



Optimización energética de una planta con instalaciones a vapor, mediante la variación de temperatura

Energy optimization of a plant with steam installations, by means of temperature variation

Otimização energética de uma planta com instalações a vapor, por meio de variação de temperatura

Jeniffer Monserrath Flores-Toala ^I
mous1495@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2629-2297>

Jonathan Israel García-Mejía ^{II}
jgarciamn@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9273-7792>

Byron Stalin Rojas-Oviedo ^{III}
stalinrojas_96@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2415-6205>

Correspondencia: mous1495@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de investigación

***Recibido:** 19 de mayo de 2020 ***Aceptado:** 11 de junio de 2020 *** Publicado:** 22 de julio de 2020

- I. Máster Universitario en Tecnologías Marinas y Mantenimiento, Ingeniera en Mecánica Naval, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, Ecuador.
- II. Máster Universitario en Tecnologías Marinas y Mantenimiento, Ingeniero en Mecánica Naval, Docente de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.
- III. Magíster en Farmacia Clínica y Hospitalaria, Bioquímico Farmacéutico, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, Ecuador.

Resumen

El objetivo de este artículo radica en explicar la manera de optimizar la energía en una instalación a vapor de una empresa, realizando variaciones a la temperatura del agua de alimentación en una caldera. El método aplicado en la investigación consiste en la aplicación de la experiencia directa en la obtención de pruebas para verificar un razonamiento, a través de mecanismos verificables como la observación de fenómenos” según (Cervera, 1998). En este caso, la observación del cambio ante la variable del aumento de la temperatura. Se realizó el cálculo y análisis a través de ecuaciones y del software Steam Tools del grupo Spirax Sarco, realizando experimentos con la variación de temperatura del agua, puesto que entre más lejos se encuentre el agua de su punto de ebullición, mayor es la energía necesitada para generar vapor, lo que implica mayor consumo de combustible y en consecuencia elevados costos, la temperatura ambiente fue de 25°C, y la temperatura de mejora de 84,4°C, se obtuvo un ahorro energético 28586,25 €/Año, debido a que la potencia calorífica se redujo el 10%, y de la misma manera el consumo del combustible un 7.77%. Se logró la optimización de la energía que consume la caldera. Se demostró que al aumentar la temperatura del agua, se logra una reducción de 139,18 KJ/s de potencia útil, lo que significó menor consumo de agua, esto implica un ahorro económico significativo.

Palabras claves: Instalación a vapor; variación de temperatura; consumo de combustible; optimización energética.

Abstract

The objective of this article is to explain how to optimize energy in a steam installation of a company, making variations to the temperature of the feed water in a boiler. The method applied in the investigation consists of the application of direct experience in obtaining evidence to verify reasoning, through verifiable mechanisms such as the observation of phenomena” according to (Cervera, 1998). In this case, the observation of the change before the variable of the increase in temperature. The calculation and analysis were carried out through equations and the Steam Tools software of the Spirax Sarco group, carrying out experiments with the variation of water temperature, since the further the water is from its boiling point, the greater the energy needed to generate steam, which implies greater fuel consumption and consequently high costs, the ambient temperature was 25 ° C, and the improvement temperature was 84.4 ° C, an energy saving of €

28,586.25 was obtained /Year, because the heat output was reduced by 10%, and in the same way the fuel consumption by 7.77%. Optimization of the energy consumed by the boiler was achieved. It was shown that by increasing the water temperature, a reduction of 139.18 KJ/s of useful power is achieved, which meant less water consumption, this implies significant economic savings.

Keywords: Steam installation; temperature variation; fuel consumption; energy optimization.

Resumo

O objetivo deste artigo é explicar como otimizar a energia em uma instalação a vapor de uma empresa, fazendo variações na temperatura da água de alimentação em uma caldeira. O método aplicado na investigação consiste na aplicação de experiência direta na obtenção de evidências para verificar o raciocínio, por meio de mecanismos verificáveis, como a observação de fenômenos”, de acordo com (Cervera, 1998). Neste caso, a observação da mudança antes da variável do aumento de temperatura. O cálculo e a análise foram realizados através de equações e do software Steam Tools do grupo Spirax Sarco, realizando experimentos com variação da temperatura da água, pois quanto mais a água está do ponto de ebulição, maior a energia necessária para gerar vapor, o que implica maior consumo de combustível e consequentemente altos custos, a temperatura ambiente foi de 25 ° C e a temperatura de melhoria foi de 84,4 ° C, obtendo-se uma economia de energia de € 28.586,25 por ano. porque a produção de calor foi reduzida em 10% e, da mesma forma, o consumo de combustível em 7,77%. A otimização da energia consumida pela caldeira foi alcançada. Foi demonstrado que, ao aumentar a temperatura da água, é alcançada uma redução de 139,18 KJ/s de energia útil, o que significa menos consumo de água, o que implica uma economia econômica significativa.

Palavras-chave: Instalação do Steam; variação de temperatura; consumo de combustível; otimização de energia.

Introducción

La energía desempeña un papel fundamental en el desarrollo de todos los sectores productivos cuya utilización debería realizarse con alta eficiencia, bajo impacto medioambiental y al menor coste posible. (Optima Grid, 2020). El consumo de energía se ha ido incrementando unido a la producción de bienes y servicios, con relación a esto la optimización energética es una gran preocupación por parte del mantenimiento, tanto por motivos medioambientales como por

motivos económicos (Ramírez y Antero, 2014). La definición que describe a la eficiencia energética es “el consumo inteligente de la energía” (CONELEC, 2013), optimizar un sistema contribuye a reducir su consumo energético y permite ahorrar dinero. (Grundfos, 2018).

Las calderas o generadores de vapor son equipos que transfieren el calor proveniente de la combustión de algún combustible, ya sea gaseoso, líquido o sólido, para producir vapor o calentar fluidos y luego ser aprovechado en determinado proceso. Las calderas varían extensamente en su diseño dependiendo del método de combustión usado, el combustible utilizado, el campo de uso, tipo de circulación de agua empleada, y la presión del vapor. (Golato et al., 2008)

Las calderas son equipos de transformación de energía que normalmente operan continuamente o durante largos periodos de trabajo, condición que propicia un alto consumo energético en el tiempo. (Uceda, 2012). Las calderas de vapor son equipos omnipresentes en la industria, que suponen además uno de los puntos de consumo más elevados de un establecimiento industrial. (Todoproductividad, 2008)

Las calderas varían extensamente en su diseño dependiendo del método de combustión empleado, el combustible utilizado, el campo de uso, tipo de circulación de agua requerida, y la presión del vapor (Pineda y Hernández, 2017). A continuación, se presenta la clasificación de la caldera que fue utilizada para la investigación, es una caldera de criterio de acuerdo con la circulación de los fluidos dentro de los tubos de la caldera, y de sub-clasificación de: Calderas piro-tubulares o humotubulares, que son aquellas en las cuales el humo y gases de la combustión circula por el interior de los tubos, y el agua es calentada en el exterior de los mismos (Bahamondes y Oswald, 2020). El agua de alimentación es la combinación de condensado y agua de aportación que se suministra a la caldera para la evaporación. La caldera se utiliza para producir vapor, la presión del vapor (0.5 - 100 bar) determina la temperatura y la capacidad energética, pero también la calidad del agua de alimentación (Sapiensman, 2020).

“El agua de alimentación contiene parte de condensados y agua de reposición, que pasa a través de una bomba de alimentación” (Prieto, 2017, p.24). Cuando la diferencia mínima de temperatura se incrementa el área para la transferencia de calor para los intercambiadores de calor del proceso disminuye, pero las cargas sobre los servicios auxiliares calientes y fríos se incrementan. Por tanto, la inversión de capital disminuye, pero los costos de operación se incrementan. (Benites et al., 2017)

La aplicación Spirax Sarco Steam Tools, proporciona acceso a cálculos clave en la palma de su mano. Fácil de usar, la aplicación permite un acceso rápido y fácil a nuestras herramientas Steam Table y Saturated Steam Pipe Sizing sin la necesidad de una conexión a Internet, por lo que es perfecto para los ingenieros de vapor en movimiento. Entre sus características destaca que: Admite múltiples idiomas, unidades de temperatura en ° C, ° F o K, unidades de salida predeterminadas Métricas e imperiales, datos de entrada y salida disponibles en bar g, a, Kpa g & abs y psi g & a. Spirax Sarco es el proveedor líder mundial de productos de alta calidad para el control y el uso eficiente del vapor y otros fluidos industriales. (SpiraxSarco, 2020)

A partir de los antecedentes se proyecta como problema científico, la no existencia y poca importancia de optimizar la energía en una instalación a vapor, en esta determinada empresa. El objetivo del presente artículo, es encontrar la mejor manera de optimizar energéticamente la instalación, realizando variaciones a la temperatura del agua de alimentación en una caldera. El objetivo de este artículo radica en explicar la manera de optimizar la energía en una instalación a vapor de una empresa, realizando variaciones a la temperatura del agua de alimentación en una caldera. De ahí que, la importancia del artículo radica en que se expone en el mismo, la optimización energética para la reducción del consumo energético, con un mejor rendimiento de la instalación y el ahorro de dinero que con ello se puede llegar a obtener.

Materiales y métodos

Para la realización de los cálculos se utilizó ecuaciones de potencia calorífica útil, temperatura, Caudal másico del combustible y un software, llamado Steam Tools del grupo Spirax Sarco, el cual se encuentra gratuita y abierta en el sitio web de la empresa. La toma de temperaturas fue controlada y tomada desde los manómetros y la caldera con la cual se contó para la investigación, tiene las siguientes características:

- Marca: Viessmann.
- Tipo: Piro tubular.
- Presión de diseño: 10 bar.
- Presión de trabajo: 8 bar.
- Producción máxima de vapor (m°): 2000 Kg/h.
- Temperatura de vapor (T_V): saturado a 170° C.

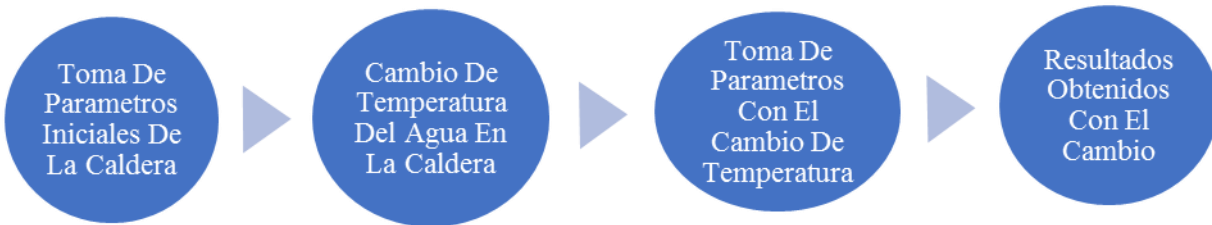
- Temperatura de agua de alimentación (T_1): 25° C.
- Rendimiento: 85%.
- Tipo de combustible: Fuel oil pesado.
- Hora de funcionamiento: 16 horas → 5500 h/año.

“El método aplicado en la investigación consiste en la aplicación de la experiencia directa en la obtención de pruebas para verificar un razonamiento, a través de mecanismos verificables como la observación de fenómenos” (Cervera, 1998) pp. 30-31, en este caso la observación del cambio ante la variable del aumento de la temperatura. “A partir del método de análisis, el cual consiste en la extracción de las partes de un todo o por separado como es el caso” (Blogspot, 2010), de la variación de temperatura y determinar los valores de optimización energética de la caldera.

“El experimento es el método de estudio de un objeto” (Radrikan, 2020) como la caldera, en el cual crea la condición necesaria (el cambio de temperatura en el agua de alimentación), para el esclarecimiento de las propiedades y relaciones del objeto, que son de utilidad en la investigación. “En este método se aísla el objeto y las propiedades que se estudian, de la influencia de otros factores no esenciales para la investigación que puedan interferir con las variables”, (Cervera, 1998, p.30-31) “Se modifica las condiciones bajo las cuales tiene lugar el proceso o fenómeno de forma planificada. El objetivo del experimento es detectar en el objeto una determinada propiedad con la variable aplicada para verificar una hipótesis”. (Custodio, 2008).

La observación indirecta, no participante, en equipo y de laboratorio, es la técnica aplicada en la investigación, fundamental durante todo el proceso, para obtener el mayor número de datos, junto con la observación se realizó una ficha técnica para plasmar los parámetros de la caldera iniciales y finales, antes y después del incremento de temperatura. (Blogspot, 2010). En la (figura 1) se indica un proceso corto que se llevó a cabo para la realización del análisis, en primer lugar, se tomaron los parámetros que inicialmente tenía la caldera, al tener estos datos se realizó el cambio de temperatura del agua de alimentación, de acuerdo con los resultados obtenidos previamente en los cálculos, después de este cambio se procedió a la toma de los nuevos parámetros que arrojó la caldera con el cambio de temperatura, y así se obtuvieron los resultados con la variación de temperatura del agua.

Figura 1.- Proceso para la optimización energética, con variaciones de temperatura del agua de alimentación en una caldera



Análisis y discusión de los resultados

La caldera alimentada desde una cisterna de concreto de 6 metros cúbicos, no se encuentra calorifugada y presenta filtraciones por sus paredes, el agua ingresa a la caldera a una temperatura media de 25°C, la cual no es la adecuada, puesto que entre más lejos se encuentre el agua de su punto de ebullición, mayor es la energía necesitada para generar vapor, lo que implica un mayor consumo de combustible y en consecuencia elevado costos. Lo mejor es que la temperatura sea 90°C ± 5°C, sin exceder la temperatura permitida por la bomba de alimentación.

$$T_f = \frac{C_e m_1 T_1 + C_e m_2 T_2}{C_e m_1 + C_e m_2} + \frac{Q_{rev}}{m_3 \times C_e} \quad (1)$$

$$T_f = \frac{1131,71 \text{ Kg/h} \times 100^\circ\text{C} + 1368,29 \text{ Kg/h} \times 25^\circ\text{C}}{2500 \text{ Kg/h}} + \frac{266077,73 \text{ KJ/h}}{4,18 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C} \times 2500 \text{ Kg/h}}$$

$$T_f = 58,95 \text{ }^\circ\text{C} + 25,46^\circ\text{C}$$

$$T_f = 84,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

Donde:

T_f: Temperatura del agua de alimentación para la caldera.

m₁: Cantidad de condensado.

T₁: Temperatura con la que llega el condensado.

m₂: Cantidad de agua de compensación.

C_e: Calor específico del agua.

T_2 : Temperatura del agua de compensación.

Q_{rev} : Calor que aporta el revaporizado al agua de alimentación.

m_3 : Masa total de agua ($[m_1+m_2]$).

Como se demuestra en la ecuación (1) se calculó que el agua de alimentación se encontrara a 84.4°C al momento de ingresar a la caldera, tomando en consideración que esta temperatura puede llegar hasta los 90°C sin afectar la bomba de alimentación, a partir de allí podemos causar otros problemas. De acuerdo a los datos obtenidos por cálculos, el calor necesario o potencia calorífica útil es $Q_u=1491,73$ KJ/s, tal como se indica en la ecuación (2), en donde la entalpía del agua de alimentación fue tomada a 25° C y la entalpía del vapor a 170° C. Partiendo del dato expuesto la potencia calorífica útil, con la temperatura de 84,4°C, fue de $Q_{um}=1352,55$ KJ/s, como se indica en la ecuación (3). Para disminuir la potencia necesaria útil, solo se necesita aumentar la temperatura del agua de alimentación, la cual se consigue recuperando el condensado y revaporizado.

Acorde a los parámetros de la caldera y la resolución de las ecuaciones, con una temperatura de 25° C el calor necesario o potencia calorífica útil es:

$$Q_u = m_v \cdot (h_v - h_l) \quad (2)$$

$$Q_u = 0,56 \text{ Kg/s} (2768,7 - 104,89) \text{ KJ/Kg}$$

$$Q_u = 1491,73 \text{ KJ/s}$$

Donde:

Q_u : Potencia calorífica útil.

m_v : Caudal másico del vapor.

h_v : entalpía del vapor a 170° C.

h_l : entalpía del agua de alimentación a 25° C.

El calor necesario o potencia calorífica útil de la mejora, calculada con 84,4°C se la obtiene con la ecuación (3):

$$Q_u = m_v^\circ (h_v - h_l) \quad (3)$$

$$Q_{um} = 0,56 \text{ Kg/s} (2768,7 - 353,43) \text{ KJ/Kg}$$

$$Q_{um} = 1352,55 \text{ KJ/s}$$

Donde:

Q_{um} : Potencia calorífica útil mejorada.

m_v° : Caudal másico del vapor.

h_v : entalpía del vapor a 170° C.

h_l : entalpía del agua de alimentación a 84, 4° C.

Los datos de consumos de combustibles se realizaron en base a información técnica proporcionada, de tal manera que para calcular el consumo de combustible por hora y anual se necesita el caudal másico del combustible. La cuál obtenemos de la ecuación (4), rendimiento de la caldera, la cual se obtuvo de las características técnicas de la caldera por lo tanto tenemos que

$$n_n = \frac{m_v^\circ (h_v - h_l)}{m_c^\circ \text{PCI}} \quad (4)$$

$$m_c^\circ = \frac{0,56 \text{ Kg/s} (2768,7 - 104,89) \text{ KJ/Kg}}{0,85(42500 \text{ KJ/Kg})}$$

$$m_c^\circ = 0,041 \text{ Kg/s} \cong 148,66 \text{ Kg/h}$$

Donde:

n_n : Rendimiento de la caldera según características de la misma.

m_v° : Caudal másico del vapor.

h_v : entalpía del vapor a 170° C.

h_l : entalpía del agua de alimentación a 25° C.

m_c° : Caudal másico del combustible.

PCI: Poder calorífico inferior.

Una vez hallados todos los parámetros necesarios se procede a calcular el consumo de combustible y los gastos que este genera, para lo cual se sabe que el coste de combustible es 0,45 €/kg. Entonces se obtiene lo siguiente:

Consumo de combustible por hora: 148,66 Kg/h.

Coste de combustible por hora $148,66 \text{ Kg/h} \times 0,45 \text{ €/Kg}=66,90 \text{ €/h}$.

Consumo anual de combustible $148,66 \text{ Kg/h} \times 5500 \text{ h/Año}=817630 \text{ Kg/Año}$.

Coste anual de combustible: $817630 \text{ Kg/Año} \times 0,45 \text{ €/Kg}= 367933,5 \text{ €/Año}$.

La disminución del calor necesario con la mejora ahorra recursos y uno de esos recursos es el combustible, a partir del nuevo calor el resultado del caudal másico es $m_{cm}^{\circ}=0,038 \text{ Kg/s} \cong 137,11 \text{ Kg/h}$ obtenido de la ecuación (5).

$$m_{cm}^{\circ} = \frac{Q_{um}}{n_n \times PCI} \quad (5)$$

$$m_{cm}^{\circ} = \frac{1352,55 \text{ KJ/s}}{0,85(42500 \text{ KJ/Kg})}$$

$$m_{cm}^{\circ} = 0,038 \text{ Kg/s} \cong 137,11 \text{ Kg/h}$$

Donde:

m_{cm}° : Caudal másico del combustible con mejora.

n_n : Rendimiento de la caldera dada en las características de la caldera.

Q_{um} : Potencia calorífica útil con mejora.

PCI: Poder calorífico inferior.

Por lo tanto, manteniendo el mismo precio del combustible usado anteriormente de $0,45 \text{ €/Kg}$, los nuevos consumos y costo de combustibles son:

Consumo de combustible por hora: $137,11 \text{ Kg/h}$.

Coste de combustible por hora: $137,11 \text{ Kg/h} \times 0,45 \text{ €/Kg}=61,70 \text{ €/h}$

Consumo anual de combustible: $137,11 \text{ Kg/h} \times 5500 \text{ h/Año}=754105 \text{ Kg/Año}$

Coste anual de combustible: $754105 \text{ Kg/Año} \times 0,45 \text{ €/Kg}= 339347,25 \text{ €/Año}$

En la tabla 1 sobre temperatura del agua de alimentación, se puede observar la diferencia que se obtuvo entre los valores de Potencia calorífica útil, Caudal másico del combustible y el costo del consumo de combustible.

Tabla 1.- Resultados obtenidos con la variación de temperatura

	Temperatura del agua de alimentación	
	25°C	84,4°C
Potencia Calorífica útil	1491,73 KJ/s	1352,55 KJ/s
Caudal másico del combustible	148,66 Kg/h	137,11 Kg/h
Coste del consumo de combustible	367933,5 €/Año	339347,25 €/Año

Fuente: Registro del procedimiento del experimento. **Elaboración:** propia

Conclusiones

La variación que se realizó en la temperatura, del agua de alimentación de la caldera fue de 59,4°C, logrando optimizar la energía que consume la caldera. Se demostró que al aumentar la temperatura del agua, se logra una reducción de 139,18 KJ/s de potencia útil, lo que significó menor consumo de agua, esto implica un ahorro económico. En el caudal másico del combustible con la variación de temperatura que se realizó en la caldera, presentó una disminución de 11.55Kg/h, lo cual representa un ahorro económico para la empresa de 28586,25 €/Año.

Referencias

1. Bahamondes, P. y Oswald, W. (2020). Descripción de Calderas y Generadores de Vapor. 26.
2. Benites, Evangelista, G., Loyola, W., Ramírez, R., Aguilar, P. 2017. Optimización de redes de intercambiadores de calor en endulzamiento de gas natural vía tecnología pinch. Revista Ciencia Y Tecnología 12(3):167-84.
3. Blogspot. (2010). Metodología De La Investigación. Recuperado de <http://metodologia02.blogspot.com/p/metodos-de-la-investigacion.html>
4. Cervera, D. (1998). Métodos Y Técnicas De Investigación Internacional. 180.
5. CONELEC. (2013). Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental. Recuperado de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp->

- content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf
6. Custodio, A. (2008, agosto 5). Métodos y técnicas de investigación científica. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion-cientifica/>
 7. Eficiencia energética en calderas de vapor. (2008, abril 11). TODOPRODUCTIVIDAD. Recuperado de <http://todoproductividad.blogspot.com/2008/04/eficiencia-energetica-en-calderas-de.html>
 8. Golato, M., Franck, F., Aso, G., Correa, C., y Paz, D. (2008). Metodología de cálculo de la eficiencia térmica de generadores de vapor. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 85, 17-31.
 9. Grundfos. (2018). Optimización energética. Recuperado de <https://es.grundfos.com/grundfos-for-engineers/energy-optimisation.html>
 10. OptimaGrid. (2020). Buenas Prácticas para el Ahorro de Energía en la Empresa. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/optimagrid.aspx>
 11. Pineda, R., y Hernández, V. (2017). Metodología Para Determinar La Eficiencia Energética De Calderas De Baja Potencia. *Jóvenes En La Ciencia*, 3(2), 2628-2634.
 12. Prieto, E. (2017). Aumento De La Eficiencia Energética En Las Calderas Mediante La Recirculación De Condensados En La Industria Gloria Colombia Planta Cogua Cundinamarca. 86.
 13. Radrikan, M. (2020). Metodología de la Investigación. Recuperado de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=M%C3%A9todo_emp%C3%ADrico-anal%C3%ADtico&oldid=124638414
 14. Ramírez, V., y Antero, J. (2014). Evolución de las teorías de explotación de recursos naturales: Hacia la creación de una nueva ética mundial. *Luna Azul*, 39, 291-313. <https://doi.org/10.17151/luaz.2014.39.17>
 15. Sapiensman. (2020). Documentos Técnicos: Calderas. Recuperado el 31 de marzo de 2020 de <http://www.sapiensman.com/tecnoficio/docs/doc41.php>
 16. Spirax Sarco. (2020). Recursos y herramientas de diseño. Recuperado de <https://www.spiraxsarco.com/resources-and-design-tools>
 17. Todoproductividad. (2008). Eficiencia Energética En Calderas De Vapor. Recuperado de <http://todoproductividad.blogspot.com/2008/04/eficiencia-energetica-en-calderas-de.html>

18. Uceda, J. (2012). Cald_efi_indus.pdf. (s. f.). Recuperado el 31 de marzo de 2020 de http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/biblio_sin_paredes/fac_ing/Quimica/cald_efi_indus.pdf

References

1. Bahamondes, P. and Oswald, W. (2020). Description of Boilers and Steam Generators. 26.
2. Benites, Evangelista, G., Loyola, W., Ramírez, R., Aguilar, P. 2017. Optimization of networks of heat exchangers in natural gas sweetening via pinch technology. Science And Technology Magazine 12 (3): 167-84.
3. Blogspot. (2010). Investigation methodology. Recovered from <http://metodologia02.blogspot.com/p/metodos-de-la-investigacion.html>
4. Cervera, D. (1998). International Research Methods And Techniques. 180.
5. CONNECT. (2013). Sustainability and social and environmental sustainability aspects. Recovered from <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf>
6. Custodio, A. (2008, August 5). Scientific research methods and techniques. Recovered from <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion-cientifica/>
7. Energy efficiency in steam boilers. (2008, April 11). ALL PRODUCTION. Recovered from <http://todoproductividad.blogspot.com/2008/04/eficiencia-energtica-en-calderas-de.html>
8. Golato, M., Franck, F., Aso, G., Correa, C., and Paz, D. (2008). Methodology for calculating the thermal efficiency of steam generators. Tucumán Industrial and Agricultural Magazine, 85, 17-31.
9. Grundfos. (2018). Energy optimization. Recovered from <https://en.grundfos.com/grundfos-for-engineers/energy-optimisation.html>
10. OptimaGrid. (2020). Good Practices for Energy Saving in the Company. Recovered from <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/optimagrid.aspx>
11. Pineda, R., and Hernández, V. (2017). Methodology To Determine The Energy Efficiency Of Low Power Boilers. Youth In Science, 3 (2), 2628-2634.

12. Prieto, E. (2017). Increase in Energy Efficiency in Boilers Through Condensate Recirculation in the Industry Gloria Colombia Cogua Plant Cundinamarca. 86.
13. Radrigan, M. (2020). Investigation methodology. Recovered from https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=M%C3%A9todo_emp%C3%ADrico-anal%C3%ADtico&oldid=124638414
14. Ramírez, V., and Antero, J. (2014). Evolution of theories of exploitation of natural resources: Towards the creation of a new world ethic. *Blue Moon*, 39, 291-313. <https://doi.org/10.17151/luaz.2014.39.17>
15. Sapiensman. (2020). Technical Documents: Boilers. Retrieved on March 31, 2020 from <http://www.sapiensman.com/tecnoficio/docs/doc41.php>
16. Spirax Sarco. (2020). Resources and design tools. Recovered from <https://www.spiraxsarco.com/resources-and-design-tools>
17. All productivity. (2008). Energy Efficiency In Steam Boilers. Recovered from <http://todoproductividad.blogspot.com/2008/04/eficiencia-energetica-en-calderas-de.html>
18. Uceda, J. (2012). Cald_efi_indus.pdf. (s. f.). Retrieved on March 31, 2020 from http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/biblio_sin_paredes/fac_ing/Quimica/cald_efi_indus.pdf

Referências

1. Bahamondes, P. e Oswald, W. (2020). Descrição de caldeiras e geradores de vapor. 26)
2. Benites, Evangelista, G., Loyola, W., Ramírez, R., Aguilar, P. 2017. Otimização de redes de trocadores de calor no adoçante de gás natural por meio de tecnologia de pitada. *Revista Ciência e Tecnologia* 12 (3): 167-84.
3. Blogspot. (2010). Metodologia da Investigação. Recuperado de <http://metodologia02.blogspot.com/p/metodos-de-la-investigacion.html>
4. Cervera, D. (1998). Métodos e Técnicas de Pesquisa Internacional. 180
5. CONECTAR. (2013). Sustentabilidade e aspectos de sustentabilidade social e ambiental. Recuperado de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf>

6. Custodio, A. (2008, 5 de agosto). Métodos e técnicas de pesquisa científica. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion-cientifica/>
7. Eficiência energética em caldeiras a vapor. (11 de abril de 2008). TODA A PRODUÇÃO. Recuperado de <http://todoproductividad.blogspot.com/2008/04/eficiencia-energetica-en-calderas-de.html>
8. Golato, M., Franck, F., Aso, G., Correa, C. e Paz, D. (2008). Metodologia para o cálculo da eficiência térmica de geradores de vapor. Revista Industrial e Agrícola de Tucumán, 85, 17-31.
9. Grundfos. (2018). Otimização de energia. Recuperado de <https://en.grundfos.com/grundfos-for-engineers/energy-optimisation.html>
10. OptimaGrid. (2020). Boas Práticas de Economia de Energia na Empresa. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/optimagrid.aspx>
11. Pineda, R. e Hernández, V. (2017). Metodologia para determinar a eficiência energética de caldeiras de baixa potência. Juventude em Ciência, 3 (2), 2628-2634.
12. Prieto, E. (2017). Aumento da eficiência energética em caldeiras através da recirculação de condensados na indústria Gloria Colombia Cogua Plant Cundinamarca. 86
13. Radrigan, M. (2020). Metodologia da Investigação. Recuperado de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=M%C3%A9todo_emp%C3%ADrico-anal%C3%ADtico&oldid=124638414
14. Ramírez, V. e Antero, J. (2014). Evolução das teorias de exploração dos recursos naturais: Rumo à criação de uma nova ética mundial. Blue Moon, 39, 291-313. <https://doi.org/10.17151/luaz.2014.39.17>
15. Sapiensman. (2020). Documentos técnicos: Caldeiras. Recuperado em 31 de março de 2020 em <http://www.sapiensman.com/tecnoficio/docs/doc41.php>
16. Spirax Sarco. (2020). Recursos e ferramentas de design. Recuperado de <https://www.spiraxsarco.com/resources-and-design-tools>
17. Toda produtividade. (2008). Eficiência energética em caldeiras a vapor. Recuperado de <http://todoproductividad.blogspot.com/2008/04/eficiencia-energetica-en-calderas-de.html>

18. Uceda, J. (2012). Cald_efi_indus.pdf. (s. f.). Recuperado em 31 de março de 2020 em http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/biblio_sin_paredes/fac_ing/Quimica/cald_efi_indus.pdf

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).