Revista de Estudios Globales Universitarios
Metrópolis
Vol6 2025 Num 1
ISSN 2692-319X | E-ISSN 2692-3203
Journal Enero- Junio 2025

Propuesta de Manual de Procedimiento de Trabajo Seguro del Encendido, Operación y Apagado de la Caldera de la Fábrica de Cartón CARTOGAR

Proposed Safe Work Procedure Manual for the Start-Up, Operation, and Shutdown of the CARTOGAR Cardboard Factory Boiler

Ángel Fabricio Vera Muñoz [1]
ingfveram@gmail.com
Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente (ITSO)
Riobamba, Ecuador

Benjamín Gabriel Quito Cortez [2]
benjaminquito@bqc.com.ec
Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente (ITSO)
Riobamba, Ecuador

Daniela Fernanda Vásconez Duchicela [3]
danielavasconez@bqc.com.ec
Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente (ITSO)
Riobamba, Ecuador

Recepción: 06-11-2024 **Aceptación: 16-06-2025** **Publicación: 29-07-2025**

Como citar este articulo: Vera, A; Quito, B; Vásconez; D. (2025) **Propuesta de Manual de Procedimiento de Trabajo Seguro del Encendido, Operación y Apagado de la Caldera de la Fábrica de Cartón CARTOGAR.** Metrópolis. Revista de Estudios Globales Universitarios, 6 (1), pp. 3523-3569

[1] *Tecnólogo en seguridad y salud ocupacional. Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO); Maestrante en Herramientas de Seguridad Industrial y Salud en el Trabajo. (ITSO).*

[2] *Abogado, Magister en Educación (Universidad Bicentenaria de Aragua) Venezuela, Magister en Ciencias Gerenciales (Universidad internacional del caribe y América latina) Curacao, Doctor en Ciencias de la Educación PHD (UBA) Venezuela, Doctor en Ciencias Gerenciales PHD (universidad internacional del caribe y América latina) Curacao, Postdoctorado en Ciencias de la Educación (UBA) Venezuela.*

[3] *Ingeniera Mecánica mención Automotriz (Universidad Tecnológica América), Magister en Talento Humano (Universidad Internacional SEK), Magister en Administración de Empresas (Universidad Internacional del Ecuador), Doctor en Ciencias de la Educación PHD por la Universidad Bicentenaria de Aragua, Venezuela*

Vera, A; Quito, B; Vásconez; D. (2025) **Propuesta de Manual de Procedimiento de Trabajo Seguro del Encendido, Operación y Apagado de la Caldera de la Fábrica de Cartón CARTOGAR.** Metrópolis. Revista de Estudios Globales Universitarios, 6 (1), pp. 3523-3569

Resumen

La presente investigación proyecta un análisis de los peligros que se pueden presentar en el encendido, la operación y el apagado de la caldera industrial de vapor de la empresa CARTOGAR, la misma que tiene como actividad la fabricación y comercialización de todo tipo de cajas creando un embalaje que se adapta a distintos negocios y sectores logísticos de la zona. La importancia de operar adecuadamente estos equipos lleva consigo una gran responsabilidad, es por esto que la persona encargada debe de ser alguien calificado, con altas medidas de seguridad y amplia experiencia en la implementación del mantenimiento y reparación de calderas. Se utilizó la metodología deductiva indirecta realizando visitas a la empresa verificando cómo se ejecutaba el proceso del encendido, operación y apagado de la caldera, tomando en cuenta cada paso que el operador realizaba, observando su dinámica y sucesión, constatando además que no existe ningún documento alguno que certifique el trabajo que se estaba realizando. Por lo tanto, se evidenció el causal de un peligro apremiante en una equivocada manipulación del equipo, por esta razón la finalidad de esta investigación es brindarle a la empresa un documento que le permita al operador crear una cultura sistemática en el manejo de la caldera, elaborando un Manual del Procedimiento de Trabajo Seguro para el encendido, la operación y apagado de la fábrica de cartón CARTOGAR. En las últimas páginas del documento tienen cabida dicho manual, así como también las referencias bibliográficas utilizadas para obtener la información necesaria para su redacción. **Palabras claves:** Caldera de vapor, Manual de Trabajo Seguro, Cartón Corrugado, Gestión de riesgo.

Abstract

This research presents an analysis of the hazards that may arise during the ignition, operation, and shutdown of the steam boiler at CARTOGAR, a company dedicated to the manufacturing and commercialization of all types of boxes, creating packaging solutions for various businesses and logistics sectors in the area. The importance of proper operation of these machines comes with significant responsibility. Therefore, the person in charge must be qualified, with high safety standards and extensive experience in boiler maintenance and repair. The indirect deductive methodology was used, conducting site visits to verify how the boiler ignition, operation, and shutdown processes were carried out. Each step taken by the operator was observed, analyzing their routine and sequence, and confirming that no documents existed to certify the work performed. A clear risk was identified due to improper handling of the equipment. Therefore, the main goal of this research is to provide the company with a document that will help the operator establish a systematic culture for handling the boiler. This includes the creation of a Safe Work Procedure Manual for the ignition, operation, and shutdown of the CARTOGAR cardboard factory. The final pages of the document include this manual and the bibliographic references used to gather the necessary information for its creation. This manual aims to reduce risks associated with boiler operations and ensure a safer work environment for the personnel involved in maintenance and operation, thus improving safety standards and preventing potential hazards caused by improper handling or maintenance of the equipment. **Keywords:** Steam boiler, Safe Work Manual, Corrugated Cardboard, Risk management.

Introducción.

Durante siglos, las calderas se han utilizado de diversas formas, desde calentar agua hasta producir vapor. Son equipos conocidos por su eficiencia energética y producción masiva de calor que tiene la capacidad de realizar diversos procesos. Actualmente, la tecnología de calderas industriales se ha vuelto más eficiente. Pensando en la eficiencia energética y la productividad, las empresas ahora están utilizando vapor a presión para ayudar en sus procesos. (Suazo, 2025).

Las calderas son equipos industriales fundamentales para la generación de energía térmica, utilizada en diversos procesos productivos, ya sea en la industria alimentaria, textil, química o energética. Su función principal es convertir agua en vapor, utilizando calor proveniente de diversas fuentes de energía, el cual se transforma en forma de calorías a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor. (Vásquez, 2024).

Para la fabricación del cartón es muy importante la utilización de la caldera, sin embargo, el funcionamiento y el mantenimiento inadecuado o el descuido de medidas de seguridad pueden provocar accidentes catastróficos, como explosiones, incendios y fugas de gases tóxicos, asimismo suelen presentarse accidentes de trabajo a los colaboradores que manipulan dichos equipos.

De acuerdo a Sepúlveda y Ramírez (2009) en el ámbito internacional, la Oficina Nacional de Inspectores de Calderas y Recipientes de Presión de Estados Unidos reportó en el 2001 la ocurrencia de 296 accidentes en calderas de vapor que incluyeron 56 heridos y 7 muertos. Asimismo, señala que en el período 1992-2001 se presentaron 23.338 accidentes, que incluyeron 127 muertos y 720 heridos reportados en calderas de vapor,

calderas de calentamiento de agua y recipientes de presión no expuestos a fuego.

Considerando los riesgos asociados que pueden ocurrir en el encendido como en la operación y apagado de la caldera para la fabricación de cartón se plantea la pregunta ¿Cómo un manual de Procedimiento de Trabajo Seguro, podría evitar accidentes?

El método teórico en esta investigación es el deductivo indirecto, ya que permite investigar los riesgos asociados con las calderas de vapor y proporcionará recomendaciones para una operación segura, pautas para la prevención de accidentes a través del mantenimiento adecuado, capacitación del personal y las observancias de normas y medidas de seguridad.

Con esta investigación se pretende elaborar un manual de procedimiento de trabajo seguro que permita al colaborador seguir paso a paso las indicaciones tanto en el encendido, operación y apagado de la caldera, con el propósito de salvaguardar su integridad física, de crear un entorno de trabajo seguro, además de dar un buen funcionamiento al equipo lo que permitirá asegurar una buena productividad.

Marco Teórico.

El proceso de fabricación que llevan a cabo, las cartoneras se dividen en plantas integradas, que realizan el proceso completo, desde la recepción del papel hasta la entrega del producto final, y plantas manipuladoras o transformadoras, que son las que no tienen onduladora por lo que simplemente transforman la plancha de cartón que reciben de otras cartoneras en el producto final. (Angel, 2023).

Las industrias cartoneras, se encargan de la producción de cartones y derivados del papel, poseen un alto grado de importancia en aspectos económicos en el país, debido a que sus productos son de necesidad básica en el sector comercial ecuatoriano, algunos ejemplos de su importancia son los empaques que utilizan los restaurantes, los cartones en donde se transporta el guineo, cajas de almacenamiento, y sus derivados como el papel higiénico, hojas, envolturas, etc. (Aguilera, 2020).

"El cartón es un material muy versátil, utilizado cada vez con mayor frecuencia para todo tipo de diseños. Esto implica que, en función de las necesidades, los embalajes y cajas de cartón requieren distintos procesos, técnicas y maquinaria". (Atabal, 2023) Según, Kure (2024) existen varios tipos de cartón, cada uno con características y aplicaciones específicas que lo hacen ideal para diferentes usos. A continuación, de acuerdo al autor citado, explicaremos los principales tipos, sus propiedades y las ventajas que ofrecen:

Cartón corrugado, el mismo que comprende dos tipos de cartón, a uno se lo denomina compuesto, que se caracteriza por una o más capas onduladas (fluting) intercaladas entre capas planas (liners). Es muy resistente y se utiliza ampliamente para fabricar cajas para empaques, embalaje y transporte. El otro tipo de cartón se lo denomina variante, que es un cartón de una cara, cartón de dos caras (doble cara), cartón de doble pared y cartón de triple pared, cada uno con diferentes niveles de resistencia y aplicaciones.

Cartón compacto, formado por capas sólidas de papel, es más denso y menos flexible que el cartón corrugado. Se usa en la fabricación de

empaques más pequeños y rígidos, como cajas para productos electrónicos y artículos de lujo.

Cartón corrugado doble y triple pared, ofrecen soluciones especializadas para diferentes necesidades de empaque. El corrugado doble pared, con 5 capas (3 liners y 2 corrugados medios), es ideal para productos no soportantes como frutas y bolsas con líquidos. En contraste, el corrugado triple pared, con 7 capas (4 liners y 3 corrugados medios), proporciona mayor rigidez y durabilidad, siendo perfecto para productos pesados y delicados como televisores y electrodomésticos.

Cartón Revestido, este cartón con una capa de revestimiento en una o ambas caras, mejora su apariencia y resistencia a la humedad. Es ideal para empaques de alimentos y productos que pueden estar expuestos a refrigeración o contacto con agua, proporcionando una presentación atractiva y funcional.

Cartón para aguas y bebidas, especialmente diseñado para la industria de bebidas, este tipo de cartón tiene propiedades adicionales de resistencia a la humedad y a la compresión, garantizando que los productos lleguen en perfectas condiciones.

De acuerdo a Franco (2024) para el sistema de embalaje, las industrias modernas cada vez más se ven en la necesidad de utilizar máquinas sofisticadas en evolución de eficiencia, velocidad y precisión. Estas máquinas automatizan procesos clave como el corte, hendido, plegado y encolado, lo que permite a las empresas producir grandes volúmenes de cajas de manera rápida y eficiente. La automatización reduce significativamente la necesidad de mano de obra manual, sin embargo,

existen fábricas que dependen de mano de obra para la manipulación de dichas máquinas.

"Una gestión de riesgo efectiva en la industria manufacturera implica identificar, evaluar y mitigar los posibles riesgos". (Sanchez, 2023) Los riesgos asociados con la maquinaria industrial han sido ampliamente discutidos en distintas industrias a nivel mundial, debido a los efectos negativos que pueden tener en la salud de los trabajadores. "Los accidentes o incidentes debido a la aparición de factores de riesgo han evidenciado casos de enganches, cortes, punzonamientos, abrasiones, proyecciones, contusiones, atrapamiento, electrocuciones, cizallamiento, asfixia, quemaduras, aplastamiento, entre otros". (Bucheli et al., 2018, como se citó en Redoblán et al., 2022).

Los riesgos laborales en una empresa manufacturera son más altos que en otras áreas debido al empleo de maquinaria pesada, equipos y materiales peligrosos, lo que incrementa la probabilidad de accidentes. Por ello, es esencial realizar un análisis de riesgos adecuado y establecer protocolos y medidas para minimizar estos peligros en la medida de lo posible.

Los riesgos se caracterizan por tener amplia presencia en procesos productivos, y "la exposición de las partes del cuerpo del personal a sus factores de riesgos a desembocado en accidentes laborales con afectación mayoritaria en las manos". (Chalén, 2016).

Según la clasificación nacional de actividades económicas del Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC, se consideran 21 secciones de la estructura esquemática, siendo las tres primeras las de mayor importancia por su aporte a la producción nacional. El caso "A" agricultura, ganadería,

silvicultura y pesca; "B" explotación de minas y canteras, y "C" industrias manufactureras, esta última con el mayor número de actividades económicas en el país. (INEC, 2019).

Estado del Arte

Actualmente, la tecnología de calderas industriales se ha vuelto más eficiente. Pensando en la eficiencia energética y la productividad, las empresas ahora están utilizando vapor a presión para ayudar en sus procesos. Para el funcionamiento de las calderas, es importante identificar el tipo de combustible a utilizar, de manera que el calor producido no sea desperdiciado, asegurando mayor entrega que otras fuentes de energía como el consumo de gas. (Suazo, 2025).

Según Filipowicz (2023) las calderas desempeñan un papel fundamental a la hora de proporcionar el calor y la energía necesarios para muchos procesos. En lo que respecta al diseño de calderas, hay dos tipos principales que se destacan: calderas acuotubulares y calderas pirotubulares. Comprender las diferencias y ventajas de cada tipo es esencial para tomar decisiones informadas a la hora de seleccionar la caldera adecuada para su aplicación.

En general, muchas industrias dependen de algún tipo de sistema de caldera de vapor para proporcionar calor y/o agua caliente para sus operaciones. Para cada necesidad hay un tipo que se adapta mejor a sus necesidades específicas. (Suazo, 2025).

Según este autor, existen algunos tipos y calderas, pero las utilizadas son las Caldera pirotubular (tubulares) que son aquellas que tienen tubos calentados que están rodeados de agua. En ellos, los gases de combustión

resultantes pasan por estos tubos, que ceden calor al líquido durante el paso; y, la caldera acuotubular, que es en donde el agua a calentar pasa por el interior de unos tubos que, a su vez, están rodeados por gases de combustión.

Según Rodríguez (2024) este vapor, generado a presiones específicas, es utilizado en diferentes procesos industriales, incluyendo la generación de energía eléctrica, la refinación, la manufactura y la calefacción. Optimizar la eficiencia energética en calderas industriales asegura la continuidad de las operaciones, reduce los costos operativos y minimiza el impacto ambiental. Operar caldera a niveles óptimos y con la carga correcta, reduce el consumo de combustible y de las emisiones de gases de efecto invernadero, factores fundamentales para los sectores industriales.

A lo largo de los años, Jensen Hughes ha investigado numerosos incendios y explosiones relacionados con calderas de respaldo. Si bien estos incidentes son cada vez menos comunes, lamentablemente aún ocurren y, en ocasiones, provocan lesiones graves o la muerte de los ocupantes de propiedades que contienen estas calderas. Es importante conocer los riesgos de incendio y explosión asociados con las calderas de respaldo cuando son redundantes o se desmantelan incorrectamente. (Williams, 2023).

Según lo descrito por Vázquez (2024) la operación de calderas industriales conlleva ciertos riesgos que deben ser gestionados adecuadamente para garantizar la seguridad de los trabajadores y la integridad de la instalación. Según el autor citado estos riesgos incluyen:

Explosiones: Pueden ser causadas por varios factores, como sobrepresión, fallas en el sistema de seguridad o un mal tratamiento del agua, lo que a su vez origina roturas y fallas en el equipo.

Exposición a enfermedades: El contacto con cenizas o desperdicios y la inhalación de gases tóxicos durante la limpieza o mantenimiento pueden ser perjudiciales para la salud. Se recomienda capacitar adecuadamente a los operadores para prevenir estos riesgos.

Quemaduras: producto del por contacto con elementos a temperaturas elevadas.

Riesgo eléctrico: por defectos en las instalaciones.

Antes de encender una caldera, es importante familiarizarse con las partes principales de este aparato. Las calderas suelen constar de un quemador, un intercambiador de calor, un sistema de control y un depósito de agua. Algunas calderas también incluyen una bomba de circulación para ayudar a distribuir el agua caliente por todo el sistema de calefacción. Es esencial tener conocimiento de estas partes para comprender mejor cómo se enciende una caldera y poder identificar cualquier problema que pueda surgir durante el proceso. (Vidal, 2023).

El Mantenimiento Preventivo y la Operación Segura según Donis (2023) es esencial para mitigar los riesgos asociados con las calderas industriales por lo que deben ser operadas por personal capacitado, estar sujetas a un programa de mantenimiento e inspecciones periódicas para detectar y abordar posibles problemas antes de que se conviertan en emergencias. Las inspecciones deben ser realizadas por personal calificado y en cumplimiento de las regulaciones pertinentes.

La operación de calderas conlleva riesgos significativos como la amenaza de explosiones, fugas de vapor a altas temperaturas y posibles incendios. Para mitigar estos riesgos es esencial la capacitación del personal, el mantenimiento preventivo, la operación segura y el cumplimiento de las regulaciones gubernamentales. Los datos y estadísticas revelan la necesidad crítica de abordar estos riesgos con seriedad. La seguridad en la operación de calderas no solo protege a los trabajadores, sino que también asegura la eficiencia y confiabilidad de estos equipos industriales. (Donis, 2023).

Las calderas industriales son equipos que funcionan siempre a altas temperaturas y alta presión. Por ello, revisar tus dispositivos en momentos puntuales es fundamental, especialmente el mantenimiento de las válvulas de seguridad de las calderas. El correcto mantenimiento de las válvulas de calderas se vuelve fundamental debido al desempeño de la válvula, la cual se encarga de regular la presión interna del equipo, proteger el capital invertido y, en casos más graves proteger vidas. (Feuser, 2024)

Desarrollo.

Funcionamiento y partes de la caldera

El funcionamiento de las calderas no es tan complejo como podría pensarse. Las calderas industriales son recipientes que contienen agua que generan calor latente con la ayuda de una fuente de combustible. Luego se transfiere a varias tuberías que se conectan a varios equipos industriales, con lo que se crea un sistema de calefacción. La fuente de calor y los contenedores de agua se colocan en diferentes compartimentos. Las varillas de metal que se conectan al recipiente de agua ayudan en la producción de vapor, que se recoge en un domo para condensarlo antes de

liberarlo de la caldera. Esto aumenta la presión y la energía producida ayuda a impulsar la producción. (Suazo, 2025).

El principal factor operativo de una caldera es la presencia de gases calientes resultantes de la combustión. El combustible se enciende dentro de la cámara de combustión, donde el calor se transmite por radiación. Después, los gases circulan a través de una serie de tubos que forman el haz tubular de la caldera. (Chisaguano, 2024).

De acuerdo a Longas (2023) las calderas de vapor industrial cuentan con una serie de componentes que permiten generar vapor, controlar la presión del agua y suministrar así energía para distintos procesos industriales. Según lo descrito por Rojas (2024) las calderas de vapor, operan mediante un proceso meticuloso que involucra varios pasos cruciales, de acuerdo al autor citado, estos serían:

Combustión Eficiente. - El punto de inicio es la combustión eficiente de un combustible. Este puede variar desde gas natural hasta combustibles líquidos o sólidos. La elección del combustible a menudo depende de la aplicación y la disponibilidad local.

Generación de Calor. - La energía liberada durante la combustión no se desperdicia. En cambio, se canaliza hacia un componente central: El intercambiador de calor. Este dispositivo desempeña un papel fundamental al transferir el calor generado durante la combustión al agua que rodea el intercambiador.

Transformación en Vapor. - La elevación de la temperatura del agua es el precursor clave para la siguiente fase. A medida que el agua absorbe el calor, su estado se transforma gradualmente en vapor. Este vapor

acumulado tiene ahora una doble función: Contiene una cantidad sustancial de energía térmica y, al mismo tiempo, genera una presión considerable.

Impulso hacia las Aplicaciones. - Es esta presión generada la que impulsa el vapor hacia las aplicaciones deseadas. Dependiendo de la industria, este vapor puede utilizarse para alimentar turbinas en centrales eléctricas, proporcionar calor en procesos químicos, o incluso para la calefacción en sistemas industriales y comerciales.

Considerando la clasificación de las calderas industriales, según Suazo (2025) manifiesta que los diferentes tipos de calderas atienden diferentes necesidades en varios segmentos, como en el sector industrial. Sus clasificaciones se basan en la cantidad de presión que puede crear, su capacidad para retener combustible y agua, y el tipo de combustible que se utilizará.

De acuerdo a Vásquez (2024) según a la disposición de fluidos las calderas industriales de vapor pueden ser:

Acuotubulares: En estas calderas, el agua circula dentro de los tubos o serpentines, mientras que la cámara de combustión está ubicada en el exterior. Son eficientes, pero más complejas y costosas.

Pirotubulares: En este tipo, el agua se encuentra en el exterior, mientras que los gases de combustión circulan internamente a través de los tubos que van desde la cámara de combustión hacia la chimenea. Son más económicas, pero menos adecuadas para trabajos de alta presión.

En general, muchas industrias dependen de algún tipo de sistema de caldera de vapor para proporcionar calor y/o agua caliente para sus

operaciones. Para cada necesidad hay un tipo que se adapta mejor a sus necesidades específicas. (Suazo, 2025) Según el autor antes citado, detalla algunos tipos y calderas:

Caldera pirotubular (tubulares): Las calderas pirotubulares son aquellas que tienen tubos calentados que están rodeados de agua. En ellos, los gases de combustión resultantes pasan por estos tubos, que ceden calor al líquido durante el paso.

Caldera eléctrica: La gran diferencia con otras calderas es que no hay gases de escape, no requiere ningún tipo de combustible fósil. El calentamiento del agua para generar vapor se realiza mediante resistencias eléctricas.

Caldera de condensación: Utiliza gases que de otro modo se desperdiciarían, extrayendo el calor de los gases de escape o de los residuos. Es decir, las calderas de condensación reutilizan la energía contenida en estos gases, lo que permite una mayor eficiencia.

Caldera de aceite: El combustible que aquí se utiliza no es gas natural, sino aceite derivado del petróleo. El aceite se enciende en la cámara de combustión y luego el intercambiador de calor calienta el agua fría.

Caldera de Gas Natural: Se regula un indicador de temperatura y se utiliza un dispositivo termoeléctrico para reducir el desperdicio de combustible. El gas enciende el piloto que calienta los serpentines de la caldera que calienta el agua.

Como ya hemos visto, una caldera tiene unos equipos que forman parte de todo el proceso de generación de vapor de agua. De acuerdo a Suazo (2025) los principales partes de las calderas convencionales utilizadas en el sector industrial son:

Quemador: El quemador es el iniciador de la reacción de combustión del gas dentro de la caldera. Existe un mecanismo que envía el mensaje para iniciar el proceso de producción de calor. Una boquilla en el quemador que gira el combustible bombeado desde la fuente de combustible lo enciende para crear combustión.

Cámara de combustión: Las cámaras de combustión están hechas de hierro fundido y pueden alcanzar una temperatura de varios cientos de grados en minutos. Quema el combustible y genera calor que se transfiere al intercambiador de calor.

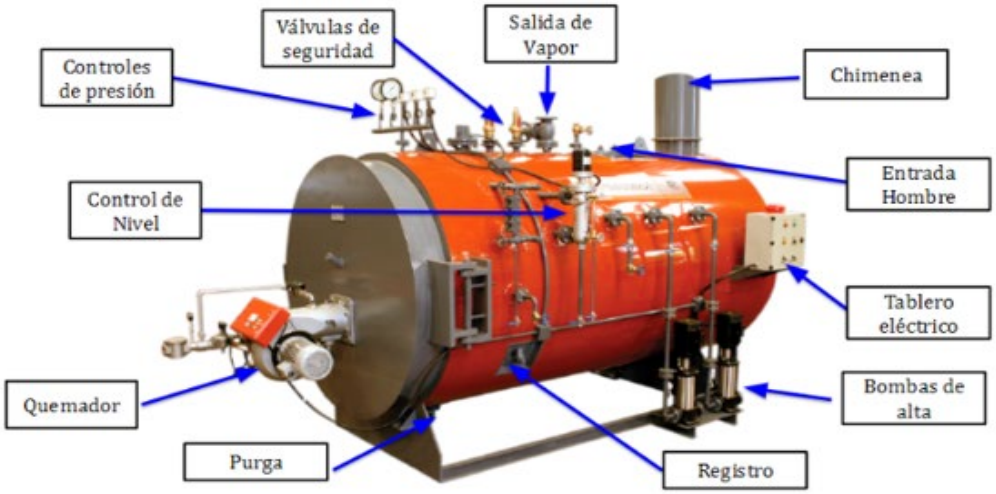
Intercambiador de Calor: También llamado economizador, es el encargado de aumentar la eficiencia de la caldera. El intercambiador de calor se coloca antes del calentador de aire en el camino del gas combustible.

Sistema de circulación de agua: El agua potable es fundamental en la generación de vapor que circula por bombas centrífugas.

Vásquez (2024) manifiesta que es importante reconocer los diferentes tipos de calderas que existen, para esto en la Figura 1 se detalla los elementos que conforman una caldera industrial, para tener un mejor enfoque de las partes con que cuenta este equipo.

Figura 1

Partes principales de una caldera



Nota. Adaptado de Guía Básica de Calderas Industriales, por Vásquez Hann, 2024, CONSITEC (https://www.consitecperu.com/articulos/guia-basica-de-calderas-industriales)

Encender una caldera es un proceso fundamental en cualquier sistema de calefacción que utilice este equipo, según Vidal (2023) seguir correctamente los pasos para encender una caldera garantiza un funcionamiento seguro y eficiente del sistema de calefacción. Según el autor citado a continuación se presenta una guía detallada sobre cómo encender una caldera, considerando diferentes tipos de calderas, pero siempre siguiendo las instrucciones proporcionadas por el fabricante:

1. Antes de encender una caldera, es importante familiarizarse con las partes principales de este aparato. Las calderas suelen constar de un quemador, un intercambiador de calor, un sistema de control y un depósito de agua. Algunas calderas también incluyen una bomba de circulación para ayudar a distribuir el agua caliente por todo el sistema de calefacción. Es esencial tener conocimiento de estas partes para comprender mejor cómo

se enciende una caldera y poder identificar cualquier problema que pueda surgir durante el proceso.

2. Una vez que se tenga claro el funcionamiento de la caldera, es hora de seguir los pasos necesarios para encenderla. El primer paso consiste en verificar que haya suficiente agua en el sistema. Para ello, se debe abrir la válvula de llenado hasta que la presión en el manómetro alcance el nivel adecuado. Este nivel suele variar según el tipo de caldera y las condiciones particulares de la instalación, por lo que siempre se recomienda consultar el manual del fabricante para obtener la información precisa.

3. Después de verificar el nivel de agua, se debe encender el quemador de la caldera. Para ello, se debe accionar el interruptor de encendido ubicado en el panel de control. Algunas calderas cuentan con sistemas de encendido automático, mientras que otras pueden requerir encendido manual. En el caso de las calderas de encendido manual, se debe utilizar una fuente de ignición segura y aplicarla cuidadosamente en el quemador hasta que se encienda. Es importante seguir siempre las instrucciones específicas de encendido proporcionadas por el fabricante.

En resumen, encender una caldera es un proceso que requiere conocimiento y precaución para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente. Antes de encenderla, es fundamental familiarizarse con las partes principales de la caldera y verificar el nivel de agua en el sistema. Luego, se debe seguir los pasos proporcionados por el fabricante para encender el quemador de manera adecuada. Seguir estas instrucciones asegurará un correcto funcionamiento de la caldera y una temperatura confortable en el hogar o lugar de trabajo. (Vidal, 2023).

4.2.- Importancia de la caldera dentro del proceso de elaboración del cartón

Keigley (2019) manifiesta que para fabricar cajas de cartón ondulado, se necesitan tres materiales principales: Papel, vapor y adhesivo. El vapor es vital para el proceso de fabricación de cajas de cartón ondulado. Aunque el vapor condensado se reprocesa, el costo del combustible para calderas es un factor importante en la fabricación de envases. Además del costo, otro factor importante a considerar son las preocupaciones de seguridad en entornos de alta presión de vapor.

Proceso del cartón corrugado

Las máquinas de corrugado, que se utilizan en la fabricación de cajas de cartón están formadas por varios rodillos que comprimen y ondulan la capa central (núcleo) entre las dos capas externas (cara) de la plancha de cartón. En general, el cartón corrugado es uno de los más comunes y suele emplearse en cajas, envases y estuches, entre otros. Se trata de un material muy resistente y ligero que se adapta a las necesidades de distintos sectores y a los requerimientos de productos de tamaños, dimensiones y pesos diversos. (Atabal, 2023).

En esta etapa del proceso, según Angel (2023) se emplean máquinas corrugadoras, compuestas por una serie de rodillos robustos que, tal como indica su nombre, se encargan de ondular el papel. Estos rodillos cuentan con una superficie estriada o con bordes que pliegan el papel, dando como resultado el cartón corrugado. El cartón se produce mediante la unión de fibras vírgenes y pasta de papel reciclado, creando láminas gruesas y fuertes. Estas láminas se ensamblan de forma imperceptible para formar el

cartón. Una vez fabricado el papel en formato de bobinas, éste pasa por una máquina con rodillos pesados (que puede llegar a ser de 91m de largo).

Este mismo autor, manifiesta que los rodillos tienen dos funciones principales: Primero unos rodillos cumplen la función de precalentamiento. Después, el papel, ya previamente calentado, se encuentra con unos rodillos con estrías o rebordes que doblan el papel para convertirlo en cartón corrugado (llamada onduladora). Gracias a éstos últimos, el papel consigue la ondulación.

De acuerdo a Keigley (2019) la máquina corrugadora realiza una serie de operaciones para unir el cartón para revestimiento y el soporte para formar una estructura rígida. Las máquinas corrugadoras actuales pueden producir 300 metros por minuto de cartón combinado. Un desglose básico de acuerdo al autor citado del proceso es el siguiente:

- Los rollos de papel se montan en soportes de desenrollado y se introducen en la máquina en el "extremo húmedo" de la máquina corrugadora.

- El medio se trata con calor y vapor, lo que lo hace más flexible y le permite adoptar la forma de patrón acanalado en los rodillos corrugadores.

- Los rodillos corrugadores (cilindros con forma de engranaje) dan forma al medio hasta obtener una estructura estriada.

- Se coloca pegamento en las puntas de la flauta y se presiona el primer revestimiento (que también puede haber sido tratado con vapor y calor) sobre el adhesivo en el medio estriado.

- El calor, la presión y el vapor hacen que el adhesivo forme un gel que crea una unión entre los dos papeles. Esto se denomina banda de una sola cara.

- Luego, la banda de una sola cara viaja a través de la máquina corrugadora hasta la estación de doble cara, donde se aplica un segundo revestimiento agregando adhesivo a las puntas estriadas del otro lado del medio.

- La unión con esta capa se forma de manera más gradual a medida que la placa pasa sobre placas calentadas en una sección de placas calientes. Si se aplica una presión importante en este caso, las ranuras se aplastarían.

- A medida que las tablas salen de la sección de la placa calefactora, generalmente se cortan en láminas de tamaños manejables y luego se marcan para doblarlas.

- El tablero es demasiado rígido para enrollarlo en este punto, por lo que se corta en láminas, donde luego se puede troquelar o ranurar y doblar en estructuras específicas.

- Las tablas se cortan a lo ancho y se crean láminas planas que se adaptan a los requisitos del cliente para una caja.

- Las láminas se sacan de la máquina corrugadora y se apilan para permitir que las fibras se sequen y el adhesivo se cure.

- Durante el proceso de fabricación, se añade humedad a los papales mediante la aplicación de adhesivo de almidón y acondicionamiento con vapor, también se elimina mediante el proceso de calentamiento y curado.

Para evitar deformaciones, estos cambios de humedad deben controlarse y equilibrarse minuciosamente.

- Se puede agregar cera u otros productos químicos a uno o más de los papeles para otorgarle propiedades mejoradas y únicas al tablero.

- Ciertas aplicaciones, especialmente los envases de productos frescos, exponen el cartón corrugado a cantidades excesivas de humedad proveniente de refrigeradores, congeladores y agua proveniente de la respiración celular de los productos.

- En estas aplicaciones, es habitual recubrir la caja de cartón corrugado con cerca fundida, que forma una barrera muy resistente al agua una vez que la cera se absorbe en las fibras de papel y se seca.

Proceso de la fabricación del almidón (encolado)

La gran mayoría de cajas de cartón corrugado tienen 3 componentes básicos en su estructura: una hoja de papel ondulado (conocido también como flauta) aprisionado entre dos hojas de papel juntas que forman el cartón corrugado (con las ondulaciones de cartón). Cuando el papel ya tiene las ondulaciones, se pone entre dos hojas de papel kraft. Es en este proceso donde se realiza el encolado. Éste se desarrolla mediante un conjunto de rodillos y cola de almidón. Con la finalidad de poder fijar las hojas de papel kraft al papel ondulado. Por último, el cartón (es decir, el papel corrugado con las dos hojas de papel kraft), pasa por unos rodillos para que quede todo correctamente fijado. (Angel, 2023).

De acuerdo a Keigley (2019) por lo general, el adhesivo es un almidón de maíz de calidad alimentaria a base de agua combinado con otros aditivos. El adhesivo se aplica a las puntas de las ranuras (los picos de la estructura

acanalada) del soporte corrugado y luego el soporte se pone en contacto con las puntas, uniendo todos los materiales.

El almidón es el ingrediente principal del adhesivo es un hidrato de carbono complejo, inodoro e insípido, en forma de grano o polvo, abundante en bulbos y tubérculos. Las características orgánicas de los almidones, permiten hallar la mejor fórmula de adhesivo para corrugar, y hacerlo a un bajo costo. (Valladares, 2018).

En la tabla 1, de acuerdo al autor citado en el párrafo anterior, se puede ver más detalladamente la función que tiene el agua en la mezcla de adhesivo utilizado en el proceso productivo:

Tabla 1

Componentes del adhesivo a base de almidón

COMPONTENTE FUNCIÓN MAYOR	COMPONTENTE FUNCIÓN MAYOR	COMPONTENTE FUNCIÓN MAYOR	COMPONTENTE FUNCIÓN MAYOR
ALMIDÓN CARRIER (AMYLÓN)	-Vehículo o transportador de almidón crudo -Viscosidad al adhesivo -Suspende al almidón crudo -Atrapa agua para el almidón crudo	-Se incrementa la viscosidad final del adhesivo -proporciona mayor estabilidad de viscosidad	-Se obtiene una viscosidad final baja y tiende a bajar muy rápidamente en la recirculación
AGUA	-Es el vehículo del almidón para aplicarse al papel *Hidrata al grano de almidón	*-El contenido de sólidos en la formulación baja. -Se tiene que bajar la velocidad de la máquina -Se requiere mayor calor en las planchas	-Los sólidos en la formulación suben por lo que se obtiene una viscosidad mayor. -El punto de gel baja
SOSA	-Ayuda al cocimiento -Controla el punto de gel -Controla la viscosidad	-Se obtiene un punto de gel bajo y se puede desarrollar mayor velocidad en máquina	-El punto de gel sube. -Se tiene que bajar la velocidad de la máquina

	-Da poder de penetración		
ALMIDÓN NORMAL	-Pegado	-Los sólidos suben -Se puede incrementar la velocidad de la máquina	-Bajan los sólidos -Se tienen que bajar la velocidad de la máquina para que no salga el cartón húmedo
BÓRAX	-Resistencia al despegado inicial -Textura pegajosa *Contribuye a la viscosidad *Da fuerza al pegado	-Se incrementa la viscosidad -Se cristaliza en el cartón y puede provocar despegado -El cartón truena	-Disminuye el pegado
RESINA (ADITIVO)	*Proporciona resistencia a la humedad en el cartón	-Se obtiene mayor resistencia a la humedad	-Se obtiene menor resistencia a la humedad

Nota. Esta tabla fue tomada de un trabajo de graduación, cuyo tema es Documentación de procedimientos en las áreas de recursos humanos, ventas, logística, diseño y desarrollo basados en un sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015, para la industria de cartón corrugado CAISA cartón, S.A., por Valladares (2018)

Riesgos de trabajo en el área de la caldera

En base a lo descrito por Donis (2023) estos equipos trabajan a altas presiones y temperaturas para generar vapor, es esta misma naturaleza que asocia su operación a varios riesgos potenciales. Según reportes de OSHA, se registran más de 1,000 accidentes al año en Estados unidos y el propósito de este artículo es proporcionar un enfoque e información relevante sobre los riesgos y la operación segura de estos equipos. A continuación, se estará mencionando algunos de los riesgos más comunes en la operación y uso de calderas en la industria, según el autor antes citado:

Explosión. Uno de los riesgos inherentes a las calderas es la amenaza de una explosión. En ausencia de un mantenimiento preventivo apropiado, las calderas pueden experimentar acumulación excesiva de presión que, al liberarse repentinamente, puede desencadenar consecuencias catastróficas. Esta explosión representa una amenaza potencialmente grave ya que la magnitud puede oscilar desde niveles relativamente moderados como los 15 PSI hasta niveles severos que superan los 1,000 PSI. Esta variación en la magnitud de la explosión plantea una preocupación significativa en términos de seguridad laboral y protección de los activos.

Fugas de Vapor. Las temperaturas de vapor varían según el diseño y aplicación de la caldera, pero podemos encontrar un rango de temperatura del vapor entre 100°C hasta superar los 1,000°C. Las fugas de vapor pueden provocar quemaduras graves debido a las temperaturas extremadamente altas del vapor o lesiones por congelación instantánea causadas por el efecto Leidenfrost. Las fugas también pueden dañar la infraestructura adyacente y afectar la eficiencia de la caldera.

Incendios. Para la alimentación de la caldera se puede utilizar combustibles o sustancias inflamables las cuales pueden provocar un incendio como consecuencia de una fuga, fuentes de calor cercanas, cortocircuito, malfuncionamiento del quemador, sobrecalentamiento, error humano, acumulación de residuos y depósitos de hollín.

Como se mencionó anteriormente, más de 1,000 accidentes son ocasionados por calderas y dentro de los datos recopilados por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos, OSHA, se registra que estos sucesos resultan en un promedio de 150 lesiones graves y 20 muertes anuales. Por otro lado, se reportan

anualmente más de 2,300 sucesos en China y 1,200 en India relacionados con estos equipos. La mayoría de los incidentes relacionados con calderas se deben a la falta de mantenimiento preventivo y a la negligencia en las operaciones. (Donis, 2023).

De acuerdo a lo manifestado por Suazo (2025) son elementos de inspección importantes para aumentar la vida útil de la caldera y mantener la seguridad del equipo, lo siguiente:

- Comprobaciones generales y regulares de seguridad;
- Monitoreo de temperatura;
- Control de niveles de combustible, circulación y presión;
- Verificación del funcionamiento de detectores de humo;
- Comprobación de la alarma por bajo nivel de combustible;
- Verificación de la alarma de nivel de presión;
- Limpieza de chimeneas, respiraderos y salidas para una mejor productividad de la caldera.

Aunque encender una caldera puede parecer una tarea simple, es importante tomar ciertos cuidados y precauciones para garantizar su correcto funcionamiento y evitar situaciones peligrosas. Antes de encender la caldera, asegúrese de que todas las válvulas de gas estén cerradas y verifique que no haya fugas de gas. Utilice un detector de gas para comprobar el ambiente y, si detecta alguna fuga, abandone inmediatamente el área y llame a un técnico especializado para su reparación. (Vidal, 2023).

Una vez que haya verificado que no existen fugas de gas, encienda la caldera siguiendo las instrucciones específicas del fabricante. Según Vidal (2023) cada modelo puede tener un proceso de encendido ligeramente diferente, por lo que es fundamental familiarizarse con el manual de instrucciones. Asegúrese de contar con suficiente ventilación en el área donde se encuentra la caldera y mantenga las puertas y ventanas abiertas durante el encendido para evitar la acumulación de gases tóxicos.

Vidal (2023) refiere que otra precaución importante durante el encendido de la caldera es verificar la presión y temperatura adecuadas. La presión de la caldera debe estar dentro de los rangos establecidos por el fabricante para un funcionamiento seguro y eficiente. Utilice el manómetro para comprobar la presión y ajustarla si es necesario. Además, la temperatura del agua también debe estar en un nivel adecuado para evitar sobrecalentamiento o riesgos de quemaduras. Consulte el manual de la caldera para conocer los valores recomendados.

Según Keigley (2019) la falta de formación del calderista contribuye no solo a disminuir el nivel de seguridad de las calderas, sino también a afectar la salud de aquel, porque si no conoce los riesgos a los cuales está expuesto, no sabe cómo controlarlos, lo que puede afectar su salud física y mental, por la exposición a los riesgos ambientales y psicolaborales.

Sobre las vivistas que se realizaron en el área de caldera de la empresa de cartón de CARTOGAR, se consideraron los riesgos más relevantes entre los que se detallan, los riesgos físicos, riesgos de seguridad y riesgos químicos.

Vera, A; Quito, B; Vásconez; D. (2025) **Propuesta de Manual de Procedimiento de Trabajo Seguro del Encendido, Operación y Apagado de la Caldera de la Fábrica de Cartón CARTOGAR.** Metrópolis. Revista de Estudios Globales Universitarios, 6 (1), pp. 3523-3569

Riesgos físicos

Dentro del artículo 41, del Decreto Ejecutivo Nro. 255, se establece que los riesgos físicos son aquellos que se producen debido a la exposición a agentes físicos, y que pueden producir efectos nocivos sobre seguridad y salud de los trabajadores, siendo estos agentes los siguientes (Función Ejecutiva, 2024):

- Temperaturas extremas, frío o calor,
- Ruido,
- Vibraciones,
- Iluminación,
- Radiaciones ionizantes,
- Radiaciones no ionizantes,
- Humedad relativa del ambiente, y.
- Otros que fueran determinados en instrumentos técnicos nacionales e internacionales.

Para la determinación de los riesgos asociados con la operación de las calderas, según Sepúlveda et al., (2009) se diseñó la matriz de peligros relacionada en la Tabla 2, que muestra como ejemplos los factores de riesgo físicos presentes en las calderas.

Tabla 2

Matriz de riesgos físicos presentes en una caldera

Riesgo	Fuente	Efectos posibles
Sobrepresión	Válvulas de seguridad	Lesiones de gravedad
Daño interno de materiales	Tratamiento inadecuado de agua	
Falta de agua	Control de nivel	
Ruido	- Ventiladores - Disparo de válvula de seguridad	- Malestar - Tensión - Pérdida progresiva de la audición
Calor	Superficies calientes sin aislamiento térmico	Quemaduras calóricas
Radiación no ionizante	Llama de combustión	- Lesiones oftalmológicas - Quemaduras en la piel - Catarata profesional
Ventilación inadecuada	Instalaciones sin circulación de aire	- Malestar general - Afecciones respiratorias
Iluminación inadecuada	Lámparas insuficientes o defectuosas	- Pérdida de la visión - Golpes contra objetos

Nota. Esta tabla fue tomada del Artículo Académico, cuyo tema es Condiciones de seguridad en calderas de vapor de empresas afiliadas a una administradora de riesgos profesionales en Antioquia, por Sepúlveda et al., (2009).

Riesgos de seguridad

En base a lo descrito en el Decreto Ejecutivo Nro. 255, en su artículo 44, donde manifiesta que los riesgos de seguridad, son aquellos factores o circunstancias del entorno, presentes en una actividad laboral, dentro o fuera de una locación, con probabilidad de causar daño o lesión al rabajador debido a la exposición a éstos, y se consideran los siguientes: (Función Ejecutiva, 2024).

Locativos: Son aquellos factores presentes en un sitio de trabajo, derivados de las instalaciones y de sus condiciones físicas que, bajo circunstancias no adecuadas, tienen la posibilidad de causar daño a la salud del trabajador y al lugar y/o centro de trabajo, producto de la exposición a éstos,

Mecánicos: Es aquel conjunto de factores con posibilidad de causar un daño o lesión al trabajador debido a la exposición y a la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas a trabajar o materiales proyectados, sólidos o líquidos.

Eléctricos: Toda posibilidad de contacto entre el cuerpo humano y la corriente eléctrica,

Industriales mayores: Son aquellos factores presentes en el trabajo derivados del empleo de energías, así como de fallos en los procesos de almacenamiento o transformación de sustancias peligrosas con posibilidad de causar daños a los trabajadores, al lugar y/o centro de trabajo, al ambiente y a la población del entorno, y,

Otros que, conforme el desarrollo científico y médico, fueran considerados como tal, de conformidad con instrumentos nacionales e internacionales.

Riesgos químicos

Dentro del artículo 41, del Decreto Ejecutivo Nro. 255, los riesgos químicos son aquellos que se producen debido a la exposición a agentes, ya sea como elementos o compuestos químicos, naturales o sintéticos, por sí solos o mezclados que puedan causar efectos nocivos sobre la seguridad y salud de los trabajadores. (Función Ejecutiva, 2024).

En la fabricación industrial de cajas de cartón corrugado uno de los principales procesos es la aplicación del adhesivo que va a fijar las dos o tres láminas exteriores lisas con una o dos capas internas onduladas en las variaciones de pared simple o de doble pared respectivamente, lo que confiere a la estructura una gran resistencia acorde al producto a contener. Este adhesivo conocido en el medio cartonero como “almidón” es una mezcla de varios productos entre los que tenemos: Almidón, soda caústica, bórax, resinas y agua. (Soriano, 2016).

Discusión.

En esta investigación se pone de manifiesto sobre la importancia de las calderas de vapor en la fabricación del cartón, siendo los principales procesos que dependen de este sistema el de corrugado y del encolado (proceso de la fabricación del almidón), y a su vez sobre la importancia de seguir un adecuado sistema de seguridad en el encendido, operación y apagado de una caldera industrial de vapor.

El vapor o agua caliente que se genera, se distribuye a través de las tuberías a varios puntos de uso dentro de la instalación. Es por esto que Filipowicz (2023) manifiesta que los sistemas de control mantienen condiciones de funcionamiento óptimas, regulando el suministro de combustible y aire, el nivel del agua, la presión y la temperatura para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro de la caldera. Pero de acuerdo a lo manifestado por Suazo (2025), sostiene que, para el funcionamiento de las calderas, es importante identificar el tipo de combustible a utilizar, de manera que el calor producido no sea desperdiciado, asegurando mayor entrega que otras fuentes de energía como el consumo de gas.

La eficiencia energética de las calderas industriales, basado a lo que detalla Rodríguez (2024), básicamente es definida como la eficiencia del equipo durante el proceso de conversión de la energía que contiene el combustible necesario para producir vapor. Por este motivo, los sistemas de generación de vapor exigen el mejor uso posible del combustible utilizado, con el propósito de minimizar los residuos térmicos con el consecuente aumento de la eficiencia energética.

Rojas (2024) considera que la transformación en vapor es la elevación de la temperatura del agua, que es el precursor clave para la siguiente fase. A medida que el agua absorbe el calor, su estado se transforma gradualmente en vapor. Este vapor acumulado tiene ahora una doble función: Contiene una cantidad sustancial de energía térmica y, al mismo tiempo, genera una presión considerable.

Este mismo autor expone que los tipos de calderas de vapor según su criterio las más importantes son: Calderas Acuotubulares, cuyos tubos de agua rodean a los gases de combustión. Las Calderas Pirotubulares, en donde los gases de combustión fluyen a través de tubos rodeados de agua y las Calderas de Vapor Eléctricas, que utilizan electricidad para generar vapor.

Desde una perspectiva económica, Rodríguez (2023), pone de manifiesto que la importancia de mantener la eficiencia de estos equipos (calderas industriales de vapor), se fundamenta en reducir costos operativos mediante el consumo de energía; debido a que la energía que consumen representa una gran parte de los gastos de los procesos productivos. En términos ambientales, la eficiencia energética se relaciona con mejorar el perfil de las emisiones de gases de efecto invernadero, al reducir la

demanda de combustibles fósiles para la generación de energía. Además, cuando las calderas operan de forma eficiente y realizan el proceso de combustión completo, se minimiza el consumo de energía y, por ende, las emisiones contaminantes.

El mantenimiento preventivo y la operación segura es esencial para mitigar los riesgos asociados con las calderas industriales por lo que deben ser operadas por personal capacitado. (Donis, 2023). Por lo que Keigley (2019) suele indicar que en algunas empresas sus operarios no han sido capacitados para operarlas, y en algunos casos la única capacitación recibida fue al momento de iniciar sus labores como calderista, sin recibir posteriormente una formación complementaria relacionada con la operación y manejo de la caldera.

Además, Keigley (2019) coincide el hecho de que en las empresas donde el calderista no ha recibido capacitación, además de no contar con instructivo de operación ni registrar sus condiciones de operación, lo que hace difícil monitorear las condiciones críticas en que operan con el fin de tomar los correctivos necesarios cuando al menos una de sus variables empieza a operar por fuera de su rango normal y no se alcanza a detectar a tiempo.

En la investigación se pudo verificar sobre la importancia de la válvula de seguridad de la caldera, varios autores coinciden sobre el funcionamiento y mantenimiento oportuno de este dispositivo; el que dicha válvula no funcione, al momento de sobrepasar el límite de rango de la temperatura (140 °C) provocaría una explosión de gran magnitud, es por eso que la válvula de seguridad es un dispositivo de mucha atención y cuidado.

Otro factor importante para el buen funcionamiento de una caldera industrial de vapor es el agua que se utiliza para el proceso de calentamiento y uso del vapor, dicha agua debe ser tratada, libre de durezas, el agua sin tratar que se utiliza en cualquier planta industrial representa un riesgo elevado, ya que la presencia de impurezas indeseables la hace inapropiada para cumplir con los estrictos estándares de calidad requeridos. Buecker (2023) comenta que las impurezas en las calderas de alta presión pueden causar deposiciones y corrosión, y potencialmente pueden transportarse con el vapor para inducir el ensuciamiento y la corrosión en sobrecalentadores, turbinas, etc.

El control adecuado de la química del agua/vapor de la caldera requiere una preparación de alta pureza, programas de tratamiento químico del agua de alimentación/condensado bien diseñados, monitoreo analítico integral del circuito y una gestión adecuada de la purga para mantener las concentraciones de contaminantes del agua de la caldera dentro de los límites, sin desperdiciar energía y agua. (Buecker, 2023).

Conclusión

La presente investigación fue basada en la revisión bibliográfica de diferentes autores con experiencia en el tema y en virtud de los hallazgos encontrados se concluye que la caldera es un es un equipo industrial muy importante para le generación de energía térmica, siendo su principal función convertir el agua en vapor utilizando calor proveniente de diversas fuentes de energía, el cual se transforma en forma de calorías a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor.

Dentro de una empresa que se dedique a la fabricación del cartón, la caldera de vapor es un equipo industrial muy importante para los procesos

de la elaboración del cartón, ya que existen subprocesos que dependen de dicha energía térmica como la máquina corrugadora quien realiza una serie de operaciones para unir el cartón para revestimiento y el soporte para formar una estructura rígida.

El almidón o el encolado, que sirve para que se peguen las láminas del papel (papel kraft), dependen también del proceso de la caldera. Cuando las láminas de papel tienen sus ondulaciones es donde entra el proceso del encolado, los rodillos deben de estar calientes y se procede a inyectar la goma (el encolado) para que se fijen las láminas del papel y dependiendo de la necesidad del comprador, el producto (cartón) sale en simple, doble o triple cara.

Otro de los factores importantes en esta investigación es sobre la persona encargada de operar una caldera industrial, tiene que ser una persona calificada, que conozca de las medidas de seguridad que se emplean en dicho equipo, tener una amplia experiencia en lo referente al mantenimiento y reparación de la misma.

Además, se obtuvo información relevante sobre la válvula de seguridad de una caldera, la importancia de este dispositivo, ya que, si los controles de presión fallan, esta válvula se activa para liberar el vapor o fluido, evitando que la presión interna alcance niveles peligrosos que podrían terminar en explosiones o daños mecánicos severos.

El registro de información sobre el equipo que se utiliza, las especificaciones técnicas, la marca, el año de fabricación, entre otros, llevan consigo a una base de datos que permiten generar un listado de

chequeo ya sea este diario, semanal, mensual, en fin, con el objetivo de llevar un control o generar programas de mantenimiento.

Recomendaciones.

Se recomienda proponer un manual de procedimiento de trabajo seguro a la empresa CARTOGAR, con el objetivo de facilitar una guía de los pasos a seguir para el encendido, operación y apagado de la caldera de vapor, tratando con esto evitar en la medida de lo posible accidentes que lamentar.

Las personas que están a cargo de la operación de las calderas industriales de vapor deben de conocer de los siguientes puntos:

- Saber de la ubicación de todos los sistemas de seguridad y procedimiento en caso de sobrepresión, falla de suministros de corriente y otras eventualidades posibles.

- Conocer los sistemas de purgas y verificar la combustión, es decir el color de la llama y el ciclo de funcionamiento del quemador.

- Verificar el sistema de control de la temperatura y presiones del agua de alimentación, humo de la chimenea, vapor y combustible, mediante la lectura de los manómetros.

- Saber o conocer sobre el tratamiento correcto de aguas.

- Conocer sobre el sistema de combustible de la caldera y cómo dejarla fuera de servicio, una vez que se termine su proceso de trabajo.

Es fundamental asegurar que las calderas que operan con combustible líquido no presenten derrames, ya que la alta temperatura en el cañón de fuego durante el encendido provoca que los líquidos se gasifiquen

rápidamente. Esto puede dar lugar a explosiones y retrocesos de la llama, lo que generalmente daña la cámara de combustión y aumenta el riesgo de accidentes.

Las válvulas de seguridad son cruciales en las calderas industriales, ya que la presión en una caldera de vapor puede incrementarse rápidamente durante su operación, por lo que se recomienda un sistema de control adecuado para evitar situaciones de riesgo.

Es fundamental solicitar, durante la instalación de la caldera, el manual de operación y mantenimiento correspondiente, y seguir las recomendaciones indicadas en él para asegurar su confiabilidad y prolongar su vida útil. El fabricante del equipo es quien tiene el conocimiento más preciso sobre las características del generador de vapor, por lo que debe ser el responsable de establecer las actividades necesarias para garantizar su funcionamiento seguro.

Referencias

Aguilera, D. (2020). Guía de Estudio de Percances para una. Obtenido de UNIVERSIDAD PLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21047/1/UPS-GT003412.pdf

Angel, J. (2023). Cómo se hace el cartón. Obtenido de cajadecarton.es: https://www.cajadecarton.es/blog/como-se-hace-el-carton?srsltid=AfmBOorE7TGzIleHCgZLdTV52BSZN-VpYLoJFO6Ab6tJPhTgSILTKM31

Antonio, K. (2024). Cartón: fabricación, tipos, usos y sostenibilidad. Obtenido de murfit Kappa: https://www.smurfitkappa.com/ec/newsroom/blog/carton

Buecker, B. (2023). La importancia del tratamiento del agua y el vapor en la industria. Obtenido de WATERXPERT: https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/la-importancia-del-tratamiento-del-agua-y-el-vapor-idIFA

Chalén, A. (2016). Tesis Universidad de Guayaquil, Ingeniería Industrial, Guayaquil: Facultad de Ingeniería Industrial. Obtenido de Incidencia de riesgos mecánicos en accidentes laborales en empresa de productos de plásticos.: https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/2913/4360

Chisaguano, J. (2024). ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27425/1/TTS1804.pdf

Donis, J. (2023). Calderas Industriales: Un Enfoque Vital en Riesgos y Su Operación Segura. Obtenido de ARISA: https://www.arisaseguros.com/post/calderas-industriales-un-enfoque-vital-en-riesgos-y-su-operaci%C3%B3n-segura

Ejecutiva, F. (2024). Decreto Ejecutivo Nro. 255. Obtenido de Ministerio de Trabjo: https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/DECRETO-EJECUTIVO-255-

REGLAMENTO-DE-SEGURIDAD-Y-SALUD-DE-LOS-TRABAJADORES.pdf

Fernando, A. (2023). Cartones Malaqueños S.L. Obtenido de Qué maquinarias se necesitan para hacer cajas de cartón: https://www.cartonajes-malaga.com/es/maquinaria-fabrica-cajas-carton/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20m%C3%A1quinas%20se%20necesitan%20para%20hacer%20cajas,%C2%B7%20M%C3%A1quinas%20selladoras%20%C2%B7%20M%C3%A1quinas%20de%20plegado.

Feuser, G. (2024). Mantenimientos de válvulas de seguridad para calderas: Conoce su importancia. Obtenido de MBX: https://mbxmaquinas.com.br/es/blogs/noticias/manutencao-de-valvulas-de-seguranca-para-caldeiras-conheca-sua-importancia

Filipowicz, R. (2023). Un análisis manejable: calderas acuotubulares vs calderas pirotubulares. Obtenido de RASMUSSEN: https://www.rasmech.com/blog/a-manageable-analysis-watertube-vs-firetube-boilers/?srsltid=AfmBOopVvaubu3v9VetC6WGpUSjGTSgji4aX7f4cHHOkHa1ZJEGeS8ND

Franco, L. (2024). Máquinas para hacer cajas de cartón: Una guía integral de abastecimiento para elegir y utilizar equipos de embalaje que satisfagan sus necesidades. Obtenido de Made-in-China, : https://insights.made-in-china.com/es/Carton-Box-Making-

Machines-A-Comprehensive-Sourcing-Guide-for-Choosing-and-Utilizing-Packaging-Equipment-to-Meet-Your-Needs_gGpTeERVRnDj.html

INEC. (2019). Clasificación Nacional de Actividades Económicas. Obtenido de https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/metodologias/CIIU%204.0.pdf

Keigley, K. (2019). Cómo se fabrica el cartón ondulado. Obtenido de PACKAGINGSCHOOL.COM: https://packagingschool.com/articles/how-is-corrugated-made

Kure, J. (2024). Cartón: fabricación, tipos, usos y sostenibilidad. Obtenido de Smurfit Kappa: https://www.smurfitkappa.com/ec/newsroom/blog/carton

Longas, J. (2023). Calderas de vapor industrial: funcionamiento y aplicaciones. Obtenido de Generadores de vapor industrial GICONMES: https://giconmes.es/calderas-de-vapor-industrial/

Redoblán, C. (2022). actores de riesgos y severidad de sus consecuencias enla operación y mantenimiento de equipos de industriasmanufactureras ecuatorianas. Obtenido de FIGEMPA: Investigación y Desarrollo: https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/2913/4360

Rodríguez, M. (2024). Optimización de la eficiencia energética en calderas industriales. Obtenido de INSPENET:

https://inspenet.com/articulo/eficiencia-energetica-calderas-industriales/

Rojas, L. (2024). Caldera de Vapor: Descubre la Tecnología que Impulsa tu Industria. Obtenido de PYSESA: https://www.pysesa.mx/blogs/blog/caldera-de-vapor

Sanchez, A. (2023). Gestión de riesgo en la industria manufacturera: Protege el éxito de tu empresa. Obtenido de Tribal: https://www.tribal.mx/blog/gestion-de-riesgo-en-la-industria-manufacturera-protege-el-exito-de-tu-empresa#:~:text=Estos%20riesgos%20incluyen%20fallas%20en,problemas%20de%20control%20de%20calidad.

Sepúlveda, R. (2009). Obtenido de Condiciones de seguridad en calderas de vapor de empresas afiliadas a una administradora de riesgos profesionales de Antioquia: file:///C:/Users/PC/Downloads/Dialnet-CondicionesDeSeguridadEnCalderasDeVaporDeEmpresasA-5079707.pdf

Soriano, B. (2016). Evaluación de riesgos químicos en área de preparación de adhesivo para fabricación de cajas de cartón corrugado. Obtenido de Universidad de Guayaquil Repositorio Institucional: https://repositorio.ug.edu.ec/items/eabf02e4-3a74-4a28-a989-3d3cd8d687d6

Suazo, L. (2025). Cómo funcionan las calderas industrilaes. Obtenido de TRACTIAN: https://tractian.com/es/blog/como-funcionan-las-calderas-industriales

Useda, J. (2012). 4. Calderas. Obtenido de Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes: https://www.ingenieros.es/files/proyectos/Guia-basica-calderas-industriales-eficientes-fenercom-2013.pdf

Valladares, I. (2018). DOCUMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS EN LAS ÁREAS DE RECURSOS HUMANOS, VENTAS, LOGÍSTICA, DISEÑO Y DESARROLLO BASADO EN UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO 9000:2015 , PARA LA INDUSTRIA DEL CARTÓN CORRUGADOCAISA CARTON, S.A. Obtenido de Universidad de San Carlos de Guatemala: http://www.repositorio.usac.edu.gt/8702/1/Ildefonso%20Valladares%20Garc%C3%ADa.pdf

Vásquez, H. (2024). CONSITEC. Obtenido de Guía Básica de Calderas Industriales: https://www.consitecperu.com/articulos/guia-basica-de-calderas-industriales

Vidal, S. (2023). ¿Cómo encender una caldera? Obtenido de TECNOBITS: https://tecnobits.com/como-encender-una-caldera/

Williams, G. (2023). Riesgos de explosión de calderas traseras. Obtenido de JENSEN HUGHES: https://www-jensenhughes-com.translate.goog/europe/insights/back-boiler-explosion-risks?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Vera, A; Quito, B; Vásconez; D. (2025) **Propuesta de Manual de Procedimiento de Trabajo Seguro del Encendido, Operación y Apagado de la Caldera de la Fábrica de Cartón CARTOGAR.** Metrópolis. Revista de Estudios Globales Universitarios, 6 (1), pp. 3523-3569

MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO PARA EL ENCENDIDO, OPERACIÓN Y APAGADO DE LA CALDERA.

En este procedimiento se incluyen los pasos contemplados en el encendido, operación y apagado de la caldera, para lo cual se debe de tener en cuenta lo siguiente:

PUESTA EN MARCHA DE LA CALDERA

Antes de poner en funcionamiento la caldera, se debe realizar lo siguiente:

Verificar el suministro de energía eléctrica, para ello debe observar la posición de ON del interruptor general, luz indicadora piloto, o el display del programador: De ser necesario, por ejemplo, si no funciona el panel de control, utilizar un multímetro para la verificación del voltaje, 220 V.

Verificar el abastecimiento de combustible, mediante el tubo visor de nivel del tanque diario de consumo Nro. 2, cuya capacidad es de 276 galones.

Verificar el nivel de agua en la caldera, observando el tubo visor de nivel que se encuentra en la columna Mc Donnell, que están ubicados a los costados de la caldera.

Verificar la válvula de ingreso de agua de la caldera, observando que se encuentre abierta.

Verificar si la válvula principal de salida de vapor, observando que se encuentre cerrada.

Verificar si las válvulas de purga de fondo de superficie y de columna, observando que se encuentren cerradas.

Verificar las válvulas de combustible, observando que se encuentren en la

posición correcta.

ENCENDIDO DE LA CALDERA

Para el encendido de la caldera, se deben realizar los siguientes pasos:

1. Accionar la llave del encendido (giro a la derecha)
2. Activar el interruptor de encendido (botón rojo).
3. Comprobar si se efectúa el barrido de gases, observando el funcionamiento del ventilador y la salida de gases por la chimenea.
4. Verificar la chispa en los electrodos.
5. Verificar el encendido, observando la llama por la mirilla.
6. Verificar la presión de ingreso de combustible con la lectura del manómetro.

Nota.- *En caso de que la caldera hubiese estado paralizada por varios días, en el encendido se debe de considerar el tiempo de calentamiento de menos a más, gradualmente hasta llegar a una temperatura de* 80 PSI.

OPERACIÓN DE LA CALDERA

Durante el funcionamiento de la caldera se debe de verificar:

- ✓ La presión de vapor de trabajo (en el manómetro debe de llegar hasta 140 PSI); y. abrir lentamente la válvula principal de distribución de salida de vapor para evitar el golpe de ariete.
- ✓ El nivel de agua de la caldera, observando el tubo visor de nivel.
- ✓ La cantidad adecuada de productos químicos en el tanque de las bombas dosificadoras, observando el funcionamiento de la bomba dosificadora y el gasto del consumo del producto químico.
- ✓ La temperatura de la salida de gases en la chimenea no debe ser mayor

Vera, A; Quito, B; Vásconez; D. (2025) **Propuesta de Manual de Procedimiento de Trabajo Seguro del Encendido, Operación y Apagado de la Caldera de la Fábrica de Cartón CARTOGAR.** Metrópolis. Revista de Estudios Globales Universitarios, 6 (1), pp. 3523-3569

a 250 °C, observando el termómetro ubicado a la salida de gases de combustión.

- ✓ La temperatura del agua de alimentación debe estar entre 80 °C a 90 °C.
- ✓ La presión del ingreso del combustible, observando en el manómetro la presión adecuada.

Durante la combustión:

- ✓ La combustión requiere el control de la relación aire-combustible, para ello el caudal de aire se regula por medio del ventilador y el combustible por medio de las válvulas.
- ✓ Durante la combustión, pueden ocurrir cambios de color de la llama al regular el flujo de aire y se pueden presentar los siguientes casos:

1. ***Aire insuficiente*:** Llama con tendencia a muy oscura.
2. ***Aire correcto*:** Llama rojiza – amarillenta brillante
3. ***Aire en exceso*:** Llama muy clara y brillante.

Purgas/Descargas:

- ✓ Realizar las siguientes purgas, todos los días antes de encender o empezar el proceso de calentamiento de la caldera:

Purga de superficie: Debe efectuarse antes de iniciar el suministro de vapor a los servicios.

Purga de columna: Efectuar 2 purgas diarias, una en la mañana y otra en la tarde o antes de apagar la caldera con presión.

Purga del visor del nivel de aguas: Efectuar 2 purgas diarias con presión.

Purga de fondo: Efectuar 2 purgas diarias o las veces que la casa comercial

que provee los productos químicos recomiende.

- ✓ Efectuar la eliminación de aire del interior de la caldera, abriendo la válvula de venteo hasta que salga el vapor y luego cerrarla. (automático).
- ✓ Abrir un poco la válvula de salida de vapor para permitir que el vapor ingrese a las redes principales cuando la caldera comience a acumular presión, evitando así golpes de ariete y deformaciones bruscas.
- ✓ Colocar el control de llama en posición automático, una vez que se alcance la presión operativa.
- ✓ Completar la apertura de la válvula principal de vapor de forma progresiva a los diferentes consumidores para evitar arrastres o caídas de presión.

Nota: *El sistema de purgas está configurado automáticamente, mediante un control temporizado de accionado de las válvulas.*

APAGADO DE LA CALDERA

- ✓ Accionar el interruptor del apagado.
- ✓ Cerrar la válvula principal de salida de vapor.
- ✓ Cerrar la válvula de combustible.
- ✓ Poner en automático el interruptor de la electrobomba del agua de alimentación.
- ✓ Comprobar si se efectúa el barrido de gases, observando el funcionamiento del ventilador y la salida de gases por la chimenea.

MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA LA OPERACIÓN DE LA CALDERA

Se deben tomar las medidas de seguridad para la operación de la caldera,

por cuanto son recipientes sometidos a elevada presión y temperatura, y se debe de contar con personal capacitado, a fin de prevenir accidentes de trabajo, enfermedades profesionales u ocasionar el deterioro de dicho equipo.

Dentro de estas medidas de seguridad tenemos:

- ✓ El personal que realice la operación de la caldera de vapor, debe de tener capacitación adecuada y la certificación que lo habilite en el uso de equipos.
- ✓ Antes de encender la caldera, se debe de asegurar que no haya diésel en el piso de la cámara de combustión, cerca de los quemadores o delante de los calderos.
- ✓ Verificar que las cámaras de combustión estén bien ventiladas, a fin de expeler los posibles vapores que podrían causar explosiones.
- ✓ En caso de ebullición violenta y arrastre de agua en la caldera, se deben de seguir las siguientes indicaciones:
  - La válvula de cierre se debe de cerrar, el fuego debe ser detenido y se debe usar si la hubiese, la salida de desagüe de la superficie.
- ✓ Si hubiese suficiente agua en la caldera, la salida de desagüe del fondo debe abrirse varias veces por unos momentos, alternando con la alimentación de agua fresca.
- ✓ Cuando todas las medidas adoptadas no pueden detener la ebullición violenta o el arrastre de agua, el caldero se retira del servicio hasta que se subsane las deficiencias.

Se debe de realizar la gestión de riesgos ocupacionales de acuerdo a la normativa vigente de Seguridad y Salud en el Trabajo a los colaboradores

que realicen la operación de las calderas, priorizando el monitoreo de factores de riesgos físicos, químicos, seguridad, ergonómicos, así como la vigilancia de la salud de los trabajadores.

Dentro del Equipo de Protección Personal requerido para el operario de la caldera tenemos:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
1	Calzado de Seguridad	Reforzado con punta de acero para la protección contra impactos y cargas sobre los dedos del pie. Material de cuero. Suelas antideslizantes, moldeada y de una sola pieza.
2	Guantes de cuero largo	Protector de costuras en palma y pulgar. Costura de poliéster.
3	Tapones auditivos de silicona (25 dB de protección)	Material silicona, hipo alergénico. Estructura: Tres falanges de superficie lisa que permita adaptarse a la mayoría de canales auditivos. Cordón: Poliéster sintético.
4	Lentes de protección	Material con lunas de policarbonato, sin tonalidad, con protección lateral, anti rayadura, anti empaño y anti impacto.
5	Respirador de material particulado	Filtro N100 de libre mantenimiento
6	Respirador de gases y vapores con filtro tipo cartucho	Filtro P 100
7	Ropa de Trabajo	Camisa y pantalón Material de algodón.