

ANEXO 1: DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES DE LA PLANTA

CONTENIDO

1. OBJETO	2
2. EQUIPOS PRINCIPALES	3
2.1. CALDERA DE BIOMASA	3
2.2. TURBINA DE VAPOR	5
2.3. DESGASIFICADOR	14
2.4. INTERCAMBIADORES DE CALOR	15
2.5. CONDENSADOR	19
2.6. AEROCONDENSADOR	22
2.7. TORRE DE REFRIGERACIÓN	23
2.8. BOMBAS DE ALTA PRESIÓN	26

ANEXO 1: DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

1. OBJETO

Entendiendo la necesidad de comprender completamente el funcionamiento de los equipos o máquinas que componen una planta de generación de energía eléctrica a partir de biomasa, se decide la realización de este anexo.

En este anexo se describen los equipos principales del ciclo de conversión de energía de las distintas configuraciones de planta que se han simulado.

2. EQUIPOS PRINCIPALES

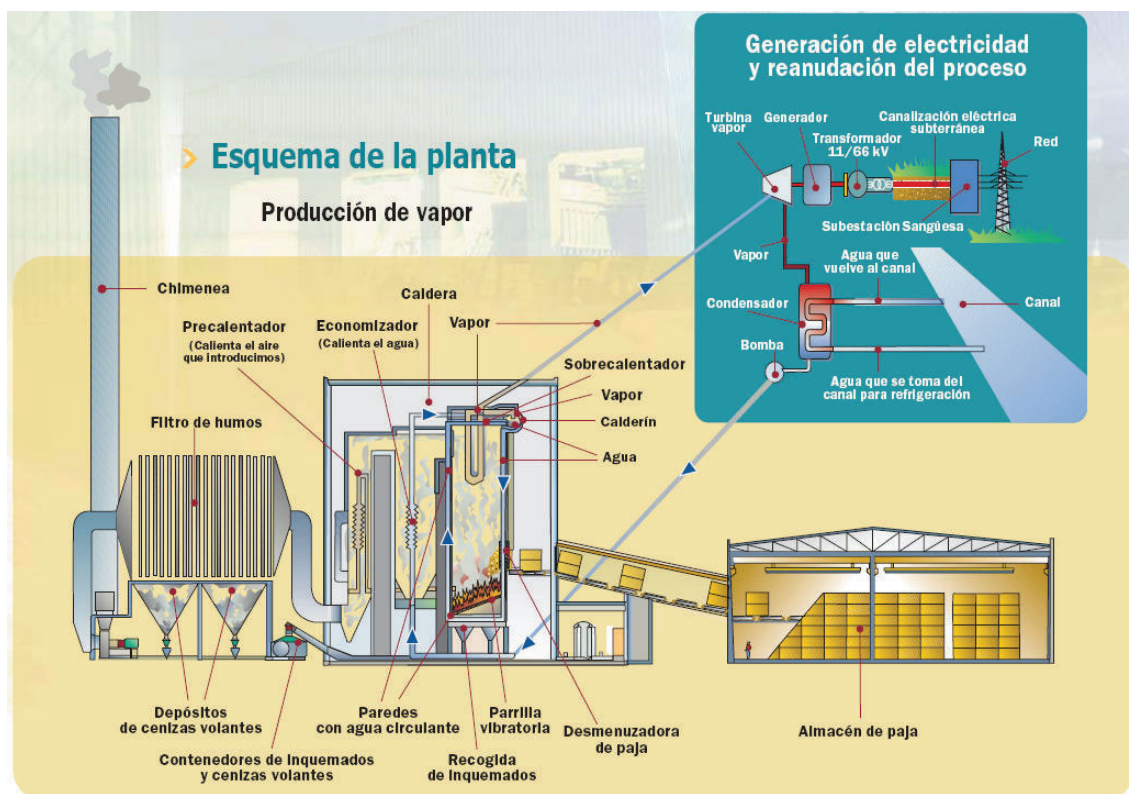
2.1. CALDERA DE BIOMASA

A escala industrial existen distintos tipos de reactores sólido-gas para llevar a cabo la conversión de energía química contenida en la biomasa en calor útil para la evaporación del vapor. Se pueden clasificar según el movimiento del sólido en el reactor:

- ✓ Reactores de parrilla o lechos fijos.
- ✓ Reactores de lecho móvil.
- ✓ Reactores de lecho fluidizado.
- ✓ Reactores de lecho arrastrado
- ✓ Hornos rotatorios

Se describe a continuación el funcionamiento básico de cada uno de ellos:

Reactores de parrilla: donde la biomasa descansa sobre una parrilla, móvil o no, que sirve para soportar un lecho fijo de biomasa y extraer las cenizas de la reacción. Un ejemplo práctico de se encuentra en la planta de combustión de paja de la compañía Acciona, en la localidad de Sangüesa (Navarra).



Reactores de lecho móvil: La alimentación se realiza por la parte superior, de modo que se forma un lecho de partículas, que se sostiene sobre una parrilla inferior encargada de extraer periódicamente las cenizas. Necesitan de un tamaño de partícula grande y tienen una capacidad de procesar biomasa limitada. Se pueden usar para combustión, pirolisis o gasificación. Para el caso de la gasificación, reactores de contracorriente (tipo updraft) está siendo comercializado por la empresa Babcock & Wilcox Voland.

Reactores de lecho fluidizado: Los sólidos que forman el lecho se encuentran suspendidos y en constante movimiento en una corriente de gas ascendente. Así que la temperatura y composición del lecho es muy uniforme y se alcanzan velocidades de transferencia de materia y energía muy elevadas, lo que favorece la reacción de la biomasa. El

tamaño de la biomasa debe ser pequeño. Foster Wheeler tiene instalados más de veinte lechos fluidizados circulantes para esta aplicación, con potencias que llegan a los 30 MWe y co-alimentado varios combustibles.

Reactores de arrastre: Las partículas de biomasa (menores de 100 μm) se alimentan con el gas reactante siendo arrastradas por él. En estos reactores es posible operar con fusión de cenizas o con las cenizas secas (sin fundir). La empresa alemana SVZ Schwarze-Pumpe, tiene instalados tres reactores de este tipo de gran capacidad para biomasa residual y otros residuos.

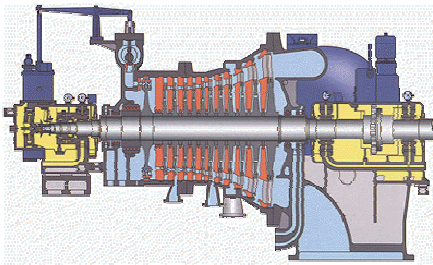
El dimensionado de un reactor sólido-gas viene condicionado por tres factores, la cinética de la reacción para partículas aisladas, la distribución de tamaños de las partículas y el tipo de flujo de los sólidos y el gas en el reactor.

2.2. TURBINA DE VAPOR

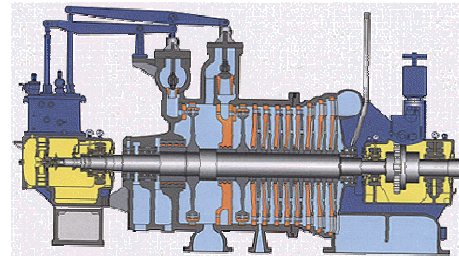
Es el principal componente de la planta de generación de electricidad. Su función es convertir la energía térmica del vapor en energía eléctrica y generalmente esta directamente acoplada al generador.

La clasificación de las turbinas de vapor puede hacerse según la forma de aprovechamiento de la energía contenida en el flujo de vapor (reacción o acción), según el número de etapas (multietapa o monoetapa), según la dirección del flujo de vapor (axiales o radiales), si existe o no extracción de vapor antes de llegar al escape y por último por la presión de salida del vapor (contrapresión o condensación).

En las siguientes figuras se diferencian pequeñas unidades (hasta 50 MW) sin recalentamiento de condensación, típicas de plantas de potencia, y las turbinas de contrapresión, usadas para aprovechamiento de salto de presión de procesos.

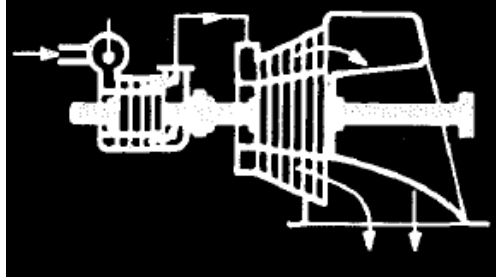


Turbina de condensación



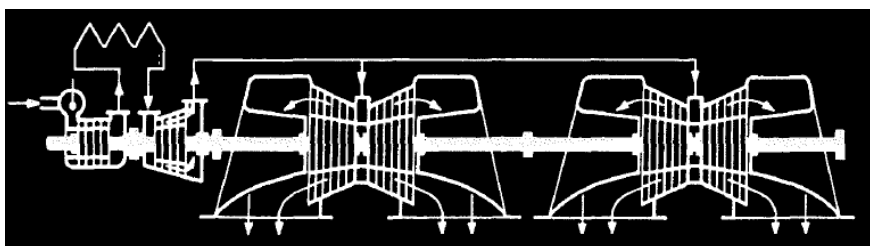
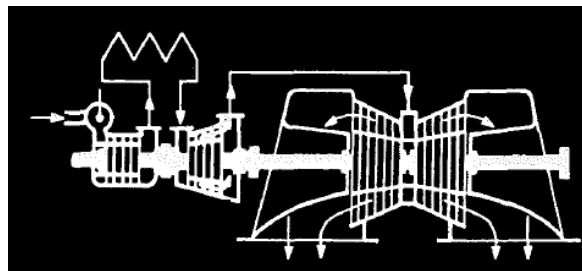
Turbina de contrapresión

El esquema de turbinas grandes sin recalentamiento (50-150 MW) se observa en la siguiente figura.

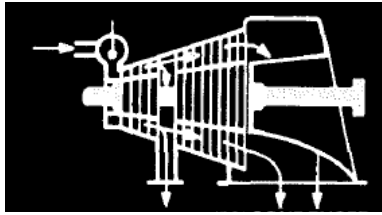


Turbina de 50-150 MW sin recalentamiento, con cuerpos de alta y baja presión

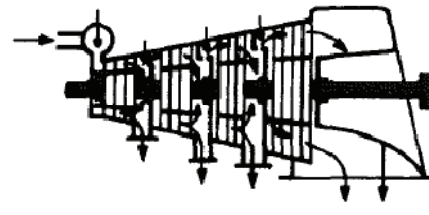
Se presentan las turbinas de gran tamaño con recalentamiento, con potencias comprendidas entre 150 MW y 1.100 MW



Según el número de extracciones de vapor, las más comunes son:



Turbina con extracción
intermedia



Turbina con 3 extracciones
intermedias

La turbina se compone de tres partes principales:

- ✓ El cuerpo del rotor, que contiene las coronas giratorias de alabes
- ✓ La carcasa, conteniendo las coronas fijas de toberas
- ✓ Alabes

Además, tiene una serie de elementos estructurales, mecánicos y auxiliares, como son cojinetes, válvulas de regulación, sistema de lubricación, sistema de refrigeración, virador, sistema de control, sistema de extracción de vahos, de aceite de control y sistema de sellado del vapor.

- ✓ El rotor:

El rotor de una turbina de acción es de acero fundido con ciertas cantidades de Níquel o cromo para darle tenacidad al rotor, y es de diámetro aproximadamente uniforme. Normalmente las ruedas donde se colocan los alabes se acoplan en caliente al rotor. También se

pueden fabricar haciendo de una sola pieza forjada al rotor, maquinando las ranuras necesarias para colocar los alabes.

Los alabes se realizan de aceros inoxidable, aleaciones de cromo-hierro, con las curvaturas de diseño según los ángulos de salida de vapor y las velocidades necesarias. Son críticas las últimas etapas por la posibilidad de existencia de partículas de agua que erosionarían a los alabes. Por ello se fija una cinta de metal satélite soldado con soldadura de plata en el borde de ataque de cada alabe para retardar la erosión.

✓ La carcasa:

La carcasa se divide en dos partes: la parte inferior, unida a la bancada y la parte superior, desmontable para el acceso al rotor. Ambas contienen las coronas fijas de toberas o alabes fijos. Las carcasas se realizan de hierro, acero o de aleaciones de este, dependiendo de la temperatura de trabajo, obviamente las partes de la carcasa de la parte de alta presión son de materiales más resistentes que en la parte del escape. La humedad máxima debe ser de un 10% para las últimas etapas.

Normalmente se encuentra recubierta por una manta aislante que disminuye la radiación de calor al exterior, evitando que el vapor se enfríe y pierda energía disminuyendo el rendimiento de la turbina. Esta manta aislante suele estar recubierta de una tela impermeable que evita su degradación y permite desmontarla con mayor facilidad.

✓ Alabes:

Los alabes fijos y móviles se colocan en ranuras alrededor del rotor y carcasa. Los alabes se pueden asegurar solos o en grupos, fijándolos a su posición por medio de un pequeño seguro, en forma perno, o mediante remaches. Los extremos de los alabes se fijan en un anillo donde se remachan, y los más largos a menudo se amarran entre sí con alambres o barras en uno o dos lugares intermedios, para darles rigidez.

✓ Válvula de regulación:

Regula el caudal de entrada a la turbina, siendo de los elementos más importantes de la turbina de vapor. Es accionada hidráulicamente con la ayuda de un grupo de presión de aceite (aceite de control) o neumáticamente. Forma parte de dos lazos de control: el lazo que controla la velocidad de la turbina y el lazo que controla la carga o potencia de la turbina.

✓ Cojinetes de apoyo, de bancada o radiales:

Sobre ellos gira el rotor. Suelen ser de un material blando, y recubiertos de una capa lubricante que disminuya la fricción. Son elementos de desgaste, que deben ser sustituidos periódicamente, bien con una frecuencia establecida si su coste es bajo respecto de su producción, o bien por observación de su superficie y cambio cuando se encuentren en un estado deficiente.

✓ Cojinete de empuje o axial:

El cojinete axial, o de empuje impide el desplazamiento del rotor en la dirección del eje, Evitando el empuje axial que sufre el eje por el efecto del vapor repercute en el reductor, dañándolo seriamente. No se

encuentra en contacto con el eje si no que hace tope con un disco que forma parte solidaria con el eje.

El cojinete está construido en un material blando y recubierto por una capa de material que disminuya la fricción entre el disco y el cojinete. Además, debe encontrarse convenientemente lubricado.

Para comprobar el estado de ese cojinete, además de la medida de la temperatura y de las vibraciones del eje, se mide de forma constante el desplazamiento axial. Si se excede el límite permitido, el sistema de control provoca la parada de la turbina o impide que esta complete su puesta en marcha.

✓ Sistema de lubricación:

Proporciona el fluido lubricante, generalmente aceite. Para asegurar la circulación del aceite en todo momento el sistema suele estar equipado con tres bombas:

Bomba mecánica principal: Esta acoplada al eje de la turbina, de forma que siempre que este girando la turbina está girando la bomba, asegurándose así la presión de bombeo mejor que con una bomba eléctrica. No obstante, en los arranques esta bomba no da presión suficiente, por lo que es necesario que el equipo tenga al menos una bomba adicional

Bomba auxiliar: Se utiliza exclusivamente en los arranques, y sirve para asegurar la correcta presión de aceite hasta que la bomba mecánica puede realizar este servicio. Se conecta antes del arranque de la turbina y se desconecta a unas revoluciones determinadas durante el

arranque, cambiándose automáticamente de la bomba auxiliar a la bomba principal. También se conecta durante las paradas de la turbina.

Bomba de emergencia: Si se produce un problema de suministro eléctrico en la planta, esta queda sin tensión, durante la parada habría un momento en que las turbinas se quedarían sin lubricación, ya que la bomba auxiliar no tendría tensión. Para evitar este problema, las turbinas suelen ir equipadas con una bomba de emergencia que funciona con corriente continua proveniente de un sistema de baterías.

✓ Sistema de extracción de vahos:

El depósito de aceite suele estar a presión inferior a la atmosférica para facilitar la extracción de vapores de aceite y dificultar una posible fuga de aceite al exterior. Para conseguir este vacío, el sistema de lubricación suele ir equipado con un extractor.

✓ Sistema de refrigeración de aceite:

El aceite en su recorrido de lubricación se calienta modificando su viscosidad, y por tanto, sus características lubricantes, llegando a degradarse si el calor es excesivo. Para evitarlo, el sistema de lubricación dispone de unos intercambiadores que enfrían el aceite, estos intercambiadores pueden ser aire-aceite, de forma que el calor del aceite se evacua a la atmósfera, o agua-aceite, de forma que el calor se transfiere al circuito cerrado de refrigeración con agua de la planta.

✓ Sistema de aceite de control:

Cuando la válvula de regulación se acciona oleo hidráulicamente el conjunto de turbina va equipado con un grupo de presión para el

circuito de aceite de control. Este, debe mantener la presión normalmente entre los 50 y los 200 bares de presión hidráulica. El sistema de control gobierna la válvula de salida del grupo, que hace llegar al aceite hasta la válvula de regulación de entrada de vapor con la presión adecuada.

✓ Sistema de sellado de vapor:

Las turbinas de vapor están equipadas con sellos de carbón, que se ajustan al eje, y/o con laberintos de vapor. Con esto se consigue evitar que el vapor salga a la atmósfera y disminuyan la eficiencia térmica de la turbina.

✓ Virador:

El sistema virador consiste en un motor eléctrico o hidráulico (normalmente el segundo) que hace girar lentamente la turbina cuando no está en funcionamiento. Esto evita que el rotor se curve, debido a su propio peso o por expansión térmica, en parada. La velocidad de este sistema es muy baja (varios minutos para completar un giro completo de turbina), pero se vuelve esencial para asegurar la correcta rectitud del rotor. Si por alguna razón este sistema se detiene (avería del rotor, avería de la turbina, inspección interna con desmontaje) es necesario asegurar que, antes de arrancar, estará girando varias horas con el sistema virador.

✓ Compensador:

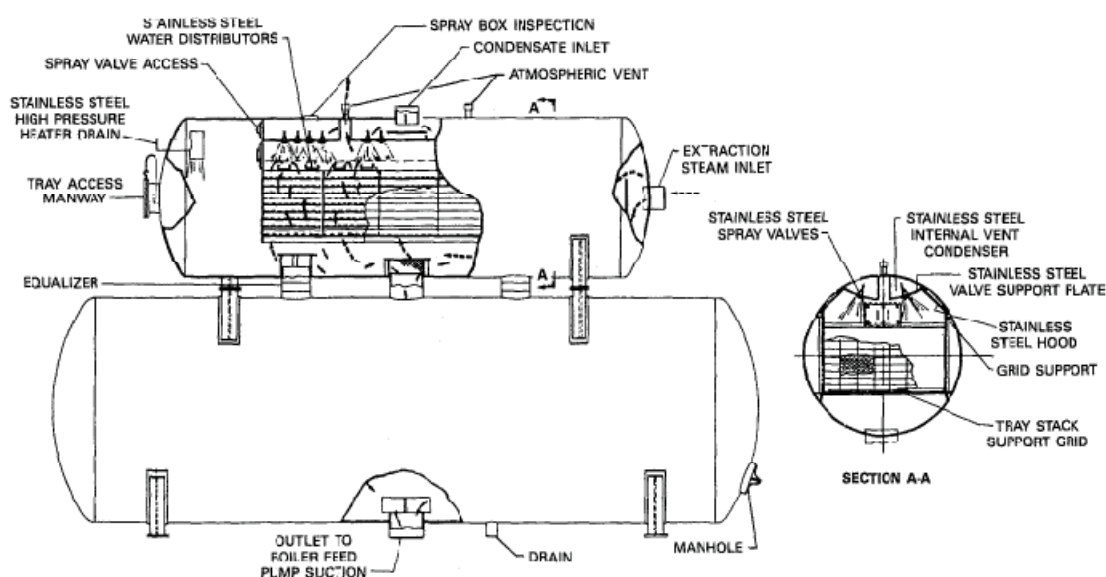
Es el elemento de unión entre la salida de la turbina y el resto de la instalación (generalmente las tuberías que conducen al condensador o el propio condensador). Ya que la carcasa de la turbina sufre grandes

cambios de temperatura, este elemento de unión es imprescindible para controlar y amortiguar el efecto de dilataciones y contracciones

2.3. DESGASIFICADOR

Debido a que el ciclo de conversión tiene una zona a menor presión que el ambiente, se producen infiltraciones de aire en el circuito. El oxígeno presente en el agua del ciclo es un agente de corrosión muy activos en contacto con el acero. Siendo indispensable proceder a su eliminación.

El agua disuelve oxígeno, nitrógeno, bióxido de carbono y otros gases de la atmósfera directamente, hasta el punto de saturación a una presión y temperatura específicas. La solución de aire en agua ocurre de acuerdo con las leyes de Henry y de Dalton, que enuncian: “la solubilidad de un gas en un líquido es proporcional a la presión parcial del gas e inversamente proporcional a la temperatura”.



Esquema típico de desgasificador para ciclos de potencia

Este equipo tiene una segunda finalidad, precalentar el agua de alimentación a la caldera y así aumentar el rendimiento del ciclo.

2.4. INTERCAMBIADORES DE CALOR

Para precalentar el agua de alimentación a la caldera en este tipo de plantas es típico usar intercambiadores carcasa y tubo.

Se usa una amplia variedad de configuraciones en los intercambiadores de calor de carcasa y tubos, dependiendo de del desempeño deseado:

- ✓ Transferencia de calor
- ✓ Caída de presión
- ✓ Reducir los esfuerzos térmicos
- ✓ Prevenir fugas
- ✓ Facilidad de mantenimiento
- ✓ Soportar las presiones y temperaturas de operación
- ✓ La corrosión

Se construyen de acuerdo a las normas de la Asociación de Fabricantes de Intercambiadores de Calor Tubulares (TEMA), con algunas modificaciones, dependiendo del país.

TEMA ha desarrollado una nomenclatura para designar los tipos básicos de intercambiadores de calor de carcasa y tubos. En este

sistema, cada intercambiador se designa con tres letras, la primera indicando el cabezal delantero, la segunda el tipo de carcasa, y la tercera el cabezal posterior.

	TIPOS DE CABEZAL ESTACIONARIO, EXTREMO FRONTAL		TIPOS DE CORAZAS		TIPOS DE CABEZALES, EXTREMO POSTERIOR
A	 CANAL Y CUBIERTA DESMONTABLE	E	 CORAZA DE UN PASO	L	 DE ESPEJO FLUO COMO EL CABEZAL ESTACIONARIO "A"
B	 CASQUETE (CUBIERTA INTEGRADA)	F	 CORAZA DE DOS PASOS CON DEFLECTOR LONGITUDINAL	M	 DE ESPEJO FLUO COMO EL CABEZAL ESTACIONARIO "B"
C	 SOLIDO HAZ DE TUBOS DESMONTABLE CANAL INTEGRADO CON ESPEJO Y CUBIERTA DESMONTABLE	G	 DE FLUJO PARTIDO	N	 DE ESPEJO FLUO COMO EL CABEZAL ESTACIONARIO "C"
N	 CANAL INTEGRADO CON ESPEJO Y CUBIERTA DESMONTABLE	H	 DE FLUJO PARTIDO DOBLE	P	 CABEZAL FLOTANTE CON EMPAQUE EXTERIOR
D	 CIERRE ESPECIAL A ALTA PRESIÓN	J	 DE FLUJO DIVIDIDO	S	 CABEZAL FLOTANTE CON DISPOSITIVO DE APOYO
		K	 REVERENDOR DE CALDERA	T	 CABEZAL FLOTANTE SIN CONTRABRIDA
		X	 FLUJO CRUZADO	U	 HAZ DE TUBO EN U
				W	 ESPEJO FLOTANTE SELLADO EXTERNAMENTE

Configuraciones intercambiadores carcasa-tubo según TEMA

✓ Tubos

Los tubos son los componentes fundamentales, proporcionando la superficie de transferencia de calor entre el fluido que circula por el interior de los tubos, y la carcasa. Los tubos pueden ser completos o soldados y generalmente están hechos de cobre o aleaciones de acero.

Otras aleaciones de níquel, titanio o aluminio pueden ser requeridas para aplicaciones específicas.

Los tubos pueden ser desnudos o aletados. Las superficies extendidas se usan cuando uno de los fluidos tiene un coeficiente de transferencia de calor mucho menor que el otro fluido. Los tubos doblemente aletados pueden mejorar aún más la eficiencia. Las aletas proveen de dos a cuatro veces el área de transferencia de calor que proporcionaría el tubo desnudo. La cantidad de pasos por los tubos y por la carcasa dependen de la caída de presión disponible. A mayores velocidades, aumentan los coeficientes de transferencia de calor, pero también las pérdidas por fricción y la erosión en los materiales. Por tanto, si la pérdida de presión es aceptable, es recomendable tener menos cantidad de tubos, pero de mayor longitud en un área reducida. Generalmente los pasos por los tubos oscilan entre 1 y 8. Los diseños estándares tienen uno, dos o cuatro pasos por los tubos. En múltiples diseños se usan números pares de pasos. Los números de pasos impares no son comunes, y resultan en problemas térmicos y mecánicos en la fabricación y en la operación.

La selección del espaciamiento entre tubos es un equilibrio entre una distancia corta para incrementar el coeficiente de transferencia de calor del lado de la carcasa, y el espacio requerido para la limpieza. En la mayoría de los intercambiadores, la relación entre el espaciamiento entre tubos y el diámetro exterior del tubo varía entre 1,25 y 2. El valor mínimo se restringe a 1.25 porque para valores inferiores, la unión entre el tubo y la placa tubular se hace muy débil, y puede causar filtraciones en las juntas. Para los mismos espaciamiento entre tubos y

caudal, los arreglos en orden decrecientes de coeficiente de transferencia de calor y caída de presión son: 30º, 45º, 60º y 90º.

✓ Placa tubular

Los tubos se mantienen en su lugar al ser insertados dentro de agujeros en la placa tubular, fijándose mediante expansión o soldadura. La placa tubular es generalmente una placa de metal sencilla que ha sido taladrada para albergar a los tubos (en el patrón deseado), las empacaduras y los pernos. En el caso de que se requiera una protección extra de las fugas puede utilizarse una doble placa tubular.

El espacio entre las placas tubulares debe estar abierto a la atmósfera para que cualquier fuga pueda ser detectada con rapidez. Para aplicaciones más peligrosas puede usarse una placa tubular triple, sellos gaseosos e incluso un sistema de recirculación de las fugas.

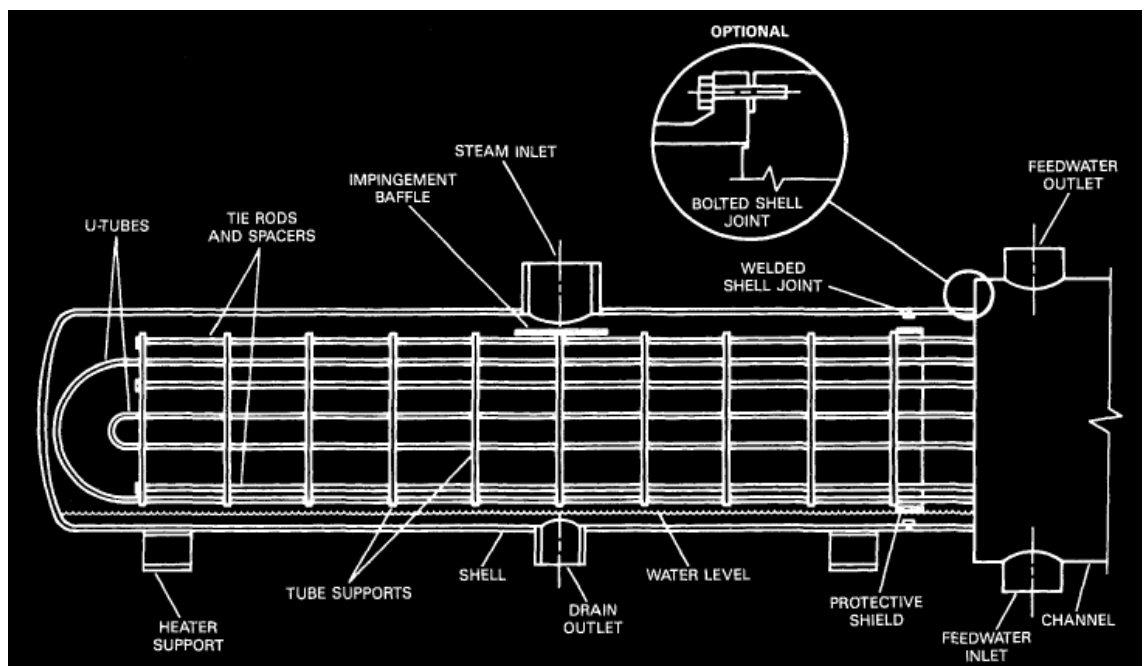
La placa tubular además de sus requerimientos mecánicos debe ser capaz de soportar el ataque corrosivo de ambos fluidos del intercambiador y debe ser compatible electroquímicamente con el material de los tubos. A veces se construyen de acero de bajo carbono cubierto metalúrgicamente por una aleación resistente a la corrosión.

✓ Deflectores

Hay dos tipos de deflectores, transversales y longitudinales. El propósito de los deflectores longitudinales es controlar la dirección general del flujo del lado de la carcasa. Por ejemplo, las carcasas tipo F, G y H tienen deflectores longitudinales. Los deflectores transversales tienen dos funciones, la más importante es la de mantener a los tubos en la posición adecuada durante la operación y evita la vibración

producida por los vórtices inducidos por el flujo. En segundo lugar ellos guían al fluido del lado de la carcasa para acercarse en lo posible a las características del flujo cruzado.

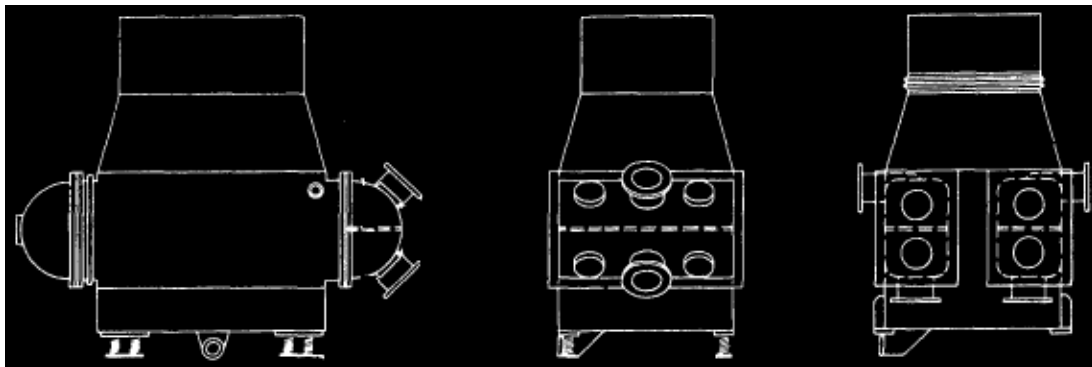
El tipo de reflector más común es el simple segmentado. El segmento cortado debe ser inferior a la mitad del diámetro para asegurar que deflectores adyacentes se solapen en al menos una fila completa de tubos. Para flujos de líquidos en el lado de la carcasa el corte del deflector generalmente es del 20 a 25 por ciento; para flujos de gas a baja presión de 40 a 45 por ciento, con el objetivo de minimizar la caída de presión.



Esquema de intercambiador carcasa y tubo

2.5. CONDENSADOR

El condensador es el equipo donde se realiza la condensación del vapor de salida de la turbina. Es un intercambiador especial que trabaja a muy baja presión. Para evacuar el calor de cambio de fase del agua (vapor → líquido) necesita de una corriente de fluido a menor temperatura que la correspondiente a la temperatura de saturación a la presión de condensación.



Esquema de condensador de doble paso

Las técnicas convencionales para esta evacuación de calor son tres: circuito abierto, circuito semiabierto con torres de refrigeración y aerocondensación.

Refrigeración por circuito abierto consiste en la captación directa de agua del caudal público, río, lago o mar, que atraviesa el condensador y es devuelta al medio después de sufrir un salto térmico. Además de ser la técnica más barata y más sencilla de implantar, también es la que consigue una menor temperatura en el condensador. Al ser la temperatura menor, se condensa mayor cantidad de vapor y el nivel de vacío en el condensador es mayor.

Los principales problemas de este sistema de refrigeración son:

1) Al ser el caudal tan alto, la energía para bombear el agua desde el cauce del que se toma también es alta. Por ello, la central debe estar muy próxima al cauce, ya que de no ser así la energía de bombeo es muy alta incluso superior a la ganancia en potencia.

2) El tamaño de las tuberías que se necesitan para llevar el agua hasta la central y devolverla al cauce público también es muy grande. Las obras necesarias para la construcción de estas conducciones son muy importantes. De nuevo, por esta razón las plantas deben estar muy cercanas al cauce, ya que la obra puede encarecerse enormemente.

3) Las cuencas fluviales difícilmente disponen de los caudales necesarios, por lo que su uso se restringe a plantas situadas muy cercada de la costa, y toman por tanto agua de mar.

4) Tienen un impacto ambiental mayor que los otros sistemas, por la elevación de la temperatura y por el mayor vertido de productos químicos biocidas para evitar la proliferación de especies biológicas en las instalaciones. Con el fin de no dañar los ecosistemas marinos suelen existir dos limitaciones térmicas: que el salto no supere en ningún caso los 3°C, y que la temperatura total del agua no llegue a los 30°C en ningún momento.

La refrigeración por captación directa necesita de los siguientes elementos:

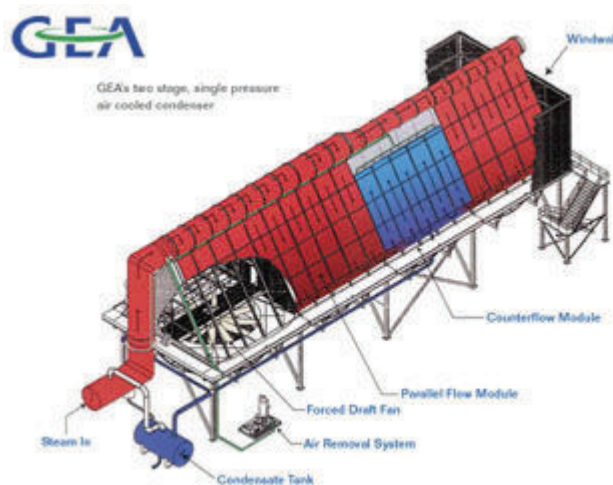
- 1) Tuberías de captación.
- 2) Balsa.

- 3) Bombas de impulsión.
- 4) Circuito interior de impulsión.
- 5) Condensador.
- 6) Circuito interior de retorno.
- 7) Canal de descarga o emisario submarino.

2.6. AEROCONDENSADOR

De los tres sistemas de refrigeración, el que emplea aerocondensadores es el menos agresivo con el medio ambiente, pero el que tiene un coste más elevado y el que provoca en la planta una mayor disminución del rendimiento. Su funcionamiento se basa en el intercambio de calor entre el aire atmosférico y el vapor muerto procedente de la salida de la turbina. Es muy parecido al sistema que emplea el radiador del automóvil. El vapor se hace pasar a través de unos haces tubulares que aumentan la superficie de contacto del vapor. Éste se enfría en contacto con el metal del aerocondensador, que a su vez es enfriado por la poderosa corriente de aire que provocan unos gigantescos ventiladores, colocados generalmente en el plano horizontal. Los haces tubulares tienen forma de tejado de casa, y en el interior de ese tejado están colocados los ventiladores. La pérdida de rendimiento de la planta es consecuencia de la disminución del salto térmico en la turbina de vapor, al estar el foco frío de la turbina (es decir, la salida) a un nivel mayor. La pérdida puede cuantificarse, como

ya hemos dicho, en unos 10 MW para una planta de 400 MW, sobre la potencia que alcanzaría una central igual refrigerada en circuito abierto.



Representación de un aerocondensador

2.7. TORRE DE REFRIGERACIÓN

Cuando por razones de disponibilidad de agua, razones legislativas o medio-ambientales no se puede disponer de un cauce público del que extraer el agua fría y devolverla a mayor temperatura, se emplea un circuito semiabierto con torres de refrigeración. La principal ventaja es que el aporte de agua es mucho menor, y por tanto, el impacto medioambiental de las centrales con torre de refrigeración también lo es. El inconveniente es que el foco frío de la turbina de vapor, el condensador, está a un nivel energético mayor, por lo que el salto térmico es menor y el rendimiento de este tipo de centrales es también menor que en circuito abierto.

Existen 3 tipos de torres de refrigeración:

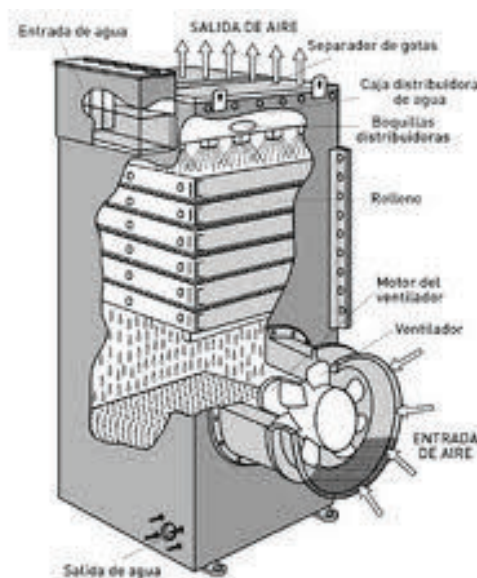
1) La torre de tiro inducido, es la más usada en instalaciones de gran tamaño. El agua caliente procedente de la refrigeración se deja caer por el interior de la torre mediante un sistema de distribución de agua, que debe caer uniformemente sobre la torre. En la parte superior se sitúan unos grandes ventiladores que hacen que el aire circule a contracorriente del agua. El fenómeno de cesión de calor se debe a que al entrar en contacto el agua caliente con el aire se forma una película de aire húmedo alrededor de cada gota. El agua que pasa al aire, y por tanto se evapora, extrae el calor necesario para la evaporación del propio líquido y produce por tanto un enfriamiento del mismo. Por lo parte superior sale el aire húmedo, visible si las condiciones ambientales dificultan la disolución de este vapor en el aire (frío intenso o humedad relativa alta). Este vapor visible se denomina penacho o pluma.



Torres de refrigeración de tiro inducido

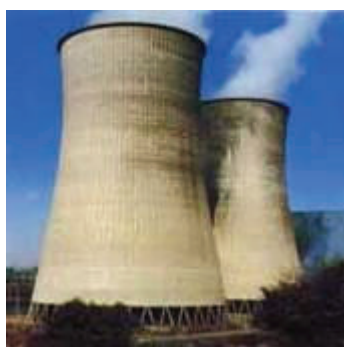
2) Las torres evaporativas de tiro forzado están generalmente dotadas de un ventilador con su eje horizontal en el lado de la torre, el cual descarga aire hacia atrás. El flujo de aire es dirigido después hacia

arriba por mamparas, haciéndolo pasar a través de la corriente descendente del agua, después de lo cual es descargado por la parte superior a través de un sistema que elimina el rocío. Ya que la totalidad de la superficie de la parte superior de la torre es usada para la descarga de aire, la velocidad del aire de salida es más baja que las velocidades de descarga de la torres de tiro inducido. Los elementos que componen estas torres son prácticamente los mismos que los que componen las torres de tiro inducido. En las torres de tiro inducido natural, el aire se mueve por el efecto chimenea. No se consume ningún tipo de energía para efectuar el movimiento de este aire. Son particularmente seguras en su funcionamiento y generalmente se emplean para el enfriamiento de grandes caudales de agua. Ocupan un volumen mayor a igualdad de capacidad de enfriamiento que las torres de tiro inducido o forzado esto se debe a que las velocidades del aire son frecuentemente bajas.



Torre de refrigeración de tiro forzado

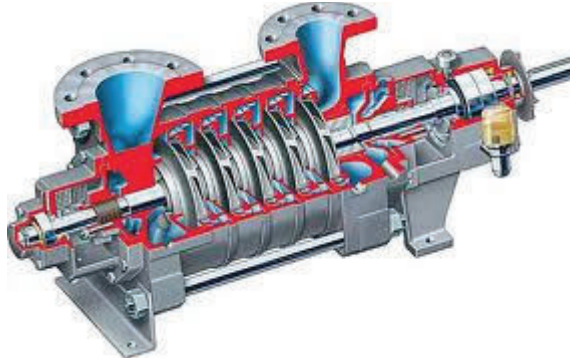
3) Las torres de tiro natural el aire se mueve por el efecto chimenea. No se consume ningún tipo de energía para efectuar el movimiento de este aire. Son particularmente seguras en su funcionamiento y generalmente se emplean para el enfriamiento de grandes caudales de agua. Ocupan un volumen mayor a igualdad de capacidad de enfriamiento que las torres de tiro inducido o forzado, esto se debe a que las velocidades del aire son frecuentemente bajas.



Torres de refrigeración de tiro natural

2.8. BOMBAS DE ALTA PRESIÓN

Las bombas de agua de alimentación al tren de generación de vapor son bombas de alta presión, capaces de elevar ésta por encima de 120 bar. Como el vapor generado en el evaporador puede alcanzar los 100 bares de presión es necesario que las bombas levanten algo más, para poder introducirlo en la caldera. Además, tienen que vencer la resistencia que ofrecen los precalentadores de alta presión y el economizador, además de las tuberías, válvulas y accesorios del circuito.



Bomba multietapa de alimentación a caldera

Generalmente son bombas multietapa, ya que en una sola etapa sería complicado conseguir elevar tanto la presión con un buen rendimiento.