renovetec

Ingeniería de Centrales Termosolares CCP

Estado del arte en tecnología termosolar

Santiago García Garrido

www.renovetec.com

Este libro aborda un estudio detallado de las soluciones técnicas que han dado mejores resultados prácticos en las centrales termosolares actualmente en explotación o en construcción. Se trata de un libro técnico y dirigido a técnicos, y sólo tiene un objetivo: difundir los detalles de la tecnología termosolar de forma que las centrales que se proyecten en el futuro inmediato sean más eficientes y económicas.

Sistema por sistema, se ha analizado cuales son los equipos utilizados y cuales en opinión de RENOVETEC han respondido de acuerdo a lo que se esperaba de ellos; cuales son las mejores configuraciones; y cuáles son las sugerencias que RENOVETEC hace a promotores, ingenierías, EPCistas, contratistas, empresas de operación y mantenimiento y profesionales vinculados a centrales termosolares en la selección de equipos, configuración de sistemas, conceptos, dimensiones, cálculos, etc. No se trata de un libro básico o introductorio, ni de carácter generalista o en el que se estudien los planes de negocio o viabilidad de las plantas termosolares. Tampoco es un alegato a favor o en contra de la tecnología termosolar. Es simplemente un libro en el que se detalla el estado del arte en tecnología termosolar.

ISBN 978-84-614-4183-9

9 788614 41839

Email: info@renovetec.com
www.renovetec.com

renovetec

Ingeniería de Centrales Termosolares CCP

Estado del arte en tecnología termosolar

Santiago García Garrido

renovetec

© Santiago García Garrido 2010

Reservados todos los derechos

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros medios sin el permiso previo y por escrito del titular del Copyright

Todos los datos que se muestran en esta publicación han de ser tomados como simple referencia, debiendo comprobarse siempre para cada planta y para cada ubicación. RENOVETEC y el autor declinan cualquier responsabilidad por el uso de la información expuesta en este libro, ya que debe comprobarse su validez para cada entorno.

Ediciones RENOVETEC

http://www.renovetec.com

ISBN: 978-84-614-4183-9
Depósito legal:

renovetec

www.renovetec.com

Contenido

0 INTRODUCCIÓN.....1

1 COMPRUEBA TUS CONOCIMIENTOS.....3

2 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TECNOLOGÍA CCP.....9

2.1 EL TUBO ABORBEDOR, EL CORAZON DE LA TECNOLOGÍA
2.1.1 El tubo metálico central
2.1.2 Cubierta de vidrio
2.1.3 Soldadura vidrio-metal
2.1.4 Dilatador
2.1.5 Soldadura entre tubos
2.2 EL ESPEJO
2.3 LA ESTRUCTURA DE SOPORTACIÓN
2.4 QUÉ ES UN MÓDULO
2.4.1 Módulo LS-3
2.4.2 Módulo Eurotrough TorqueBox
2.4.3 Módulo TorqueTube
2.4.4 Módulo de aluminio
2.5 QUÉ ES UN COLECTOR
2.6 QUÉ ES UN LAZO
2.7 EL CAMPO SOLAR
2.8 EL SISTEMA HTF
2.8.1 Sistema de bombeo
2.8.2 Tubería colectora fría y caliente
2.8.3 Tanques de expansión
2.8.4 Caldera auxiliar
2.8.5 Sistema de eliminación de productos de degradación
2.8.6 Esquema general del circuito HTF
2.9. EL TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR
2.10 EL CICLO AGUA-VAPOR
2.10.1 Tanque de agua de alimentación
2.10.2 Bombas de agua de alimentación
2.10.3 Precalentadores de alta presión
2.10.4 Tren de generación de alta presión
2.10.5 Válvula de bypass de alta presión
2.10.6 Recalentador
2.10.7 Válvula de bypass de baja presión
2.10.8 Condensador
2.10.9 Sistema de vacío
2.10.10 Bombas de condensado
2.10.11 Condensador del vapor de sellos
2.10.12 Precalentadores de baja presión

© Santiago García Garrido 2010

2.11 LA TURBINA DE VAPOR
2.11.1 Turbina de alta presión
2.11.2 Turbina de baja presión
2.11.3 Reductor
2.12 GENERADOR ELÉCTRICO
2.13 SISTEMA DE ALTA TENSIÓN
2.14 SISTEMA DE BAJA TENSIÓN
2.15 SISTEMAS AUXILIARES (B.O.P)
2.15.1 Sistema de refrigeración principal
2.15.2 Sistema de refrigeración de equipos
2.15.3 Planta de tratamiento de agua
2.15.4 Planta de tratamiento de efluentes
2.15.5 Estación de gas (ERM)
2.15.6 Planta satélite de gas natural licuado (GNL)
2.15.7 Sistema de aire comprimido
2.15.8 Sistema contraincendios

3 DESARROLLO DE LA INGENIERÍA.....89

3.1 POSIBILIDADES PARA ABORDAR LA INGENIERÍA
3.2 DESARROLLO DE LA INGENIERÍA DE DETALLE
3.3 SUPERVISIÓN DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL, BÁSICA Y DE DETALLE
3.4 RECURSOS HUMANOS DE LA INGENIERÍA
3.4.1 Etapas conceptual y básica
3.4.2 Etapa de ingeniería de detalle
3.4.3 Equipo de supervisión y relación con la ejecución de obra
3.4.4 Compras y aprovisionamientos
3.5 PLAZOS DE DESARROLLO
3.6 SOFTWARE DE DESARROLLO DE LA INGENIERÍA
3.7 SOFTWARE DE CÁLCULO
3.7.1 Estudio y simulación de modelos del campo termosolar
3.7.2 Estudio y simulación de modelos del ciclo de potencia
3.8 SOFTWARE PARA REALIZAR MAQUETA 3D
3.9 SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DE ESTRUCTURAS Y OBRA CIVIL
3.10 SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DE ESTRÉS DE TUBERÍAS
3.11 SOFTWARE PARA EL DISEÑO ELÉCTRICO

4 PLANNING DE EJECUCIÓN.....103

4.1 HITOS QUE MARCAN LA DURACIÓN
4.2 ASPECTOS A TENER EN CUENTA ANTES DEL INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN
4.3 LA PUESTA EN MARCHA
4.4 PROBLEMAS HABITUALES QUE PROVOCAN RETRASOS

© Santiago García Garrido 2010

5 CAMPO SOLAR.....111

5.1 ESTUDIO DEL RECURSO SOLAR
5.2 ESTUDIO GEOTÉCNICO
5.3 TOPOGRAFÍA DEL TERRENO Y MOVIMIENTO DE TIERRAS
5.4 MEJORA DEL TERRENO
5.5 REVISIÓN DEL CÁLCULO DEL NÚMERO DE LAZOS
5.5.1 Datos de partida para el cálculo
5.5.2 Cálculo del número de lazos en el punto de diseño
5.5.3 Sobredimensionamiento
5.5.4 Ejemplos de plantas reales
5.5.5 Consideraciones adicionales
5.5.6 Conclusiones
5.6 POSIBILIDAD DE INCREMENTO DE POTENCIA DE LA PLANTA
5.7 ELECCIÓN DEL MÓDULO SOLAR
5.8 SOPORTE DEL TUBO ABSORBEDOR
5.9 JUNTAS ROTATIVAS
5.10 SEGUIMIENTO SOLAR
5.10.1 La determinación de la posición solar
5.10.2 El sistema de seguimiento
5.11 EQUILIBRADO HIDRÁULICO DEL CAMPO SOLAR
5.12 ELECCIÓN DE VÁLVULAS EN LA ENTRADA A LAZOS
5.13 TIPO DE CIMENTACIÓN
5.14 REFORZAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN EN LOS LAZOS PERIMETRALES
5.15 VIALES INTERNOS EN EL CAMPO SOLAR
5.16 VIALES PERIMETRALES
5.17 DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS ENTERRADOS
5.18 MATERIALES EN TUBERÍA COLECTORA DE HTF
5.19 DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS COLECTORAS DE HTF
5.20 ANÁLISIS DE LA ELECCIÓN DEL CALORIFUGADO
5.21 MONTÍCULO EN LAS DIRECCIONES ESTE Y OESTE
5.22 APANTALLAMIENTO DEL VIENTO CON VALLADO RÍGIDO
5.23 ABASTECIMIENTO DE AGUA OSMOTIZADA EN EL CAMPO SOLAR

6 LAY OUT DEL BLOQUE DE POTENCIA.....147

6.1 LA IMPORTANCIA DE LA DISPOSICIÓN DE EQUIPOS
6.2 ASPECTOS QUE CONDICIONAN LA DISPOSICIÓN DE EQUIPOS
6.3 LAS BOMBAS PRINCIPALES DE HTF
6.4 POSICIÓN DE LOS TANQUES DE EXPANSIÓN Y ZONA DE DEPURACIÓN
6.5 POSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA ZONA DE INTERCAMBIADORES
6.6 POSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL CICLO AGUA-VAPOR

© Santiago García Garrido 2010

6.7 POSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE NAVE DE TURBINA
6.8 POSICIÓN DEL EDIFICIO ELÉCTRICO/ADMINISTRATIVO
6.9 SITUACIÓN Y EQUIPAMIENTO DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS
6.10 POSICIÓN DE LA NAVE DE TALLER
6.11 POSICIÓN DE TORRE DE REFRIGERACIÓN
6.12 POSICIÓN DE BALSA DE EFLUENTES
6.13 POSICIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
6.14 ESPACIO DE RESERVA PARA POSIBLES AMPLIACIONES
6.15 LAYOUT ÓPTIMO

7 SISTEMA HTF.....155

7.1 ELECCIÓN DEL TIPO DE ACEITE
7.2 POSIBILIDAD DE INCREMENTO DE POTENCIA DE LA PLANTA
7.3 ELECCIÓN DE LA BOMBA PRINCIPAL
7.4 CONFIGURACIÓN DE BOMBAS PROPUESTA
7.5 REVISIÓN DEL CÁLCULO DE PRESIONES
7.6 ELECCIÓN DEL PLAN DE REFRIGERACIÓN DEL SELLO MECÁNICO
7.7 ELECCIÓN DEL FLUIDO BARRERA
7.8 CALORIFUGADO DE LOS DEPÓSITOS DE FLUIDO BARRERA DE SELLOS
7.9 ELECCIÓN DEL RESTO DE LAS BOMBAS HTF
7.10 REDUNDANCIA DE BOMBAS
7.11 ELECCIÓN DE LA CALDERA DE GAS NATURAL
7.11.1 Potencia
7.11.2 Código de diseño
7.11.3 Análisis de la configuración
7.11.4 Disposición de los tubos
7.11.5 Pruebas de la caldera
7.12 TANQUES DE EXPANSIÓN: CÁLCULO Y DISPOSICIÓN
7.13 ELECCIÓN DE CAUDALÍMETROS
7.14 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE INERTIZACIÓN
7.15 SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO

8 ATMOSFERAS EXPLOSIVAS EN CENTRALES CCP.....171

8.1 QUE ES UNA ATMÓSFERA EXPLOSIVA
8.2 NORMATIVAS QUE REGULAN LAS ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS
8.3 TIPOS DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS
8.4 OBLIGACIONES DERIVADAS DE LA PRESENCIA DE ZONAS ATEX
8.5 COMBUSTIBLES EN CENTRALES TERMOSOLARES
8.6 ZONAS ATEX EN CENTRALES TERMOSOLARES

© Santiago García Garrido 2010

8.6.1 Juntas rotativas en el campo solar
8.6.2 Tanques de expansión
8.6.3 Zona de bombeo
8.6.4 Zona de depuración (Ullage)
8.6.5 Zona de intercambiadores del tren de generación de vapor
8.6.6 Caldera auxiliar
8.6.7 ERM o planta satélite de GNL
8.6.8 Zona de baterías

9 TREN DE GENERACIÓN DE VAPOR.....183

9.1 VISIÓN GENERAL DEL TREN GENERADOR DE VAPOR
9.1.1 Configuración del tren de generación de vapor
9.1.2 Reparto del fluido
9.1.3 Tipos de intercambiadores disponibles
9.2 EL ECONOMIZADOR O PRECALENTADOR
9.3 EL EVAPORADOR
9.3.1 Evaporador tipo Kettle
9.3.2. Evaporador con calderín de vapor
9.3.3 Otras soluciones
9.4 EL SOBRECALENTADOR
9.5 EL RECALENTADOR
9.5.1. Solución más extendida
9.5.2. Gran radio de curvatura
9.5.3 Solución SPX
9.6 CONFIGURACIÓN
9.6.1. Posibilidades
9.6.2. Configuración óptima
9.7 RAMPAS DE ARRANQUE
9.8 POSIBILIDAD DE DESMONTAJE DE HACES TUBULARES INTERIORES
9.9 TIPO DE SOLDADURA TUBO-PLACA
9.10 TIPO DE JUNTA EN CABEZALES Y TAPAS DESMONTABLES
9.11 BRIDAS DE UNIÓN CON TUBERÍAS DE ACEITE, AGUA Y VAPOR
9.12 PRUEBAS A REALIZAR EN TALLER
9.12.1 Supervisión de las pruebas en taller
9.12.2 END de la unión tubo-placa o tubo-colector
9.12.3 Prueba de estanqueidad
9.12.3 Enfriamiento y calentamiento sucesivo con HTF y vapor
9.13 PRUEBAS A REALIZAR EN SITIO
9.14 VIGILANCIA DURANTE EL PERIODO DE GARANTÍA

© Santiago García Garrido 2010

10 CICLO AGUA-VAPOR.....211

10.1 UBICACIÓN IDEAL DEL CONDENSADOR
10.2 SISTEMA DE LIMPIEZA DEL CONDENSADOR
10.3 SISTEMA DE ELIMINACIÓN DE GASES INCONDENSABLES (SISTEMA DE VACÍO)
10.4 BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACIÓN
10.5 CONFIGURACIÓN ÓPTIMA DE BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACIÓN
10.6 TURBOBOMBA
10.7 ANÁLISIS DE BOMBA DE CONDENSADO PROPUESTA
10.7.1 Modelo
10.7.2 Configuración
10.8 ELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE BYPASS
10.9 ELECCIÓN DE TRAMPAS DE VAPOR
10.10 MONITORIZACIÓN DE FUGAS DE VAPOR
10.11 EL CONTROL QUÍMICO DEL CICLO AGUA VAPOR

11 SISTEMAS AUXULIARES (BOP).....217

11.1 CONSUMOS ELÉCTRICO DE LOS SISTEMAS AUXILIARES
11.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PRINCIPAL
11.3 DISPOSICIÓN DE LA TUBERÍA PRINCIPAL
11.4 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA (PTA)
11.5 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
11.6 SISTEMA CONTRAINCENDIOS
11.6.1 Campo solar
11.6.2 Isla de Potencia
11.6.3 Nave de turbina
11.6.4 Zona de transformadores
11.6.5 Otros edificios
11.7 PLANTA DE GAS NATURAL LICUADO (GNL)

12 TURBINA DE VAPOR.....227

12.1 CONFIGURACIÓN
12.2 CIMENTACIÓN
12.3 VELOCIDAD DE GIRO
12.4 RENDIMIENTO
12.5 POTENCIA
12.6 CURVA DE DEGRADACIÓN
12.7 AISLAMIENTO DE LA TURBINA
12.8 COJINETES DE LA TURBINA DE VAPOR
12.9 SELLOS LABERÍNTICOS
12.10 ACEITE DE TURBINA

© Santiago García Garrido 2010

12.11 SENSORES DE TEMPERATURA, PRESIÓN, VIBRACIÓN, POSICIÓN, VELOCIDAD Y NIVEL
12.12 MONITORIZACIÓN DE LA VIBRACIÓN
12.13 PLC DEL SISTEMA DE CONTROL
12.14 TARJETAS DE ENTRADA/SALIDA DEL SISTEMA DE CONTROL DE TURBINA
12.15 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE DATOS
12.16 SERVICIO TÉCNICO DEL SUMINISTRADOR
12.17 STOCK DE PIEZAS DE REPUESTO
12.18 VIRADOR
12.19 NECESIDAD DE LA NAVE DE TURBINA
12.20 REGULACIÓN DE LA TURBINA DE VAPOR: CONTROL POR PRESIÓN DESLIZANTE
12.21 RAMPAS DE ARRANQUE
12.22 TURBINAS RECOMENDABLES EN PROYECTOS TERMOSOLARES

13 SISTEMA DE CONTROL.....239

13.1 VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN COMPLETA
13.2 SITUACIÓN ACTUAL
13.3 INCONVENIENTES DE LA SITUACIÓN ACTUAL
13.4 LAS DIFICULTADES PARA LA AUTOMATIZACIÓN TOTAL
13.5 ARQUITECTURA RECOMENDADA
13.6 CAPACIDAD DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE DATOS
13.6.1 Memoria permanente
13.6.2 Discos duros
13.7 EQUIPOS DE CONTROL
13.8 SEGURIDADES
13.9 INSTRUMENTACIÓN

14 OPTIMIZACIÓN.....253

14.1 OPTIMIZACION DEL COSTE
14.1.1 Construcción del numero de lazos necesario, ni más ni menos
14.1.2 Eliminación de intermediarios
14.1.3 Ahorro en el coste de un lazo
14.1.4 Un sólo tren de generación
14.1.5 Bomba principal de HTF tipo OH2
14.1.6 Reducción del número de bombas
14.1.7 Torre de refrigeración de tres cuerpos
14.1.8 Eliminación de la barra de media tensión
14.2 AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN
14.2.1 Aplicación de técnicas de mantenimiento adecuadas
14.2.2 Utilización de dos turbinas de vapor
14.2.3 Mejora de los aislamientos en tuberías
14.2.4 Reducción de los consumos auxiliares
14.2.5 Utilización de caldera API 560
14.2.6 Instalación de un sistema de limpieza del condensado

© Santiago García Garrido 2010

0 INTRODUCCIÓN

Con más de 40 proyectos en diversos estados de concepción o construcción, RENOVETEC ha considerado necesario reflexionar sobre las diversas soluciones técnicas adoptadas en las centrales solares termoeléctricas de concentración, centrándose en las del tipo CCP (Concentrador Cilindro Parabólico).

En el mundo industrial, se pueden construir plantas que tengan alguna o algunas de estas tres características:

- Que sean buenas, es decir, robustas y fiables.
- Que sean baratas, es decir, que tenga un presupuesto de ejecución mínimo.
- Que se ejecuten con rapidez, en el menor tiempo posible.

Por desgracia, no es posible construir plantas que reúnan los tres requisitos, así que como mucho es posible reunir dos de ellos. De esta forma, podemos construir plantas buenas y baratas, pero eso no es rápido; podemos construir plantas buenas a gran velocidad, pero eso no es barato; y por último, podemos construir plantas baratas de forma rápida, pero es seguro que esas plantas no son robustas ni fiables.

El objetivo buscado por RENOVETEC con este libro dedicado a la Ingeniería Termosolar es buscar un equilibrio entre esas tres características, primando una de ellas: el diseño y concepción de plantas robustas y fiables. Estamos convencidos de que ésa es la opción más económica a largo plazo, y que en la mayoría de los casos ahorra tiempo de ejecución al no tener que repetir trabajos.

En la fecha de edición (Noviembre 2010) hay en operación al menos 10 plantas, que ya han sufrido algunos problemas e inconvenientes, ya que no

© Santiago García Garrido 2010

hay que olvidar que se trata de una tecnología emergente, sin la suficiente madurez. Por esta razón algunas centrales ya han sufrido reveses técnicos, y a la vez, ya se han identificado grandes aciertos en la elección de unos u otros equipos, o en la adopción de determinadas decisiones técnicas.

Por tanto este informe ha tratado de recoger la experiencia acumulada hasta el momento en el diseño de centrales termosolares, indicando las soluciones que han aportado mejores resultados en la práctica.

Que nadie busque en este documento estudios económicos, planes de viabilidad o complejos estudios matemáticos o termodinámicos, sencillamente porque no lo encontrará. Tampoco encontrará en él un alegato a favor o en contra de la tecnología termosolar para la generación de energía eléctrica. Se trata de un libro técnico, dirigido a técnicos, y sólo tiene un objetivo: difundir los detalles de la tecnología termosolar de forma que las centrales que se proyecten en el futuro inmediato sean más eficientes y económicas.

Santiago García Garrido
Director Técnico RENOVETEC
santiago@renovetec.com

© Santiago García Garrido 2010

1 COMPRUEBA TUS CONOCIMIENTOS

En este primer capítulo encontrarás un cuestionario previo compuesto por 52 preguntas. Es importante conocer la respuesta exacta a cada una de ellas. Si eres capaz de responder a todas las preguntas con soltura, probablemente no tengas que leer el capítulo 2, ya que tu nivel es excelente.

Si conoces la mayoría de las respuestas, pero hay alguna que se te resiste, es posible que sea necesario que repases algunos conceptos incluidos en el capítulo 2. Si dudas en más de una tercera parte de estas preguntas, te aconsejamos que leas con detenimiento el siguiente capítulo, ya que si no lo haces el resto de libro puede resultarte pesado y más difícil de entender.

Y si son muchas las preguntas que no eres capaz de responder, no te preocupes: para eso hemos escrito este libro.

Si deseas recibir por correo electrónico la respuesta a estas 52 preguntas, envía un email a **info@renovetec.com** solicitando la solución. O mejor aún, lee con detenimiento las 260 páginas que componen este libro...

© Santiago García Garrido 2010

CUESTIONARIO

1. ¿Puedes definir con precisión los siguientes términos?:
   - Irradiancia
   - Irradiación
   - Radiación global
   - Radiación difusa
   - Radiación directa
   - Radiación normal directa
2. En el campo solar, ¿a qué se le llama módulo o SCE?
3. En el campo solar, ¿a qué se le llama colector o SCA?
4. En el campo solar, ¿a qué se le llama lazo?
5. ¿Cuales son las partes principales de un tubo absorbedor?
6. ¿Qué es un pirheliómetro? ¿Para qué sirve?
7. ¿Qué es el múltiplo solar?
8. Indica los valores habituales de múltiplo solar en plantas con almacenamiento térmico y en plantas sin almacenamiento térmico
9. Indica el número de lazos en el punto de diseño, en una ubicación cercana a Badajoz con 850 W/m2 de irradiancia, y los siguientes datos:
   - Tipo de módulo: Eurotrough
   - Configuración de lazos: 48 colectores Eurotrough
   - Rendimiento óptico: 78%
   - Rendimiento térmico: 72%
   - Rendimiento del ciclo agua-vapor: 39%
10. ¿Qué inclinación (idealmente) debería tener una campo solar?
11. ¿Qué es el equilibrado hidráulico del campo solar?
12. ¿Por qué es necesario realizarlo?

© Santiago García Garrido 2010

13. ¿Qué tipos de cimentaciones existen para módulos del campo solar?

14. ¿Qué tipos de válvulas es posible encontrar a la entrada de un lazo?

15. ¿Por qué el viento es un problema en el campo solar?

16. ¿Cuál es la posición en la que deben situarse los módulos si hay un viento fuerte de dirección este?

17. ¿Cuál es la posición en la que deben situarse los módulos si hay un viento fuerte de dirección norte?

18. ¿Cuáles son los valores habituales para los rendimientos óptico y térmico del campo solar?

19. ¿Cuál es el rendimiento típico del ciclo agua-vapor en una central termosolar (al menos el margen habitual)?

20. ¿Por qué es necesario realizar un seguimiento solar, moviendo los colectores?

21. ¿Qué tipos de mecanismos de movimiento para el seguimiento de un colector existen?

22. ¿Cuáles son los tres fluidos caloportadores líquidos empleados en una central termosolar con almacenamiento térmico?

23. ¿Por qué es necesario utilizar un fluido orgánico sintético como fluido caloportador, en vez de utilizar agua directamente?

24. ¿Qué material suele emplearse para la tubería de HTF?

25. ¿Por qué es importante radiografiar al 100% todas las soldaduras de la tubería de HTF?

26. ¿Por qué es importante que el flujo en el interior del tubo absorbedor sea turbulento?

27. ¿Puedes indicar aproximadamente de forma numérica qué ocurre con

© Santiago García Garrido 2010

la energía que es captada por el sistema HTF pero que no se convierte en energía eléctrica? ¿En qué se transforma, o donde se pierde, y en qué cantidad?

28. ¿Cuáles son los tipos de caudalímetros usuales para medir el caudal de HTF en tuberías?

29. ¿Sabrías calcular la capacidad de los tanques de expansión con estas condiciones?

- Fluido, HTF Dowtherm A
- Temperatura del HTF frío, 292 ºC
- Temperatura del HTF, 393ºC
- Densidad del aceite frío, 790 kg/m^3
- Densidad del aceite caliente, 690 kg/m^3
- Densidad del aceite a la temperatura intermedia (343ºC), 760 kg/m^3
- Cantidad de aceite en el sistema: 1500 toneladas

30. ¿Cuáles son los tres mecanismos de degradación del aceite?

31. ¿Para qué sirve el sistema Ullage?

32. ¿Por qué las calderas auxiliares no superan habitualmente los 47 MW térmicos?

33. ¿Qué tipos de aislamiento (calorifugado) de tuberías y equipos existen?

34. ¿Cuáles son los tres sistemas para evitar la congelación del fluido térmico empleados en una central termosolar?

35. ¿Qué tipos de bombas centrífugas se utilizan para la impulsión de HTF, según la clasificación API 610?

36. ¿Qué tipos de cierres normalizados API 682 se utilizan en las bombas de impulsión de HTF?

37. En el ciclo agua-vapor, parte del calor se 'tira' por la torre de refrigeración. Teniendo en cuenta que se trata de una instalación térmica, llama la atención que el fluido que sale de la turbina de vapor sea 'refrigerado', para enseguida comenzar a calentarse de nuevo unos metros más allá. Si se enfría para después calentarlo, ¿por qué se hace?

© Santiago García Garrido 2010

38. ¿Sabes cuales son los cuatro equipos principales que forman el tren de generación de vapor?

39. ¿Qué es un evaporador tipo Kettle?

40. ¿En qué intercambiador del tren de generación se produce el mayor salto térmico?

41. ¿En qué puntos suele fallar un recalentador?

42. ¿Qué función tiene el desgasificador?

43. ¿Cuál es la función de las válvulas de bypass de turbina?

44. ¿Cuáles es la función de los precalentadores de baja presión?

45. En las centrales termosolares hay dos niveles de presión y dos turbinas (alta y baja presión). En las plantas de biomasa, habitualmente hay solo una. Y en las centrales de ciclo combinado hay habitualmente tres. ¿Por qué en las centrales termosolares hay dos cuerpos de turbina, de alta y baja presión?

46. ¿Sabrías indicar de forma aproximada los dos niveles de presión de vapor a los que se trabaja en una central termosolar?

47. ¿Por qué la turbina de alta presión gira más deprisa que la turbina de baja presión?

48. ¿Por qué el condensador de un ciclo agua-vapor trabaja a vacío?

49. ¿Cómo se genera el vacío en el condensador?

50. ¿Qué tipos de refrigeración del condensador se emplean en centrales termosolares?

51. ¿Cuáles son las zonas ATEX habituales en una central termosolar?

52. ¿Sabes cuales son los puntos más problemáticos de una central termosolar, en los que la gravedad de la avería o la frecuencia supone un motivo constante de preocupación en los responsables de la central?

© Santiago García Garrido 2010