UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION "REY BALDUINO DE BELGICA"

Propuesta de torre de enfriamiento para una termoeléctrica

Loreto Daniela Bustos Salgado

- 2018 -

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN "REY BALDUÍNO DE BÉLGICA"

PROPUESTA DE TORRE DE ENFRIAMIENTO PARA UNA TERMOELÉCTRICA

Trabajo para optar al Título Profesional de Ingeniero de Ejecución Química mención control

Alumno: Srta Loreto Daniela Bustos Salgado.

Profesor Guía: Sr Cristian Pereira.

- 2018 -

Agradecimiento

Agradezco principalmente a mis padres, los cuales me apoyaron siempre y confiaron en mí a pesar de las circunstancias, a mi hermana que al igual que mis padres confió en mí hasta los últimos momentos y me dio todo su apoyo.

A mis amigos y conocidos cercanos que me dieron animo a seguir con esto y en especial a quienes estuvieron conmigo desde el principio de la carrera.

A mis familiares que de alguna forma me brindaron su confianza y apoyo.

Al profesor Cristian Pereira, mi profe guía, por su enorme paciencia y comprensión conmigo, profe guía de técnico e ingeniería.

A mis amigos del Frente Defensa de Coronel, que me enseñaron sobre el amor al medioambiente, por lo que nace la idea del proyecto.

A Hernán Ramírez de fundación Terram que me ayudo en la parte teórica, demostrándome su apoyo en cada dura aclarada.

Dedicatoria

Dedico mi tesis a mis padres, amigos y familiares que me apoyaron en toda mi época universitaria.
Y a todos los que luchan a favor del medioambiente.

Resumen

Al analizar el funcionamiento de una termoeléctrica en Chile, nos dimos cuenta de que esta influye de manera negativa al ambiente, en este caso se analizara el impacto que esta tiene en el medio marino.

Se estudiara una termoeléctrica a carbón, la cual fue construida en 1970 y se realizo una ampliación el año 2002, quedando está conformada por dos plantas, Bocamina I y Bocamina II, de las cuales la primera tiene una producción de 125 Mw/h, la segunda de 350 Mw/h, ambas utilizan agua de mar como método de enfriamiento, provocando un desequilibrio en el medio marino, al devolver el agua con temperaturas superiores a las cuales posee cuando esta cuando es extraída para el proceso, la temperatura normal del agua de mar varía entre los 15 y 18° C, y al ser devuelta, esta posee temperaturas que varían entre los 23 y 25°C

Por lo que se planteo la idea de proponer un diseño de una torre de enfriamiento, la cual como lo dice su nombre, tiene la misión de enfriar el agua para poder devolverla al mar con las temperaturas adecuadas y poder reducir el impacto que este cambio provoca en la bahía.

Se tomaron datos como referencia, pero al notar que faltaba información para poder plantear una solución totalmente factible, se determino tomar datos ficticios, para poder realizar el desarrollo de cada uno de los ejercicios propuestos para el diseño de una torre de enfriamiento.

Se pudo acceder a datos como la temperatura de captación, de eliminación de agua y el caudal de trabajo.

Índice

Agradecimiento 3
Resumen 4
Índice 5
Contenido 7
INTRODUCCION 8
OBJETIVO GENERAL 9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 9
Torres de enfriamiento 10
Importancia de las torres de enfriamiento 10
Funcionamiento de las torres 11
Condiciones de proceso 12
Enfriamiento del agua por evaporización. 12
Clasificación de las torres de enfriamiento 13
Torres de circulación natural 14
Atmosféricas 14
Torres de tiro mecánico 15
- Tiro inducido 15
- Tiro forzado 15

Torre de flujo cruzado 16
Estructura de las torres de enfriamiento 16
- Ventilador 16

- Bomba de circulación 17
- Relleno. 17
- Rociadores 17
- Calentador 17
- Estructura 17
- Medidor de caudal. 17
- Sensores de temperatura 17

Equilibrio de un flujo de agua en una torre 18

Transmisión de calor en la torre de enfriamiento 18

Cálculos para diseñar de la torre de enfriamiento 21

Condiciones de diseño 21

Tabla 3 Entalpía de saturación 22

Línea de operación mínima. 23

Línea de operación 23

Tabla 6 Linealización H': mtl + b 24

Determinación de área transversal 25

Determinación de Z Altura 26

Determinación flujo de agua de recuperación 26

Conclusión 30

Bibliografía 31

- Redes de cambiadores de calor, Libro de José Antonio Caballero Suárez y Mauro Antonio da Silva Sa Ravagnani 31

Anexos 32

Contenido

Imagen 1: Tipos de torres de enfriamiento
Imagen 2: Torre de enfriamiento tiro Natural
Imagen 3: Torre de enfriamiento tiro atmosférica
Imagen 4: Torre de enfriamiento tiro inducido
Imagen 5: Torre de enfriamiento tiro forzado
Imagen 6: Torre de enfriamiento tiro cruzado

Grafico 1: Línea de operación mínima
Grafico 2: Línea de operación real

INTRODUCCION

El proyecto nace con la idea de ayudar a reducir el impacto ambiental provocado por una termoeléctrica, esta utiliza agua de mar en sus sistemas de enfriamiento durante el proceso de producción de electricidad por combustión de combustibles fósiles (carbón). El agua utilizada en el proceso, luego de cumplir su recorrido es devuelta al mar con temperaturas superiores a las cuales tiene al momento de ser extraída, provocando un cambio de temperatura en la bahía a la cual es devuelta, cambiando el hábitat de muchos seres vivos.

Con la misión de lograr una mejora, se quiere instalar una torre de enfriamiento entre la salida del agua desde la central luego del proceso y antes de que esta sea devuelta al mar, para que esta retorne con temperaturas adecuadas, disminuyendo así el impacto provocado en la bahía, ya que la variación de temperatura va desde los 10 a 13°C.

Producto de la falta de algunos datos para poder realizar un desarrollo más exacto de los cálculos propuestos para el diseño de una torre de enfriamiento, se trabajo con datos ficticios, con la idea de demostrar que realmente es útil la implementación de una torre de enfriamiento en una central térmica.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar torre de enfriamiento para uso en termoeléctrica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dimensionar torre. Alto y diámetro

  Alcance

  Dimensionar la torre en base a características ambientales locales. Diseñar según caudal y temperaturas necesarias para el proceso.

Torres de enfriamiento

Cuando en una planta se requiere de grandes caudales de agua en el proceso de refrigeración, se hace una necesidad imperiosa la construcción de una torre de enfriamiento, tomando en cuenta principalmente el aspecto económico enfocado desde el punto de vista de los costos ocasionados en la construcción de la torre y los costos para hacerla funcionar. Se llega a un balance económico se justificara plenamente la construcción de la misma, de lo contrario se desechara el agua caliente y se utilizara nueva agua para el proceso, por ejemplo, una planta química o una industria, que requiere un considerable caudal de agua fría para ser utilizada como refrigerantes en aparatos de intercambio de calor.

Las torres de enfriamiento son equipos que se unas para enfriar agua en grandes volúmenes, extrayendo el calor del agua mediante evaporación o conducción. El proceso es económico, comparado con otros equipos de enfriamiento como los cambiadores de calor, donde el enfriamiento ocurre a través de una pared.

El agua se introduce por el domo de la torre por medio de vertederos o por boquillas para distribuir el agua en la mayor superficie posible. El enfriamiento ocurre cuando el agua, al caer a través de la torre, se pone en contacto directo con una corriente de aire que fluye a contracorriente o a flujo cruzado con una temperatura menor a la temperatura del agua, en estas condiciones, el agua se enfría por transferencia de masa (evaporación), originando que la temperatura del aire y su humedad aumenten y que la temperatura del aire a la entrada de la torre. Parte del agua se evapora, causa la emisión de más calor, por eso se puede observar vapor de agua encima de las torres de refrigeración.

Importancia de las torres de enfriamiento

Una amplia cantidad de procesos industriales consumen agua, este consumo de agua podría ser en estado de vapor o en estado liquido, los servicios son múltiples basados en la calefacción o enfriamiento; una vez que el agua se utiliza es desechada, provocando una pérdida de materia y energía en algunos casos considerables. En vista de aquello se diseñan varios sistemas de recuperación de agua y su propia energía. En la actualidad existen diversos aparatos para el acondicionamiento del agua, siendo los más comunes las torres o columnas de enfriamiento, que sirven para poner en contacto el agua y el aire por circulación, a

través de elementos que crean una gran superficie y favorecen el fenómeno de transporte de materia y energía.

El agua y el aire son materias de bajo costo, no obstante, cuando se manipulan en grandes cantidades como en muchas operaciones de enfriamiento de agua, es esencial, el uso de equipos de costo inicial y operación bajos. Por esta razón se una con frecuencia instalaciones de gran escala. Además, el diseño y operación de modernas platas químicas, un factor muy importante es la temperatura del agua del proceso disponible, en plantas químicas de dicha temperatura fija las condiciones de operación de los condensadores de los procesos de destilación y evaporación. El diseño y construcción de equipos para comprobar diferentes procesos y operaciones industriales, son de gran importancia tanto para comprobar diferentes procesos y operaciones industriales, son de gran importancia tanto para el que lo realiza y la zona a la que pertenece, ya que permite una aplicación intensa de los conocimientos de ingeniería, para la solución de problemas prácticos; además que constituye una especie de aporte a la tarea de crear y utilizar tecnología propia.

Funcionamiento de las torres

Con un aporte aproximado del 90% las torres de enfriamiento operan con un rendimiento de enfriamiento optimo y generando la mayor cantidad de enfriamiento posible en un corto intervalo de tiempo, las finas aguas que viajan desde la parte superior a la inferior de la torre hacen contacto con el relleno generando un vapor de agua que es extraído por los ventiladores del equipo.

Esta masa de agua evaporada extrae el calor latente de vaporización del propio líquido. Este calor latente debido al aire, obteniéndose un enfriamiento del agua y un aumento de la temperatura del aire. La diferencia de temperaturas del agua a la salida y la temperatura húmeda del aire se llama “acercamiento o “aproximación”, ya que representa el limite termodinámico de enfriamiento al que puede llegar el agua

La función correspondiente a la torre de enfriamiento es dispersar el flujo de calor de aire en el ambiente, el agua a enfriar entra en contacto directo con el aire de ambiente, por lo tanto, están diseñadas con la perspectiva de obtener mejores condiciones en situaciones desfavorables como la alta temperatura y la humedad

Condiciones de proceso

Las generaciones de corrosión en las tuberías de transporte de la torre de enfriamiento generan obstrucción en las calerías por donde viaja el fluido interiormente, se forman costras debido a que en muchas ocasiones el agua posea una dureza relativamente alta, en otro aspecto la temperatura del agua marca un registro de entrada de 120°F y la temperatura mínima en el bulbo húmedo se registra con los valores de ingreso del aire en la cámara de la torre

Enfriamiento del agua por evaporización.

Generar vapor de agua en la industria de invierte calor para que ocurra dicho efecto térmico, el calor disipado de contacto en las superficies se emitirá debido a la transferencia de calor en ambas superficies, a medida que el tiempo transcurre en un cierto intervalo del calor se mantiene latente.

Fundamentalmente el principio térmico por evaporación se genera a medida que ambas superficies están en contacto directo con la superficie de radiación térmica

Aparte de los casos especiales de interacción como lo son los de temperatura de bulbo húmedo y líneas de enfriamiento adiabático, la solución completa de los balances de materia y energía y de la velocidad a la que ocurren tales procesos, se hace necesaria una discusión más detallada del mecanismo de interacción antes del tratamiento matemático.

En el caso de una línea de enfriamiento adiabático, donde el agua permanece a temperatura constante de saturación, no existe gradiente de temperatura a través del agua, puesto que no existe flujo de calor sensible en el interior o desde la fase liquida. Es la des humidificación y el enfriamiento del agua, sin embargo, donde el agua está cambiando de temperatura, el calor fluye al interior o desde el agua y por

lo tanto existe un gradiente de temperatura.

Esto introduce una resistencia al flujo de calor en la fase liquida, debido a la fase liquida. Por otra parte, es evidente que aquí no existe resistencia a la transferencia de masa en la fase liquida, en ninguno de los dos casos, puesto que no existe gradiente de concentraciones en el agua pura.

Es importante obtener una visión correcta de las interacciones de transferencia de calor y de vapor de agua para todos los procesos aire – agua. En las siguientes figuras, las distancias medidas perpendicularmente a la interface se toman como abscisas y humead como ordenadas. En todos los casos:

El enfriamiento del agua a partir de la evaporación se ha implementado en varios procesos de refrigeración con la finalidad de alcanzar la temperatura deseada, se ejecuta el contacto directo entre el agua y el aire. Este recurso se enfría por evaporación y por transmisión de calor donde la temperatura sea inferior a la del agua.

Clasificación de las torres de enfriamiento

Las torres de enfriamiento son un tipo de intercambiadores de calor que tienen como finalidad quitar el calor de una corriente de agua caliente, mediante aire seco y frío, que circula por la torre. El agua caliente puede caer en forma de lluvia y al intercambiar calor con el aire frio, vaporiza una parte de ella, eliminándose de la torre en forma de vapor de agua. Las torres de enfriamiento se clasifican según forma de funcionamiento de aire en:

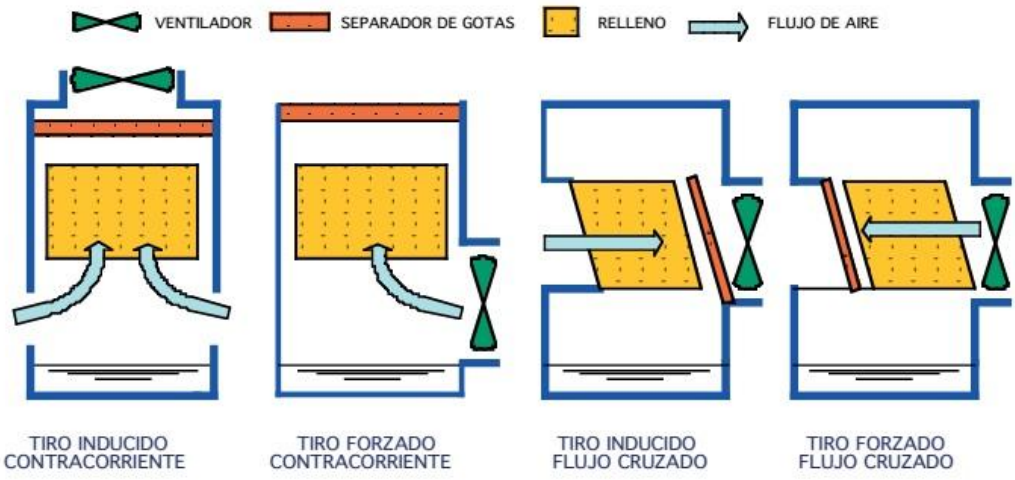


Imagen 1 Tipos de torres de enfriamiento

Torres de circulación natural

El flujo del aire se obtiene como resultado de la diferencia de densidades, entre el aire más frio del exterior y húmedo del interior de la torre. Utilizan chimeneas de gran altura para obtener el tiro deseado. Debido a las grandes dimensiones de estas torres se utilizan flujos de agua de más de 13 m³/h. es muy utilizado en las centrales térmicas.

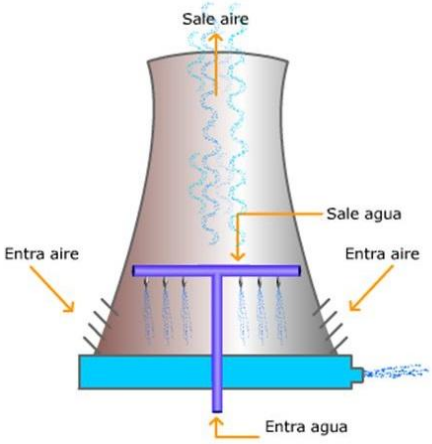


Imagen 2 Torre de enfriamiento de tiro natural

Atmosféricas

El movimiento del aire depende del viento y del efecto aspirante de los aspersores. Se utiliza en pequeñas instalaciones. Depende de los vientos predominantes para el

movimiento del aire.

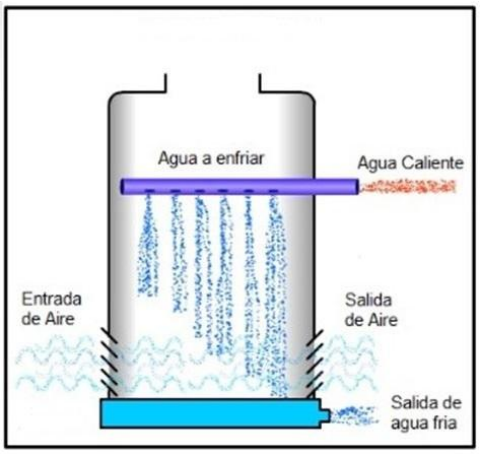


Imagen 3 Torre de enfriamiento de tiro atmosférico

Torres de tiro mecánico

El agua caliente que llega a la torre es rociada mediante aspersores que dejan pasar hacia abajo el flujo del agua a través de unos orificios.

- Tiro inducido

El aire se succiona a través de la torre mediante un ventilador situado en la parte superior de la torre.

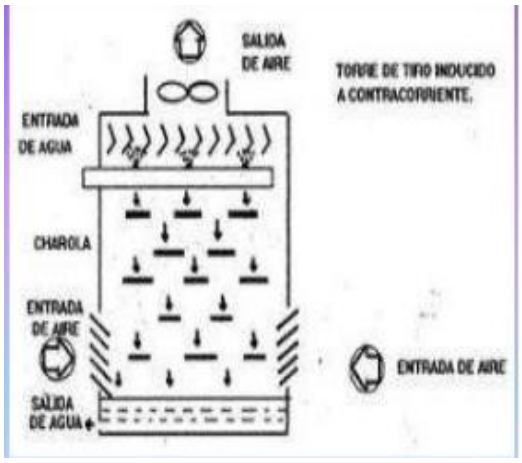


Imagen 4 Torre de enfriamiento de tiro inducido

- Tiro forzado

El aire es forzado por un ventilador situado en la parte inferior de la torre y se

descarga por la parte superior.

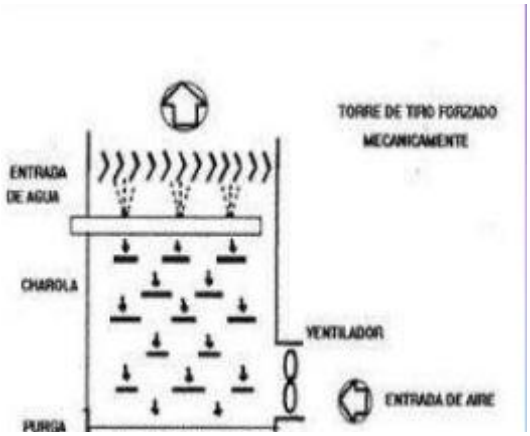


Imagen 5 Torre de enfriamiento de tiro forzado

Torre de flujo cruzado

El aire entra por los lados de la torre fluyendo horizontalmente a través del agua que cae. Estas torres necesitan más aire y tienen un costo más bajo que las contracorriente.

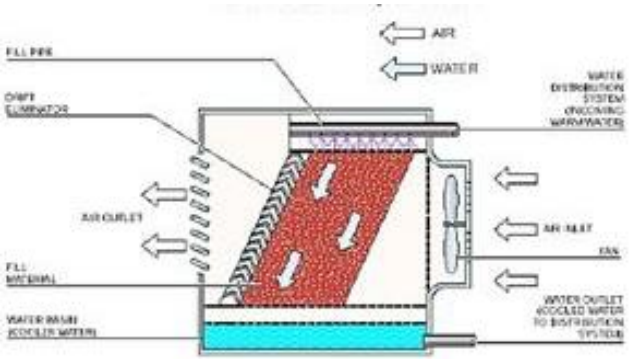


Imagen 6 Torre de enfriamiento flujo cruzado

Estructura de las torres de enfriamiento

- Ventilador

Es el encargado de extraer la cantidad de masa de aire caliente desde el interior de

la torre hacia el exterior.

- Bomba de circulación

Genera circulación del fluido en el interior de la torre con la finalidad de ejercer un intercambio de temperatura.

- Relleno.

Son los encargados de disipar el calor latente que viaja desde la parte superior hasta la inferior de la torre, según el diseño de estos elementos el calor se disipara por un intervalo de tiempo.

- Rociadores

Es el encargado de fluir el agua en el interior de la torre, según su diseño mecánico se optimizara los recursos de enfriamiento de la torre.

- Calentador

Es el encargado de generar calor al fluido para que el proceso termodinámico de transferencia de calos comience a actuar en el equipo.

- Estructura

Es la armadura central del equipo donde debe presentar una rigidez para soportar el peso de todos los elementos que conforman el equipo, usualmente se la construye con planchas metálicas de toll para exigir resistencia mecánica al momento de funcionar.

- Medidor de caudal.

Es el encargado de medir la cantidad de caudal que ingresa y sale de la torre en un cierto intervalo de tiempo.

- Sensores de temperatura

Miden la temperatura de ingreso y salida del agua hacia la torre, se verifica el modelo de transición con los gradientes de temperatura a medida que el tiempo incrementa.

Equilibrio de un flujo de agua en una torre

En muchas torres es importante que la distribución del flujo de agua se correcta y equilibrada. Si la torre tiene dos o más celdas donde se distribuye el agua, a cada una de ella se debe distribuir igual cantidad de agua par que la torre funciones de manera apropiada. Muchas torres utilizan un colector de distribución para repartir el agua por el material de relleno estos recipientes suelen tener una serie de agujeros calibrados. El agua caliente de retorno del condensador se vierte en el recipiente por bombeo. Esta descarga debe distribuirse por ambos lados de la torre. Para obtener el flujo correcto se utilizan una o más válvulas de equilibrado. Los agujeros practicados en la parte superior de la torre también deben de estar limpios de objetos extraños y tener un tamaño preciso.

El equilibrio del material de un sistema de torre de enfriamiento cuantitativamente debe ser controlado por las variables estructurales de acuerdo al funcionamiento de la tasa de flujo, evaporación y pérdidas de viento

Transmisión de calor en la torre de enfriamiento

Se denomina transmisión de calor al proceso de transferencia de energía entre diferentes cuerpos o diferentes zonas de un mismo cuerpo que se encuentra a distintas temperaturas.

Este flujo siempre ocurre desde el cuerpo de mayor temperatura hacia el cuerpo de meno temperatura, manteniéndose la transferencia hasta que ambos cuerpos se encuentren a la misma temperatura.

El contexto nos argumenta que debe existir una vinculación entre cuerpos de mayor a menor temperatura para que se perciba la transferencia de calor, a partir de las torres de enfriamiento se correlacionan

Flujo comparativo agua – aire

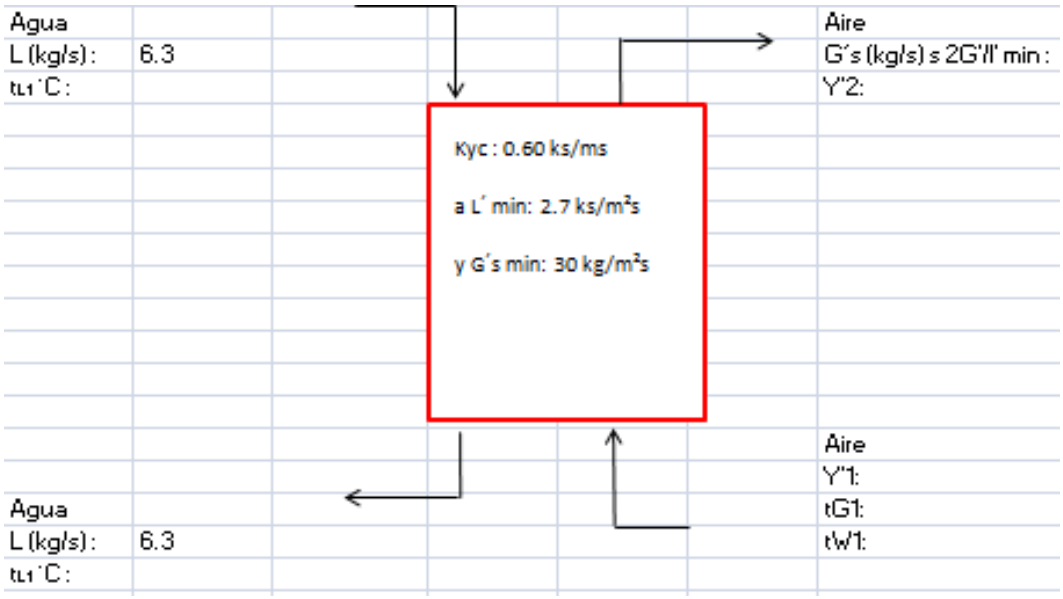
	FLUJO CRUZADO	CONTRACORRIENTE
TIPO DE RELLENO	Salpicaduras o laminar	Fílmico, sujeto o ensuciamiento
Eficiencia	Baja eficiencia debido al aire helado en contacto con el agua caliente	Mas eficiencia aire helado en contacto con agua fría
Potencia del ventilador	Requiere poca potencia	Alta potencia
Velocidad del aire	alta	Baja
Cantidad de aire	Alto volumen	Poco volumen
Ataque biológico	Formación de musgo y algas	Poco musgo
Problemas de depósitos	Depósitos por musgo en	Deposito de musgo que

	las aéreas expuestas	disminuyen la transferencia de calor
Recirculación de aire saturado	Muy probable	Poco probable
ensuciamiento	Muy probable	Poco probable

Selección teórica de una torre de enfriamiento

- Caudal de agua a enfriar
- Condiciones de operación de la torre de enfriamiento
- Temperatura del agua a la entrada y salida
- Temperatura de bulbo húmedo
- Altitud de emplazamiento
- Condiciones meteorológicas del lugar

Cálculos para diseñar de la torre de enfriamiento



Condiciones de diseño

Tabla 1 Datos		
Sigla	Datos	Unidad de medida
Kya	0,6	Kg/sm
L	6.3	Kg/s
Cal	4187	J/kg
Lop	6.3	Kg/s
T fría	27	°C
Tcaliente	49	°C

TW	15	°C
TG	21	°C
PM Agua	18.02	Kg/kmol
PM Aire	29.00	Kg/kmol

Tabla 2 Constantes de Antoine Agua		
A	B	C
163.872	3885.7	230.17

Tabla 3 Entalpía de saturación

TL °C	Psat(KPa)	Y'	H' (J/Kg)
27	3.589	0.023	85384,824
29	4.032	0.026	94994,091
31	4.523	0.029	105499,251
33	5.064	0.033	117000,248
35	5.661	0.037	129608,977
37	6.317	0.041	143451,099
39	7.038	0.046	158668,210
41	7.829	0.052	175420,451
43	8.695	0.058	193889,684
45	9.642	0.065	214283,354
47	10.676	0.073	236839,239
49	11.804	0.082	261831,322

Línea de operación mínima.

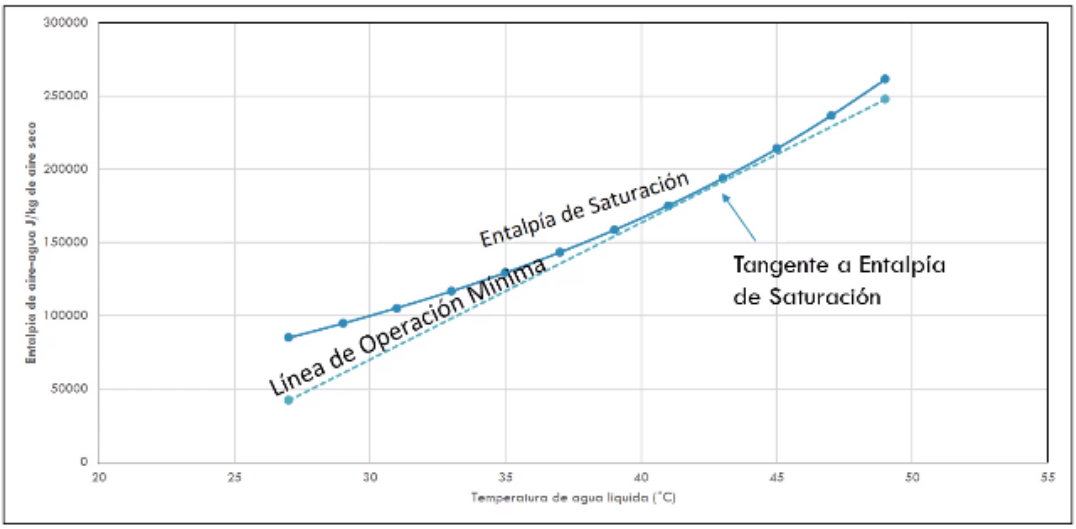


Gráfico 1 Línea de operación mínima

tL °C	H' (J/Kg)
27	42500
49	24800

Pendiente: 9340.90 = L'Cal/ Gsmin

L	6.30	Kg/s
Cal	4187.0	J/(C-Kg)
Gsmin	2.824	Kg A.S/s

Línea de operación

G's op: 2G'smin: 5.65 kg AS/s
Con esto se calcula H'2 de operación
H'2 op: 145250 J/Kg AS

tL °C	H' (J/Kg)

27	42500
49	145250

Tabla 6 Linealización H': mtl + b

Pendiente m	4670.45
Intersección b	-83602,27

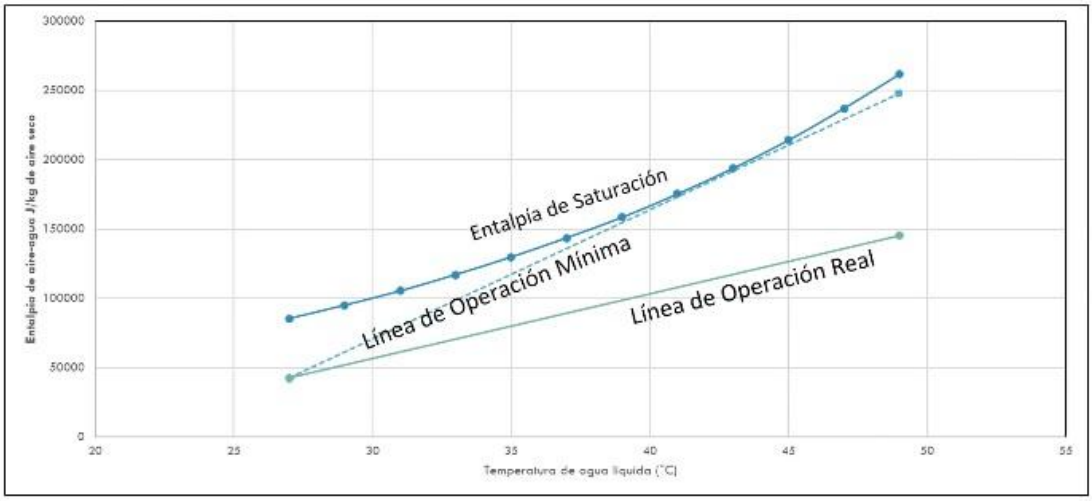


Gráfico 2 Línea de operación real

Formulas balance de Entalpía

$$\frac{H'_2 - H'_1}{t_{L2} - t_{l1}} = \frac{L'C_{AL}}{G's}$$

Ecuación de diseño: $Z = H_{tOG} * N_{tOG}$

Donde $N_{tOG} = \int_{t_{L1}}^{t_{L2}} \frac{dH}{H'^* - H'}$

Y $H_{tOG} = Gs/K_Y a$

Determinación de área transversal

Usando L'min: 2.7

AT: L/L'min
AT: 2.33 m²

G's: Gs/AT
G's: 2.42 Kg/ m²s

Usando G'min: 2.0 Kg/ m²s
AT: Gs/Gs'min}
AT: 2.82 m²

L': L/ AT
L': 2.23 Kg/ m²s

Por lo tanto, es claro que se elige el AT: 2.33 m²

Determinación de Z Altura

HtOG: Gs/Kya
HtOG: (5.65KgAS/s)/(0.6KG/sm)
HtOG: 9.41m
Z: HtOG* NtOG
Z: (1.8) *(9.39m)
Z:16.5 m

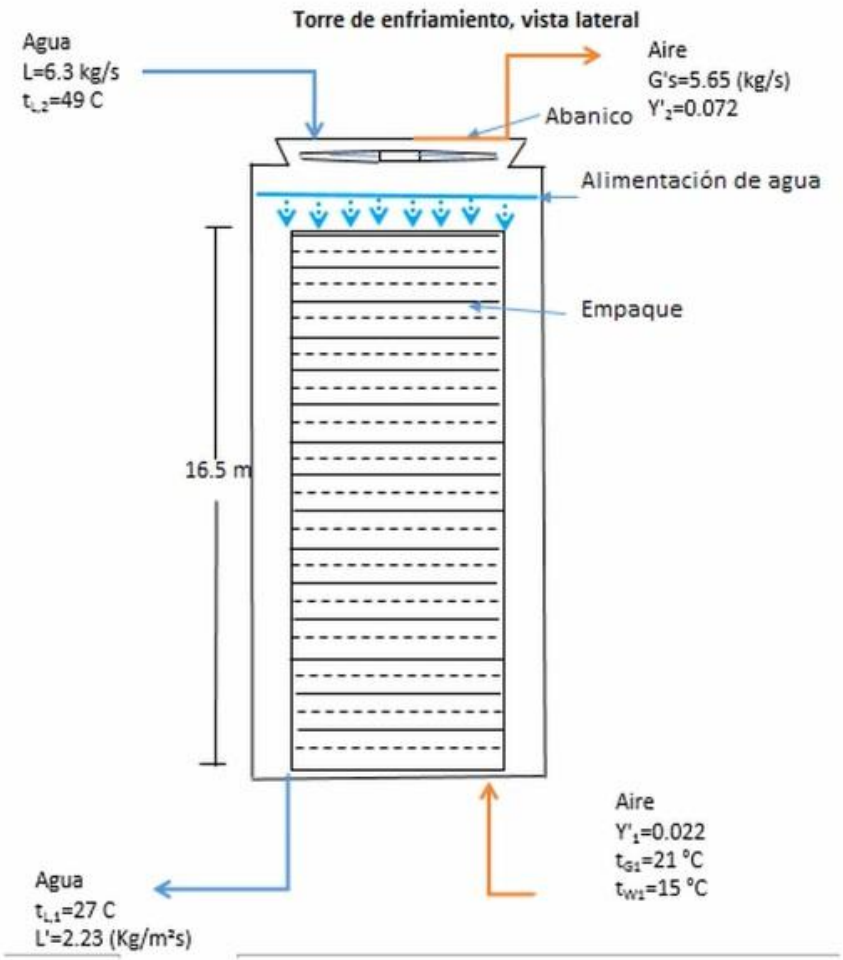
Determinación flujo de agua de recuperación

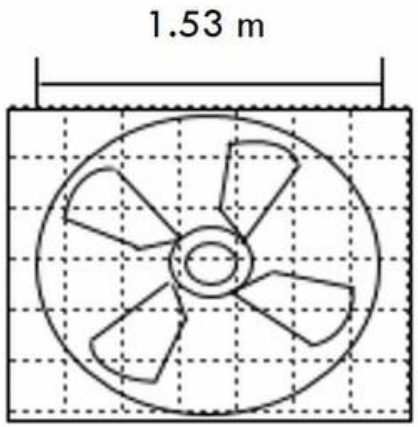
WH2O:Gs (Y'2-Y'1)

A partir de la carta psicométrica:
Y'1: 0.022 Kg H2O/Kg AS
Y'2: 0.072 Kg H2O/Kg AS

Entonces:
WH2O: (5.65KgAS/s)* (0.072-0.022): 0.2825Kg H2O/s

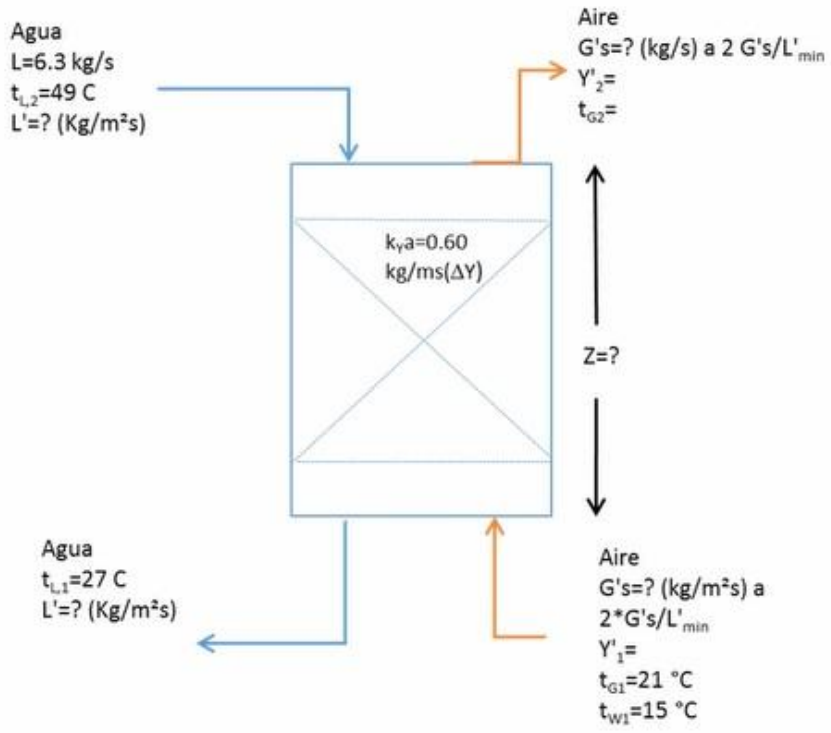
tL (°C)	H'*(J/KgAS)	H'(LO)J/(KGAS)	(H*-h')(J/KgAS)	Inversa ΔH (1/J/KgAS)	Área de trapecio
27	85384,824	42500	42885	2.33E-05	
29	94994,091	51841	43153	2.32E-05	0.2
31	105499,251	61182	44317	2.26E-05	0.2
33	117000,248	70523	46478	2.15E-05	0.2
35	129608,977	79864	49745	2.01E-05	0.2
37	143451,099	89205	54247	1.84E-05	0.2
39	158668,210	98545	60123	1.66E-05	0.2
41	175420,451	107886	67534	1.48E-05	0.1
43	193889,684	117227	76662	1.30E-05	0.1
45	214283,354	126568	87715	1.14E-05	0.1
47	236839,239	135909	100930	9.91E-06	0.1
49	261831,322	145250	116581	8.58E-06	0.1
				Ntog	1.8





Torre de enfriamiento vista de arriba

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	TORRE DE ENFRIAMIENTO



G's op=	5.65	kg A.S/s
A_T=	2.33	m^2
L=	1.53	m
Z=	16.5	m
W_{H2O}=	0.2824	kg H_2O/s

Conclusión

Teniendo la base del desarrollo de cada cálculo, podemos ajustarlos a los datos reales y poder definir el tamaño necesario para el caudal que se produce por el proceso que realiza una termoeléctrica y adecuándonos a las temperaturas necesarias de trabajo, podemos definir el tamaño del ventilador.

Se demostró que si es útil para lo que se exponía como problema, y si se desarrolla con los datos reales, podríamos definir el diseño para reducir el impacto ambiental que la termoeléctrica provoca en el mar.

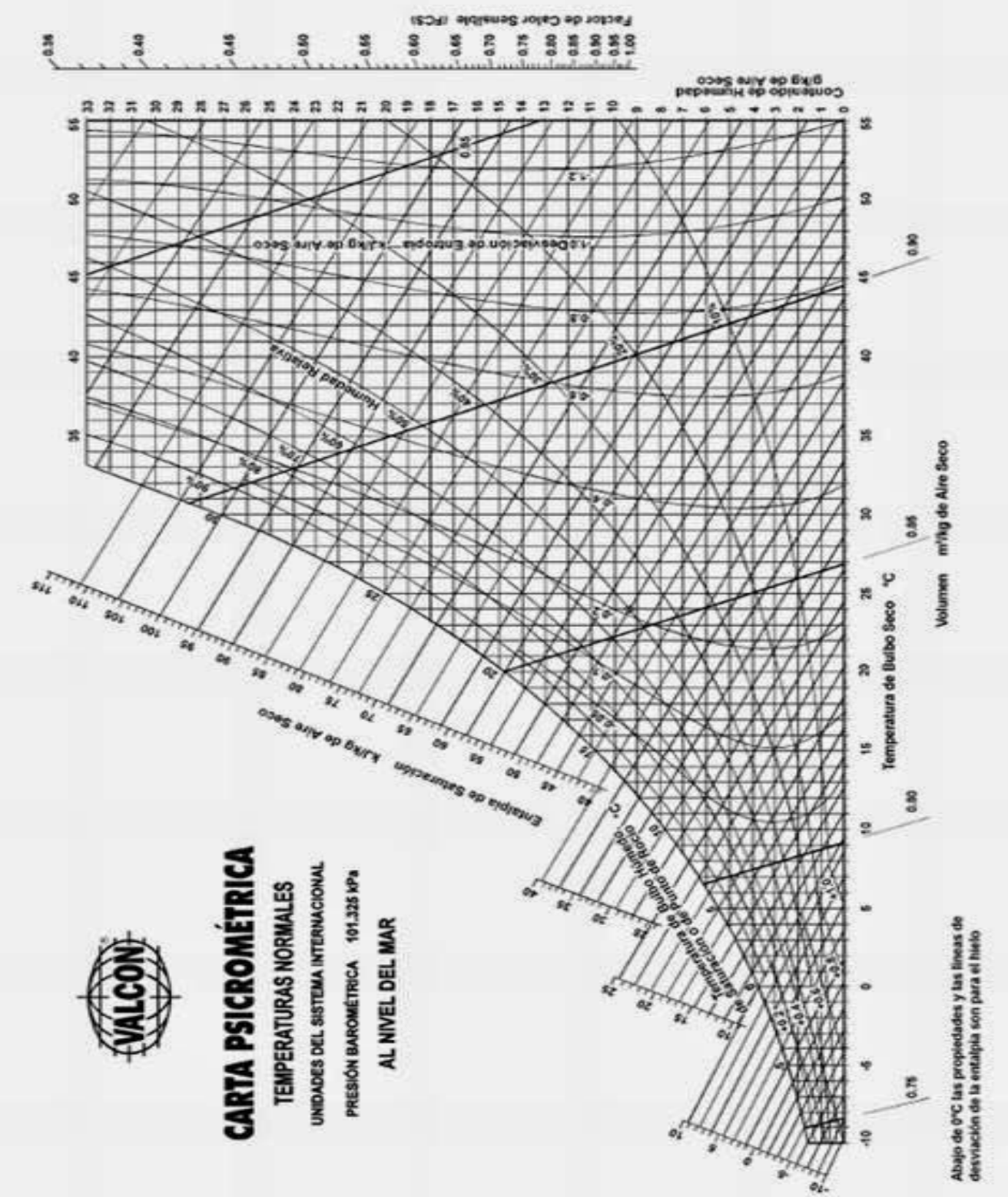
Bibliografía

- Redes de cambiadores de calor, Libro de José Antonio Caballero Suárez y Mauro Antonio da Silva Sa Ravagnani

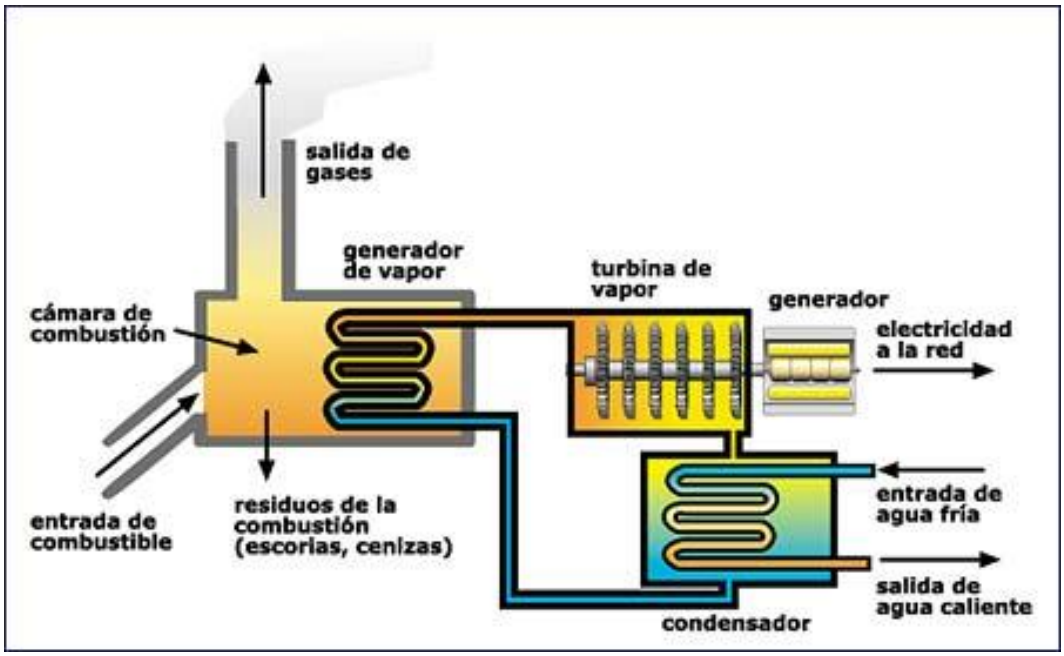
Asesoramiento de fundación Terram, sobre impacto ambiental y afecto que provoca una termoeléctrica en el mar

- Equipos de intercambio de calor, Libro de Félix Mendía Urquiola

Anexos


CARTA PSICROMÉTRICA
TEMPERATURAS NORMALES
UNIDADES DEL SISTEMA INTERNACIONAL
PRESIÓN BAROMÉTRICA 101.325 kPa
AL NIVEL DEL MAR
VALCON
Factor de Calor Sensible (FCS)
Contenido de Humedad g/kg de Aire Seco
Desviación de Entropía kJ/kg de Aire Seco
Humedad Relativa
Entalpía de Saturación kJ/kg de Aire Seco
Temperatura de Bulbo Líquido de Saturación o de Punto de Rocío °C
Temperatura de Bulbo Seco °C
Volumen m³/kg de Aire Seco
Abajo de 0°C las propiedades y las líneas de desviación de la entalpía son para el hielo

Funcionamiento de una termoeléctrica



Ubicación de termoeléctrica Bocamina I y II