de 2000 MW en construcción y alrededor de 6 GW en promoción a nivel mundial en países como España.



A su vez, junto con las demás tecnologías sigue evolucionando a pasos agigantados, incluyendo nuevos equipos y maquinaria que dotan a este tipo de plantas, de numerosas ventajas como, más autonomía, fluidez en la construcción, abaratamiento... etc.

2.2 Viabilidad energética y económica de la planta.

Cada vez es más evidente, que el planeta en el que vivimos agota los recursos energéticos con los que hemos desarrollado la era de mayor avance tecnológico de la humanidad. Pero no menos importante es la tendencia a evolucionar lenta pero progresivamente hacia un futuro que no castigue nuestros excesos, y donde la base de nuestra civilización este cimentada sobre conceptos conservadores de nuestro ecosistema y de la vida que habite en el, incluidos nosotros.

No obstante, el mundo se mueve con dinero, aunque solo sea la moneda del verdadero rotor del planeta, que es la energía. Así pues, no es de extrañar, que las empresas mas poderosas del planeta sumen esfuerzos ante oportunidades económicas disfrazadas con pretextos ecológicos, diseñados por los gobiernos.

El Real Decreto 661/07, establecía una prima por Mw/h exportado mediante energía termosolar de 268 Euros.

Estableciendo una media de 10 horas de funcionamiento diarias, en una planta capaz de generar 50 Mw/hora, con una Vida útil (como mínimo) de 25 años. Hacen un total de 49.000.000 de euros anuales, es decir aproximadamente 1200.000.000 de euros. Claro que hemos tomado como referencia una producción media diaria de 10 horas, que muy posiblemente pueda llegar hasta las 17/18 horas, con la instalación de equipos que actualmente ya incluyen las plantas y por supuesto será objeto de análisis a continuación.

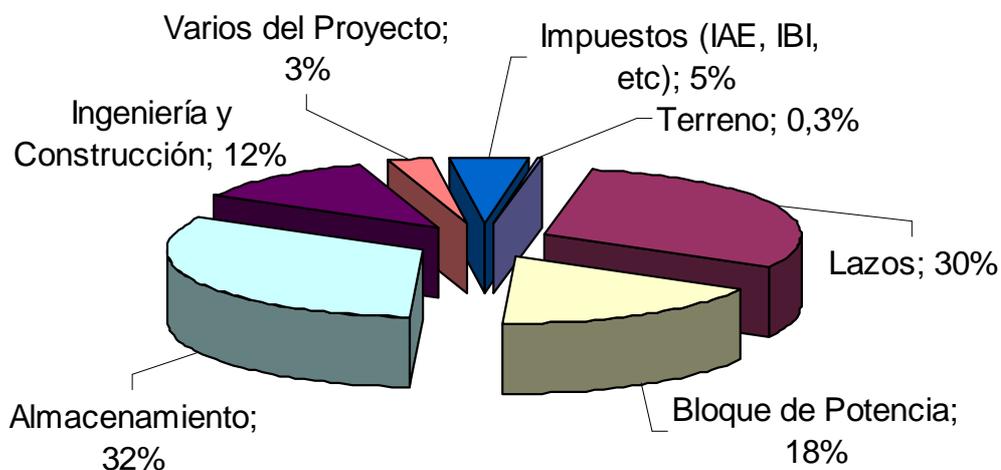
Mas o menos la cifra resultante capaz de convertir 250 millones de Euros en una suculenta y desproporcionada inversión, roza los 2.200 millones de euros.

Es decir, a partir del tercer año de funcionamiento de la planta y por supuesto con la inversión inicial recuperada, es posible aumentar el patrimonio del inversor entorno a los 90 millones de euros anuales. Aunque dadas las condiciones, raro es el inversor, que en la actualidad, construye únicamente una planta de 50 Mw y no dos juntas o incluso cuatro.

En cuanto a la viabilidad ecológica de la planta, después de tanto número parece una mera ilusión que verdaderamente el fin de todo esto sea ecológico. Pero datos como la capacidad de alimentar a 60000 hogares y evitar la emisión de 149.000 toneladas de dióxido de carbono al año deben hacer sentirnos esperanzados, ante la posibilidad de un progreso medioambiental severo.

2.2.1 Costes de la Instalación

COSTE TOTAL DE LA INSTALACIÓN	
Terreno	
Coste unitario del terreno	0,60 €/m2
Coste total del terreno	720.000 €
Coste lazos	
Coste unitario por Lazo	94 €/m2
Coste total de los Lazos	75.200.000 €
Bloque de Potencia	
Coste Total del Bloque de Potencia	44.515.005,72 €
Sistema de Almacenamiento	
Coste unitario del Almacenamiento	50.000 €/KWht
Coste total de almacenamiento	80.000.000 €
Total Costes Directos	200.435.005,72 €
Coste de ingeniería y construcción (15%)	30.065.250,86 €
Costes Varios del Proyecto	7.015.393,42 €
Impuestos (IAE, IBI, etc)	12.484.350,00 €
Total Costes Indirectos	49.564.994,28 €
Total Costes de Instalación	250.000.000,00 €



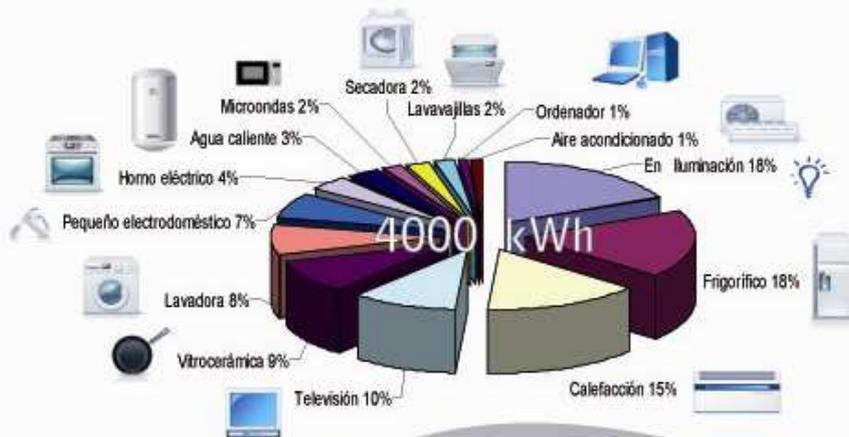
Coste total de la instalación en porcentajes

1.2.1 Índice de consumo y producción

Cúanto consume...

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), un hogar medio consume unos **4.000 kWh** al año, y la mayor parte se va en el frigorífico (18%), la iluminación (18%), la calefacción (15%) o la televisión (10%).

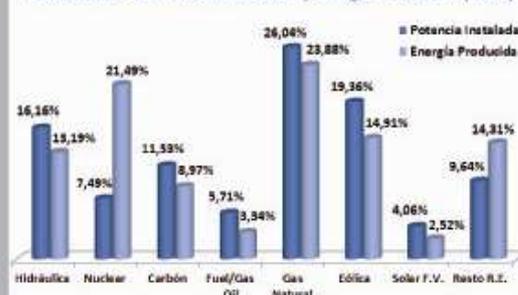
PROMEDIO CONSUMO POR HOGAR		
En Iluminación	18%	720 kWh/año
Frigorífico	18%	720 kWh/año
Calefacción	15%	600 kWh/año
Televisión	10%	400 kWh/año
Vitroceraámica	9%	360 kWh/año
Lavadora	8%	320 kWh/año
Pequeño electrodoméstico	7%	280 kWh/año
Horno eléctrico	4%	160 kWh/año
Agua caliente	3%	120 kWh/año
Microondas	2%	80 kWh/año
Secadora	2%	80 kWh/año
Lavavajillas	2%	80 kWh/año
Ordenador	1%	40 kWh/año
Aire acondicionado	1%	40 kWh/año
TOTAL	100%	4000 kWh/año



Cúanto genera...

	2008 (GWh)	2009 (GWh)
Total régimen ordinario	230.342	256.330
Hidráulica	21.428	23.808
Combustibles fósiles	155.939	129.791
Carbón	49.547	37.265
Gas Natural	93.373	60.135
Fuel Oil	12.810	12.277
Nuclear	58.975	52.741
Total régimen especial	80.501	94.915
Renovables y residuos	45.715	56.294
Hidráulica (Rég especial)	4.725	5.106
Eólica	31.334	37.785
Solar	2.594	6.999
Biomasa	2.802	3.327
Residuos	3.000	3.077
Cogeneración y tratamiento residuos	34.786	37.721
Total	310.843	350.345

Distribución de Potencia Instalada y Energía Producida (2010)





3. Descripción de la actividad

Las Plantas de Generación de energía Termosolar CCP, básicamente son el conjunto de una infinidad de equipos simples en el ámbito de la comprensión, pero que su función simultánea dota a las plantas de una complejidad característica.

Es más la teoría sobre la que esta envuelta la ingeniería de su actividad es tan simple como la comprensión de tres puntos básicos:

1. Calentar un fluido
2. Intercambiar el calor captado entre fluidos para crear vapor.
3. Utilizar el vapor para provocar el movimiento de una turbina.

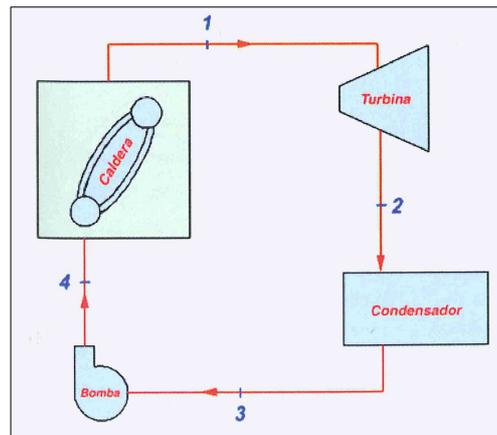
Los problemas básicos de algo tan simple, son las peculiaridades determinadas que presenta cada uno de los equipos que son necesarios para cumplir los tres propósitos, como pueden ser, condiciones de presión, presión de vaporización, previsibilidad energética ...etc.

3.1 Conceptos previos

Para poder entender el porque del desarrollo de esta tecnología se ha de tener en cuenta una serie de conceptos previos, cuya comprensión es vital:

1. Ciclo de Carnot: Es la teoría que expresa la imposibilidad de obtención de un rendimiento superior a partir de la conversión de energía térmica a energía eléctrica del 55%
2. Ciclo Rankine: Se trata de un proceso cíclico y cerrado cuyo propósito es la obtención de energía térmica, partir de la conversión de un fluido en sus dos fases (vapor y líquido) con el fin de generar movimiento en una turbina. Este es el principio básico de las Centrales Termosolares CCP

- (1) El vapor sale de la caldera con una presión y temperatura capaz de provocar una expansión isentrópica ciclo rank ima. en la turbina al que provoca trabajo, generando energía Pot.
- (2) Mediante un proceso de extracción de calor el vapor (condensador), condensa y cambia a la fase líquida. A continuación una bomba.
- (3), se encarga de mantener la recirculación y la presión del sistema bombeando el fluido en estado líquido a la caldera.
- (4), encargada de cambiar de fase de nuevo el fluido añadiéndole calor.



3.2 Descripción de la tecnología

Quizás una de las primeras preguntas que pueden surgir a partir de este punto es: ¿Cuanto de parecido es una central Termosolar CCP al ciclo Rankine? Ya que no parece que este sistema pueda alcanzar sumas de 250 millones de euros.

- En primer lugar: La turbina de generación de vapor, no es una, sino dos. Podemos establecer como razón principal la explotación más efectiva del rendimiento de la planta. Mas adelante abordaremos el estudio detallado de porque esta decisión.
- En segundo lugar: La bomba de circulación del fluido de generación (H₂O desmineralizada) es mas de una, y en muchos recorridos y sistemas.
- En tercer lugar: El condensador sigue siendo uno, pero con una infinidad de peculiaridades relacionadas con temperaturas y presiones.
- En cuarto lugar: La caldera encargada de calentar el fluido, es sustituido por un complejo sistema de aporte de calor, al que llamamos Sistema HTF que podemos considerar un nuevo circuito cíclico y cerrado combinado con el anterior al que llamaremos Ciclo agua vapor.
- Por ultimo: Existen una serie de sistemas auxiliares a los que llamamos (BOP), imprescindibles para el funcionamiento de la planta pero no implicados directamente en la generación de energía, como son:

- Sistema de refrigeración
- Planta de tratamiento de agua
- Planta de tratamiento de aguas residuales
- Sistema contra incendios
- Planta de gas natural.
- Subestación nitrógeno.
- Sistemas eléctricos.
- Sistema de vertidos.



El sistema HTF, llamado así por el fluido que circula en su interior, es el encargado de combinarse en un punto determinado con el ciclo Rankine para convertirlo en un ciclo agua vapor, como si de la función de una caldera se tratase. Además implícitamente es el sistema encargado de convertir la planta en energía renovable y limpia, con la sustitución de la caldera. Este, está dotado de 4 elementos principales:

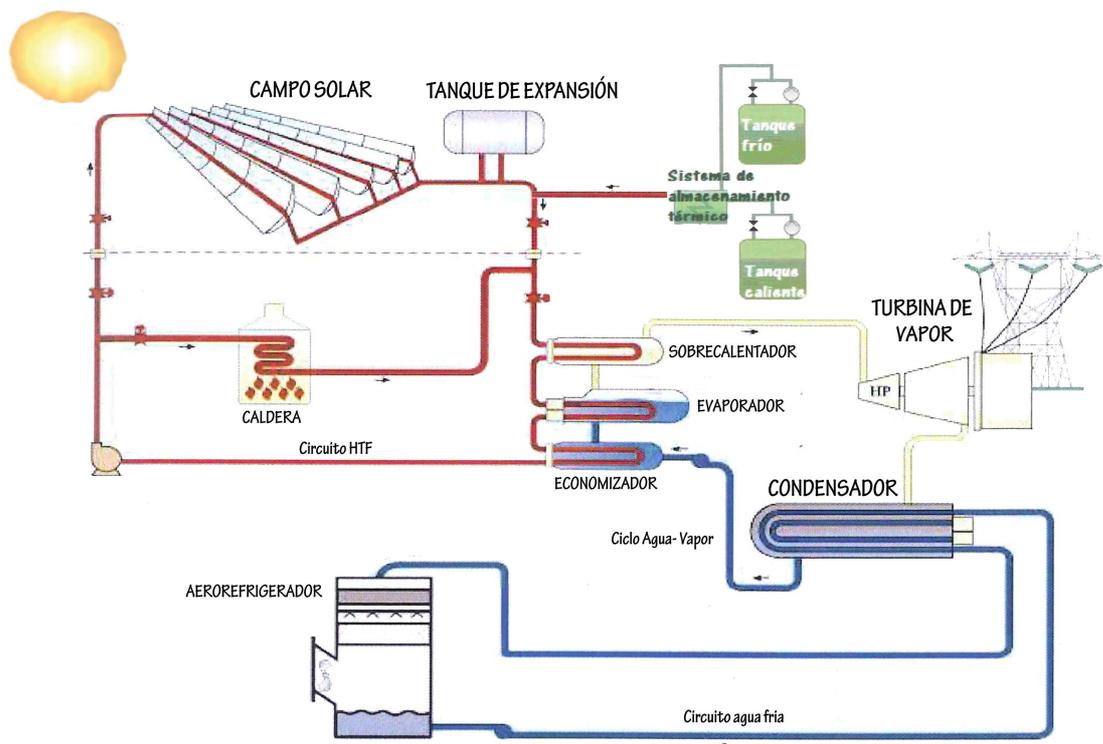
- Campo solar: Bastas extensiones de terreno cubiertas de captadores cilindro parabólicos encargados del calentar el liquido HTF.
- Calderas de apoyo: Calderas capaces de generar 1/3 de la potencia campo a pleno rendimiento, utilidades varias.
- Tren de generación: Conjunto de quipos encargados de combinarse con el circuito del agua para convertirlo en un circuito de agua vapor.
- Depósitos de sales: inclusión opcional del promotor, utilidad de generación en horas de radiación nula o escasa.

De todos ellos e incluidos los sistemas (bop) se realizara un estudio y análisis pormenorizado durante el desarrollo del PFC.

3.3 Análisis general de producción

Por un lado el sistema HTF (rojo), hace pasar un fluido través c de los captadores cilindro parabólicos donde alcanzando una temperatura de 393°C , pasa a intercambiar su temperatura en el tren de generación de vapor y volver al campo solar.

Como acabamos de ver esta dotado de otros dos importantes componentes (Caldera y tanques), que mediante válvulas bypass, el operador de la planta puede decidir utilizar o no en función de las condiciones de temperatura del fluido.



Por otro lado el ciclo agua-vapor (azul), intercambia temperatura con el líquido caloportador (HTF) en el tren de generación, utilizando varios equipos en cadena que someten al fluido Generador (agua) a los cambios necesarios para la producción de energía.

Es importante entender que en los circuitos de intercambio entre fluidos Bifásicos (que cambian de estado), el sentido de circulación entre ellos es siempre inverso. Es decir el HTF circula en un sentido y el agua en el contrario.

3.4 Análisis general de almacenamiento térmico

Respecto al sistema de almacenamiento, desde un punto de vista de producción eléctrica las centrales termosolares deberían poder tener la capacidad de mantener una salida de tensión estable en todo momento, independientemente de la potencia que sea capaz de absorber el receptor, es decir, independientemente de los diversos motivos que puedan desembocar en paradas no programadas como puede ser:

- Fenómenos meteorológicos
- Funcionamiento defectuoso o nulo de un equipo o sistema determinado.
- Disposición de personal cualificado.
- Etc...

Este novedoso y por otra parte inmaduro sistema permite el funcionamiento continuado del tren de generación, y además, protege los equipos del sistema de generación de los daños que producen los transitorios producto de fluctuaciones de la energía solar y el estrés térmico de paradas y arranques continuados.

Entre todos los sistemas de almacenamiento existentes, térmico, eléctrico, mecánico, etc..., el térmico es el más adecuado para este tipo de plantas. Lo que nos lleva al estudio de los tres tipos de calor que pueden intervenir según el sistema de almacenamiento elegido:

Calor Sensible: Es el tipo de energía que ofrece la posibilidad de almacenarse como energía térmica en un medio a una temperatura determinada. En el rango de temperaturas de operación, el agente utilizado como medio de almacenamiento no sufre un cambio de fase, es decir se mantiene en el estado independientemente de los rangos de temperaturas programados.

La capacidad de almacenar energía por unidad de volumen, viene dada por el producto de la densidad y el calor específico del medio utilizado.

Calor latente: Se trata de la energía que se manifiesta en los cambios de estado, en un margen de temperaturas muy estrecho, (teóricamente a temperatura constante). Este sistema tiene dos inconvenientes respecto al calor sensible ya que el medio a utilizar debe ser de gran pureza y los intercambiadores de calor requieren una superficie de transferencia elevada. Obviamente estos dos puntos influyen considerablemente en el coste de la instalación.

Almacenamiento termoquímico: Basado en la energía requerida para descomponer y recombinar especies químicas a través de reacciones químicas reversibles. Un aspecto interesante de este tipo de método es la posibilidad de su transporte a temperatura ambiente.

El sistema de almacenamiento por calor sensible es el mejor método para almacenar energía y recuperarla en un corto plazo de tiempo dado su coste. Este sistema se puede utilizar de forma directa e indirecta, es decir:



1. Utilizando el mismo fluido de transferencia de calor que circula por el receptor como medio de almacenamiento.
2. A través de un sistema de intercambiadores de calor con la consecuentes pérdidas térmicas durante el proceso. obviamente la temperatura de almacenamiento sería inferior a la de trabajo del receptor.

El almacenamiento se puede realizar con dos tanques o con uno. En el caso de utilizar dos tanques uno de ellos estará destinado a recibir las sales a una temperatura baja y el otro recibirá las sales a altas temperaturas siendo el segundo el encargado de ceder la energía almacenada al líquido generador del sistema de generación principal a través de intercambiadores mientras que el otro tanque se encargara de absorber la energía del sistema receptor. Esta configuración es la más habitual en este tipo de plantas.

En el caso de utilizar un único tanque de sales tanto la parte fría como la caliente se encuentran en contacto directo y permanente. Este es el efecto termoclino, basado en la estratificación que se produce por diferencia de densidad producto de la diferencia entre temperaturas. Evidentemente este sistema contribuye a la pérdida de calor de las sales mucho más rápido que el anterior de los dos tanques.

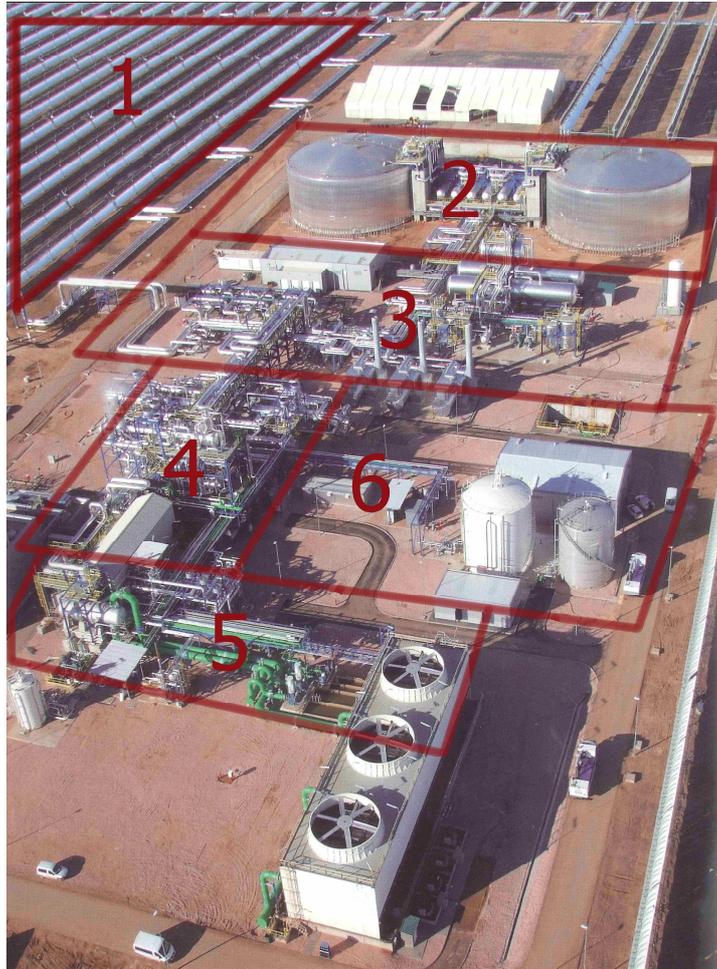
La carga se produce extrayendo el fluido frío de la parte baja del tanque introduciendo la caliente por la parte alta. En la descarga evidentemente el ciclo se invierte. El medio utilizado debe tener una continuidad térmica relativamente baja. El almacenamiento en termoclina es el utilizado en centrales de aire con un cerámico como medio de acumulación térmica.

4. Principios Básicos de la tecnología CCP

Es imprescindible tener una idea general previa a un estudio detallado, de los equipos más representativos, que acredite la asimilación eficaz del concepto de Planta Termosolar CCP. Así pues, los puntos 5,6,7,8 y 9, serán cuna de análisis integro de la tecnología, tras el siguiente estudio previo.

Cada uno de los elementos que a continuación se describen, son equipos vitales para el funcionamiento de este tipo de tecnología y no cabe sustitución por otros que respondan de forma dubitativa ante solicitudes de presión, temperatura, radiación...etc. de magnitudes semejantes.

1. Campo solar
2. Tanques de sales
3. Sistema HTF
4. Tren de generación
5. Ciclo agua vapor
6. BOP



4.1 HTF, Fluido caloportador.

El Fluido HTF, es una composición química diseñada específicamente para las centrales Termosolares CCP. Sus propiedades físico químicas le permiten alcanzar temperaturas de hasta 420° C sin degradarse y cristalizar con temperaturas mínimas de 38° C hasta alcanzar la congelación a los 12° C.

Su aportación es clave, ya que se trata del fluido caloportador encargado de intercambiar la temperatura adquirida en el Campo solar, con el Ciclo agua-Vapor.

4.2 Campo Solar.

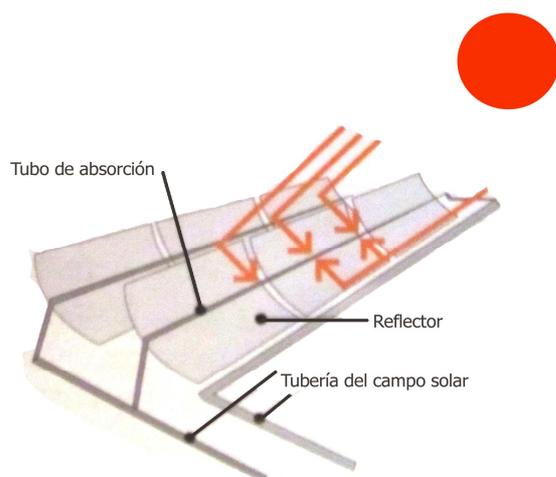
El campo solar puede considerarse el corazón de la energía Termosolar, es el punto de partida de una tecnología limpia e interminable. Por el, circula el fluido HTF, el que progresivamente continuara adquiriendo temperaturas superiores en función de la prolongación de su circulación por el campo, hasta su regreso al bloque de potencia*

Se trata de bastas extensiones de terreno cubiertas de...

Espejos.

Los espejos son los responsables de la concentración de de la radiación solar sobre una superficie de menor tamaño, con aproximadamente de 4 a 5mm de espesor y a partir de un proceso de curvado en caliente, obtienen un forma parabólica que les permite ir colocados directamente sobre una estructura.

El conjunto de 28 espejos, la estructura de soporte y el tubo absorbedor central por donde circula el HTF recibe la denominación de Modulo.



Tubo absorbedor

Si el campo solar puede considerarse el corazón de la energía renovable, quizás debiéramos entender al tubo absorbedor, como el corazón que sostiene su tecnología. Ya que tras numerosos prototipos, se ha conseguido perfeccionar hasta obtener una rendimiento aceptable. De lo contrario no podría haberse convertido este campo en un realidad.

Esta compuesto por dos tubos concéntricos, de los cuales el primero (vidrio transparente) crea un vacío d entre 4 y 6 mbar, y el segundo (tubo metálico) es el encargado de conducir el fluido HTF Permitiéndole adquirir temperatura en su recorrido.

Tubería colectora fría y caliente.

A pesar de que, en la totalidad de la bibliografía consultada, sitúa la tubería colectara como parte del sistema HTF, es preferible considerarla por su situación, ya que se extiende a lo largo y ancho de todo el campo solar distribuyendo la ida y la vuelta del HTF.

Estas tuberías cumplen el propósito de dirigir el HTF frío (295 ° C) hacia los Captadores y devolverlo caliente al bloque de potencia (400 ° C).

**Bloque de potencia: se entiende como bloque de potencia en las centrales de energía, la zona destinada a la ejecución de procesos relacionados directamente con la generación.*

4.3 Sistema HTF.

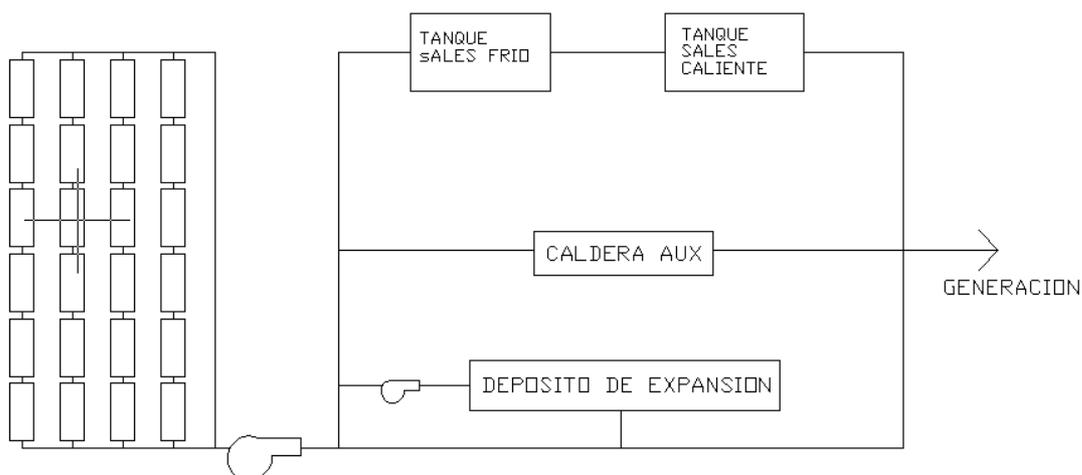
Entendemos como sistema HTF, al conjunto de equipos que se encargan de mantener la presión y circulación del fluido caloportador constante. De entre todo ellos podemos destacar dos, que también se encargaran establecer temperaturas que respondan a unos mínimos o incluso a la producción de energía durante periodos de radiación no efectivos.

El sistema esta compuesto por una serie de equipos y subsistemas que se describen a continuación:

Sistema de bombeo. (1)

El cual se encarga de asegurar una circulación y presión constante en todo el entramado de tubería que circula por el campo y por el bloque de potencia.

La disposición de este tipo de equipo puede variar en todos los aspectos en función de la ingeniería,



Tanques de expansión. (2)

Los tanques de expansión son un elemento obligatorio en todas las instalaciones basadas en el calentamiento de un fluido caloportador que circula por un entramado de tuberías con distintos propósitos. Además de conseguir mantener una presión constante en el sistema, situándose en el punto más alto, es utilizado para asumir el incremento de volumen producido por la dilatación con el incremento de temperatura.



Caldera Auxiliar o de apoyo. (3)

Como indica su nombre este equipo es el encargado de mantener una temperatura mínima del fluido caloportador, ya que el fluido HTF debe cumplir unas especificaciones de producto, de entre las cuales respetar la temperatura mínima y máxima, quizás es la más importante.

Su disposición en la planta, de igual forma que las bombas, en gran medida depende de factores relacionados con las preferencias de la ingeniería.

Sistema de eliminación de productos de degradación. (4)

A pesar de considerarse, un sistema cerrado, las condiciones extremas de temperatura y presión generan fallos de sellado en puntos muy concretos, que si bien no pueden considerarse significativos en la consideración de sistema cerrado, el contacto del HTF, con el exterior provoca una corrosión y degradación del fluido que debe filtrarse.

Es muy común en estas plantas utilizar un mecanismo llamado sistema Ullage, que aporta una solución medianamente aceptable.

Tanques de Sales. (5)

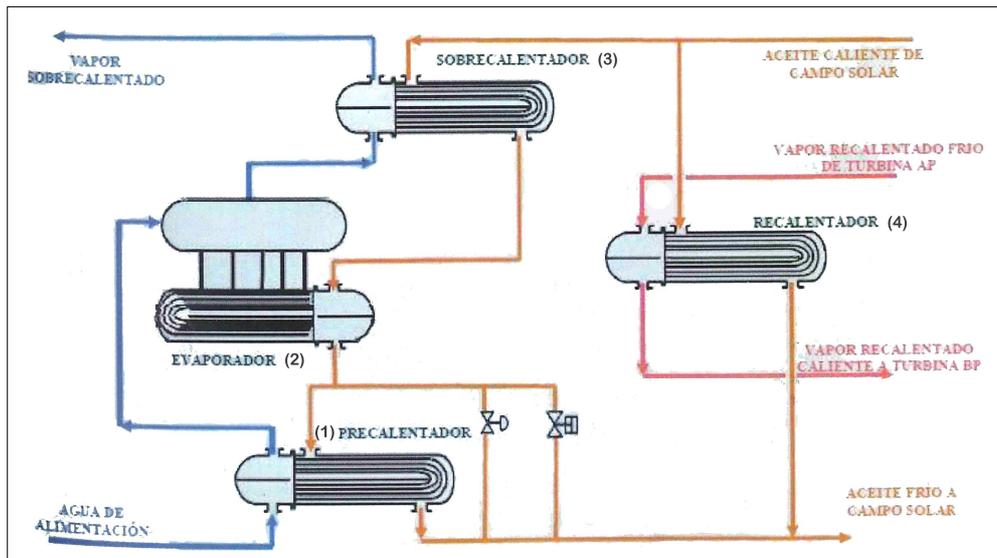
Dentro de los elementos, que pueden o no tener cabida dentro el sistema HTF, son los Tanques de Sales, que con una incorporación más bien precoz se sitúa en la opinión de muchos expertos, como un equipo imprescindible gracias a las peculiares propiedades de sales, que dotan a la planta de una autonomía hasta el momento inexistente.

Las sales que circulan en el interior de estos tanques, son capaces de mantener temperaturas superiores a los 300° C sin registrar apenas pérdidas durante 2 días, de forma que en periodos nocturnos o lluviosos donde la radiación es nula son utilizadas como fuente de intercambio de temperatura con el HTF.

4.4 Tren de generación.

Entendemos por tren de generación al conjunto de equipos necesarios para ejecutar con éxito el cambio de fase del fluido generador de energía. Es decir, los equipos necesarios para convertir el agua desmineralizada en vapor seco, por medio del intercambio de temperatura con el HTF.

El ciclo Rankine aplicado al sistema de una planta Termosolar prevé la necesidad de varios equipos que adecuen el estado de los fluidos como son:



Economizador o precalentador (1)

Punto de partida seleccionado al azar, ya que el proceso es cíclico. Encargado de calentar el agua hasta una temperatura óptima para obtener la máxima eficiencia del siguiente equipo tras su recirculación hasta el.

Evaporador (2)

Equipo destinado únicamente a convertir el agua en vapor, el aumento de temperatura que produce, es del orden de entre 4 y 5 ° C, seguidamente recircula el vapor al siguiente equipo.

Sobrecalentador (3)

Imprescindible para convertir el vapor de agua, en vapor sobrecalentado, es decir vapor a una temperatura suficientemente alta para no provocar condensaciones que puedan dañar a equipos susceptibles de ello.

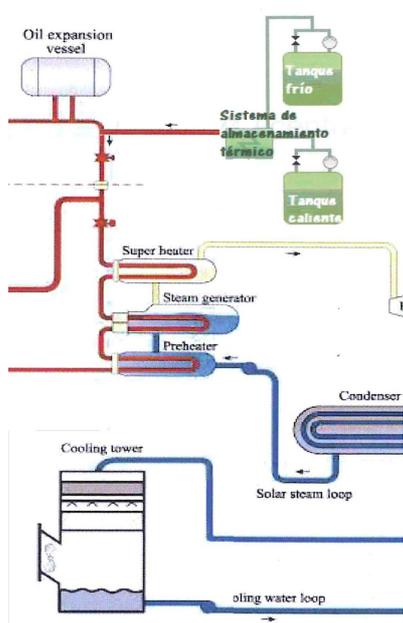
Recalentador (4)

De igual forma que el anterior el anterior su misión es calentar el vapor para establecer una temperatura óptima de trabajo en el. entre otras muchas a parte de sus situación en la planta, las diferencia mas significativas es el salto térmico que provoca en el vapor y que como su nombre indica, recalienta el vapor enfriado que previamente ya fue calentado.

4.5 Ciclo agua-vapor.

Ciclo en el cual el agua, es tratada por cada uno de los equipos que lo componen en función de la necesidad sujeta a la eficiencia de la planta. Aunque el aporte de agua al circuito es constante se ha de considerar de igual forma un circuito cerrado, ya que este sistema es la verdadera esencia del ciclo Rankine adaptado a una central termosolar.

Como ya indicamos anteriormente, todos los sistemas basados en el intercambio de temperatura entre fluidos que cambian de fase en el proceso, el sentido de circulación es siempre inverso, implícito esta, que algunos de los equipos que presenten ambos circuitos han de ser comunes. Tal es el caso de:



- Economizador o precalentador
- Evaporador
- Sobrecalentador
- Recalentador

Tanque de agua de alimentación.

El tanque de agua de alimentación, se sitúa en la parte mas alta del entramado de elementos, que dan forma al ciclo agua- vapor. Tiene como función única y principal, establecer una presión determinada que evite la cavitación en las bombas, ya que actualmente, el aporte de agua al circuito se realiza en el condensador, desencadenando así, una serie de escasez de prestaciones que analizaremos durante el desarrollo del punto 9.

Bombas de agua de alimentación (1)

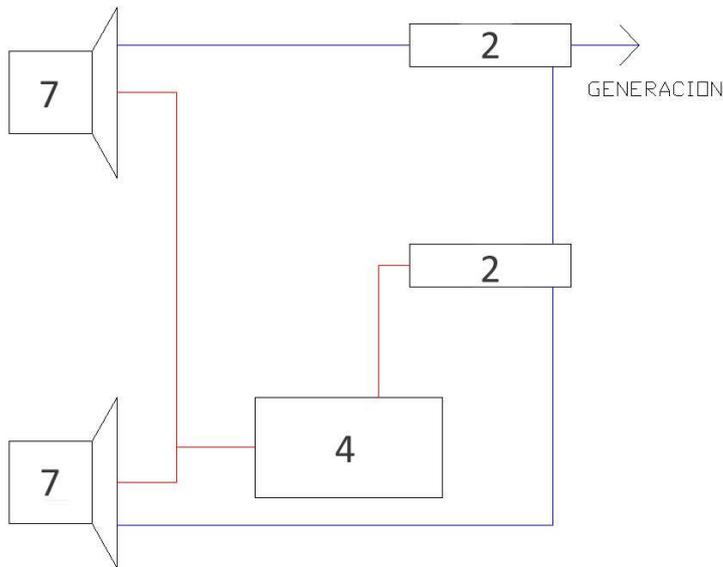
De Igual modo que todos los entramados dispuestos de forma que induzcan una circulación de un fluido por su interior, el ciclo de agua-vapor, necesita un sistema que genere el movimiento. Tanto es así, que en este caso, encontramos Bombas que cumplen este objetivo, en diferentes partes, en la medida que la instalación lo requiere.

Precalentadores de alta y baja presión (2)

Dos de los equipos por los que el sistema de bombeo, recircula el agua desmineralizada, intercambiando temperatura entre fluidos fríos del mismo circuito. Es decir, el agua, necesita obtener unas condiciones de Temperatura y de presión, previas a su tratamiento posterior de intercambio con el sistema HTF. Concretamente la temperatura del agua debe ser de 245 ° en la entrada al tren de generación. Obtenemos la temperatura y presión mediante los precalentadores (por el intercambio de fluidos vapor-agua) y en el sistema de bombeado respectivamente.

Válvulas Bypass. (3)

En cierto modo estas válvulas, son un mecanismo de protección de las turbinas en periodos de arranque, paro de emergencia... Etc. Existen varias estrategias en la disposición de estas, cada cual mas auto protectora de la instalación e incluso de si mismas.



Condensador (4)

Situado a la salida de las turbinas, es el encargado de abastecer de agua al circuito por dos métodos. Evidentemente el primero de ellos se basa en la condensación del vapor, cuya función de generación en este punto ha llegado a su propósito, el segundo, es el de abastecer de agua al sistema cubriendo las pérdidas provocadas en el evaporador.

Sistema de vacío (5)

Por diversos motivos relacionados con el incremento en la producción de las turbinas, el condensador debe permanecer en unas condiciones de presión que identificamos como vacío. Este sistema Es el encargado, no de generar el vacío, sino de asegurar, esta condición extrayendo las moléculas de vapor o aire remanentes del verdadero proceso de regulación de presión.

Sistema de vapor de sellos (6)

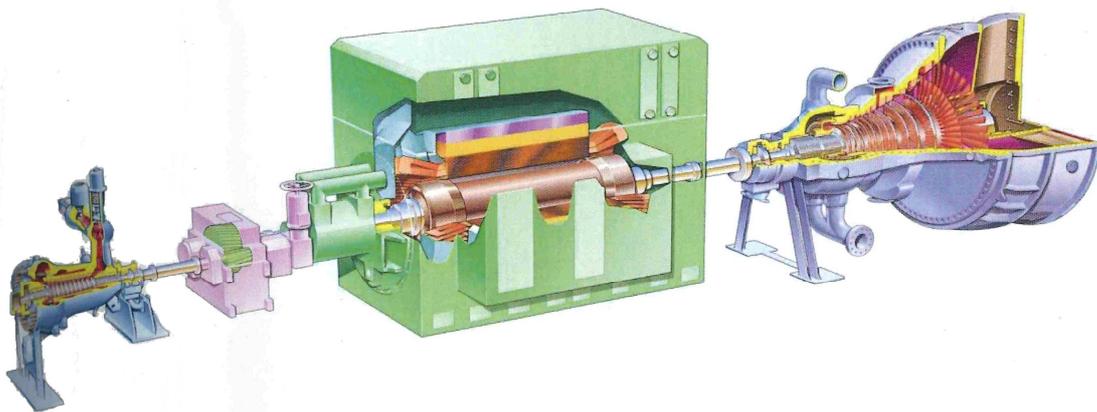
Por ultimo, y como un mecanismo de protección de las turbinas mas, es necesario un “pequeño” sistema compuesto por caldera bombas y condensador de vapor, encargado de condensar el vapor para garantizar la estanqueidad de las turbinas.

4.6 Turbinas.

Las Turbinas (7), son las responsables directas de la generación de energía. Mediante el movimiento generado con el paso de vapor sobrecalentado por el interior de ellas a una presión y temperatura determinadas transforman el movimiento en energía potencial mediante la rotación.

Estas turbinas no son un elemento innovador adaptado al uso de las plantas termosolares, sino que su comportamiento rendimiento y eficiencia forman parte de una trayectoria, que las cataloga como equipos con un gran alto grado de madurez.

En este caso, el máximo aprovechamiento de la energía térmica generada solo puede ser transformado en electricidad con la mayor efectividad posible, instalando dos turbinas. Turbinas de baja y alta presión que completan el circuito de agua vapor.



TURBINA SIEMENS SST-700 50 MW

4.7 Sistemas auxiliares (BOP).

Los sistemas Auxiliares, presentes en cada obra de ingeniería, construcción, e instalaciones, con las que interactuamos a menudo en la vida diaria, nos proporcionan sin llegar a ser equipos imprescindibles una comodidad y viabilidad en la instalación, que amortiza sin duda alguna la inversión en plazos aceptables.

Podemos entender BOP (balance of plant), como el abanico de posibilidades que ofrecen una determinada serie de equipos que cumplen una función en muchas ocasiones vital para la planta .Es decir:

1. Sistema de refrigeración principal: Debido a los escasos rendimientos que caracteriza "El ciclo agua-vapor". Gran cantidad de la energía generada por el campo solar, es desaprovechada, lo que se traduce en una necesidad de refrigeración aportada por distintos tipos de sistemas.

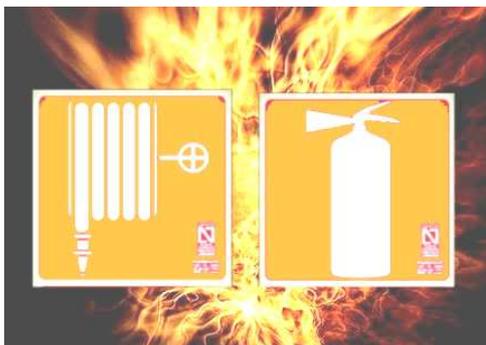
2. Sistema de refrigeración de equipos: Algunos de los componentes mas importantes de la planta de energía como son, las bombas, generador, compresores... etc. Necesitan un sistema de refrigeración que por las características fisicoquímicas del fluido refrigerante debe ser diferenciado del anterior.

3. Planta de Tratamiento de agua: Cuya función es necesaria por los distintos tipos de agua necesarios para la producción de energía sistema de refrigeración, incendios, limpieza espejos... etc.

Las posibilidades son varias ya que se extienden desde la instalación de diferentes tipos de planta hasta la compra de un tipo de agua específica a las plantas de tratamiento externas.

4. Planta de tratamiento de efluentes: necesaria para el tratamiento de los vertidos con composiciones fisico-químicas especiales, producto de sistemas de refrigeración de equipos, vertidos imprevistos... etc.

5. Estación de Gas: Necesaria para la alimentación de las calderas de apoyo principalmente. EL abanico de posibilidades no es muy extenso pero si susceptible de un minucioso estudio.



6. Sistema de aire comprimido: Necesario para mantener las condiciones de sellado de algunos elementos y las de circuito cerrado a presión del sistema HTF.

7. Sistema contra incendios: No precisa explicación en cuanto a objetivos pero si la necesidad de un análisis para prevenir situaciones de peligro futuros.

** En todos los casos se realizará un estudio pormenorizado en el apartado 9*

5. HTF.

Todos y cada uno de los sistemas que engloban el mundo de la energía termosolar, tiene en común el uso de un fluido caloportador, cuyo propósito es el de adquirir temperatura para generar vapor directa o indirectamente.

El caso de la centrales termosolares CCP, se utiliza un fluido Caloportador al que llamamos HTF para generar vapor de una forma indirecta. Es decir se realiza el intercambio de temperaturas entre fluidos en un punto determinado de la instalación, sin llegar a modificar la fase (estado líquido, sólido o gaseoso) del fluido que circula por la red del campo solar.

Las propiedades que debe tener un fluido térmico son:

- Resistencia a la oxidación
- Estabilidad química
- Larga vida Útil
- débil tensión del vapor
- Baja volatilidad
- Baja viscosidad
- Baja viscosidad
- Baja viscosidad
- Bajo punto de fusión
- Bajo poder oxidante
- Bajo precio
- No debe ser toxico.
- Optima transferencia de calor

No obstante es muy poco probable encontrar un compuesto que satisfaga las propiedades anteriormente citadas por completo. De hecho, para ser realistas el HTF esta considerado como uno de los "males necesarios" de la instalación, ya que es nocivo por inhalación, irrita ojos, piel y vías respiratorias, toxico en organismos acuáticos, y es inflamable a partir de los 115° C y a partir de los 600° C produce auto ignición, razón por la cual es necesario establecer zonas ATEX* en puntos concretos de la planta

Es una mezcla eutéctica* de difenilo 73,5% y oxido de difenilo 26,5, capaz de alcanzar temperatura de hasta 420° C sin degradarse, y 12 sin llegar al estado de total congelación. Esta última es una de las razones principales por la que es necesario el apoyo de calderas que mantengan la temperatura del HTF, por encima de los 38° C, que es la temperatura sobre la que empieza a cristalizar.

**eutectica: mezcla exacta de compuestos químicos que solidifica a una temperatura inferior que cualquiera de sus componentes. En concreto el difenilo y el oxido de difenilo cristaliza a partir de los 68° C.*

**Atex: Determinadas Zonas de una planta de energía, susceptibles de ignición por la existencia de productos inflamables. Existen distintos tipos de grados que las catalogan en función de la peligrosidad, y el nivel de consideración a adoptar*

5.1 Presión de vaporización.

Es importante entender, respecto al comportamiento de los fluidos, que la temperatura a la que cambian de fase y vaporizan no es la misma en función de la presión a que están sometidos. Por ejemplo, de todos es conocido que el punto de evaporación del agua a presión atmosférica es de 100° C, sin embargo necesitamos una temperatura de 314 ° C para evaporar el agua del ciclo agua-vapor por estar sometida a una presión de 105 bars.

Del mismo modo el HTF se encuentra sometido a una presión no inferior de 18 bar en ningún punto de la instalación, lo que implica una temperatura de vaporización superior a los 405° C que indica en la tabla.

Temp. °C	Vapor Pressure bar	Viscosity mPa sec	Specific Heat kJ/kg K	Thermal Cond. W/mK	Density kg/m ³
15	0.00	5.00	1.558	0.1395	1063.5
65	0.00	1.58	1.701	0.1315	1023.7
105	0.01	0.91	1.814	0.1251	990.7
155	0.06	0.56	1.954	0.1171	947.8
205	0.28	0.38	2.093	0.1091	902.5
255	0.97	0.27	2.231	0.1011	854.0
305	2.60	0.20	2.373	0.0931	801.3
355	5.80	0.16	2.527	0.0851	742.3
405	11.32	0.12	2.725	0.0771	672.5

5.2 Degradación.

La degradación se produce por cuatro fenómenos:

- contaminación
- oxidación
- craking
- temperatura extrema

La contaminación: Se trata del cambio producido en la composición de un fluido por efecto de la inclusión de otro fluido a la mezcla, cambiando así, su composición química. Este suceso, únicamente puede tener lugar en el tren de generación en este caso, ya que es en el único punto de toda la planta donde se realiza un intercambio de temperatura de fluidos en el mismo equipo.

El motivo principal es el pinchazo de uno de los tubos que circulan uno de los fluidos por su interior, dentro del perímetro de un equipo determinado.

Oxidación: Provoca ácidos carboxílicos, los que se depositan en el interior de los equipos produciendo una degradación en filtro, tubería, bombas, válvulas... etc. Se produce por el contacto del fluido HTF con el oxígeno de la atmósfera por una deficiencia de sellado.

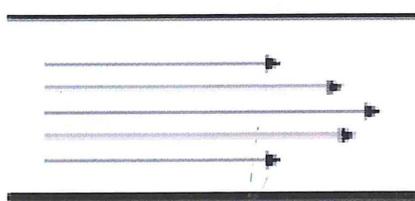
Cracking: Es el resultado de las impurezas que se depositan en el HTF, producto de las tuberías, bombas, valvulerías, etc... Afecta a la descomposición térmica o catalítica de los hidrocarburos que componen la mezcla. Producen una disminución en el punto de inflamación y pérdida de intercambio de Temperatura en el fluido, disminuyendo la efectividad de los intercambiadores del tren de generación. Además es inevitable ya que esta directamente relacionado con la vida útil del HTF.

Temperatura extrema: no se puede considerar como una contaminación del HTF en si, pero podemos catalogarla como una incidencia trascendente, por su alto grado de sucesos registrados.

Se trata de la desestabilización química de los compuestos del fluido, debido a los cambios de temperatura producidos por fallo en la velocidad. Puede provocar alteraciones que afecten desde su capacidad caloportadora hasta convertirlo en un fluido totalmente inservible, obstruyendo tuberías y provocando tapones.

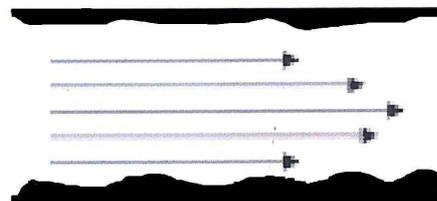
La velocidad afecta directamente a la circulación del fluido, que determina dos regímenes que posibilitan o no, un adecuado mantenimiento de sus propiedades durante el proceso de absorción de energía térmica:

- **Régimen Laminar:** consiste en la circulación laminar del fluido por el interior de las tuberías debido a una escasez de velocidad, lo que implica una disparidad de temperatura en la capa externa del tubo metálico absorbedor respecto a la capa interior. Puede provocar temperaturas extremas, degradando el HTF por congelación o calentamiento excesivo ya que la película laminar de fluido que circula más próxima a las paredes perimetrales del tubo, siempre circula a una velocidad inferior. En el caso de temperaturas bajas cristalizaría progresivamente como si del colesterol del sistema circulatorio del cuerpo humano se tratase. En el caso contrario el HTF quedaría obsoleto en pocas horas de circulación.



Flujo laminar

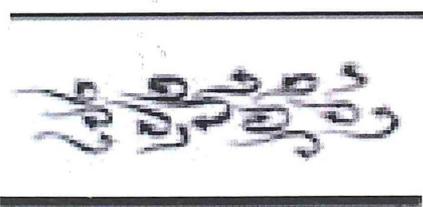
Disparidad de temperaturas durante regímenes laminares



Flujo laminar

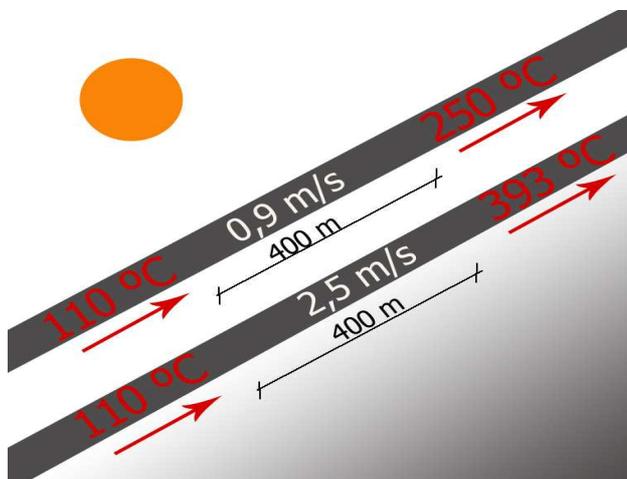
Cristalización progresiva del HTF por temperaturas bajas.

- **Régimen turbulento:** Es el régimen adecuado para establecer en una planta de estas características se calcula en función del n° de Reynolds, que determinan una velocidad mínima para establecerlo. Pero tan importante es conocer el límite como acercarse hasta el, ya que los operadores de las plantas deben tener en consideración que una insuficiente aproximación al punto límite implica mas velocidad, que se traduce en menos tiempo de absorción de calor, lo implica un desaprovechamiento de la radiación solar y consecuentemente menos generación.



Flujo turbulento

Es decir:



No obstante, una falta de producción de energía es infinitamente mas barato que la sustitucion de las 1200 toneladas de HTF que circula por el interior de una instalacion de 50 Mw.

Según los cálculos la mínima velocidad a la que debemos exigir que circule el HTF para asegurar un régimen turbulento es:

$$v = \frac{R \cdot \eta}{\rho \cdot D} = \frac{3 \cdot 10^5 \cdot 0,00013}{760 \cdot 0,07} = 0,80 \text{ m/s}$$

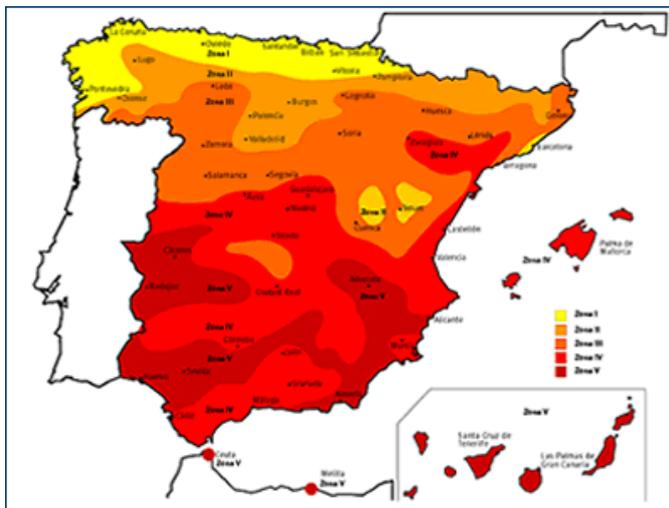
6. El campo solar.

El campo Solar, es el condicionante mas relevante que determina las posibles ubicaciones de la planta, ya que, se debe realizar una detallado estudio que considere las características a nivel técnico que ofrece cada posible emplazamiento.

No solo el nivel de radiación solar respecto a un a zona, es el dato mas importante a considerar en la ubicación definitiva, puesto existen otras variables que pueden condicionar la aprobación del emplazamiento definitivo como son:

- radiación y posicionamiento solar.
- Estudio geotécnico
- Información meteorológica
- topografía del terreno

Radiación y posicionamiento Solar



A la tierra llega aproximadamente 1/3 de la energía interceptada por la atmosfera, de la que el 70% cae al mar, aun así es varios miles de veces superior al consumo energético mundial.

De entre toda esta energía, según la posición del sol respecto a la tierra y por extensión según el periodo del año en el que no s encontremos, existen determinadas zonas de la tierra donde el nivel de radiación es notablemente superior al resto.

En España existen diversas comunidades autonomas y situaciones geograficas capaces de albergar tecnologia termosolar, en funcion de la radiacion recibida.

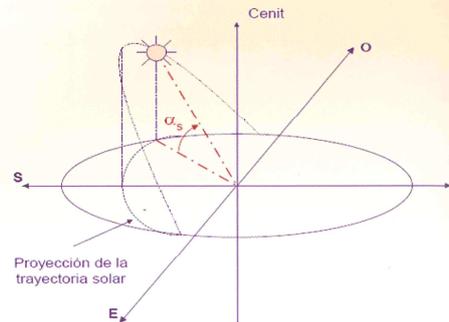
Los parámetros más importantes a analizar son: el desplazamiento angular respecto al meridiano local y la distancia angular entre la horizontal y la línea hacia el sol.

Ángulo de elevación solar (α_s)

- Distancia angular entre la horizontal y la línea hacia el Sol.

$$0^\circ < \alpha_s < +90^\circ$$

- Complemento del ángulo cenital θ_z



Ángulo horario (ω_s)

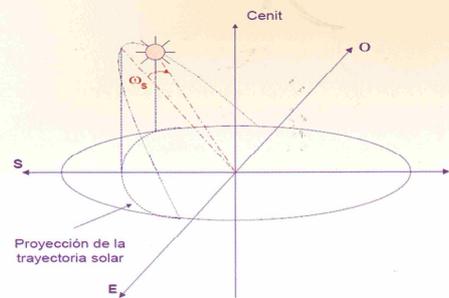
- Desplazamiento angular del Sol al este u oeste respecto del meridiano local, en el plano de la trayectoria del Sol

$$-180^\circ < \omega_s < +180^\circ$$

Al este: $\omega_s < 0^\circ$

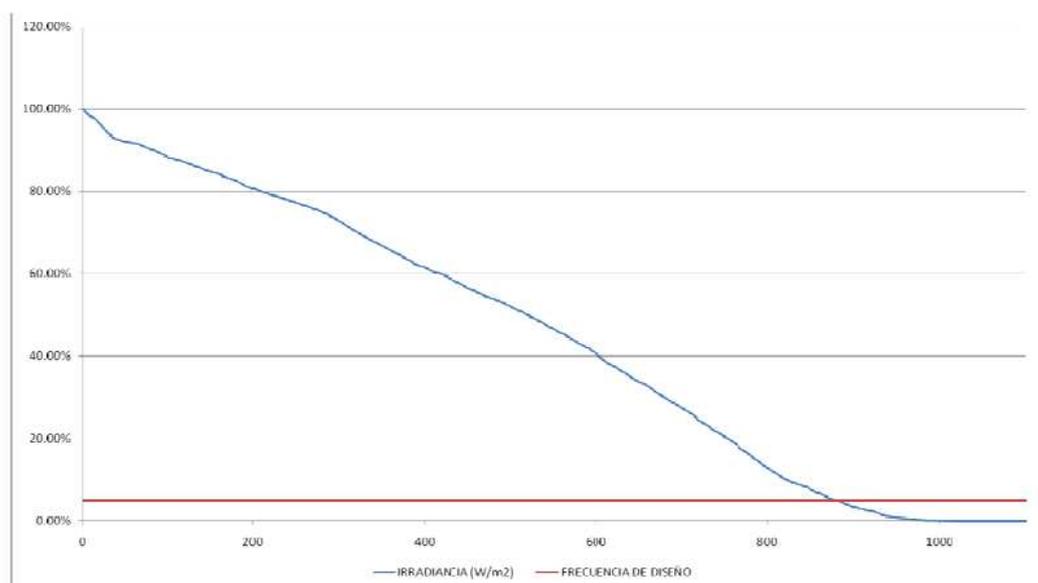
Al sur: $\omega_s = 0^\circ$

Al oeste: $\omega_s > 0^\circ$



Para obtener la irradiancia en un punto de diseño determinado se deben de realizar una serie de estudios previos entre lo que destaca la información aportada por el programa Meteonorm, que genera un año meteorológico tipo a partir de la base de datos que tiene en diversas estaciones.

Tal y como se observa en la siguiente grafica, extracto del programa Meteonorm:



EL valor de irradiación de un año tipo, resultado de años de registro de datos es de 880 W/m². No obstante, el valor elegido para el cálculo de plantas termosolares en España por las numerosas ingenierías que las desarrollan es de:

- Irradiancia de diseño: 850 w/m

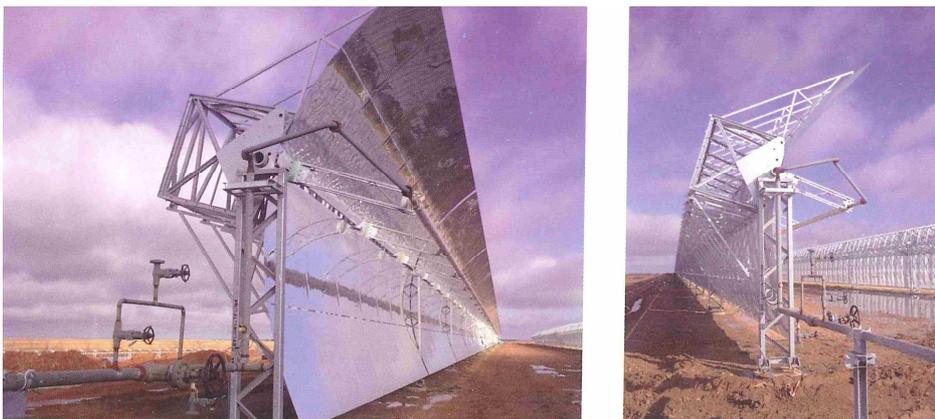
Por otro lado, la radiación no es el único dato a considerar, ya que la información geotécnica que debemos aportar al estudio:

- tensión admisible: Carga máxima admisible Kg. /cm²
- Coeficiente de balasto: constante de muelle del terreno
- Coeficiente de rozamiento.
- Cohesión del terreno.
- Resistividad.
- Agresividad.
- Caracterización del terreno.

Condiciona desde la aceptación del emplazamiento hasta la tipología de cimentación a ejecutar en caso favorable.

Información meteorológica

Cuya aportación es absolutamente necesaria, ya que cualquier fenómeno meteorológico que impida el funcionamiento del campo solar durante periodos de radiación solar diurnas, constituyen pérdidas de importancia directamente proporcional, al tiempo de parada.



Los fenómenos meteorológicos tales como el viento y la lluvia, obliga a la colocación de los módulos en posición de defensa, estado de los módulos en los que obtiene una mayor protección frente a posibles roturas.



Topografía del terreno.

Aunque no es determinante debido a la capacidad de adecuación del terreno por el ser humano, es muy recomendable considerar dos aspectos fundamentales relacionados con la topografía del terreno por factores económicos

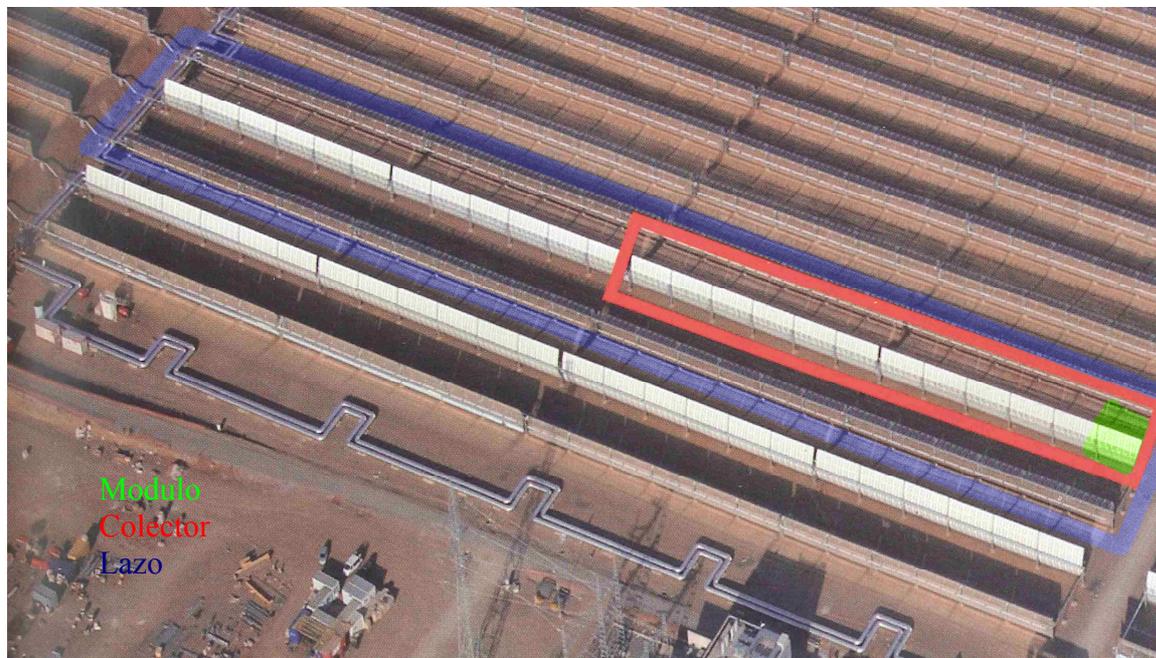
- **Inclinación:** Es vital, prever un sistema de evacuación de aguas pluviales tanto en el campo solar como el bloque de potencia, razón por la cual es aconsejable que el terreno tenga un desnivel de aproximadamente el 2%. Una pendiente inferior provocaría casi con toda seguridad problemas de drenaje y evacuación de agua, mientras que una pendiente excesiva supondría un gasto superior producto de refuerzos de estructuras de soporte de módulos y del tanque de expansión debido a su situación en el punto mas elevado del sistema HTF.
- **Recursos próximos:** Es muy aconsejable prever una localización dotada de recursos acuíferos naturales (ríos, embalses) ya que el consumo de agua es considerable.

La ubicación no es la única consideración a tener en cuenta respecto al campo solar, las posibilidades respecto al desarrollo de la ingeniería son muy amplias, y muchas dependen de la decisión de la ingeniería, constructora o incluso del promotor.

6.1 Módulos, Colectores y Lazos

Los módulos, que anteriormente ya definimos como la unión de espejos, tubo absorbedor y estructura de soporte, se distribuyen en grupos de 8 a 12, recibiendo el nombre de colector, cada uno de ellos está dotado de un sistema que le permite realizar el seguimiento del movimiento del sol.

Son necesarios aproximadamente unos 600 metros de recorrido de módulos para generar una potencia equivalente a 1.57 Mw. Térmicos, consiguiendo un salto térmico de casi 100° C, lo que se traduce en la composición de 4 a 8 colectores unidos correlativamente que llamamos Lazo.



Cada lazo tiene un coste de aproximadamente 800.000 Euros, que engloban espejos, tubos, estructura, cimentación y válvulas. Estas últimas se encuentran situadas a la salida de cada lazo, que abriendo o cerrando nos permiten variar la velocidad del fluido, directamente relacionada con el caudal, y así adquirir la temperatura deseada. Es decir, a mayor caudal menos velocidad y más tiempo incrementando calor en el tubo absorbedor y viceversa.

La configuración y distribución de los lazos en una determinada ubicación condicionará el tipo de operación, mantenimiento, rentabilidad y eficiencia de la planta.



Cálculo del número de lazos.

El número de lazos, de una instalación determinara la potencia capaz de generar siendo el máximo 50 Mw., aunque se ha de tener en cuenta que la planta debe destinar cierta cantidad de energía para almacenar, en los tanques de sales, lo que incrementaría el número de lazos. Teniendo en cuenta que:

- Potencia eléctrica de la planta: 49.9
- Área de apertura de un lazo: 3.270 m²
- Rendimiento del ciclo agua-vapor: 39%
 - Eficiencia del colector cilindro parabólico.
 - Eficiencia óptica: 78 %
 - Eficiencia térmica: 72%
 - Irradiancia: 850 W/m²
 - energía térmica necesaria: $49.9/0.39 = 127.95$ Mwt
 - radiación que es necesario captar: $127.95/0.78/0.72 = 227,82$ Mw rad.
 - Área de apertura total de la planta: $227,82/850 = 268.023$ m²
 - N° de lazos = área / apertura de un lazo = $268.023 / 3.270 = 82$ Lazos

No obstante, existe un coeficiente de seguridad al que denominamos “múltiplo solar”, que abastece a la planta de un margen de error, multiplicándolo por el numero de lazos calculado. El múltiplo solar varia en función de:

- **Planta sin almacenamiento térmico:** Donde el numero de lazos totales necesarios seria : $82 \times 1.15 = 94$ Lazos
- **Planta con almacenamiento térmico:** donde el numero de lazos totales necesarios seria: $82 \times 2 = 164$ lazos.

Aproximadamente 164 lazos + el bloque de potencia junto con el almacenamiento térmico (tanques de sales) abarcan 200 hectáreas.

Ejemplos de plantas Reales:

- SOLNOVA 1,2,3	Sin almacenamiento	90 Lazos
- IBERSOL	Sin almacenamiento	88 Lazos
- ANDASOL	Con almacenamiento	156 Lazos
- LEBRIJA	Sin almacenamiento	126 Lazos
- SAMCA 1	Con almacenamiento	168 Lazos

6.2 Tubo absorbedor

Podemos considerarla como la innovación que ha permitido el desarrollo de la tecnología termosolar. Su función es la de calentar y conducir el fluido caloportador independientemente de su naturaleza.

A lo largo del tiempo el prototipo inicial ha tenido que ir sufriendo numerosas modificaciones, capaces de responder ante sollicitaciones extremas de presión y temperatura que provocan cambios dispares entre los distintos componentes del tubo.

Tubo metálico central

Tubo de acero, de componentes no ferríticos y de uso refractario, de aproximadamente 2mm de espesor. Encargado de la conducción del liquido caloportador, transmitiendo la temperatura capaz de captar a través de su ergonómico diseño.

Esta recubierto por su parte exterior de una película color negro azulado que capacita al tubo para comportarse como un cuerpo negro perfecto, absorbiendo la máxima cantidad de radiación posible en el espectro ultravioleta y experimentado la menor perdida por emisión en el espectro infrarrojo.

Considerando el HTF como liquido caloportador que circula en su interior, podemos determinar una velocidad nominal de 3.4 m/s con un caudal de 6kg/s. Cada tubo de 4 metros de longitud es capaz de absorber entre 0.5 y 0.7° C, lo que se traduce en 150 metros de longitud para experimentar un salto térmico de 100° C.



Cubierta de vidrio.

La cubierta de vidrio ha sido cuna de todos lo problemas en el desarrollo de la tecnología. Su misión es la de crear un entorno cerrado alrededor del tubo metálico que calorifuge y permita la exposición del tubo interior a la radiación solar. Debido a ello, es necesario que el vidrio capaz de permitir el paso de la radiación solar, se encuentre en un estado de vacío de entre 4 a 6 mbar de presión absoluta, evitando el choque de unas moléculas con otras y convirtiéndose en un elemento calorifugador transparente.

El vidrio es un borosilicato cuya transparencia, pérdidas por reflexión y resistencia, lo convierten en un candidato idóneo. La soldadura vidrio metal y las disparidad entre dilataciones por diferencia de materiales han constituido los puntos más preocupantes de este elemento, por sus continuos fallos en el arranque de esta tecnología.



6.3 Tuberías colectoras fría y caliente.

Las tuberías colectoras, se extienden a lo largo y ancho del campo solar, son las encargas de la circulación del HTF desde las bombas de impulsión hasta la vuelta al bloque de potencia. Por una de ellas circula el fluido frío a 295° C, distribuyéndolo por todos los lazos, mientras que la otra se encarga de recoger todo el HTF que sale de los lazos a una temperatura cercana a los 400° C a pleno rendimiento.



Se trata de tubos de acero al carbono con un diámetro medio de (500mm), cuyas uniones entre si deben ser radiografiadas 100% para asegura la estanqueidad del sistema. Un metro de tubo de 20 pulgadas puede costar entre 60 y 150 euros sin contar las radiografías, cimentación, ni calorifugazo, teniendo en cuenta las 200 hectáreas por las que circula el entramado de tuberías, no es difícil entender que los lazos se hayan prediseñado de forma que se recorra el menor número de metros posible, dando lugar a un recorrido conjunto de las dos tuberías colectoras, como se aprecia en la foto.

Aproximadamente entre 20.000 y 40.000 pulgadas de soldadura se realizan in situ mientras que otras 20.000 se realizan en taller. El ratio aproximado es de 3:1 entre las soldaduras de taller y las que se hacen a pie de tajo, por lo que es necesario tener una ingeniería de detalle al milímetro para evitar errores.

Es absolutamente necesario prever la dilatación de todos los materiales susceptibles del cambio de estado por variaciones de temperatura. De forma que las tuberías colectoras se han predispuesto en forma de liras que permiten el movimiento mediante puntos móviles sobre la cimentación.



El método más común, consiste en la sujeción de una varilla redonda en la cimentación, sobre la que descansa una estructura de soporte de las tuberías colectoras que permite su deslizamiento.

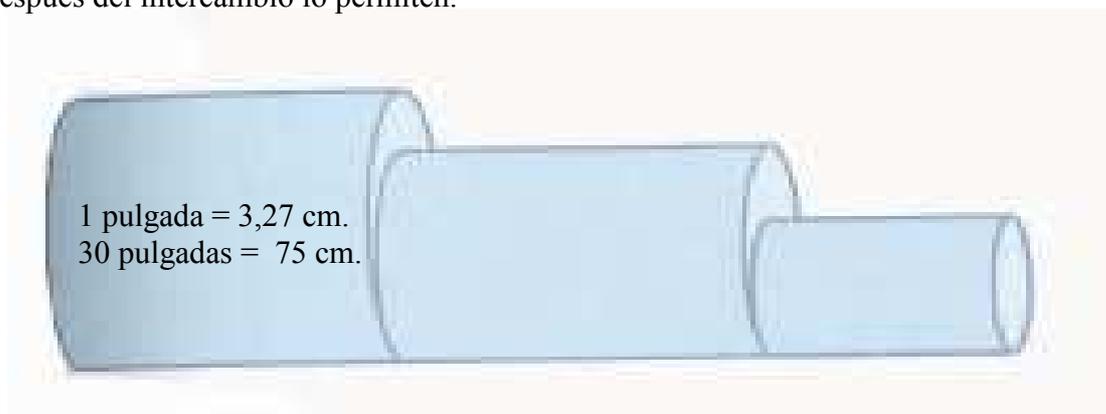
Para evitar las pérdidas de temperatura en el HTF, esta tubería tiene que ir calorifugada completamente mediante un recubrimiento de material aislante que en la mayoría de casos es lana de roca y recubrimiento de aluminio. Aunque actualmente, se están estudiando otro tipo de posibilidades que en principio pueden resultar mas caras económicamente pero mas rentables a largo plazo en el ahorro de energía.



Durante el recorrido a través del campo y para conseguir una presión constante en toda la red, la pérdida de sección en las tuberías es directamente proporcional a la distancia que guarden con el bloque de potencia y al volumen de HTF que deban distribuir por los lazos restantes.

Además diferencias entre temperaturas en la entrada/salida y presión entre punto mas lejano y mas cercano al bloque de potencia, determinan características diferentes entre el tubo que conforma los colectores que circulan en paralelo.

De forma que, si nos centramos en el caso mas extremo, el tubo dispuesto a recibir 400° C de temperatura y presión de 30 bar en la entrada al bloque de potencia es de 30" de diámetro y 1" de grosor, mientras que el tubo de salida esta misma altura de la instalación es de 28" de diámetro, ya que la disminución de volumen provocada por las temperaturas bajas después del intercambio lo permiten.



7. Sistema HTF

El campo solar se encuentra encercado por una red de tuberías que circulan recolectando los progresos térmicos del HTF. Además antes de intercambiar la temperatura obtenida en el tren de generación, existe la posibilidad de recircular parte del liquido transmisor a diferentes equipos en función de su temperatura.

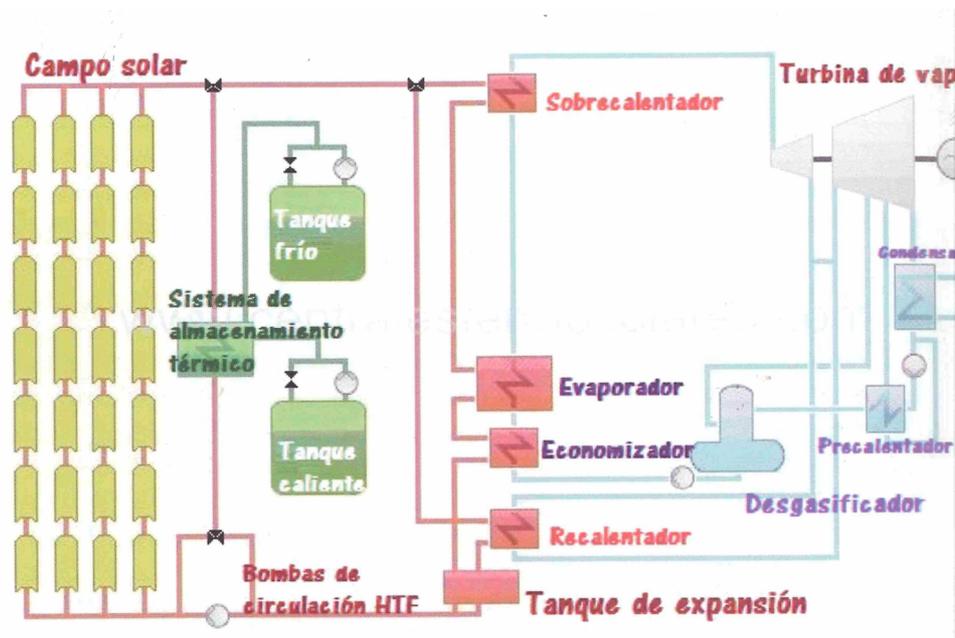
El conjunto de toda esta red recibe el nombre de Sistema HTF.

7.1 Descripción funcional.

De entre la dotación de equipos que presenta este tipo de plantas dentro del sistema HTF, hay que destacar la posibilidad de almacenamiento de energía que ofrece el aporte de tanques de sales cuya instalación es opcional. Únicamente se contemplara durante el desarrollo de este análisis, la configuración resultante de la inclusión de este equipo, debido su excelentes resultados.

Puesto que el campo solar se estudio detalladamente en el punto anterior, se tomara como punto de partida del recorrido cíclico que mantiene el HTF.

Independientemente de considerar las tuberías colectoras fría y caliente (1) dentro de este sistema o del campo (2), son las inmediatas anteriores al primer elemento del sistema HTF, las bombas centrales (3).



Pasado este punto de la instalación, se encuentra con diferentes posibilidades en función de la temperatura del aceite, obtenida a la salida del campo:

1. 400° C Temperatura: En términos totales de capacidad de HTF en la instalación, de las 1200 t. totales, solo 900 t. Se destinan al tren de



generación (7) para el intercambio, mientras que las restantes se recirculan a los tanques de sales (4).

2. 100-350° C Temperatura: Existen varias posibilidades según criterio operador de planta. Ya que, este rango de temperaturas son suficientes para la generación, pero nunca a pleno rendimiento. Por lo que la solución mas habitual es recircular el HTF por las calderas de apoyo(5), capaces de provocar un salto térmico de 100° C de temperatura. Una vez obtenida esta temperatura puede recircularse hacia el tren de generación y hacia los tanques de almacenamiento.
3. 12-100° C Temperatura: Rangos no contemplables para el intercambio, por lo que se puede optar al aporte de las calderas de apoyo o de lo tanques de sales para elevar hasta rangos de generación o mantener el estado fluido del HTF para evitar la congelación.

Los Depósitos de expansión (6), junto con el sistema ullage (7) son elementos cuya ubicación puede intercarse en cualquier punto del sistema que permanezca en circulación constante del HTF.

Respecto a los puntos 2 y 3 existen muchas variables que responden a soluciones a adoptar por el operador de la planta, restringidas por la capacidad de autonomía que proporcionan los tanques de sales y las capacidad máxima de aporte de energía mediante gas natural, legislada en el Real Decreto 661/07.

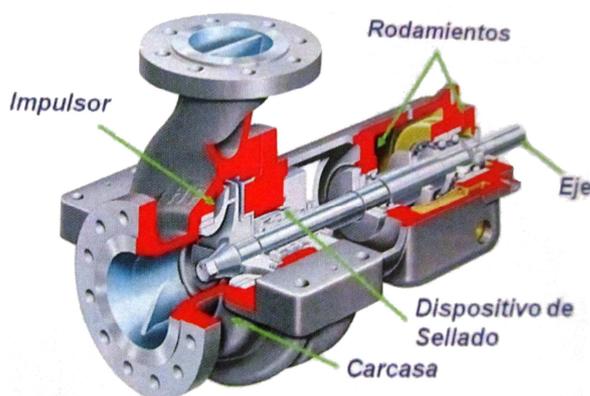
Los parámetros característicos de este sistema para las plantas habituales son:

◦ Temperatura máxima del fluido térmico	420
◦ Temperatura mínima de congelación	12
◦ Temperaturas normales de trabajo	260-393
■ A la entrada al campo solar	293
■ A la salida del campo solar	393
◦ Presión en diferentes puntos	
■ A la salida de las bombas	30-31 bar
■ A la entrada a cada lazo	28
■ A la salida del campo solar	18
■ A la entrada/salida del tren de generación de vapor 16/11	
■ A la entrada/salida de los intercambiadores de sales 16/11	
◦ Caudal de funcionamiento máximo con almac. térmico	960 kg/s
◦ Caudal de funcionamiento máximo sin almac. térmico	550 kg/s
◦ Toneladas de aceite térmico que contiene el sistema c.a.	2000 (160 lazos)
◦ Caída de presión del circuito	20-22 bar

7.2 Bombas de principales.

En cierto modo, se puede establecer una analogía, que detalle similitudes entre el sistema circulatorio del cuerpo humano con el del sistema HTF. Desde este particular punto de vista podemos entender como la finalidad de las bombas es a grandes rasgos la misma que la del corazón humano.

Se sitúan a la salida del campo solar, con una configuración que depende de las necesidades de la planta en función del diseño del campo solar (distancia, codos, pendiente...), y de las preferencias de la propiedad. Aunque en principio parece haberse establecido como la configuración idónea, la de dos bombas capaces de mover el 50% del caudal de la planta y una tercera prevista para los paros programados o no de las dos anteriores.



Además de ser el principal consumidor de energía de la planta, unos 4 Mw/h, se pueden considerar uno de los puntos críticos de la instalación debido a sus problemas constantes de sellado.

Se ha de tener en cuenta que debido a su ubicación, es el equipo que recibe las condiciones mas extremas de toda la planta en cuanto a presión y temperatura. El sello cuesta alrededor de los 20.000 euros.

7.3 Sistema Ullage

Como anteriormente ya se estudio en el capítulo 5, es inevitable la degradación del HTF con el tiempo por muy bien que se intente sellar la inhalación. Por lo que es necesario recurrir a un sistema que elimine las impurezas derivadas de la oxidación y la crakizacion ya que en caso contrario se obstruyen filtros, deterioran válvulas y bombas se reduce el punto de inflamación y la capacidad de intercambio de temperatura ... etc.



En principio parece ser que el sistema seleccionado por la totalidad de las ingenierías que han desarrollada este tipo de plantas se ha decantado por el sistema ullage, que no es un sistema de filtrado en si, sino que son un a serie de depósitos que cumplen esta función con un grado de efectividad bajo.

Se encuentra situado muy cerca de los depósitos de expansión ya que el vertido de HTF en estado limpio se realiza a través de estos.

Se recuperan 200 kg diarios de aceite en mal estado lo que representa al fin del al cabo un total de 30 m³ cada 2 meses. Teniendo en cuenta que en una planta podemos encontrar del orden de 1500m m³ representa una cantidad muy significativa.

Según podemos observar en el esquema de la parte superior el método dispuesto para el filtrado consta de los siguientes pasos:

- 1- Se produce un desvío del HTF al sistema para proceder a su filtrado.
- 2- Este se dirige hasta un deposito (2) donde se baja la presión hasta dos bares manteniendo la temperatura de forma que evapora rápidamente. (mirar tabla pag. 22)
- 3- El 30% de todo el HTF desviado no se evapora y permanece en estado liquido junto con residuos, que son desviados al deposito (3), cumpliendo así la primera fase de filtrado. Esta mezcla debe ser tratada por un empresa especializada en residuos.
- 4- La parte de la mezcla que evapora se convierte en un fluido compuesto por HTF + volátiles, para ser conducida hasta los depósitos de rebose (4), Donde mediante una ducha de HTF enfriado previamente con un cooler (5) condensara a estado liquido de nuevo, dejando escapar productos gaseosos perjudiciales para la composición.
- 5- El fluido filtrado satisfactoriamente es devuelto a red mientras que la parte restante (6) cuya composición se estima en un 70 % HTF y 30% volátiles se deberá analizar para recircularlo al sistema ullage, a la red, o a una planta de tratado de residuos.

En cuanto a las connotaciones económicas legislativas y ecológicas de este sistema se vera ampliamente analizado en el desarrollo de l capitulo X.

7.4 Depósitos de expansión.

Su función principal es absorber la diferencia de volumen del fluido caloportador, provocadas por la dilatación que este sufre, producto del aumento de temperatura.

Uno de los principales puntos críticos de este equipo es la gran dimensión que presenta ya que según los cálculos:

Datos de Partida:

Densidad a 40° C	1 Tonelada ocupa 943 litros /densidad 1,060Kg/l)
Densidad a 3093° C	1 Tonelada ocupa 1492 litros /densidad 690Kg/l)
Densidad a 343° C	1 Tonelada ocupa 1315 litros /densidad 760Kg/l)
Capacidad del sistema:	(Solnova) 1300 toneladas

Coefficiente de seguridad 30%

Cálculo:

1300 toneladas ocupan 1225 m³ a 40° C, y 1709 m³ a 343° C

Diferencia: 484 m³

Coefficiente de seguridad, 30%=484 x 1,30 = 629m³

Solnova tiene 675m³ (2 tanques de 300 y uno de 75m³)

Andasol tiene 925m³ (2 tanques de 400 y uno de 125m³)

Se necesitaría un depósito de 629 m³ y uno de 900 m³ para una planta con almacenamiento térmico. Esto da lugar a pesos y dimensiones que los convierten económicamente inviables, por lo que se recurre a la división en varias partes.

Las posibles configuraciones, van en función de la ingeniería/propietario por estar ligadas a los recursos económicos dispuestos para este equipo, las mas habituales son:

- Tres depósitos de las mismas dimensiones situados en el punto mas alto.
- Dos depósitos de idénticas dimensiones y uno mas pequeño en el punto mas alto.

En cualquiera de los casos se ha de tener en cuenta la normativa sobre almacenamiento de productos químicos RD 379/01, que impide situar depósitos contenedores de productos químicos uno encima del otro. Aunque como aunque no es una normativa que se este cumpliendo a rajatabla como podemos apreciar.



Deben situarse en el punto mas alto de todo el sistema HTF par conseguir una presión en el interior del sistema mediante la altura manométrica, que evite la cavitación en las bombas. Es decir, únicamente con la altura a la que se encuentran y mediante el peso del fluido consiguen establecer la presión que determina el fabricante de las bombas.

Además como ya se vio anteriormente, al tratarse de un sistema cerrado a presión es necesario inyectar nitrógeno en el interior, puesto que el contacto del HTF con el oxígeno da lugar a la degradación de este.

Para ello, la central precisa una planta de nitrógeno líquido adosada a las inmediaciones de este equipo, el cual estará dotado de un mecanismo que facilite su relleno y extracción en función del incremento o detrimento del volumen de fluido.

7.5 Calderas de apoyo.

Las calderas de apoyo, son la parte de la instalación que tiene como función evitar la congelación total o parcial del HTF, realizando un aporte de calor equivalente a 1/3 de la energía capaz de generar la planta es decir 45 Mw. térmicos o lo que es lo mismo 16.6 Mw. Eléctricos.



De entre todos los lugares por los que se a ubicado este equipo parece ser que el emplazamiento mas lógico es el que permite el mediante válvulas bypass*, realizar un aporte de calor al Fluido caloportador dentro del sistema HTF.

Sin embargo, los anexos del RD 661/07, establecen una cantidad máxima anual de gas, con fin de evitar el uso indebido de las calderas de apoyo, que equivale a una limitación d entre 12 -15 % de energía generada mediante radiación solar. Acerca del cumplimiento de las condiciones de esta cláusula se hablara detenidamente en el punto X.

El sistema en conjunto tiene que estar dotado de unas bombas que permitan la recirculación del fluido por el sistema sin productor menoscabo en el rendimiento de las bombas centrales del sistema HTF.

La disposición y la configuración, que pueden adoptarse para este quipo va en función del proveedor, ingeniería y propietario final. La disposición en vertical es, en principio, la solución que esta dando mejor resultado, siendo esta característica un criterio de diseño que únicamente depende del proveedor.

Respecto a los posibles configuraciones que abastezcan al planta de 45 Mw. térmicos, depende exclusivamente del propietario e ingeniería, con una serie de limitaciones dimensionales sujetas a las posibilidades de transporte.

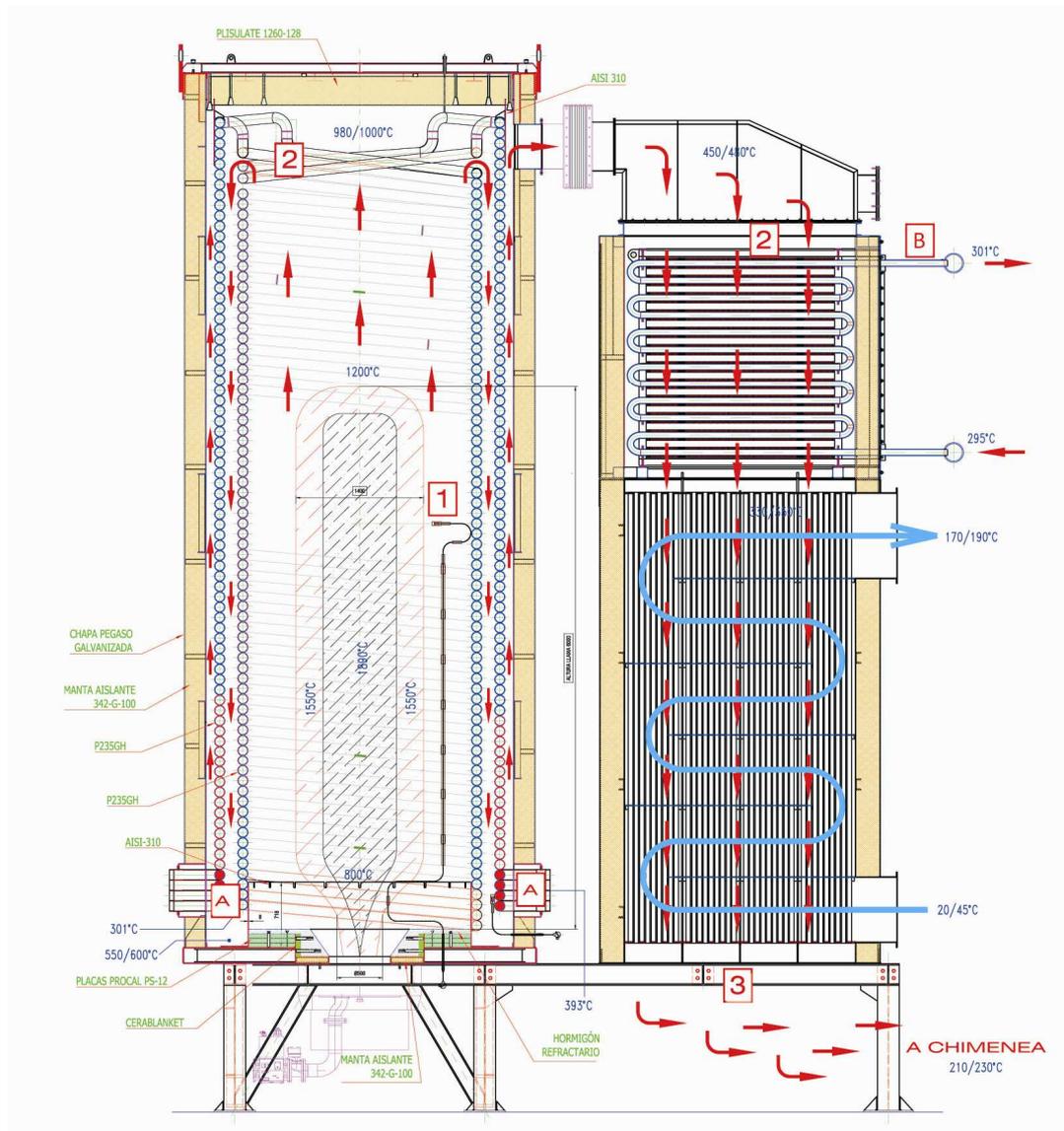
- 3 calderas de 15 Mw.
- 2 calderas de 22,5 Mw.
- 2 calderas de 20 Mw. y una de 5 Mw.
- etc....

*Válvula bypass: válvula capaz de favorecer la circulación de un fluido en dos diferentes direcciones.

Esta parte de la instalación es capaz de producir un salto térmico de 1/3 de caudal de HTF destinado para la generación de 100° C aproximadamente.

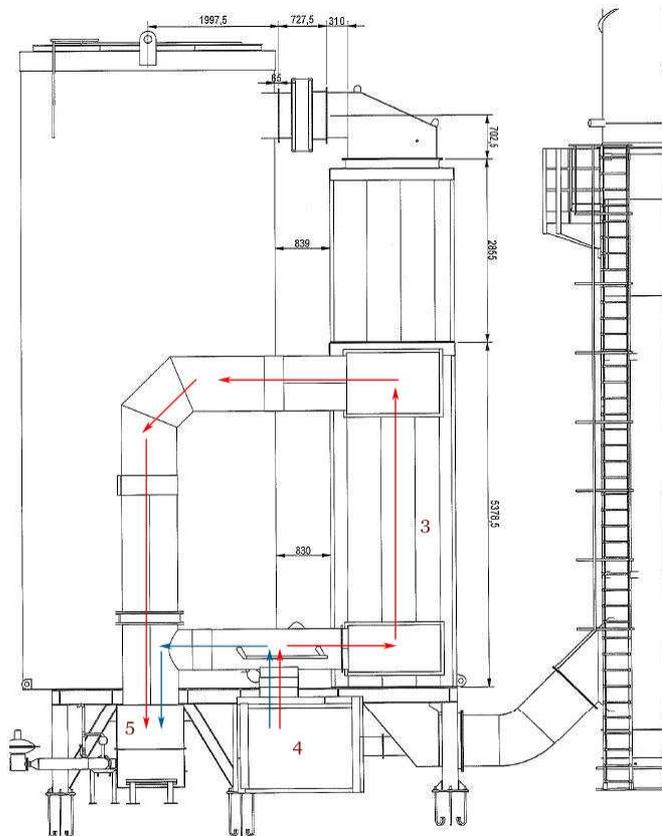
Se fabrican dos serpentines cuatro tubos enseriados, situando el quemador de gas natural en el centro de ellos, mediante sistemas de sellado se consigue recircular gases (1) de mas de 1000 grados a través del recorrido dispuesto de forma que el HTF (a) que circula por el interior de los tubos adquiere temperatura rápidamente.

El Gas resultante del intercambio en la caldera principal pasa intercambiador secundario (2) con una temperatura de 400° C realizando un previo recalentamiento del HTF (b) que proviene de campo.



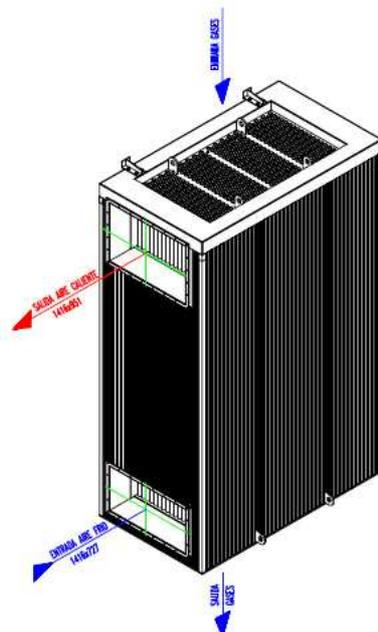
Recorrido del HTF a, b c, recorrido del gas 1, 2, 3.

Por último, los gases son conducidos a un tercer equipo (3) encargado de realizar el intercambio entre gases para favorecer el proceso de combustión en el quemador de gas y evitar condensaciones en el interior de lo equipos.



Es decir, a través de un ventilador (4) se envía aire a una presión que no supera los 4 bar a un sistema que esta dotado de una válvula Bypass que durante el encendido del sistema recircula aire frío hasta el quemador (flecha azul). Una vez se ha adquirido una temperatura suficientemente elevada la clapeta cierra y recircula el aire frío por el interior del equipo (3) donde se realiza el intercambio de temperatura entre gases que provienen de los equipos anteriores convirtiéndolo en aire caliente y así enviarlo al quemador (5) favoreciendo su combustión (flecha roja).

La fabricación de los Intercambiadores Gas/ Gas (3) y Gas/HTF (2) de ambas fotos, se basa en los principios básicos de cualquier intercambiador, es decir, recipientes donde en el interior circula un fluido libremente (a) y tubos (b) que en su interior recirculan otro fluido.



7.5 Tanques de sales.

Una de las condiciones más importantes a la que están sometidas las nuevas tecnologías ecológicas y renovables de obtención de energía, es la incorporación de sistemas que doten a la planta de cierta autonomía o lo que es lo mismo, una previsibilidad real frente a las redes eléctricas. Por ejemplo, una de las tecnologías en cuanto a energía renovable más desarrolladas, la constituyen los generadores eólicos, los cuales se extienden a lo largo y ancho de enormes campos donde son capaces de generar al unísono más de 200 Mw hora, aunque una de las grandes desventajas es la imprevisibilidad que tenemos los seres humanos respecto a los fenómenos meteorológicos, de forma que la red no está preparada para soportar cambios de 200 Mw. hora, en apenas 30 minutos.

De igual forma el campo de las energías renovables no podía permitirse, una imprevisibilidad tal que, su producción estuviera sujeta a centrales de energía no renovables que cubriera los vacíos que se manifestaran durante periodos de condiciones meteorológicas adversas. Entre otras cosas, porque apenas habríamos avanzado nada.

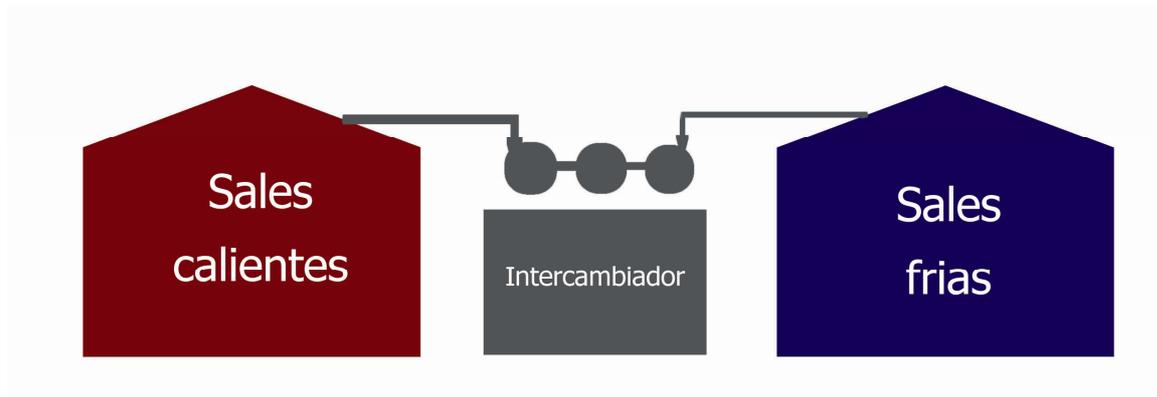
Los tanques de sales, se presentan como una solución innovadora a todo este problema ya que es capaz de abastecer a las plantas de generación de 2 días y medio de autonomía. Aunque este campo parece exclusivo de los tanques de sales es conveniente remarcar que uno de los principales propósitos de las calderas de apoyo, es este mismo, ya que son capaces de generar energía cuando el clima no coopera.



Las sales constituyen el punto fuerte de esta tecnología. Es una composición química a partir de nitrato de sodio y potasio capaz de mantener sus propiedades entre 220 y 560° C de temperatura.

El sistema precisa de dos tanques que según cuyas dimensiones aproximadamente son de 16 metros de altura y 42 metros de diámetro para el tanque frío y 16 metros de altura y 42,5 metros de diámetro para el tanque caliente.

El proceso es muy sencillo. Durante el proceso de captación solar o mediante las calderas parte del HTF se envía a uno de los tanques intercambiando temperatura con las sales y almacenándolo. Una vez se precisa el apoyo de la energía acumulada el proceso se invierte, volcando las sales enfriadas al interior del otro tanque.



Para este proceso son necesarios tres intercambiadores tubulares que se encuentran situados en el medio de los dos depósitos.

Llegado a este punto es fácil pensar que si la eficiencia de las sales es superior a la del HTF porque no utilizar Sales directamente. La respuesta viene dada por sus propiedades físicas, ya que con $1898,76 \text{ kg/m}^3$ de densidad se convierte en inviable el proceso de bombeo a través del entramado de tubería de los campos.

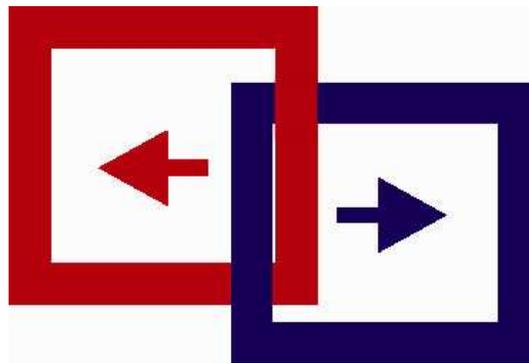


Intercambiadores por el interior

8. Tren de Generación.

El tren de generación representa el nexo de unión entre el sistema HTF y el ciclo agua vapor. Es decir, es el conjunto de equipos que precisa una central termosolar para realizar el intercambio de temperaturas entre los fluidos dada la incapacidad que manifestamos en la manipulación de fluidos bifásicos dentro del mismo sistema.

Respecto al sistema HTF el tren generación se encuentra ubicado en un punto estratégico que le permite obtener altas temperaturas adquiridas por el HTF en el campo solar, tanques de sales o calderas de apoyo.



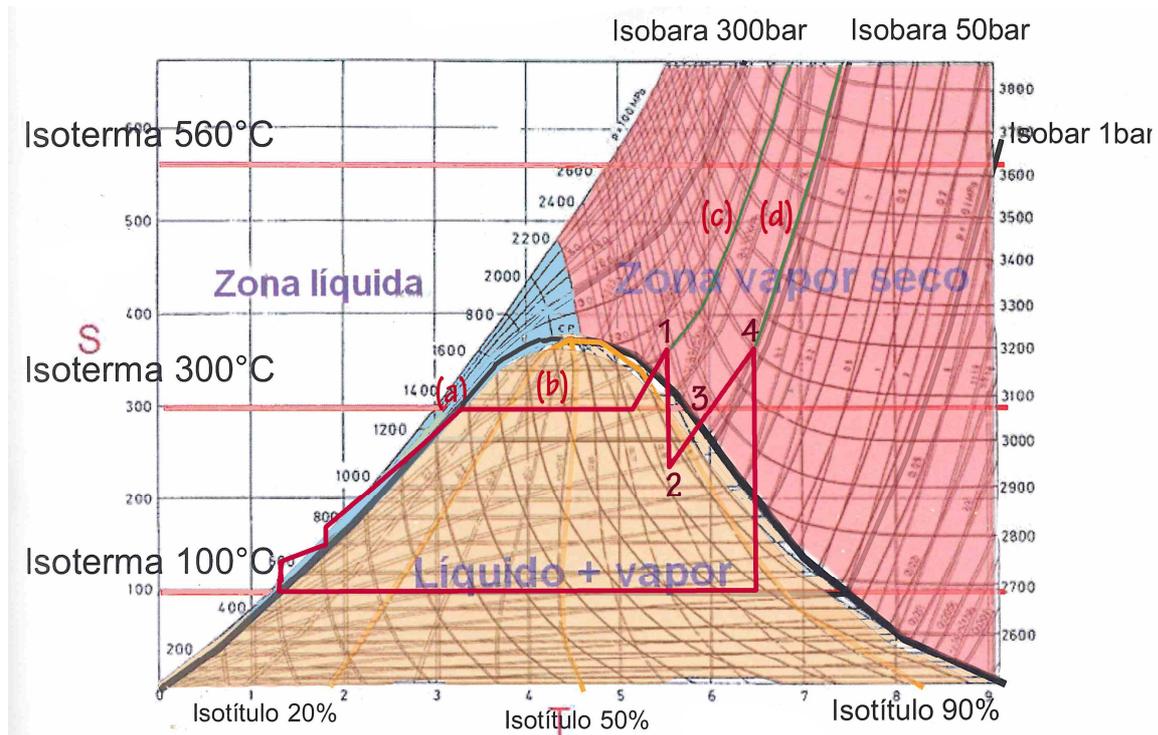
Respecto al ciclo Agua vapor debe situarse tras un conjunto de equipos que adecue el fluido generador a las condiciones óptimas de Generación de vapor.

El concepto principal que sostiene la teoría de estos equipos, es el intercambiador de carcasa- tubo que si bien no es el mas efectivo es el que representa una optima relación economía/rendimiento.

En esta parte de la instalación se contempla hasta un 30 % de paradas no programadas de las plantas termosolares actualmente, debidas a las condiciones extremas de temperatura (aproximadamente 400° C), la cual a su vez implica:

1. Rendimientos cercanos al 40%, lo que supone un desaprovechamiento de la energía térmica generada del 60%. Mas temperatura supondría un rendimiento mas elevado, pero un encarecimiento desproporcionado del fluido caloportador, convirtiéndolo en un proceso improductivo.
2. Presiones de generación diferentes. Es decir el máximo aprovechamiento de la condiciones del fluido generador a la entrada de la turbina viene determinada por la presión temperatura y entropía*. Puesto que como se observa en la tabla, la valoración de estos tres elementos determinara el óptimo proceso de explotación.

*Entropía: Concepto Termodinámico que indica la medida del desorden de las partículas de un fluido. Aplicado a este campo, determina el cambio entre fases de un fluido en función del desorden de las moléculas, con ello mediante la presión y temperatura se obtiene la fase del fluido que se precisa en valor antrópico determinado.



Aclaración.

Como se observa, el recorrido de la línea roja responde a un incremento de la temperatura del fluido generador (agua) con el paso por el tren de generación. Una vez alcanzados los 300 °C, (a) mediante una horizontal (b) pasa a buscar las presiones a las que se encuentra el circuito en cada punto (c,d). Esto no responde a un estado físico del fluido sino que por la complejidad de la grafica busca la presión a la que encuentra a 300 °C, que es lo verdaderamente interesante.

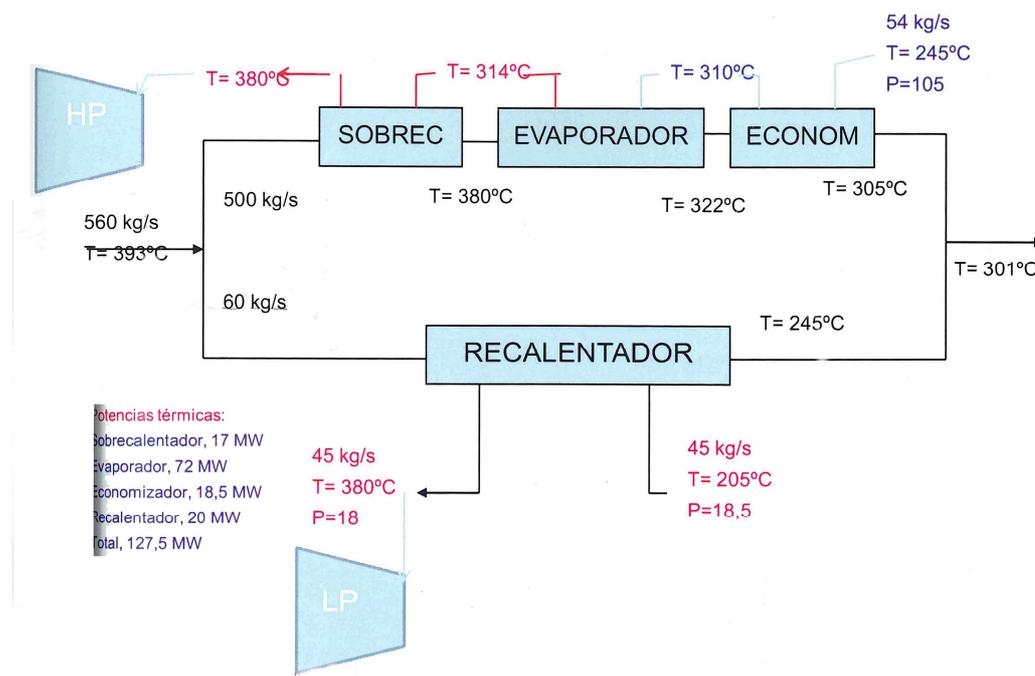
(Es imprescindible para entender esta cuestión, la necesidad de obtención de vapor seco para generar moviendo en las turbinas, y así impedir el deterioro de los alabes de su interior, dada la condensación producida mediante vapor a temperaturas bajas.)

Por ejemplo, según la grafica adjunta, para un proceso de energía termosolar donde alcanzamos una temperatura de 400 grados a un presión de 105 bares nos encontramos en un punto (1) donde el paso del fluido por la turbina de alta presión provoca una caída hasta la curva que la entropía delimita el estado de vapor + líquido (2). Llegado este punto es evidente que el aporte de temperatura y el mantenimiento de la presión 18 bar (3) provocarían un incremento en la generación que podría ser aprovechado por una turbina que fuera capaz de convertir fluidos a baja presión y alta temperatura en energía potencial (4). El segundo incremento de temperatura del fluido a presión constante (18 bar) en el punto 3 resulta muy productivo, como resultado de la caída de la curva de la entropía (5). Es decir, el único motivo por el que se considera la posibilidad de volver a subir la temperatura es porque la caída de la curva entrópica es muy pronunciada y en consecuencia el recorrido (6) del vapor en estado seco aumenta hasta llegar a la curva del estado líquido.

En conclusión, el número óptimo de turbinas a instalar para un máximo aprovechamiento de la energía térmica generada en una central termosolar de estas características correspondería a 2, una turbina de alta presión y una turbina de baja presión.

8.1 Descripción funcional.

Como ya se ha indicado en repetidas ocasiones el ciclo de intercambio de temperaturas tiene un sentido de circulación inverso entre fluidos, a través de los diferentes equipos que componen este sistema.



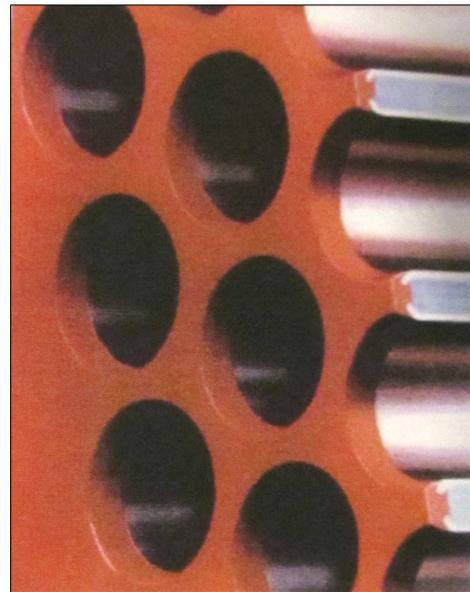
Tal y como se aprecia en el gráfico:

1. Economizador: encargado de elevar la temperatura del agua hasta aproximadamente la temperatura de evaporación para una presión de 105 bar, es decir 245° C. Para ello utiliza la temperatura remanente (322° C) del HTF después de pasar a través de todo el tren de generación y volver al campo solar aproximadamente con 300 ° C.
2. Evaporador: Equipo que únicamente incremente en unos grados la temperatura del H₂O obtenida del economizador. Utiliza 380° C del HTF para elevar la temperatura lo suficiente para crear vapor Saturado.
3. Sobrecalentador: Cuyo propósito es el de elevar la temperatura del vapor saturado con el fin de convertirlo en vapor seco, necesario para evitar el daño de los alabes de la turbina. Con aproximadamente 393° C consigue un incremento del vapor de 66° C
4. Recalentador: Como se señalo en el apartado anterior es muy conveniente el uso de una segunda turbina de baja presión, cuyo requisito principal consista en el empleo de fluidos con temperaturas cercanas a los 380° C. Este equipo es el encargado de habilitar estas condiciones.

El sistema esta doblado, de forma que la parada no programada de cualquier equipo, equivaldría automáticamente al desvío del 100 % del caudal de HTF y agua por la parte del sistema que se encuentre todavía operativa.

El funcionamiento de todos estos equipos se basa en la circulación de un fluido por el interior de un tubo que a su vez se encuentra situado en el interior de la carcasa de un determinado equipo de forma que el intercambio de temperaturas se produce en el interior y esta supeditada totalmente a la velocidad y caudal que apliquemos a los fluidos.

El caudal de HTF que habitualmente es necesario para producir 590 Mw. eléctricos es cercano a los 570 kg/s, aunque el paso del caudal no se deriva en partes iguales por las dos turbinas encargadas de la generación. Se estima que aproximadamente es necesario casi el 90 % de todo este caudal para obtener condiciones mínimas en la generación de la turbina de alta presión, unos 500 kg/s. Mientras que se destinara solo un 10 % para la turbina de Baja presión.



En conclusión, cuando la planta se encuentra a plena carga es capaz de admitir casi 500kg/s de HTF a través de los equipos de generación de la primera turbina (evaporador, economizador y sobrecalentador), así pues únicamente circularán unos 50m kg/s por el equipo destinado a la generación en la segunda turbina (recalentador). La consecuencia es que el salto térmico de este último es mucho mayor (150° C) ya que el intercambio es mucho más eficiente con caudales reducidos.



8.2 Economizador.

El economizador es el primero de los equipos del tren de generación y el último que atraviesa el sistema HTF.

Economizador		
	Entrada	Salida
Presión de agua	105 bar(a)	104,5 bar(a)
Presión de HTF	12 bar(a)	11 bar(a)
Temperatura de agua	245 °C	310 °C
Approach point		4-5°C
Temperatura de HTF	322 °C	300 °C

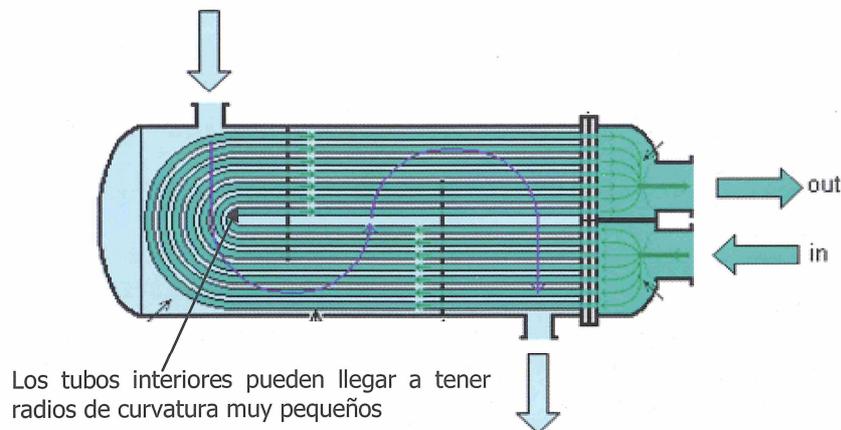
Las condiciones de trabajo que se muestran solo se deben de tomar como mera referencia ya que en la realidad cada planta opera a las condiciones adaptadas al ciclo agua-vapor del que estaban dotadas.

Se trata de un intercambiador carcasa tubo, donde el HTF circula por la carcasa mientras que el agua circula por el interior de los tubos por motivo de viscosidad de fluidos.

La posible problemática derivada de este equipo reside únicamente en dos puntos:

1. La corrosión: La cual debería poder evitarse con un sistema de tratamiento químico para el agua donde se controle el ph. el contenido en O₂ CO₂ y la conductividad
2. Steaming: proceso derivado del exceso de temperatura. Es decir la producción de vapor en el interior de la carcasa, para lo que se debería mantener un seguimiento continuo de las temperaturas que se alcanzan, incrementando el caudal o velocidad, a modo de prevención de esta problemática.

Las características fundamentales para asegurar la competitividad de este equipo son:



1. El haz tubular interior debería ser en forma de U, para poder hacer efectiva la dilatación de los tubos.
2. Debe tener una placa separadora para recircular el HTF a través de un recorrido equiparando la temperatura en todo el equipo y así evitar tensiones térmicas.
3. El radio de curvatura de los haces interiores debe ser un punto crítico para análisis y estudio.
4. El material del haz tubular no debe contener cobre.
5. El material de la placa de sujeción del haz tubular deber ser de acero aleado.
6. Es muy importante la previsibilidad de las reparaciones.
7. Es recomendable un válvula de control a la salida para evitar el Steaming .

8.3 Evaporador.

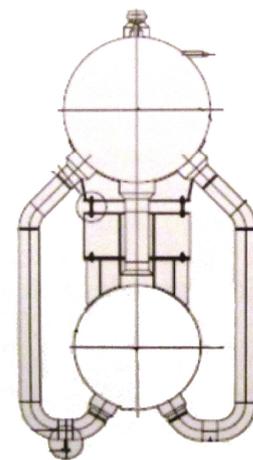
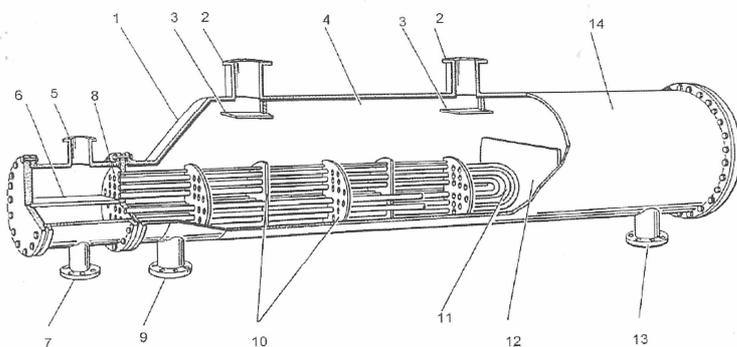
Equipo encargado del cambio de fase del fluido generador. Con apenas un incremento de temperatura de 4° C es capaz de evaporar el agua desmineralizada que circula por su interior.

Evaporador		
	Entrada	Salida
Presión de agua	104,5 bar(a)	103,5 bar(a)
Presión de HTF	15 bar(a)	12 bar(a)
Temperatura de agua	310 °C	314 °C
Pinch point	6-8 °C	
Temperatura de HTF	380	321

Es uno de los componentes más problemáticos del conjunto, puesto que su función incluye ambas fases de un mismo fluido a presiones y temperaturas muy elevadas.

Podemos encontrar principalmente dos tipos en función de su forma:

- tipo kettle: en el cual la evaporación se realiza dentro del mismo recipiente adosando un pequeño depósito en la parte superior para la fuga de vapor.
- con calderón de vapor: en el cual se encuentran separadas las zonas, con depósitos en función del estado del fluido.



8.4 Sobrecalentador.

Se trata del último de los equipos del tren de generación antes de la reticulación del vapor hacia la turbina de alta presión y el primero por donde se recircula el HTF.

Es el encargado de incrementar la temperatura del vapor obtenido en el evaporador hasta convertirlo en un vapor suficientemente seco como para que durante su circulación por el interior de la turbina de alta presión no condense. Como hemos visto anteriormente la condensación depende directamente de la presión y temperatura del vapor, e indirectamente de la entropía.

Sobrecalentador (100% carga, 90% caudal total de HTF)		
	Entrada	Salida
Presión del vapor	104 bar(a)	103 bar(a)
Presión de HTF	16 bar(a)	15 bar(a)
Temperatura del vapor	314 °C	385 °C
Temperatura de HTF	393	380

La problemática que puede llegar a surgir en este equipo en cierto modo es la misma que en el economizador, debido a que su composición, estructura y fabricación es muy similar a la de este.

Se ha de tener en cuenta que cuanto más cercano sea el equipo al tren de generación de energía (turbinas) más es la tensión y estrés térmico que deben soportar los equipos ya que las presiones y temperaturas son más elevadas.

8.4 Recalentador .

Último de los equipos que componen el tren de generación. Como ya se ha tratado antes, este equipo responde únicamente a las necesidades de temperatura de la turbina de baja presión.

Recalentador (100% de carga, 10% caudal total de HTF)		
	Entrada	Salida
Presión del vapor	18,5 bar(a)	18 bar(a)
Presión de HTF	16 bar(a)	11 bar(a)
Temperatura del vapor	205 °C	385 °C
Temperatura de HTF	393	245

La problemática que envuelve este tipo de equipo, se centra la diferencia de temperatura del fluido en estado gaseoso entre la entrada y la salida (aproximadamente 180° C), mientras que el HTF registra una pérdida de unos 140° C.

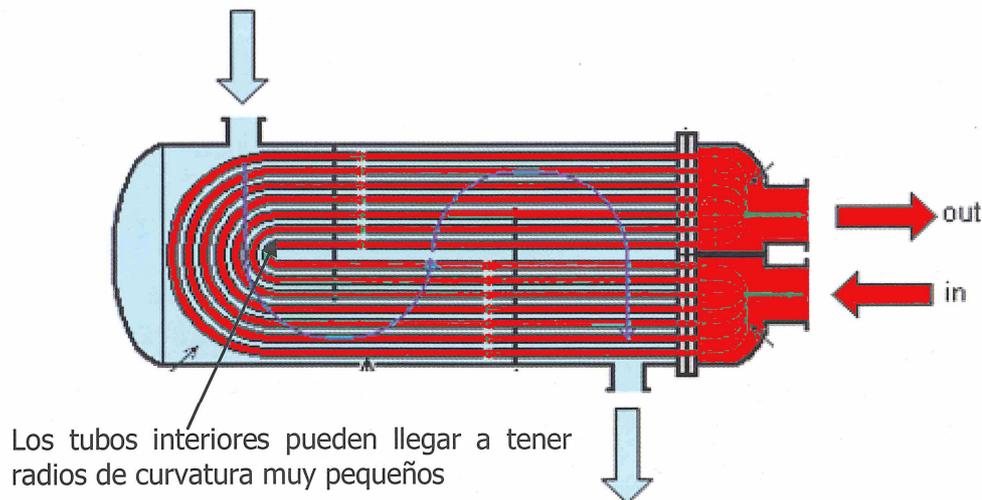
A esto debemos sumarle las numerosas paradas y arranques que la planta realiza anualmente, lo que provoca un estrés térmico en los materiales de los que esta compuesto debido a las constantes dilataciones y contracciones que se generan en la temperatura.

9. Ciclo Agua/vapor.

Es el conjunto de sistema y equipos, por los que circula exclusivamente agua con dos finalidades:

1. Generar el movimiento de las turbinas.
2. Adecuar el estado del agua a la entrada del tren de generación.

Como anteriormente se cito en el punto 4.5, existen ciertos equipos analizados en el capítulo 8 (Tren de generación) que no pertenecen a una única parte de la instalación, ya que la estructura interna de estos equipos cede una parte proporcional al ciclo agua vapor. Es decir podríamos considerar el interior del evaporador por ejemplo como :

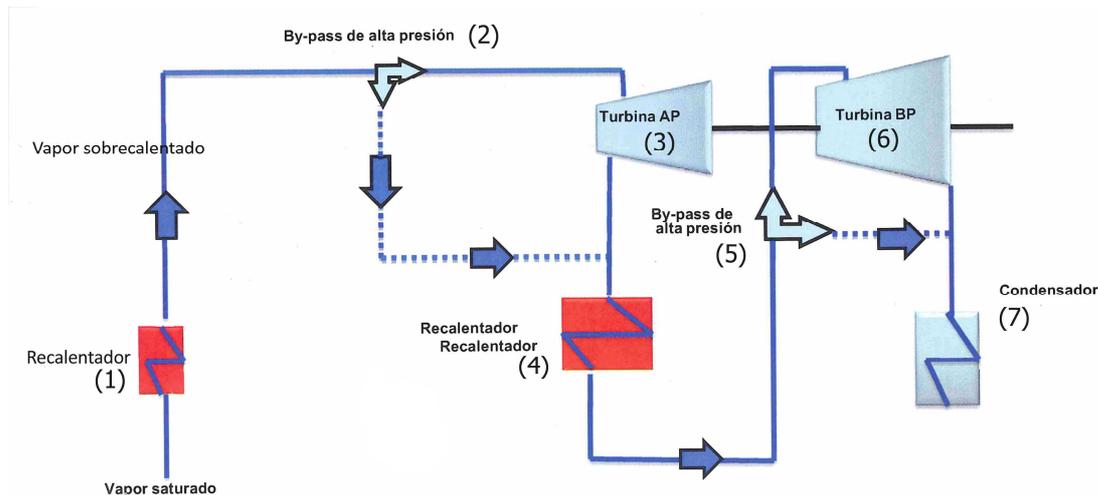


Una parte pertenecería al sistema HTF ya que es una parte del circuito por donde circula Aceite y la otra parte podríamos considerarla parte del ciclo Agua/vapor, debido a que por su interior solo circula Agua en diferentes estados. Todo ello y como hemos visto anteriormente recibe el nombre de Tren de generación.

Una vez superado el tren de generación el existe una sucesión de equipos que acondicionan las características del fluido generador para ambas finalidades.

9.1 Descripción funcional

A la Salida del tren de generación (sobrecalentador, 1) hemos obtenido una temperatura y presión del fluido de 380° C y 105 Bar. respectivamente, condiciones idóneas para dirigirlo a la turbina de alta presión.



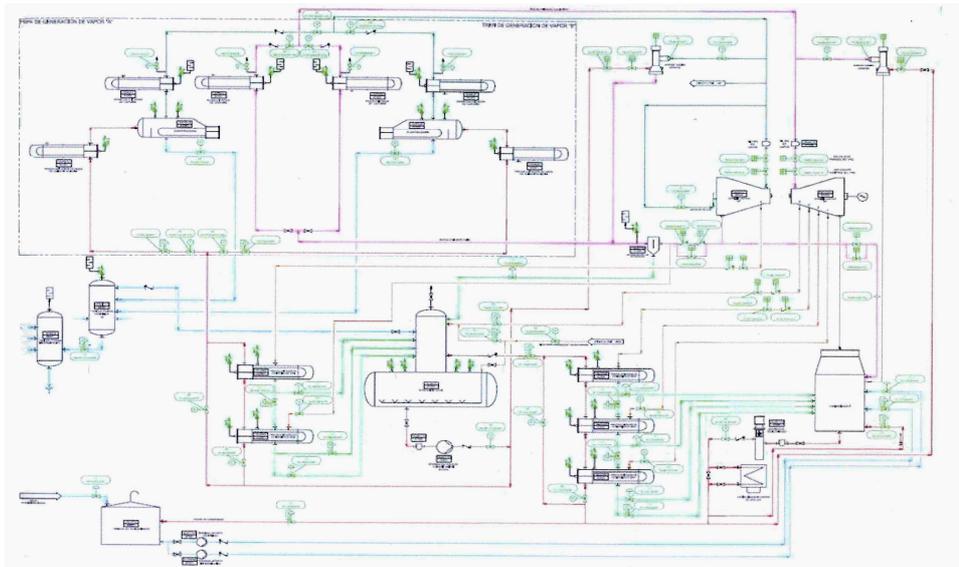
Para ello es necesario desviar el vapor de agua por medio de la válvula by pass (2), encargada de reconducirlo únicamente hacia la turbina de alta presión (3) cuando las condiciones del vapor son las determinadas por el fabricante. En caso contrario se reconduce el fluido de nuevo al tren de generación (recalentador, 4) donde intentara alcanzar dichas condiciones de temperatura. Esto se debe únicamente a periodos de parada, arranque y fallo de algún equipo.

Una vez circulado por la turbina de alta presión, como la imagen indica, las condiciones de presión y temperatura han variado considerablemente por lo que es necesario recalentarlo (4) y hacerlo pasar de nuevo por una turbina que aprovecha las condiciones del fluido a una presión mas baja, dado el valor antrópico conseguido previamente.

Para ello una vez mas es necesaria la participación de otra válvula Bypass (5) que regule la circulación del fluido que dirigimos hacia la turbina de baja (6), aunque en este caso el excedente de fluido cuya condición no sea la exigida será reconducido al condensador.

Una vez generado el movimiento en la turbina de baja presión se recircula al condensador (7) donde el fluido adquiere otra vez el estado liquido y recibe el aporte de agua debido a las mas que probables perdidas que hayan podido resultar a partir del paso por el tren de generación (8), concretamente en el evaporador(9).

Se ha de tener en cuenta que las condiciones de presión al salida del condensador no son ni mucho menos las de la presión atmosférica sino que como veremos en el punto 9 en el condensador, se requiere un estado de vacío para realizar con existo su operación. Esto se traduce en una nueva complicación en las bombas de impulsión situadas a la salida del condensador, ya que debe realizarse una salto en la presión de mas de 20 bar desde la condición de vacío.



Evidentemente tal y como refleja el P&ID, existen numerosos equipo adosados al ciclo de Agua vapor, encargados de realizar múltiples funciones, relacionadas con la máxima efectividad del sistema.

Las bombas se encargan de recircular el liquido a los recalentadores de baja presión (11), que mediante el aporte del vapor remanente del proceso de producción en la turbina de baja (7) se encarga de calentar a una temperatura de 105° C y elevar su presión hasta un nivel en el cual su presión de vaporización no le permite evaporar.

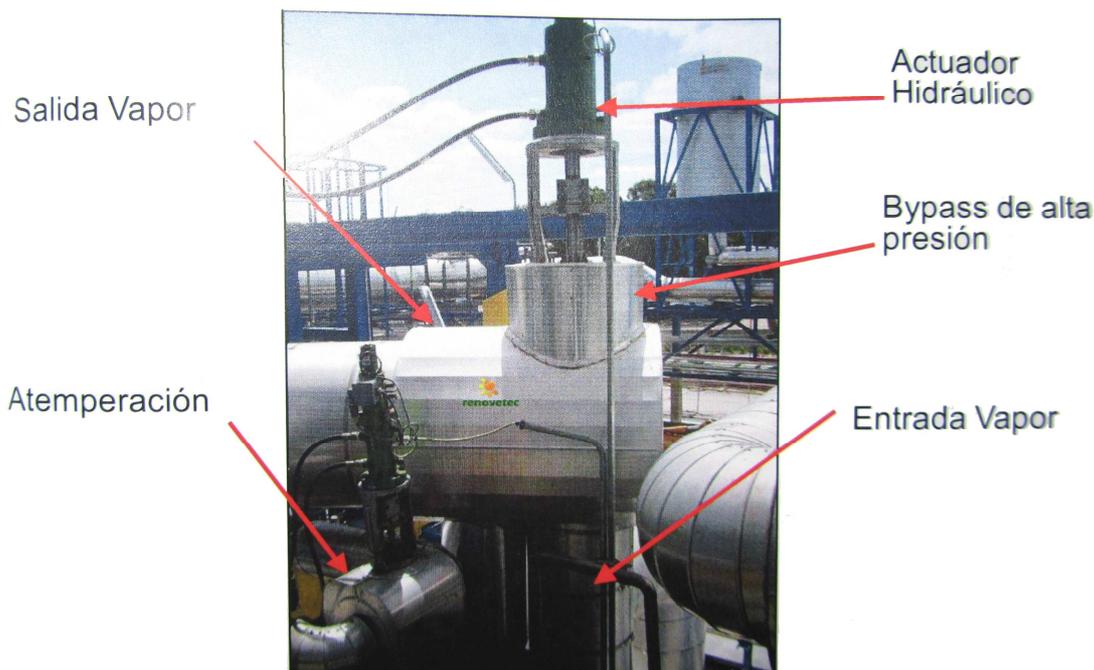
A su salida se reconduce el liquido hacia los recalentadores de alta presión (12) cuya finalidad, igual que los anteriores, es la de elevar la temperatura y presión hasta los 245 ° C y 105 bar. Necesarios para el tren de generación.

Pero veamos específicamente cual es el funcionamiento de cada uno de estos equipo y cual es el punto en el que verdaderamente actúan .

9.2 Válvulas Bypass

Tanto para las que actúan en el circuito de alta presión como baja presión, las funciones son básicamente las mismas. Como en la descripción funcional se ha mencionado, su misión principal, es impedir el paso de vapor saturado l interior de las turbinas, ya que este fenómeno desencadenaría un daño en lo s alabes de las turbinas muy costoso económicamente en la reparación. Es muy importante señalar que:

1. Asegura un caudal constante a través del recalentador, garantizando sus condicione de funcionamientos.
2. Impide el aumento de la presión, evitando daños múltiples en los equipo y sistemas colindantes
3. Descarga el vapor no requerido por las turbinas al condensador.



Llegado a este punto, no es difícil concluir, que el sistema de válvulas bypass, no es más que un complemento de los equipos principales que asegura las condiciones de su praxis y así evitar daños económicamente desproporcionados.

No obstante, los numerosos requisitos y peculiaridades técnicas que envuelven las válvulas son de una proporción tan significativa que su costo económico se ha disparado hasta los dos millones de euros, convirtiéndolo así en un equipo que protege, pero que a su vez debería ser protegido.

Es decir, Es inevitable que durante periodos de arranque y paro, este tipo de válvulas estén continuamente disparando y realizando desvíos a lugares concretos de la instalación donde los fluidos no resulten nocivos. De forma que su reiterada operación acaba por desgastar sus mecanismos, y reduciendo significativamente su efectividad, dando lugar a posibles fallos en condiciones extremas. Por ejemplo: durante periodos de arranque y paro cuando las condiciones del fluido (presión y temperatura) son fácilmente asumibles para todos los equipos exceptuando la turbina, las válvulas se encontraran en funcionamiento continuo a pesar de que su fabricación este prevista para temperaturas y presiones límites de la planta. Esto equivale a un desgaste progresivo en condiciones donde no se precisa la virtud de valvulería tan específica, dando lugar a fallos en la efectividad cuando las condiciones realmente lo requieren, como puede ser fluidos a 380° C que precisan ser desviados por la incapacidad de la turbina en asumirlos en momento puntuales.

La solución para esto, es muy simple, bypasear el bypass. Es decir colocar una válvula bypass cuyo reglaje únicamente conciba condiciones más asequibles, previamente a las válvulas By pass principales.

Uno de los equipos secundarios a los que el anterior P&id hace referencia es en este caso EL grupo hidráulico del control del actuar de la válvula By pass.

9.3 El condensador.

Es uno de los Equipos Clave, en las Plantas termosolares. Su función principal es la de condensar el vapor procedente de la turbina de baja presiona si como el vapor procedente de los bypass y drenajes de la turbina

Los parámetros principales a controlar en el condensador son:

- Presión : Aproximadamente 40 mbares
- Temperatura de condensado: Aproximadamente 30° C

EL principal tema previo a tratar el funcionamiento y desarrollo técnico del condensador es probablemente el ... ¿ Porque volvemos a condensar el Fluido Generador después del costoso procedimiento para mantener la fase gaseosa ?

La respuestas son varias entre las que se encuentran :

1. Después del paso del vapor por la turbina de baja, el fluido es vapor saturado a presión baja, por lo que se necesita convertirlo a una única fase para poder tratarlo.
2. El aporte de agua al sistema debe de ser en estado liquido por la complejidad que representa el aporte en cualquier otra fase.
3. El rendimiento de las turbinas. Ya que

.... Como se ha podido observar, en l plana termolar se desarrollan unas presiones de entre 30 y 105 bares de presión a través de todo el circuito exceptuando un único punto, El condensador. En el cual la presión, por debajo de lo 0.063 bar empezamos a considerarla como presión al vacío.

Para poder entender porque es necesario tener cuenta los valores entre los cuales operan las turbinas:

- Turbina de alta: El fluido entra con una presión de 105 y sale con 18 bar.
- Turbina de baja: El fluido entra con una presión de 18 bar y sale con 40 Mbar

La mejor forma de entender porque se hace esto es establecer una simple analogía.

Si queremos romper algo desde lo alto de un edificio, podemos tirarlo hasta que el choque contra el suelo se encargue de cumplir el objetivo. Pero si queremos romperlo mas aun, podemos considerar la posibilidad de realizar un agujero en el suelo para que la caída sea mayor.

Lo mismo ocurre con la turbina de baja, la que gracias a establecer un estado de presión al vacío a su salida es capaz de obtener aproximadamente el 75 % de la energía de la planta es decir 35Mw hora.

Este vacío se consigue de dos formas diferentes:

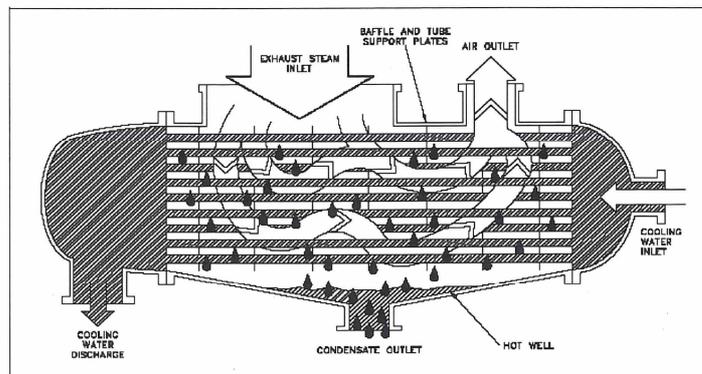
1. Eliminación de gases condensables, por condensación.
2. Eliminación de gases incondensables, por extracción con bomba de vacío.

Es decir....

Para conseguir el 99% de vacío en el condensador, no se utiliza una bomba de vacío ya que las proporciones del condensador equivaldrían a un equipo excepcionalmente caro para provocarlo y dado que en su mayor parte se trata de vapor de agua utilizamos el sistema de enfriamiento para provocar el vacío.

El método mas explicito para entender como se genera el vacío, es llenar una botella de plástico de vapor de agua e inmediatamente enfriarla su superficie, comprobaremos como se genera el vacío, tras el estado final de la botella.

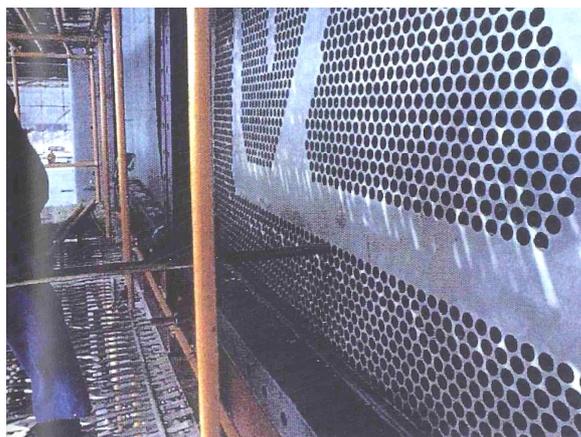
El resto de gases incondensables deben ser extraído mediante un pequeña bomba de vacío la cual consideraremos como un equipo adicional de los que señalaba el P&Id de la descripción funcional.



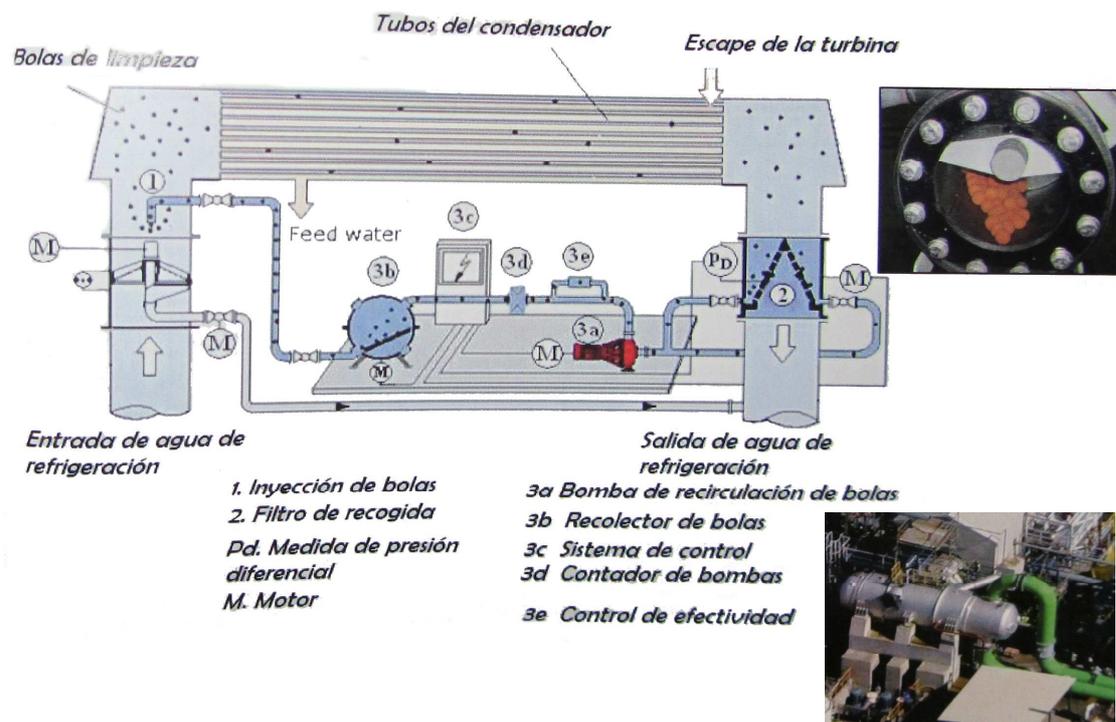
Partes del condensador

En cuanto a su fabricación y funcionamiento se ha de tratar como un intercambiador carcasa tubo mas, en el cual hacemos pasar agua a temperatura ambiente por el interior de los tubos condensando así las moléculas de vapor, en agua.

Dado que el sistema siempre tiende a generar unas pérdidas de agua este es el mejor punto para suplirlo, bosquejando una idea ya más palpable de la escasez de prestaciones que se mencionaba en el punto 4.5 en cuanto al tanque de agua de alimentación.



La inclusión de un sistema de limpieza continuo en el condensador es absolutamente necesaria. En Todos los casos donde se lleva a cabo, se trata del sistema taprogge (marca Registrada), el cual se basa únicamente en la inclusión de una bolas que circulan con el agua y que en la medida que pasan por los tubos contribuyen a su limpieza. Se detecta fácilmente la inclusión de este sistema mediante un a brida de diferente color, en la tubería de agua.



9.4 Bombas de agua de alimentación.

Este tipo de bombas se encuentran situadas a las salida de l condensador. Se ha de tener en cuenta que se trata de bombas muy especiales ya que deben tratar presiones inferiores a 1 bar y reconvertirlas a presiones de trabajo par a temperaturas de más de 100° C.

Para ello se recurre a ubicarlas en cotas inferiores a las de la cota 0 de la propia planta, de forma que la diferencia entre las presiones se pueda mitigar con este tipo de solución.

Normalmente se precisan 2 bombas para hacer frente al caudal que debe manejar, por lo que se recomienda la instalación de una tercera por si acaso alguna de las otras dos entrar en paro no programado. Aunque las posibles configuraciones van desde:

- 1 bomba: 100%
- 2 Bombas: 50 % y 50 %
- 3 Bombas: 33% + 33% + 33%.

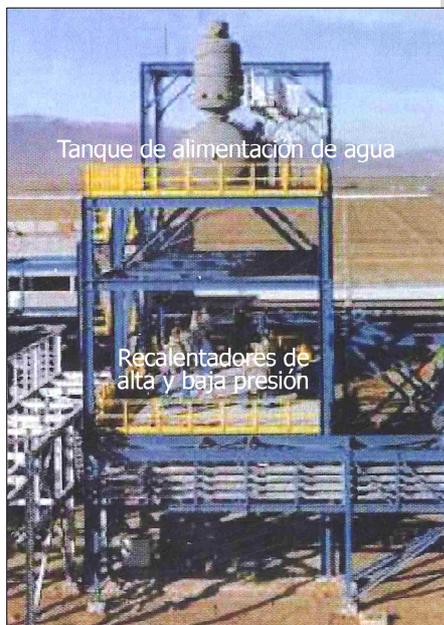
9.5 Recalentador de baja y de alta presión.

Por motivo de aprovechamiento de espacio los Recalentadores, tanto de baja como de alta presión se encuentran situados en las diferentes plantas ejecutadas a partir de la necesidad de ubicación del tanque de alimentación en el punto mas alto de la instalación.

Como bien indica su nombre, se trata de recalentadores que tratan de aprovechar el excedente en vapor de las turbinas para reconducirlo hasta estos donde por medio de intercambiadores carcasa tubo se realiza un nuevo intercambio de temperaturas adecuando las condiciones del liquido generador para la entrada del tren de generación

Por el interior de los tubos, circula el agua a la presión suficiente para evitar la evaporación de esta durante el intercambio de temperatura con el vapor circulante por el interior de la carcasa. Se trata de una fabricación muy similar a todos lo intercambiadores del tren de generación: una carcasa y por su interior un haz de tubos en forma de u Sujetos por un placa de acero al carbono, cuya reparación consista únicamente en la sustitución del tubo dañado o del haz de tubos por completo a partir de la extracción de la placa.

La única deferencia entre los recalentadores de baja y alta presión reside en las temperaturas que son capaces de desarrollar tras el paso del los fluido por el interior 110 y 245° C respectivamente. Aunque se ha de señalar que tras los recalentadores de baja presión, se encuentra un circuito de bombas que ayuda a alcanzar la presión de 105 bar necesarias para el tren de generación.



9.6 Tanques de agua de alimentación.

El tanque de alimentación en una central termosolar, es un equipo que ha permanecido impasible ante el progreso y evolución que ha caracterizado al resto de la planta. Los continuos avances registrados por cada uno de los sistemas mediante la incorporación de nuevas tecnologías o el asentamiento de nuevos criterios de diseño o enfoque técnico se ha manifestado por parte del tanque de alimentación de agua con una respuesta estéril, resultado probable de su no muy elevado coste económico.

Como bien indica su nombre, en principio se consideró la posibilidad de colocación de un depósito que se encargara principalmente de tres funciones:

1. Mantener la presión para evitar la cavitación en bombas
2. Servir de punto de inyección de agua al sistema
3. Punto de escape de gases incondensables.

Como se trató varias veces anteriormente, este depósito ha manifestado una pérdida notable de prestaciones, ya que dos de las tres funciones principales han sido adjudicadas por completo al condensador dada la simplicidad que supone realizarlas.

1. La presión que evita la cavitación de las bombas se mantiene, para ello es necesario situar este depósito en el punto más alto de la instalación de agua, por ello se recurre a la construcción de edificios que a menudo superan los 25/30 metros y del que se aprovecha su gran altura para la ejecución de forjados donde colocaremos posteriormente los recalentadores de alta y baja presión.
2. Respecto al punto de aporte de agua al ciclo, se ha solucionado inyectando el agua en el condensador, porque aunque la mezcla de los distintos fluidos en los intercambiadores carcasa tubo nunca tiene lugar, las condiciones que dan en su interior tras el efecto de la bomba de vacío, sumado a la idéntica naturaleza de los fluidos, permite una inyección segura que no comprometa en ningún caso la condición de circuito cerrado a presión.
3. Respecto al punto de escape de gases incondensables, es evidente que estos representan únicamente el 1% y que la bomba de vacío se encarga de extraerlos con toda seguridad del interior del condensador, y puesto que en el transcurso desde el condensador hasta el tanque de alimentación no se encuentra ningún equipo relevante al que le afecte este tipo de fluido las ventajas de acoplar un desgasificador al depósito de expansión son cuestionables.

No obstante, no se ha realizado ningún avance significativo y suficientemente competitivo que evite la cavitación en las bombas por lo que la construcción del edificio y la situación del tanque de expansión en el punto más alto de la instalación es fundamental.

Este se coloca entre el circuito de recalentadores de baja presión y alta presión, tiene acoplado unas bombas específicas para garantizar la circulación de agua por todo el ciclo agua vapor.

10. Turbinas

Las turbinas de alta y baja presión son la última pieza de este enorme entramado de ciclos y sistemas, y el único nexo de unión entre toda la parte hidráulica y la parte eléctrica que es el único motivo de desarrollo de esta tecnología.



Se trata de tecnologías con un gran estado de madurez, dada la similitud de estos equipos con los dispuestos en el resto de centrales de obtención de energía.

Son 15 millones de euros, de material mecanizado hasta el mínimo detalle, donde hasta el soporte, viene especificado por el

proveedor del sistema aunque en ningún caso es fabricado por el ,ya que se trata de enormes peanas de hormigón armado.

Es imprescindible la incorporación de sistemas que permitan la manipulación de esos equipos, posteriormente a su instalación, para realizar futuras modificaciones o reparaciones, por lo que lo más aconsejable es fabricar un nave con puente grúa, a pesar de que algunas ingenierías se hayan decidido por trasladarle este problema a la futura propiedad y explotador de la planta.

Por otro lado, como podemos apreciar en las fotos no es menos importante elegir el sistema de transporte idóneo para el gran tonelaje que supone cada una de las turbinas dada la gran sensibilidad de cada una de las piezas a cualquier factor externo y su elevado valor económico.



Accidente de turbina caída al mar durante el transporte.

11. Sistemas BOP

BOP es el conjunto de sistemas cuya aportación es vital para el desarrollo de cada uno de los propósitos de los equipos principales a los que están asociados o que no interviene directamente en el proceso de producción de energía. Su importancia dentro de una planta termosolar de energía no viene dada por su exclusividad, si no por su función, independientemente de la tipología de máquina que la lleve a cabo.

Los sistemas auxiliares de una planta termosolar, aunque auxiliares y en principio podamos clasificarlos como secundarios, dado el amplio abanico de ofertas que cumplen la misma función, constituyen una gran parte de la instalación económica/funcional y es muy importante considerarlos.

11.1 Sistema auxiliar eléctrico.

El consumo de cada uno de los equipos involucrados directamente en los procesos de producción mas los equipos auxiliares suponen un consumo eléctrico de entre 5 y 7 Mw. anuales lo que se convierte en aproximadamente unos 15000 y 25000 Mw/h de energía consumida. Estableciendo la prima según RD esto puede suponer una perdidas económicas de aproximadamente 7 millones de euros al año.

Teniendo en cuenta este ultimo punto, no es de extrañar que se cuente con la posibilidad de una inmediata o posterior instalación de 5 Mw fotovoltaicos no conectados a la red, simplemente para alimentar la barra de tensión de la que cuelgan todos los consumos auxiliares. No se observa ninguna requisición que induzca a pensar que este sistema pueda ser incompatible según el real decreto 661/2007.

No obstante se recomienda en todos los casos desconectar todos los consumidores que no realizan ninguna función útil constante como pueden ser los variadores de las bombas.

11.2 Planta de tratamiento de aguas residuales.

En la planta, concretamente en el ciclo de agua vapor suelen generarse una serie de corrientes de aguas residuales procedentes de:

- Purgas de calderas.
- Purgas de torres de refrigeración
- Purgas y rechazos de la planta de tratamiento de agua
- Aguas Sanitarias
- Aguas aceitosas
- Residuos aceitosos procedentes de fugas de máquinas y motores.

En función de los volúmenes y tipología de los vertidos que se produzcan en los ámbitos de planta de energía que existen actualmente, se utilizan distintos procesos de tratamiento de vertidos y distintos tipos de almacenaje. En función del tipo de vertido los tratamientos pueden ser :

1. tratamientos primarios o fisicoquímicos: orientados a la eliminación de sólidos aceites y otro componentes.
2. Tratamientos secundarios o biológicos ; destinados a la eliminación de material orgánico
3. Tratamientos terciarios, destinado a acondicionar los vertidos a los parametros dictados por la legislación .

Lógicamente, es una muy superflua explicación del verdadero procedimiento de tratamiento de vertidos, pero para el fin de la comprensión de tratamientos de residuos de una planta termosolar no es necesario profundizar más en el tema. Aunque sí, profundizar en la metodología en que se empleara para la contención de lo vertidos en planta ya que esto está directamente relacionado con el espacio y ubicación a ocupar.

En el caso de las plantas termosolares, la balsa de efluentes es la metodología mas común y mas indicada a seguir. Esta consta de las siguientes instalaciones:

- depuradora de aguas aceitosas
- Balsa de vertidos, en la que pueden realizarse las siguientes operaciones:
 - homogenización de los diferentes vertidos
 - Oxigenación forzada
 - medida de la composición fisico-química del vertido
 - Sistema de recogida de fangos
- Balsa de regulación de vertido en aquellos emplazamientos en los que el cauce en el que se realiza el vertido esta sometido a fuertes variaciones estacionales de caudal.



Otro sistema que en algún caso se ha utilizado es el de la balsa de vertidos, la cual que consiste en la disposición de una amplia zona de acopio de vertidos cuyo tratamiento se realiza únicamente en verano. Después de haber sufrido una evaporación del agua sobre la que se encuentran disueltas las sustancias nocivas, una empresa especializada en el tratamiento de materias contaminantes lo recoge como sólido y lo trata.

Es de suponer, que este caso solo se da en las plantas que disponen de una grañidísima zona para realzar este tipo de tratamiento de fluidos contaminantes.

11.3 Sistema de refrigeración.

Uno de los aspectos fundamentales a tener en cuenta en el momento de diseño de la ingeniería es la elección óptima de la ubicación de la planta. En muchas ocasiones ubicaciones excelentes desde el punto de vista de la radiación recibida, se enfrentan al hecho de carecer de recursos hídricos necesarios.

El alto consumo de agua en una planta termosolar viene determinado por las torres de refrigeración la cuales manifiestan un elevado consumo dada la continua reposicion que deben realizar a la salida de la turbina. Se estima que casi el 80 % del total del agua consumida en una central se da en este punto ,lo que supone aproximadamente unos 4.8 m³ por Mwh neto producido, es decir, unos 600 m³/año. Este valor viene determinado también por la caracterización de las aguas que se dan en el aporte, siendo las aguas con mayor carga iónica (subterráneas) las que mas consumo provocan y las agua mas puras (las De río) las que lo disminuyen.

Es por ello por lo que es indispensable la presencia de un recurso hídrico cercano al emplazamiento definitivo de la planta, ya que el uso de otro tipo de proceso para la refrigeración del agua utilizada en el condensador son un alternativa que debe estar ligada a unas condiciones geográficas que no coinciden en ningún caso con las necesarias para el desarrollo de una ingeniería termosolar.

Una torre de refrigeración esta compuesta por:

- **3 celdas:** En cuyo caso son mas baratas, precisan de menos mantenimiento pero sin embargo tienen menos flexibilidad en caso de necesitar realizar un paro en ventiladores



- **4 celdas:** En cuyo caso son más caras, precisan más mantenimiento pero sin embargo poseen un ajuste de consumo óptimo de los ventiladores en invierno.

Su funcionamiento no dista mucho de la operación que realiza el condensador, simplemente se realiza un intercambio de temperaturas aunque en esta ocasión se realiza al aire libre.

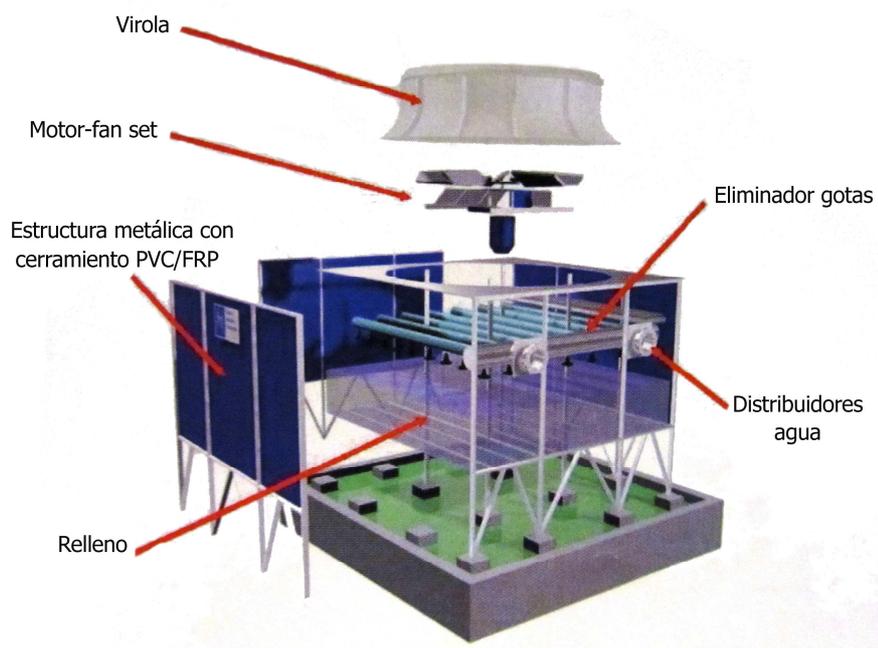
Es el aire en este caso el encargado de enfriar la temperatura del agua mediante un enorme ventilador que situado en la parte superior obliga al paso de la ventilación a través de conductos por los que circula el vapor saturado



Es de suma importancia, que el agua con la que se trata este sistema tenga unas propiedades físico-químicas que no dañen los equipos y que por supuesto respeten las requisiciones del real decreto que regula las emisiones de sustancias nocivas a la atmosfera.

Por otro lado, es importante estudiar la ubicación de este tipo de equipo dentro de la planta ya que puede colaborar significativamente a la oxidación de todos los elementos metálicos que se encuentren en la trayectoria de su operación.

Las partes de una torre de refrigeración son:





11.4 Planta de tratamiento de agua

En función de las propiedades físico químicas que el aporte de agua posea, es imprescindible la instalación de una serie de equipos determinados en una planta de tratamiento de agua. Los equipos son:

- Filtros tricapa y filtros de carbón activo en la fase de pretratamiento
- Sistema de ultrafiltración, si el agua tuviera una cantidad de sólidos en suspensión especialmente alta.
- sistema descalcificador
- Sistema de adición de biocida
- Sistema electrodesionización
- Tres tanques de almacenamiento
- Planta de osmosis inversa.

11.5 Sistema contra incendios

De igual modo que todas las instalaciones industriales una planta termosolar debe cumplir lo especificado en el real decreto 2267/2004 de 3 de diciembre por el que se aprueba el reglamento de protección contra incendios en establecimientos industriales.

En este caso además se ha de tener en cuenta que el combustible que circula por el interior de estas plantas es altamente inflamable e incluso en ciertas condiciones llega a producir autoignición.

Se ha de tener en cuenta que el agua acumulada en el tanque de agua desmineralizada es la que se utiliza en caso de incendio de la planta la cual en función de la ubicación del incendio los sistemas de protección se extienden desde:

Campo Solar.

El riesgo asociado al campo solar de las plantas termosolares vienen determinados por las grandes cantidades de fluido HTF que circula por el interior del entramado de tubería, aproximadamente en función la dotación de almacenamiento térmico (tanques de sales) circulan del orden de 1200 t a 2300 t.

Debido a la gran extensión de terreno que abarca el campo solar es impensable la instalación de los suficientes hidrantes donde se puedan conectar las mangueras de agua. Por lo que se aconseja proveer ala instalación de un sistema de extinción móvil mediante un camión equipado con un tanque de agua, bomba movida por el motor de camión, tanque de espumogeno con lanza y cañon de agua.

Bloque de potencia.

Cuya peligrosidad viene referenciada por las mismas características que el anterior, solo que en este caso los daños económicos pueden ser significativamente mayores.

La solución a adoptar en este caso si que concibe la posibilidad de instalación de hidrantes a los que remitirse en en caso de incendio.

Se ha de tener especial consideración en las zonas de generación, tanques de expansión, rebose, calderas auxiliares, nave de turbina y zona de transformadores, ya que en muchos de estos casos el componente inflamable no se reduce únicamente al HTF, sino que por ejemplo en la zona de las calderas auxiliares se utiliza gas natural.

11.6 Planta de Gas Natural

Este tipo de planta debe instalarse en función de la posibilidad de suministro de gas que exista en las inmediaciones. Actualmente existen dos posibilidades: comprar la planta o alquilarla.

Este tipo de plantas están provista de depósitos donde se acopia el gas en estado liquido a una temperatura de -160°C y de unas baterías que mediante un conducto por donde circula el gas realizan un intercambio de temperatura con el exterior (que como se parecía en la foto la mayor parte de estas están congeladas) para adaptar la temperatura a la necesaria para el consumo que son aproximadamente la temperatura ambiente unos 20°C . Este tipo de combustible se suministra en camiones.



12 Análisis

Este capítulo está destinado a realizar un análisis de cada uno de los puntos susceptibles de mejorar en cualquier aspecto. A pesar de que las plantas termosolares CCP se considera un tipo de tecnología totalmente madura y desarrollada, la evolución y abaratamiento en los costes del montaje viene ligada a la constante y creciente proliferación de instalación de este tipo de plantas. Poco a poco y en la medida de lo posible se van estableciendo nuevos métodos de montaje más rápidos y baratos y excluyendo equipos que pueden no ser necesarios.

Lo que se propone en este punto del PFC es analizar todos los equipos o circunstancias que desde puntos de vista constructivos, ecológicos o económicos no deberían tener cabida en Pro de las plantas termosolares.

Es importante remarcar que cada uno de los puntos que se abordan no derivan de una conclusión personal, sino que están apoyados por argumentos tecnológicos fruto de estudios derivados de ingenierías que estudian los procesos de producción termosolar.

Una de las peculiaridades comunes a casi la totalidad de la problemática que se plantea en cada uno de los siguientes apartados viene dictada por el intento de ahorrar en la fase inicial del proyecto. Se ha de destacar que una planta termosolar dotada de almacenamiento térmico cuesta aproximadamente 250 millones de euros, por lo que en un principio se intenta abaratar en todos los sentidos, haciendo caso omiso a las distintas soluciones que amortizaran su inversión en pro de las ganancias totales que generara la inversión inicial.

Así pues, planta de filtrado, planta de gas, aislamiento microporoso, asfaltado inicial y otros muchos pueden representar inversiones cuantiosas en el presupuesto inicial, pero que se desestiman por la posibilidad de funcionamiento con métodos cuestionables que cumplen ligeramente las expectativas del propietario final y explotador de la planta.

12.1 Valvulería de campo.

Se ha tratado ampliamente la producción de energía sujeta a las consideraciones propias de cada uno de los distintos operadores que puedan en el futuro estar a cargo de una planta de producción de energía termosolar. Pero ¿Hasta que punto es suficiente la interpretación humana para conseguir la más eficiente producción de energía?

Evidentemente un operador adquirirá una experiencia fruto de su preparación y tiempo invertido en los diferentes procesos y fases de una planta, pero existen diversos factores que no solo deberían responder a la intuición, producto de la experiencia, como por ejemplo ocurre con las válvulas.

Las válvulas automáticas se encuentran repartidas por todo el campo solar antes de la entrada a cada lazo. Estas están preparadas para abrir y cerrar de forma que en función de la velocidad de su apertura el HTF pueda circular a más o menos velocidad en el interior de cada lazo, lo que se traduce en la mayor o menor captación calórica.

La teoría es que las válvulas instaladas se encuentren controladas por un programa que mediante su mayor o menor apertura establezca la velocidad óptima para que la temperatura del líquido generador se sitúe en su máxima. No obstante se ha dotado al sistema de todos los elementos excepto de las regulaciones necesarias que transmitan la señal a la sala de control.



Actualmente en la totalidad de los casos de plantas termosolares instaladas en España no se encuentra realizada la instalación al 100% y el cierre o apertura de estas válvulas se realiza manualmente entre 2 o tres veces al año en concepto de cambio de estación por considerar variaciones de radiación importantes.

Esto significa una pérdida muy importante de energía calórica que al fin de al cabo puede representar un valor muy elevado de pérdidas económicas que durante 25 años de vida útil en un a planta termosolar al fin de al cabo puede representar muchos millones de euros.

12.2 Planta de filtrado.

Otras de las mas importantes consideraciones a tener en cuenta en la fase de proyecto y empleo de fondos de la ingeniera de diseño de la planta es el sistema de filtrado.

Como ya se explico concretamente en el punto 7.3, Este sistema solo se encarga de realizar transformaciones a los diferentes estados físicos que puede alcanzar el HTF en función de la Temperatura. Con ello y dada la insolubilidad de las partículas que producen diferentes tipos de deterioros en el HTF se consigue de forma muy dubitativa un filtrado “casero” que por un lado dota a la planta de una capacidad cuestionable de reaprovechamiento del Aceite, pero a costa de verter grandes cantidades de gases nocivos a la atmosfera.

Otro de la gran problemática que envuelve este tipo de sistema es la cantidad de HTF que se desperdicia, debido al pobre rendimiento que presenta este sistema. De forma que, La continua reposición de HTF que provoca y dado el elevado precio de este compuesto hacen viable la opción de instalar un planta de filtrado real que con el tiempo la propiedad amortizará teniendo en cuenta las posibles repercusiones que las administraciones puedan asignar, en función de la cantidad de gases nocivos que se vierten a la atmósfera, ya que la finalidad principal de toda esta tecnología se basa en el carácter limpio y renovable con el que se le ha relacionado.

12.3 El gas Natural.

Con respecto al Gas natural en cierto modo ocurre lo mismo que con la gran parte de sistemas auxiliares. La inversión inicial requerida suma mas de lo deja ver a la propiedad que la eficiencia y rendimiento producto de la instalación de una planta piloto en obra pueda representar un rápida recuperación de la inversión y por lo tanto una ganancia mayor en el futuro.

Foto rampa de gas de las calderas





Aunque en cierta parte la recuperación de esta inversión se vería seriamente influenciada por el uso que se le asigne al gas natural, es decir, Según el real decreto RD 1642/2008, esta permitido usar 10% de la energía producida fruto de l aporte de una fuente de energía alternativa a la termosolar, como puede ser el Gas natural. No obstante el control del gas utilizado es una difícil cuestión a valorar si el suministro se realiza en camiones y si como en algunos casos sucede, el proveedor y usuario final de gas natural coinciden. Esto conlleva a atrevidas interpretaciones de la legislación o incluso a usos indebidos de esta fuente de energía, como por ejemplo:

1. Excesiva producción energía mediante las calderas auxiliares utilizando más de un 10 % que permite la legislación actual.
2. Calentamiento del HTF hasta el límite necesario para la producción durante todo el periodo nocturno para que con el primer rayo de sol comience la producción.

12.4 Calculo de Lazos y doblado de tren de generación.

Dos de los temas a considerar como excesivos son a los que se refiere esta a apartado en concreto., EL doblado del tren de generación y el cálculo excesivo de lazos.

Los promotores Prefiern realizar un a inversión excesiva en lazos queriendo cubrir en todo momento los 50 Mwh permitidos que se le asignan a cada una de las termosolares. Esto equivale a un desaprovechamiento manifiesto de cierto número de lazos, ya que en principio la idea se enfoca para que el cálculo obtenido permita la obtención de energía en los periodos menos favorables para la producción de energía termosolar como es en invierno. Por otro lado encontramos un elevado periodo de tiempo anualmente en el que la radiación supera la capacidad de máxima de conversión de energía dictada por el real decreto RD 661/07. Esto se traduce en que la mayor parte de tiempo de vida útil de este excedente de lazos va a permanecer inmóviles causando un elevado número de problema mecánicos y fisicoquímicos del HTF.

Se ha de tener en cuenta que el costo de cada uno de este lazo esta entorno a los 800.000 euros, y que probablemente con el ahorro que se produciría se podría fácilmente instalar cualquiera de los sistemas que en los apartados anteriores catalogábamos como soluciones productivas.

En cierto modo aunque con un precio más elevado, ocurre con el tren de generación. Como Resultado de distintos estudios entre los que cito a renovetec se considera una medida improductiva el doblado del tren de generación. Para entender esto se ha de tener cuenta que el tren de generación es el sistema que mayor número de paradas no programas registra por lo que el numero de problemas que puede surgir con el doble de equipos se convierte en algo desproporcionado y susceptible de un continuo mantenimiento.

Por otro lado el los beneficios de este tipo de solución proporcionan la capacidad de asumir la total producción de la planta con solo un tren de generación, aunque el precio resultante de fabricar 2 el mantenimiento y las probabilidades de que un sistema tan grande paralice la producción con solo una de sus equipos fuera de servicio lo convierten en una característica actual de las plantas en construcción poco eficiente.

Su coste es aproximadamente de unos 4 millones de euros.

12.5 Emplazamiento de equipos en obra

Se ha de tener en cuenta que el emplazamiento y transporte de equipos de las dimensiones y pesos que se desarrollaban en este tipo de proyectos lo convierte en intervenciones propias de mega ingenierías y cada detalle puede implicar un sobre costo de sumas importantes.

Este es el caso en concreto de la instalación de las calderas auxiliares en el cual para su instalación se necesita los servicios de distinto tipo de grúas debido a la disparidad de pesos y trabajos a realizar en un mismo emplazamiento de la obra.



Maniobra situación calderas con la retenida

Para casi el 100% de los trabajos a realizar en estas plantas se utilizan grúas telescópicas, ya que las intermitentes intervenciones en ubicaciones distintas hacen imposible la consideración de cualquier otro tipo de equipo auxiliar.

Pero no era este el caso de la instalación de las calderas auxiliares HTF, ya que en la fase inicial del montaje, en efecto, se precisan grúas de gran tonelaje (concretamente grúas 300T y grúa 100 T) para la colocación de los equipos principales. Pero durante los siguientes meses se precisa maquinaria auxiliar capaz de izar elementos con pesos inferiores 1.5 T, sobre el mismo emplazamiento, lo que lo convierte a esta ingenieraza en una candidata perfecto para el uso de grúas torre.

Después de diversos proyectos, se ha accedido a la consideración de esta posibilidad ya que los números indican un ahorro de unos 30.000 euros por instalación.

Ya que las características de las grúas son las siguientes:



Antes: Grúa telescópica 35 T permanentemente en obra, + operario grúa telescópica + dietas, sin posibilidad de realizar trabajos mecánicos por pertenecer a la subcontrata grúa.



Después: Grúa torre 26m. altura bajo gancho, alcance 30metros + operario contrato final de obra, contratado en proximidades de la planta, sin dietas. Posibilidad de realizar trabajos mecánicos mientras la grúa no se encuentra en uso.

12.6 Informe ambiental

La teoría de una central termosolar es que la energía solar térmica carece de las emisiones contaminantes o de las preocupaciones de seguridad medioambiental asociadas con la tecnología de generación convencional, es decir no existe ninguna contaminación en forma de gases de combustión o ruido durante la operación. Por otro lado se estudia también las repercusiones medioambientales cuando expira totalmente el periodo de producción de la planta, de forma que desmantelarla no cree ningún tipo de problema.

Lo que es más importante en términos medioambientales más amplios, durante la operación de una central solar termoeléctrica no hay emisiones de CO₂ – el gas de mayor responsabilidad en el cambio climático global. Aunque hay emisiones indirectas de CO₂ en otras etapas del ciclo de vida (construcción y desmantelamiento), estas son significativamente menores que las emisiones evitadas.

La electricidad generada a partir de la energía térmica solar puede por tanto contribuir sustancialmente a los compromisos de reducción del constante aumento en el nivel de los gases de efecto invernadero y su contribución al cambio climático.

12.6.1 Marco legal

Legislación Europea:

- Directiva 85/337/CEE, de 27 de Junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el Medio Ambiente
- Directiva 97/11/CE, de 3 de Marzo de 1997, que modifica la Directiva 85/337/CEE
- Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001 relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente (DOCE núm. L 197, de 21 de julio de 2001)
- Convenio de Espoo, de 25 de Febrero de 1991, ratificado por la UE, publicado en el B.O.E. de 21 de Octubre de 1997.
- Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de Abril de 2004 sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales.
- Directiva comunitaria 409/79 que establece la creación de zonas de especial protección de las aves.



Legislación nacional:

- R:D: 849/1986, de 11 de Abril, Reglamento de Dominio Público Hidráulico.
 - R:D: 1.316/91 de 2 de Agosto, de reestructuración de la Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente. Boe nº212, de 4-9-91.
 - Ley 4/1989 de 27 de Marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestre.
 - R.D. 3091/1982, de 15 de Octubre sobre protección de especies amenazadas de flora y fauna silvestre.
 - R.D. 439/1990, de 30 de Marzo, por el que se regula el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas.
 - Ley 41/1997, de 5 de Noviembre , por la que se modifica la Ley 4/1989, de 27 de Marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Faunas Silvestres.
 - R.D 1193/1998, de 12 de Junio, por el que se modifica el R.D. 1997/1995, de 7 de Diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.
 - Orden del 9 de Julio de 1998, por la que se incluyen determinadas especies en el Catalogo Nacional de Especies Amenazadas y cambian de categoría otras que ya están incluidas en el mismo.
 - Corrección de errores de la Orden del 9 de Julio de 1998, por la que se incluyen determinadas especies en el Catalogo Nacional de Especies Amenazadas y cambian de categoría otras que ya están incluidas en el mismo
 - Ley 7/2007, de gestión integrada de la calidad ambiental. BOE 190, de 9-8-2007.
 - Orden de 12 de Julio de 1988, por la que se dictan normas para el cumplimiento de la obligación de incluir un estudio de impacto ambiental en proyectos de la Consejería de Obras Públicas y Transportes
-
- R.D.L. 1302/1986, de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental(BOE de 30 de Junio de 1986)
 - R.D. 1131/88, de 30 de Septiembre, por el que se aprueba el reglamento para la ejecución del R.D.L. 1302/86 (BOE de 5 de Octubre de 1988)
 - Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del RDL 1302/1986, de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental (BOE de 9 de Mayo de 2001, páginas 16607 a 16616)
 - Real Decreto 9/2000,de 6 de Octubre, de modificación del Real Recreto legislativo 1302/1986, de 28 de Junio, de Evaluación de Impacto Ambiental (BOE núm.241, de 7 de octubre de 2000)
 - Decreto 2414/1961, de 30 de Noviembre, Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.

13. Infografía del proceso constructivo











14. Conclusión

El análisis de plantas termosolares así como de los diferentes métodos de producción de energía existentes a día de hoy, viene ligado al factor económico que trasciende de alta rentabilidad que genera una necesidad de energía limpia.

Una de las conclusiones personales más significativas es la disparidad que presentan los términos energía limpia y barata o gratuita. Aunque en principio, las fuentes de energía alternativas se basen (dado su carácter eco protector) en emisores naturales, inagotables y gratuitos no significa que el ser humano no sea capaz de convertirlo en un proceso inagotablemente caro. Ya que inversiones multimillonarias vienen financiadas por bancos que esperan recuperar e incrementar sus dividendos a costa de encarecer paulatinamente las facturas de la luz. Es decir la probabilidad de que el ser humano cree un fuente de energía limpia y barata puede incrementarse exponencialmente con el avance tecnológico que seguro experimentaremos, pero lamentablemente el mundo se mueve con dinero y la moneda de cambio es la energía y no estamos dispuestos a sacrificar el bienestar de los países del primer mundo en pro de la raza humana.

Lejos de convertir el Estudio de Plantas termosolares en un análisis económico social, cabría destacar el beneficio que aporta ciertas nuevas tecnologías como en este caso la adaptación de tanques de sales al sistema, lo que dota a las plantas de autonomía suficiente, aumentando su rendimiento y eficiencia desde el punto de vista energético.

Teniendo en cuenta que este equipo puede multiplicar como mínimo su costo por 10 en forma de beneficio, la negativa a su instalación solo puede responder en mi opinión a una inversión inicial capada, seguida de una previsión futurible de dotación del equipo.

La incapacidad del ser humano en manejar fluido bifásico dentro del mismo sistema, lleva a la necesidad de uso de dos circuitos diferentes por los que circula agua y HTF respectivamente. El HTF es el mal necesario de este tipo de instalación ya que es altamente contaminante peligroso e inflamable. Además necesita una gran cantidad de equipos auxiliares, para mantener en condiciones optimas tanto su composición como el estado de la planta, tanques de expansión, sistema ullage, calderas auxiliares... etc...

Cierto es que se trata de una tecnología totalmente madura, ya que su primer prototipo esta fechado en 1980, no obstante la generosa prima que establece el real decreto RD661/07 la han convertido en un elemento de producción en masa, blanco de inversiones que desarrollen su tecnología mas eficientemente y procesos de montaje producción y fabricación que abaraten las plantas. Concretamente de los 250 millones de inversión inicial que se tasaba la primera termosolar sin almacenamiento térmico en España se ha conseguido un abaratamiento de unos 70 millones de euros, convirtiendo el una realidad plausible la instalación de almacenamiento térmico en las plantas en contracción actualmente por los 250 millones de euros iniciales.



15. Referencias bibliográficas

GARCÍA GARRIDO, Santiago, *Centrales Termosolares CCP, Estado del arte en tecnología termosolar*, renovetec, 2010.

GARCÍA GARRIDO, Santiago, *Ciclo Experto en Centrales Termosolares Vol. 2, El bloque de potencia, Sistema HTF, Ciclo Agua-Vapor y BOP*, renovetec, 2010.

MARTÍ MIQUEL, Celedonio, *Práctica de los fluidos Térmicos. Vapor, agua caliente, agua sobrecalentada, aceite térmico*. Marcombo, Boixareu Editores, 1979.

MÉNDEZ MUÑIT, Javier María
CUERVO GARCÍA, Rafael,
Bureau Veritas Formación, Energía Solar Térmica FC. Editorial, 2009

Páginas web consultadas:

http://fernandez-ordonez.net/web/wpcontent/uploads/2011/02/Energia_Producida_2010.png

http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/spain/STAGING/home_assets/downloads_pdfs/i/InformeComillas_2010.pdf

- www.ambientum.com
- www.tecnociencia.es
- www.idae.es
- www.crisisenrgetica.org
- www.sugimat.com

Medios informáticos empleados:

- Autocad 2010
- 3dStudio Max
- Adobe Illustrator
- Adobe PhotoShop
- Sony Vegas 10.0
- Microsoft Office Word y Excel