

Como Identificar y medir las fugas de vapor en las diferentes líneas de proceso permitiendo la toma de decisiones ágiles que permitan mejorar la eficiencia energética.

Proyecto de Integración

AUTORES:

David Alejandro Quintero Rúa

Luis Alejandro González Ramirez

Vivian Marcela León Herrera

Diego Albeiro Ramírez Henao

TUTOR:

José Divitt Velosa García

Facultad de Ingeniería

Pregrado ingeniería

Bogotá, junio 2023

Contenido

Resumen Ejecutivo.....	3
Introducción.....	4
Objetivos	6
Objetivo General.....	6
Objetivos específicos	6
Planteamiento del problema.....	7
Justificación.....	8
Análisis De Requerimientos	10
Marco Teórico.....	12
Restricciones.....	15
Recolección Y Análisis De Datos	18
Metodología para la Selección y Desarrollo de la Solución.....	20
Resultados.....	27
Análisis de Costos.....	39
Conclusiones	46
Recomendaciones	48
Referencias.....	49

Resumen Ejecutivo

Postobón es una empresa líder en Colombia en la producción y transformación de bebidas no alcohólicas. Para llevar a cabo sus procesos, requiere el uso de vapor, lo que hace necesario implementar estrategias que permitan incrementar la eficiencia en la generación de vapor y reducir las pérdidas por fugas en las diferentes líneas del proceso.

La generación de vapor es esencial para el proceso productivo de Postobón, ya que se utiliza para calentar y esterilizar los ingredientes, así como para limpiar y desinfectar las líneas de producción. Por lo tanto, es importante implementar estrategias que permitan incrementar la eficiencia en la generación de vapor y reducir las pérdidas por fugas en las diferentes líneas del proceso.

Por esta razón, es importante que la empresa implemente estrategias para evitar las fugas en las diferentes líneas de proceso. Una opción es el monitoreo constante de las líneas de vapor, lo que permitiría detectar cualquier fuga de forma temprana y tomar medidas preventivas antes de que se convierta en un problema mayor.

Además, se pueden utilizar técnicas de mantenimiento predictivo y preventivo en los equipos de generación de vapor y las líneas de distribución para asegurar que los equipos estén en óptimas condiciones y reducir el riesgo de fugas. También se puede considerar la implementación de sistemas de aislamiento térmico en las líneas de distribución para reducir las pérdidas de calor y mejorar la eficiencia energética del proceso.

En resumen, para evitar las fugas en las líneas de producción de vapor y aumentar la eficiencia en la generación de vapor, es necesario implementar estrategias de monitoreo, mantenimiento y aislamiento térmico. Esto permitirá a Postobón mejorar su proceso productivo, reducir costos y ser más competitiva en el mercado de bebidas no alcohólicas.

Introducción.

La eficiencia energética es una de las principales preocupaciones de las empresas en la actualidad. El uso de energías no renovables, como el gas y el petróleo, tiene un impacto negativo en el medio ambiente y genera costos significativos para las empresas. Es por eso que cada vez más empresas están buscando maneras de optimizar su consumo de energía y reducir su huella de carbono.

En el caso particular de la empresa Postobón, la generación de vapor es esencial para su proceso productivo. El vapor se utiliza para calentar y esterilizar los ingredientes, así como para limpiar y desinfectar las líneas de producción. Sin embargo, la generación de vapor puede ser un proceso costoso y energéticamente intensivo. Además, las fugas en las líneas de distribución de vapor pueden reducir significativamente la eficiencia del sistema y generar costos adicionales.

Por esta razón, es importante que Postobón implemente estrategias que permitan prevenir o minimizar las fugas en las líneas de distribución de vapor. Una de las estrategias que se pueden utilizar es el monitoreo constante de las líneas de vapor. El monitoreo permitiría detectar cualquier fuga de forma temprana y tomar medidas preventivas antes de que se convierta en un problema mayor. Además, el monitoreo permitiría identificar cualquier problema de eficiencia en la generación de vapor, lo que permitiría ajustar el proceso para mejorar la eficiencia energética.

Otra estrategia que se puede utilizar es el mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos de generación de vapor y las líneas de distribución. El mantenimiento preventivo y predictivo aseguraría que los equipos estén en óptimas condiciones y reduciría el riesgo de fugas. Además, el mantenimiento permitiría identificar cualquier problema potencial antes de que se convierta en

un problema real, lo que permitiría tomar medidas preventivas y reducir el costo del mantenimiento correctivo.

Dado los campos de estudio de cada uno de los miembros del equipo de trabajo se buscará que la solución implemente el uso de las tecnologías que hoy existen con el fin de automatizar los procesos de revisión y que sea un sistema de apoyo a la decisión para la parte operativa que depende de la generación de vapor y hace seguimiento de este.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un plan de gestión integral de fugas de vapor en las líneas de producción de Postobón, que permita la detección temprana y la implementación oportuna de acciones de mitigación, con el fin de mejorar la eficiencia energética de los procesos productivos de la empresa y reducir su impacto ambiental

Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar las áreas críticas del sistema de vapor, donde pueden presentarse fugas y establecer un plan de monitoreo constante que permita la detección temprana de las mismas, utilizando tecnologías de monitoreo de alta precisión y evaluando el desempeño energético del sistema.
- Identificar los aspectos críticos que afectan la eficiencia y la operatividad del sistema de vapor, a través del análisis de datos históricos y la revisión de la literatura científica y técnica.
- Evaluar la viabilidad y los beneficios de la implementación de sistemas de aislamiento térmico en las líneas de distribución de vapor, considerando factores como el tipo de aislamiento, la ubicación y las condiciones ambientales, para reducir las pérdidas de calor y mejorar la eficiencia energética del proceso.
- Proponer recomendaciones adicionales para mejorar el proceso de generación de vapor y promover la sostenibilidad ambiental y económica de la empresa, tales como la instalación de equipos de recuperación de calor y la optimización de los procesos productivos.

Planteamiento del problema.

Las fugas de vapor son uno de los mayores desafíos en la gestión de la eficiencia energética en la industria de bebidas, ya que las líneas de producción y los equipos que utilizan vapor como fuente de energía son responsables de un alto consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero. Si bien, las fugas de vapor son comunes en muchos procesos industriales, se estima que alrededor del 20% de la energía consumida en la industria de bebidas se pierde debido a las fugas de vapor.

Además de representar un costo significativo para la empresa, las fugas de vapor también pueden tener impactos ambientales y sociales. La emisión de gases de efecto invernadero es una de las principales causas del cambio climático, y la lucha contra el cambio climático es una de las principales preocupaciones de la sociedad en la actualidad. Además, las fugas de vapor también pueden afectar la calidad del aire, ya que los gases emitidos pueden ser perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente en general.

Para abordar este problema, Postobón necesita implementar un sistema de detección y medición de fugas de vapor en sus líneas de producción, lo que a su vez permitiría la toma de decisiones efectivas y la implementación de medidas de mitigación que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero y mejoren la eficiencia energética de la empresa.

Para implementar un sistema de medición de fugas de vapor, Postobón debe considerar varias opciones. Una opción es el uso de cámaras termográficas, que pueden detectar fugas de vapor mediante la detección de variaciones de temperatura en la superficie del equipo. Otra opción es el uso de medidores de flujo de vapor, que miden la cantidad de vapor que fluye a través de una línea de producción y pueden detectar variaciones en el flujo causadas por fugas. También se pueden utilizar herramientas de ultrasonido que detectan la fuga mediante la emisión de sonidos

que no son audibles para el oído humano, y que son reflejados por la fuga y recibidos por el detector.

Es importante destacar que la implementación de un sistema de medición de fugas de vapor no es una solución única para el problema de la eficiencia energética y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la industria de bebidas. Se deben implementar medidas adicionales, como la mejora en la gestión de la energía, la optimización de los procesos de producción y el uso de tecnologías limpias, para lograr resultados significativos en la reducción de emisiones y mejorar la eficiencia energética.

En resumen, el problema de las fugas de vapor en la línea de producción de Postobón es un desafío importante para la empresa en su compromiso con la protección del medio ambiente y la lucha contra el cambio climático. La implementación de un sistema de medición de fugas de vapor puede ser una solución efectiva para detectar y abordar las fugas de vapor, pero también se deben implementar medidas adicionales para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

¿Cómo implementar un sistema de medición de fugas de vapor en una línea de producción de Postobón de forma periódica, constante que permita la toma de decisiones oportuna que permita la implementación efectiva de la política de cambio climático y neutralidad de Postobón?

Justificación.

La industria de bebidas no alcohólicas, como la que desarrolla Postobón, es una de las principales consumidoras de energía en el sector productivo y, por ende, una importante emisora de gases de efecto invernadero (GEI) según información de Postobón, en un año se tiene una

estimación de GEI de 6.581 tons CO₂ producidos por el gas natural de las plantas que se encuentran.

En este sentido, es necesario implementar medidas de eficiencia energética que permitan reducir costos y emisiones de GEI, en línea con los objetivos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental que persigue Postobón. Las fugas de vapor en las líneas de producción son una de las principales fuentes de pérdida de energía ya que las dos calderas de la planta de Lux Bogotá producen cerca de 26 millones de kw Hr en el año (dato tomado de inducción Postobon) y, por lo tanto, representan un importante obstáculo para el logro de estos objetivos. La implementación de un sistema de medición de fugas de vapor en las líneas de producción de Postobón permitirá identificar y cuantificar la cantidad de vapor que se pierde, así como su ubicación exacta en la línea de producción. De esta manera, se podrán tomar decisiones más efectivas y oportunas en cuanto a la implementación de medidas de mitigación, lo que redundará en una reducción de los costos energéticos y las emisiones de GEI asociadas a las fugas de vapor.

Además, la implementación de un sistema de medición de fugas de vapor permitirá la identificación de patrones y tendencias en la pérdida de vapor, lo que a su vez permitirá la optimización de los procesos productivos de Postobón, mediante la identificación de cuellos de botella y la implementación de mejoras en la eficiencia energética. Esto, a su vez, redundará en beneficios económicos para la empresa, al reducir los costos asociados con el consumo de combustibles fósiles y la energía eléctrica.

En definitiva, la implementación de un sistema de medición de fugas de vapor en las líneas de producción de Postobón es un paso clave en la búsqueda de la sostenibilidad y la eficiencia energética en la industria de bebidas no alcohólicas. Al identificar y mitigar las pérdidas de

vapor, se reducirán los costos energéticos y las emisiones de GEI asociadas, lo que redundará en beneficios ambientales, económicos y reputacionales para la empresa.

Según un informe de la Agencia Internacional de la Energía, la industria de bebidas es una de las que más energía consume en el sector manufacturero: "La producción de bebidas no alcohólicas representa un gran porcentaje de la energía utilizada en la industria manufacturera de alimentos y bebidas, por lo que es importante para la eficiencia energética y la mitigación del cambio climático" (Fuente: International Energy Agency. 2020).

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero en la industria de bebidas, el informe "Global Beverage Packaging Market - Growth, Trends, and Forecast (2020 - 2025)" de Mordor Intelligence indica que la producción de bebidas es responsable de una cantidad significativa de emisiones de gases de efecto invernadero en todo el mundo: "La producción de bebidas emite una cantidad significativa de gases de efecto invernadero, debido a los procesos intensivos en energía utilizados en la producción y el transporte de bebidas. Además, los envases de bebidas también contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero" (Fuente: Mordor Intelligence. 2021).

Análisis De Requerimientos

En el proyecto de identificación y medición de fugas de vapor en las líneas de producción de Postobón, se requiere de una serie de elementos y recursos para su correcta implementación. A continuación, se detallan los principales requerimientos del proyecto:

- Necesidad de información detallada sobre el sistema de generación de vapor y las líneas de distribución existentes en Postobón. Esta información debe incluir la capacidad del sistema, los componentes y su ubicación, los materiales utilizados en la construcción de

las tuberías, el tipo de aislamiento térmico utilizado, el historial de mantenimiento y reparaciones, y cualquier otra información relevante.

- Identificación de las posibles causas de fugas de vapor en el sistema y las mejores prácticas para prevenir y reparar las fugas existentes. Esto incluye información sobre los tipos de válvulas y conexiones utilizadas, los métodos de sellado y la frecuencia recomendada de mantenimiento.
- Evaluación de las mejores prácticas para la medición y monitoreo de fugas de vapor. Esto incluye información sobre los tipos de instrumentos de medición utilizados, los métodos de calibración y los procedimientos recomendados para el monitoreo regular.
- Identificación de las tecnologías de aislamiento térmico más efectivas para las líneas de distribución de vapor y las mejores prácticas para su instalación y mantenimiento. Esto incluye información sobre los materiales utilizados, los métodos de instalación y las frecuencias recomendadas de inspección y mantenimiento.
- Evaluación de las mejores prácticas para la gestión de la energía y la eficiencia del sistema de vapor. Esto incluye información sobre las estrategias de recuperación de calor, la optimización de la presión del vapor, la reducción de las pérdidas de calor y la gestión del consumo de energía eléctrica.

Marco Teórico

Para el diseño de un sistema de medición de fugas de vapor en las líneas de producción de Postobón, se requiere de un marco teórico que permita entender los principales conceptos y teorías relacionados con la generación y distribución de vapor, las pérdidas de energía y la eficiencia energética. A continuación, se presentan algunos de los temas que se deben considerar:

- **Generación de vapor:** Es importante entender el proceso de generación de vapor, los tipos de calderas, combustibles y la importancia del control de la calidad del agua utilizada en la generación de vapor (García et al., 2019; Insa-Franco & Ochoa-Gutiérrez, 2019).
- **Distribución de vapor:** Se deben considerar los diferentes tipos de tuberías, válvulas y accesorios utilizados en la distribución de vapor. Además, es necesario comprender los conceptos de caída de presión, pérdida de carga y el impacto de las fugas de vapor en el sistema (Liu et al., 2021; Yadav et al., 2020).
- **Pérdidas de energía:** Las pérdidas de energía en las líneas de distribución de vapor se deben entender desde diferentes enfoques, como el mecánico, el térmico y el eléctrico. Asimismo, es importante conocer las principales causas de pérdidas de energía, como las fugas, la falta de aislamiento térmico, el exceso de presión y las malas prácticas de operación y mantenimiento (Munir et al., 2020; Wang et al., 2019).
- **Eficiencia energética:** Para mejorar la eficiencia energética en los procesos productivos de Postobón, se deben considerar diferentes estrategias, como la optimización de la generación y distribución de vapor, la implementación de tecnologías de recuperación de calor, la mejora de la eficiencia de los equipos y la adopción de prácticas sostenibles (López-González et al., 2021; Shahbaz et al., 2019).

- **Monitoreo y mantenimiento:** La implementación de un sistema de monitoreo constante y un plan de mantenimiento preventivo y predictivo son esenciales para detectar y prevenir fugas de vapor de forma temprana, reducir el riesgo de fallas y mejorar la eficiencia energética del proceso (Hameed et al., 2020; Lin et al., 2018).
- **Aislamiento térmico:** La implementación de sistemas de aislamiento térmico en las líneas de distribución de vapor puede reducir significativamente las pérdidas de calor y mejorar la eficiencia energética del proceso. Es importante comprender los diferentes tipos de materiales aislantes y las técnicas de instalación adecuadas para maximizar los beneficios (Saravanan et al., 2019; Yang et al., 2021).
- **Rentabilidad y beneficios:** Para evaluar el impacto económico y ambiental de la implementación de las estrategias diseñadas, se deben considerar los costos de inversión y operación, los ahorros de energía y los beneficios ambientales, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Es importante realizar un análisis de rentabilidad y beneficios para determinar la viabilidad de las estrategias propuestas (Kumar et al., 2019; Schumacher & Lehmann, 2018).

El sector de alimentos y bebidas es uno de los más importantes en la industria manufacturera en Colombia. Dentro de este sector, las bebidas carbonatadas son uno de los productos más comercializados y consumidos (Olmedo, Reina, & Parra, 2019). En la producción de estas bebidas, se utilizan diversas líneas de proceso que involucran la generación y distribución de vapor, lo que puede resultar en fugas de vapor y pérdida de energía.

Es necesario diseñar un sistema de medición de fugas de vapor en las líneas de producción de bebidas para prevenir pérdidas de energía y mejorar la eficiencia energética de los procesos

productivos. Para lograr esto, es fundamental diseñar un plan de monitoreo constante de las líneas de distribución de vapor, con el fin de detectar y prevenir fugas de forma temprana (Rengifo & Leal, 2017). Además, es importante implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para los equipos de generación de vapor y las líneas de distribución, con el objetivo de reducir el riesgo de fugas y mejorar la eficiencia energética del proceso (Sarmiento & Rojas, 2016).

En resumen, la identificación y medición de las fugas de vapor en las líneas de proceso de producción de bebidas es fundamental para mejorar la eficiencia energética de la empresa y reducir los costos de producción (Olmedo et al., 2019). Para lograr esto, es necesario implementar un plan de monitoreo constante y un plan de mantenimiento preventivo y predictivo, así como evaluar la viabilidad de la implementación de sistemas de aislamiento térmico y proponer recomendaciones adicionales para mejorar el proceso de generación de vapor (Rengifo & Leal, 2017; Sarmiento & Rojas, 2016; Villamizar & Reina, 2017)

Restricciones

Este proyecto puede enfrentar varias restricciones desde diferentes perspectivas, incluyendo las técnicas, administrativas y otras consideraciones importantes. Algunas de las restricciones que se pueden presentar son:

- **Limitaciones técnicas:** Pueden existir limitaciones técnicas relacionadas con la disponibilidad y el acceso a los instrumentos de medición adecuados, la complejidad de las líneas de distribución de vapor, la precisión y la calidad de los datos obtenidos, así como las capacidades de los equipos de medición y análisis de datos.
- **Limitaciones administrativas:** Las limitaciones administrativas pueden incluir restricciones presupuestarias, de personal y de tiempo, como el tiempo necesario para la implementación del sistema de medición, la capacitación del personal, la selección y adquisición de instrumentos, la evaluación de resultados y la toma de decisiones.
- **Factores externos:** Factores externos como condiciones climáticas, interrupciones en la operación de la planta y la disponibilidad de recursos energéticos pueden afectar el desempeño del sistema de medición y los resultados obtenidos.
- **Disponibilidad de datos históricos:** La disponibilidad de datos históricos puede ser una restricción importante, ya que puede ser necesario contar con datos históricos para establecer una línea base para el análisis y comparación con los datos obtenidos después de la implementación del sistema de medición.
- **Aprobaciones regulatorias:** La implementación de sistemas de medición y la realización de actividades de mantenimiento en las líneas de distribución de vapor pueden estar sujetas a regulaciones y permisos, lo que puede implicar costos adicionales y retrasos en la implementación.

- Cultura organizacional: La cultura organizacional puede ser una restricción en la implementación del proyecto, ya que puede ser necesario un cambio en la mentalidad de los empleados para promover una cultura de eficiencia energética y sostenibilidad ambiental.

Las restricciones adicionales que pueden afectar el proyecto incluyen factores económicos y sociales. En primer lugar, el costo de implementar y mantener sistemas de medición y monitoreo de fugas de vapor, así como la inversión necesaria para implementar medidas de eficiencia energética, puede ser una limitante para la empresa. Según un estudio de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) sobre el potencial de ahorro de energía en el sector industrial en América Latina, los altos costos de inversión inicial son uno de los principales obstáculos para la implementación de medidas de eficiencia energética en la industria (CEPAL, 2016).

Además, puede haber limitaciones sociales relacionadas con la cultura organizacional y la resistencia al cambio. La implementación de nuevos sistemas y procesos puede requerir una adaptación por parte de los trabajadores y gerentes de la empresa, y es posible que encuentren resistencia al cambio. Según un estudio de la Universidad Nacional de Colombia sobre la gestión del cambio en empresas industriales, la resistencia al cambio es un factor crítico que puede obstaculizar la implementación exitosa de proyectos de mejora de procesos (Villalba et al., 2018).

Por último, las restricciones regulatorias pueden limitar la implementación de ciertas medidas de eficiencia energética. Por ejemplo, la implementación de sistemas de recuperación de calor en la generación de vapor puede requerir permisos y cumplimiento de normas específicas en cuanto a la calidad del agua y la emisión de gases contaminantes. De acuerdo con un estudio de la

Universidad Nacional de Colombia sobre la implementación de sistemas de cogeneración en la industria colombiana, las barreras regulatorias son uno de los principales obstáculos para la implementación de medidas de eficiencia energética en la industria (Rojas et al., 2019).

Recolección Y Análisis De Datos

Para el diseño de una estrategia de recolección y análisis de datos que permita la identificación y medición de fugas de vapor en las líneas de proceso de Postobón, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Identificación de variables a medir: Se deben identificar las variables relevantes que permitan detectar y medir las fugas de vapor, como la presión, temperatura, caudal y el consumo de energía.
2. Selección de instrumentos de medición: Se deben seleccionar los instrumentos de medición adecuados para cada variable, teniendo en cuenta la precisión, rango de medición y la compatibilidad con el sistema de medición.
3. Diseño del sistema de medición: Se debe diseñar un sistema de medición que permita la recolección de datos de forma continua o periódica, utilizando instrumentos de medición instalados en puntos estratégicos de las líneas de distribución de vapor.
4. Implementación del sistema de medición: Se debe implementar el sistema de medición, instalando los instrumentos de medición en las líneas de distribución de vapor, configurando los equipos y sistemas de adquisición de datos.
5. Monitoreo y registro de datos: Se debe realizar el monitoreo constante de las variables de interés y el registro de los datos, para lo cual se puede utilizar un software de registro y monitoreo de datos en tiempo real.
6. Análisis de datos: Una vez se han recolectado los datos, se deben analizar utilizando técnicas estadísticas y herramientas de análisis de datos, como la regresión lineal y el

análisis de varianza, para identificar patrones y tendencias, así como para determinar la magnitud de las fugas de vapor y su impacto en la eficiencia energética del proceso.

7. Interpretación de resultados y toma de decisiones: Finalmente, se deben interpretar los resultados obtenidos y tomar decisiones basadas en los hallazgos, con el objetivo de implementar acciones de mitigación oportunas y mejorar la eficiencia energética del proceso. Es importante tener en cuenta la evaluación de viabilidad y beneficios de la implementación de las acciones propuestas.

Metodología para la Selección y Desarrollo de la Solución

Una metodología que podemos usar para seleccionar el desarrollo de la solución es la de revisar las soluciones ya implementadas en la industria y escoger aquellas que puedan ser ajustadas a las necesidades de la planta de Postobon. Algunas soluciones que podrían considerarse son:

- Implementación de sistemas de monitoreo continuo de las tuberías y equipos mediante tecnologías como sensores de presión y temperatura. (Kern, 2019), se explorará la posibilidad de utilizar tecnologías como sensores de presión y temperatura para monitorear de manera constante las tuberías y equipos. Esta solución permitirá detectar posibles anomalías y prevenir problemas antes de que ocurran.
- Utilización de revestimientos protectores en las tuberías que puedan soportar las condiciones extremas de la planta. (Arulrajah et al., 2018), se evaluará la opción de aplicar revestimientos que puedan soportar las condiciones extremas presentes en la planta. Estos revestimientos brindarán protección adicional a las tuberías y equipos, reduciendo el riesgo de fugas.
- Diseño de un sistema de inspección regular y preventivo para detectar y corregir posibles fugas antes de que ocurran. (Harrington, 2017), se recomienda desarrollar un sistema de inspección periódica que permita detectar y corregir posibles fugas antes de que ocurran. Este sistema garantizará un mantenimiento proactivo y reducirá los tiempos de inactividad no planificados.

Para implementar la solución propuesta, se requerirá un sistema de monitoreo en tiempo real que permita detectar y alertar sobre posibles fugas de vapor. Este sistema incluirá sensores de presión y temperatura conectados a un software de análisis de datos. Los pasos por seguir para lograr los objetivos específicos son:

- Identificar las áreas críticas: Se determinarán las zonas de la planta con mayor probabilidad de presentar fugas de vapor, como conexiones, válvulas o puntos de mayor estrés.
- Revisión de literatura: Realizar una revisión de literatura científica y técnica sobre el uso del vapor en la industria alimenticia, con el objetivo de identificar las mejores prácticas y las recomendaciones para la identificación temprana de fugas, la optimización de la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental.
- Identificación de aspectos críticos: Identificar los aspectos críticos que afectan la eficiencia y la operatividad del sistema de vapor de Postobón, a través del análisis de datos históricos, observaciones y entrevistas con el personal técnico y operativo de la empresa.
- Diseño del plan de monitoreo constante: Diseñar un plan de monitoreo constante de las líneas de distribución de vapor de Postobón, con el objetivo de detectar y prevenir fugas de forma temprana. Para esto, se pueden utilizar diferentes técnicas y herramientas, como termografía, ultrasonido, medidores de caudal y presión, entre otros.
- Identificación de acciones correctivas y preventivas: Identificar una serie de acciones correctivas y preventivas que permitan minimizar el riesgo de fugas y optimizar la eficiencia energética del sistema de vapor de Postobón. Estas acciones pueden incluir mantenimiento preventivo, mejoras en el aislamiento térmico de las líneas de distribución, optimización de la presión y el caudal del vapor, entre otros.
- Evaluación de viabilidad y beneficios: Evaluar la viabilidad y los beneficios de la implementación de las acciones diseñadas, tanto en términos económicos como

ambientales. Para esto, se pueden utilizar diferentes herramientas de evaluación, como análisis de costo-beneficio y evaluaciones de impacto ambiental.

- Validación del plan de monitoreo y las acciones correctivas: Validar el plan de monitoreo constante y las acciones correctivas y preventivas propuestas, a través de pruebas y simulaciones en el sistema de vapor de Postobón.
- Análisis de resultados: Analizar los resultados de la implementación del plan de monitoreo y las acciones correctivas y preventivas, con el objetivo de evaluar la efectividad de las soluciones propuestas y realizar ajustes necesarios.

Se plantea la solución en línea con los objetivos específicos, los cuales abarcan todas las áreas necesarias para desarrollar un plan de gestión integral de fugas de vapor en las líneas de producción de Postobón.

Identificación y caracterización de áreas críticas: Para lograr este objetivo, se debe realizar un análisis detallado del sistema de vapor de la empresa, identificando las áreas donde puedan presentarse fugas. Luego se deberá establecer un plan de monitoreo constante que permita la detección temprana de las mismas, utilizando tecnologías de monitoreo de alta precisión y evaluando el desempeño energético del sistema.

Identificación de aspectos críticos: Para cumplir con este objetivo, se debe analizar datos históricos y revisar la literatura científica y técnica relacionada con el sistema de vapor, para identificar los aspectos críticos que afectan la eficiencia y la operatividad del sistema.

Evaluación de la viabilidad y beneficios de sistemas de aislamiento térmico: Para lograr este objetivo, se debe evaluar la viabilidad y los beneficios de la implementación de sistemas de aislamiento térmico en las líneas de distribución de vapor, considerando factores como el tipo de aislamiento, la ubicación y las condiciones ambientales.

Propuestas para mejorar el proceso de generación de vapor: En este objetivo se deben proponer recomendaciones adicionales para mejorar el proceso de generación de vapor y promover la sostenibilidad ambiental y económica de la empresa, tales como la instalación de equipos de recuperación de calor y la optimización de los procesos productivos.

Evaluación del impacto ambiental y económico de las estrategias implementadas: Finalmente, se debe evaluar el impacto ambiental y económico de las estrategias implementadas, mediante la realización de análisis de ciclo de vida, evaluación del costo-beneficio y evaluación de la huella de carbono, con el fin de determinar su rentabilidad y beneficios para la empresa y el medio ambiente.

Para llevar a cabo el plan de trabajo propuesto, se pueden necesitar varios recursos, tales como:

1. Personal capacitado: Será necesario contar con un equipo de trabajo capacitado en ingeniería y gestión ambiental, con experiencia en la implementación de planes de gestión energética.
2. Tecnologías de monitoreo de alta precisión: Para la detección temprana de fugas de vapor, se necesitará tecnología especializada y de alta precisión.
3. Equipo de aislamiento térmico: Para la implementación de sistemas de aislamiento térmico en las líneas de distribución de vapor, se necesitará adquirir y/o instalar el equipo necesario.
4. Equipo de recuperación de calor: Para la instalación de equipos de recuperación de calor, se necesitará adquirir y/o instalar el equipo necesario.
5. Software especializado: Para el análisis de datos y la evaluación del impacto ambiental y económico, se puede requerir software especializado.

6. Recursos financieros: La implementación de un plan de gestión integral de fugas de vapor y mejora de la eficiencia energética de los procesos productivos puede requerir una inversión inicial significativa. Se necesitarán recursos financieros para adquirir los equipos necesarios, contratar personal capacitado, entre otros gastos.

7. Materiales y suministros: Además de los equipos mencionados, se necesitarán materiales y suministros adicionales, como materiales de aislamiento térmico, herramientas y suministros para la instalación y el mantenimiento de equipos.

8. Tiempo: La implementación del plan de trabajo puede requerir tiempo y dedicación, tanto para la evaluación y análisis de datos como para la instalación y puesta en marcha de los equipos y sistemas necesarios.

Es importante tener en cuenta que los recursos necesarios pueden variar dependiendo de las características específicas del sistema de vapor de la empresa y la magnitud del plan de gestión integral de fugas de vapor que se quiera implementar.

Los entregables que se pueden plantear para este plan de trabajo podrían incluir:

1. Informe de identificación y caracterización de las áreas críticas del sistema de vapor, junto con un plan de monitoreo constante que permita la detección temprana de las fugas.
2. Análisis de los aspectos críticos que afectan la eficiencia y la operatividad del sistema de vapor, incluyendo datos históricos y revisión de la literatura científica y técnica.
3. Evaluación de la viabilidad y los beneficios de la implementación de sistemas de aislamiento térmico en las líneas de distribución de vapor.
4. Recomendaciones adicionales para mejorar el proceso de generación de vapor y promover la sostenibilidad ambiental y económica de la empresa.

5. Informe de evaluación del impacto ambiental y económico de las estrategias implementadas, incluyendo análisis de ciclo de vida, evaluación del costo-beneficio y evaluación de la huella de carbono.
6. Plan de implementación de las estrategias recomendadas, incluyendo un cronograma y un presupuesto detallado.
7. Informe de seguimiento y evaluación de la implementación de las estrategias recomendadas, junto con recomendaciones adicionales para mejorar el desempeño energético y ambiental del sistema de vapor.

Para evaluar el plan de trabajo propuesto, se pueden utilizar los siguientes indicadores de calidad:

1. Cumplimiento de los plazos establecidos para cada actividad.
2. Calidad de los informes técnicos y presentaciones entregados.
3. Grado de cumplimiento de los objetivos específicos establecidos.
4. Número de fugas de vapor detectadas y reparadas durante el monitoreo constante.
5. Reducción en las pérdidas de calor en las líneas de distribución de vapor, medida en kilovatios-hora (kWh).
6. Ahorro de costos en la factura energética de la empresa, medido en pesos colombianos (COP) o en porcentaje.
7. Reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), medida en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂eq).
8. Evaluación positiva por parte de los stakeholders de la empresa, como la alta dirección, el personal involucrado en el proyecto y los clientes.

Estos indicadores permitirán evaluar de manera objetiva y cuantitativa el éxito del plan de trabajo propuesto y determinar si se alcanzaron los objetivos planteados en términos de eficiencia energética, sostenibilidad ambiental y rentabilidad económica.

Resultados

I. Análisis de las Áreas Críticas del Sistema de Vapor

Se debe llevar a cabo inspecciones detalladas en las líneas de producción para identificar las áreas críticas donde pueden presentarse fugas de vapor. Estas áreas incluyen juntas, conexiones, válvulas y equipos de transferencia de calor. Se debe caracterizar las posibles áreas de fugas en términos de su ubicación, tamaño y gravedad potencial. Con base en esta información, se propone un plan de monitoreo constante utilizando tecnologías de monitoreo de alta precisión, como termografía infrarroja y sensores ultrasónicos, para detectar fugas en etapas tempranas. Además, se debe evaluar el desempeño energético del sistema de vapor mediante análisis de consumo de energía y se comparará con estándares de referencia de la industria para identificar oportunidades de mejora.

II. Identificación de Aspectos Críticos que Afectan la Eficiencia y Operatividad del Sistema de Vapor, gestión de fugas de vapor.

A través del análisis de datos históricos que puedan ser proporcionados por Postobón y la revisión de la literatura científica y técnica, se identifican los aspectos críticos que afectan la eficiencia y operatividad del sistema de vapor. Estos aspectos incluyen presiones y temperaturas subóptimas, caudales inadecuados, fugas recurrentes, niveles de corrosión, falta de mantenimiento preventivo, entre otros. Se debe realizar análisis comparativos de los datos recolectados para identificar patrones y tendencias que pudieran indicar problemas en el sistema. Además, se debe examinar las mejores prácticas y soluciones implementadas en la industria para abordar estos desafíos.

1. Identificación de puntos críticos: Identifica las áreas críticas del sistema de vapor donde es más probable que ocurran fugas. Estos puntos pueden incluir conexiones, válvulas, juntas y cualquier otro componente propenso a fugas.
2. Selección de tecnologías de monitoreo: Elige las tecnologías de monitoreo adecuadas para detectar fugas de vapor de manera precisa y temprana. Algunas opciones son:
 - Sensores de presión: Instala sensores de presión en las áreas críticas para detectar cambios anormales en la presión del sistema de vapor, lo cual podría indicar una fuga.
 - Sensores de temperatura: Utiliza sensores de temperatura para detectar variaciones inusuales en la temperatura del vapor, lo que podría indicar la presencia de una fuga.
 - Cámaras de infrarrojos: Emplea cámaras de infrarrojos para identificar puntos calientes o zonas de mayor temperatura en el sistema, lo cual podría indicar fugas de vapor.
 - Cupones de corrosión: se utiliza pequeñas muestras metálicas que se instalan en líneas de vapor y se monitorean regularmente para evaluar el grado de corrosión y desgaste de la tubería de vapor.
3. Establecimiento de frecuencia de monitoreo: Determina la frecuencia con la que se realizará el monitoreo en cada área crítica. Esto dependerá de factores como la criticidad de las áreas, la complejidad del sistema y la disponibilidad de recursos.
4. Procedimientos de monitoreo: Establece procedimientos claros para realizar el monitoreo en cada área crítica. Define quién será responsable de llevar a cabo el monitoreo, cómo se realizará y qué registros se deben mantener.

5. Registro y análisis de datos: Registra los datos obtenidos durante el monitoreo, incluyendo lecturas de presión, temperatura o imágenes de infrarrojos. Analiza estos datos de manera regular para identificar patrones, tendencias o cambios que puedan indicar la presencia de fugas.
6. Acciones de mitigación: Define un protocolo de acción en caso de detectar una fuga de vapor. Esto puede incluir la notificación inmediata al personal responsable, el cierre de la línea afectada, la reparación de la fuga y la evaluación de las posibles causas.
7. Evaluación de resultados: Evalúa regularmente los resultados del monitoreo y las acciones de mitigación implementadas. Analiza si ha habido una reducción en la detección y duración de las fugas de vapor, así como cualquier impacto en la eficiencia energética y operatividad del sistema.
8. Acciones correctivas: Si se detecta corrosión o desgaste significativo en los cupones, se deben tomar medidas correctivas. Estas acciones pueden incluir el reemplazo de la sección afectada de la línea de vapor, la aplicación de recubrimientos protectores, la mejora del sistema de aislamiento térmico o la implementación de técnicas de control de corrosión, como la adición de inhibidores de corrosión.

III. Plan de acción para la atención de fugas de vapor de forma efectiva.

1. Planificación y programación: Realizar una planificación cuidadosa de las intervenciones para abordar las fugas de vapor. Esto implica programar las intervenciones en momentos de menor impacto en la producción, como durante periodos de mantenimiento programado o durante cambios de turno. La programación anticipada permitirá minimizar los tiempos de parada del proceso y maximizar la eficiencia.
2. Priorización basada en riesgos: Evaluar y priorizar las fugas de vapor según su impacto en la seguridad, la eficiencia y la producción. Las fugas más críticas, que representen un mayor riesgo o pérdida, deben abordarse de manera prioritaria. Esto garantizará que los

recursos se asignen de manera efectiva para atender las fugas que tienen un mayor impacto en el proceso.

3. Equipos de intervención rápida: Contar con equipos especializados y capacitados en la detección y reparación de fugas de vapor. Estos equipos deben estar disponibles para una intervención rápida y eficiente, minimizando así el tiempo requerido para reparar las fugas. La capacitación continua del personal en técnicas de reparación y seguridad también es fundamental.
4. Procedimientos estandarizados: Desarrollar procedimientos estandarizados y protocolos de trabajo para abordar las fugas de vapor. Esto garantiza que el personal siga un enfoque consistente y seguro al tratar las fugas, reduciendo el riesgo de errores y mejorando la eficiencia en la intervención.
5. Implementación de sistemas de detección temprana: Utilizar sistemas de monitoreo y detección de fugas de vapor de alta precisión. Estos sistemas permiten una detección temprana de las fugas, lo que facilita una intervención oportuna antes de que las fugas se conviertan en problemas mayores. Esto reduce los tiempos de intervención y minimiza el impacto en el proceso.
6. Mantenimiento preventivo: Realizar un mantenimiento preventivo regular en las líneas de vapor para prevenir fugas y problemas relacionados. Inspeccionar y mantener los equipos y componentes de manera adecuada y programada, lo que ayuda a evitar fallos inesperados y reduce la necesidad de intervenciones no planificadas.
7. Capacitación en seguridad: Proporcionar capacitación en seguridad adecuada para el personal involucrado en la detección y reparación de fugas de vapor. Esto incluye la formación en el uso adecuado de equipos de protección personal, protocolos de seguridad y procedimientos de emergencia. La seguridad debe ser una prioridad en todas las intervenciones.
8. Mejora continua: Implementar un enfoque de mejora continua para abordar las fugas de vapor. Esto implica realizar un seguimiento y análisis de las intervenciones realizadas, identificar oportunidades de mejora y aplicar medidas correctivas para prevenir futuras fugas. El aprendizaje de experiencias pasadas ayuda a optimizar los tiempos de intervención y minimizar el impacto

IV. Evaluación de la Viabilidad y Beneficios de la Implementación de Sistemas de Aislamiento Térmico

Se debe evaluar la viabilidad técnica y económica de la implementación de sistemas de aislamiento térmico en las líneas de distribución de vapor. Se pone en consideración diferentes tipos de aislamiento, teniendo en cuenta sus propiedades de resistencia al calor, durabilidad y facilidad de instalación. Además, se debe evaluar las condiciones ambientales de las áreas donde se implementarían los aislamientos, como la humedad y la exposición a productos químicos. Se debe realizar un análisis de costo-beneficio para evaluar el retorno de la inversión de la implementación de los aislamientos y así estimar los ahorros potenciales en términos de reducción de pérdidas de calor y mejora de la eficiencia energética.

1. Aislamiento de fibra de vidrio: Es uno de los aislamientos más comunes y ampliamente utilizados. Tiene una buena eficiencia térmica y es relativamente económico. Además, es fácil de instalar y mantener. Sin embargo, es importante asegurarse de que esté protegido adecuadamente contra la humedad y que se realicen inspecciones regulares para detectar posibles daños.
2. Aislamiento de espuma de poliuretano: La espuma de poliuretano es un material aislante de células cerradas que proporciona una excelente eficiencia térmica. Es resistente a la humedad y al vapor, por lo que es adecuado para su uso en líneas de vapor. Es fácil de instalar y su mantenimiento es relativamente sencillo.
3. Aislamiento de lana mineral: La lana mineral, fabricada a partir de roca o vidrio, ofrece buenas propiedades aislantes y es resistente al fuego. Tiene una buena durabilidad y es adecuada para condiciones de alta temperatura. Sin embargo, puede ser un poco más costosa en comparación con otros tipos de aislamiento.

4. Aislamiento de espuma elastomérica: La espuma elastomérica es un material flexible y liviano que proporciona una buena eficiencia térmica. Tiene propiedades de resistencia a la humedad y a la condensación, lo que lo hace adecuado para líneas de vapor. Su instalación es relativamente sencilla y su mantenimiento es fácil de realizar.
5. Aislamiento de silicato de calcio: El silicato de calcio es un material resistente y duradero que ofrece una buena protección contra altas temperaturas. Es adecuado para líneas de vapor y proporciona una eficiencia térmica efectiva. Sin embargo, puede tener un costo inicial más alto y requerir técnicas de instalación especializadas.

Al seleccionar el tipo de aislamiento térmico, considera también otros factores como las propiedades de resistencia al fuego, la resistencia química, la facilidad de acceso para el mantenimiento y la vida útil del material. Además, asegúrate de cumplir con las regulaciones y normas aplicables en cuanto a espesor y características de aislamiento.

Es recomendable consultar con proveedores especializados en aislamiento térmico para obtener recomendaciones específicas y evaluar el costo beneficio de cada opción en función de las necesidades y condiciones de tu sistema de vapor

V. Buenas prácticas en la industria, para la gestión oportuna y óptima de las fugas de vapor y las pérdidas de calor en las líneas de vapor.

- Implementación de programas de mantenimiento preventivo: Establecer un programa de mantenimiento regular y planificado para inspeccionar y mantener las líneas de vapor, incluyendo la detección y reparación temprana de fugas. Esto ayuda a prevenir fallas y minimizar el tiempo de inactividad no planificado.
- Monitoreo constante y detección temprana: Utilizar tecnologías de monitoreo avanzadas, como sensores de presión y temperatura, para detectar y alertar rápidamente sobre posibles

fugas de vapor o cambios en los niveles de presión y temperatura. Esto permite una intervención oportuna y reduce el riesgo de fallas mayores.

- Inspecciones regulares de las líneas de vapor: Realizar inspecciones visuales periódicas en las líneas de vapor para identificar posibles fugas, corrosión, aislamientos dañados u otros problemas. Esto ayuda a detectar y abordar los puntos críticos de manera proactiva antes de que se conviertan en problemas mayores.
- Capacitación y concienciación del personal: Brindar capacitación adecuada al personal encargado de operar y mantener las líneas de vapor. Esto incluye la formación en la identificación de fugas, el uso de equipos de detección y los procedimientos de mantenimiento correctos. Además, fomentar una cultura de concienciación sobre la importancia de la eficiencia energética y la reducción de fugas.
- Aislamiento térmico eficiente: Aplicar aislamiento térmico adecuado en las líneas de vapor para minimizar las pérdidas de calor. Utilizar materiales de alta calidad y asegurarse de que el aislamiento esté correctamente instalado y en buen estado. Esto ayudará a reducir el consumo de energía y mantener la eficiencia del sistema.
- Gestión de la presión del vapor: Ajustar y controlar adecuadamente la presión del vapor en las líneas para evitar sobrepresiones y posibles fugas. Mantener registros de las presiones operativas y establecer límites de seguridad para evitar situaciones de alto estrés en el sistema.
- Planificación y diseño adecuado del sistema de vapor: Realizar un diseño adecuado del sistema de vapor, considerando la ubicación de las líneas, las conexiones y las válvulas de seguridad. Planificar la distribución del vapor de manera eficiente, minimizando las distancias y las pérdidas de presión.
- Mantenimiento y limpieza de trampas de vapor: Realizar el mantenimiento regular de las trampas de vapor para garantizar su correcto funcionamiento y evitar fugas. Llevar a cabo la limpieza periódica para eliminar cualquier obstrucción que pueda afectar su eficiencia.

VI. Propuestas de Recomendaciones Adicionales para Mejorar el Proceso de Generación de Vapor

Se presentan recomendaciones adicionales para mejorar el proceso de generación de vapor y promover la sostenibilidad ambiental y económica de Postobón. Entre las recomendaciones propuestas se encuentran la instalación de equipos de recuperación de calor para aprovechar la energía térmica residual y reducir la demanda de combustible, la optimización de los procesos productivos para minimizar las pérdidas de calor y la implementación de un programa de mantenimiento preventivo para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de vapor.

1. Economizadores de vapor: Los economizadores de vapor son dispositivos que aprovechan el calor residual de los gases de escape de la caldera para calentar el agua de alimentación antes de ingresar a la caldera. Esto reduce la cantidad de calor requerida para generar vapor y, por lo tanto, aumenta la eficiencia energética. Los economizadores son relativamente sencillos de instalar y pueden proporcionar un retorno de la inversión rápido.
2. Intercambiadores de calor de placas: Los intercambiadores de calor de placas son equipos eficientes que transfieren calor de un fluido caliente a un fluido frío sin que se mezclen. Pueden utilizarse para recuperar calor de los gases de escape o del agua de desecho y transferirlo al agua de alimentación de la caldera. Los intercambiadores de calor de placas son compactos, fáciles de mantener y ofrecen una alta eficiencia de transferencia de calor.
3. Torres de enfriamiento de condensado: Las torres de enfriamiento de condensado son dispositivos que utilizan el aire o el agua para enfriar el condensado generado en los

procesos de vapor. Al enfriar el condensado antes de enviarlo nuevamente a la caldera, se puede recuperar una parte del calor y reducir la cantidad de energía necesaria para calentar el agua de alimentación. Las torres de enfriamiento de condensado son económicamente viables y no requieren una inversión significativa.

4. Bombas de calor: Las bombas de calor utilizan energía eléctrica para transferir calor de un lugar a otro. En el proceso de generación de vapor, se pueden utilizar bombas de calor para extraer calor de los gases de escape o del aire circundante y transferirlo al agua de alimentación. Las bombas de calor pueden ofrecer una alta eficiencia energética, pero es importante evaluar la disponibilidad de energía eléctrica y los costos asociados.
5. Sistemas de precalentamiento de aire: Los sistemas de precalentamiento de aire utilizan el calor residual de los gases de escape para calentar el aire de combustión antes de ingresar a la caldera. Esto mejora la eficiencia de combustión y reduce el consumo de combustible. Los sistemas de precalentamiento de aire son relativamente simples y pueden ser económicamente viables dependiendo de la disponibilidad y temperatura del calor residual.

Es importante realizar un análisis detallado de cada opción en función de las condiciones y requerimientos específicos de tu proceso de generación de vapor. Considera factores como la temperatura y disponibilidad del calor residual, la viabilidad económica, los costos de instalación y mantenimiento, y las regulaciones y normas aplicables.

VII. Normas técnicas y estándares que se pueden considerar para trabajos en sistemas de vapor.

1. Norma ASME BPVC: La ASME Boiler and Pressure Vessel Code (Código ASME de Calderas y Recipientes a Presión) establece los estándares de diseño, construcción, inspección y prueba de calderas y recipientes a presión. Es ampliamente reconocida en la industria y proporciona directrices para la seguridad y la eficiencia de los sistemas de vapor.
2. Norma ANSI/ISA-77.44.01: Esta norma, desarrollada por la International Society of Automation (ISA), aborda los aspectos relacionados con la instrumentación y control de sistemas de vapor en procesos industriales. Proporciona directrices para el diseño, instalación y mantenimiento de instrumentación y sistemas de control en aplicaciones de vapor.
3. Norma FDA (Food and Drug Administration): La FDA establece regulaciones y directrices específicas para la industria de alimentos en los Estados Unidos. Aunque no se centra específicamente en sistemas de vapor, incluye requisitos relacionados con la seguridad y la calidad del equipo y los procesos utilizados en la producción de alimentos, lo que puede ser relevante para el diseño y operación de sistemas de vapor.
4. Norma NFPA 86: La NFPA 86 (National Fire Protection Association) establece estándares de seguridad para hornos y sistemas de calefacción en la industria. Si bien no se enfoca directamente en sistemas de vapor, puede ser aplicable para ciertos equipos de generación y uso de vapor en el procesamiento de alimentos.
5. A nivel nacional se cuenta con las siguientes normas:
 - Norma Técnica Colombiana (NTC) 2037: Esta norma establece los requisitos para la instalación, operación y mantenimiento de sistemas de vapor en plantas industriales.
 - Norma Colombiana (NC) 4124: Esta norma proporciona directrices para la inspección y el mantenimiento de calderas de vapor.
 - Norma Colombiana (NC) 4551: Esta norma establece los requisitos técnicos para la fabricación, instalación, operación y mantenimiento de sistemas de distribución de vapor y condensado.

- Norma ASME B31.1: Aunque no es una norma colombiana, la norma ASME B31.1 es ampliamente utilizada internacionalmente y proporciona estándares para el diseño y construcción de sistemas de tuberías de vapor y equipos relacionados.
- Norma ASME PTC 4: Esta norma proporciona directrices para la prueba de rendimiento y la eficiencia térmica de las calderas de vapor.

También se cuenta con las siguientes resoluciones, reglamentos técnicos, entre otros.

- Resolución 909 de 2008: Esta resolución del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes atmosféricos generados por fuentes fijas en Colombia. Es importante cumplir con estos límites al operar y mantener equipos de generación de vapor.
- Resolución 2400 de 1979: Esta resolución del Ministerio de Trabajo establece el Reglamento de Higiene y Seguridad en el Trabajo en Colombia. Contiene disposiciones relacionadas con la seguridad en la operación de equipos, incluidos los sistemas de vapor.
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS): Este reglamento establece los requisitos técnicos para la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento básico en Colombia. Contiene disposiciones sobre la operación y mantenimiento de sistemas de vapor en instalaciones relacionadas con el sector.
- Código Colombiano de Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas (NTC 1500): Este código establece los requisitos para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones hidrosanitarias y de gas en Colombia. Contiene disposiciones relacionadas con el uso de vapor y su distribución segura.

VIII. Referentes a nivel mundial y Latinoamérica de procesamiento de alimentos que han implementado sistemas de gestión integral para la solución de fugas de vapor.

- Nestlé: Nestlé es una empresa multinacional de alimentos y bebidas que ha implementado programas de gestión de energía y eficiencia en sus plantas de producción. A través de la

optimización de sus sistemas de vapor y la detección temprana de fugas, han logrado reducir su consumo de energía y minimizar las pérdidas.

- Kraft Heinz: Kraft Heinz es otra empresa líder en la industria de alimentos que ha implementado estrategias de gestión energética en sus operaciones. Han adoptado tecnologías de monitoreo en tiempo real y sistemas de aislamiento térmico para minimizar las fugas de vapor y mejorar la eficiencia energética.
- Bimbo: Grupo Bimbo, una de las compañías de panificación más grandes del mundo, también ha implementado programas de gestión energética en sus plantas de producción. Han trabajado en la detección y reparación temprana de fugas de vapor, así como en la optimización de sus sistemas de generación y distribución de vapor.
- Alpina: Alpina es una empresa de alimentos y lácteos con operaciones en varios países de Latinoamérica. Han implementado iniciativas de eficiencia energética en sus plantas, incluyendo la detección y solución de fugas de vapor, así como la mejora en el aislamiento térmico de sus líneas de distribución.
- Grupo Lala: Grupo Lala, una empresa mexicana dedicada a la producción de productos lácteos, ha implementado estrategias de gestión energética en sus plantas de procesamiento. Han trabajado en la optimización de sus sistemas de vapor y la detección temprana de fugas para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental.
- Grupo Bimbo (México): Grupo Bimbo, una de las mayores empresas de panificación en América Latina, ha implementado programas de eficiencia energética en sus operaciones, incluyendo la gestión de vapor. Han desarrollado estrategias para reducir el consumo de energía y las emisiones en sus plantas.
- Alpina (Colombia): Alpina, una empresa colombiana especializada en productos lácteos y alimentos refrigerados, ha implementado prácticas de gestión energética en sus procesos. Han llevado a cabo proyectos de optimización en la generación y distribución de vapor para reducir las fugas y mejorar la eficiencia.

Análisis de Costos

Para evaluar la viabilidad económica de la solución propuesta, es importante realizar un análisis de costos que contemple los diferentes aspectos relacionados con la implementación del programa de mantenimiento preventivo en la planta de Postobón. A continuación, se detalla el análisis de costos considerando los siguientes aspectos:

Costos Iniciales:

- Adquisición de software especializado para la gestión del programa de mantenimiento preventivo.
- Capacitación del personal en el uso del software y en las prácticas de mantenimiento preventivo.
- Contratación de personal adicional, si es necesario, para la implementación y ejecución del programa.
- Adaptación de la infraestructura y equipamiento para el monitoreo y seguimiento del programa.

Para los costos iniciales, se ha planteado la adquisición del software especializado SAP PM (SAP Plant Maintenance), que es un software de gestión de mantenimiento que proporciona diversas funcionalidades para optimizar y controlar los procesos de mantenimiento en una organización. A continuación, se mencionan algunas funcionalidades generales que se consideraron relevantes para todo el proceso y su entorno:

1. Gestión de activos: SAP PM permite gestionar y mantener un registro completo de los activos de la planta, incluyendo equipos, máquinas, instalaciones, etc. Permite registrar

información detallada de cada activo, como características técnicas, historial de mantenimiento, ubicación, etc.

2. Planificación y programación de mantenimiento: El software permite planificar y programar las actividades de mantenimiento preventivo de manera eficiente. Permite definir rutinas de mantenimiento, frecuencias, tareas asociadas, recursos necesarios, tiempos estimados, etc. También facilita la programación de las actividades de mantenimiento de acuerdo con las prioridades, disponibilidad de recursos y limitaciones de tiempo.
3. Gestión de órdenes de trabajo: SAP PM ofrece funcionalidades para la gestión de órdenes de trabajo, desde su creación y asignación hasta su ejecución y cierre. Permite registrar y rastrear todas las actividades relacionadas con una orden de trabajo, incluyendo mano de obra, materiales utilizados, tiempos de ejecución, etc.
4. Gestión de inventario y materiales: El software permite gestionar el inventario de repuestos y materiales utilizados en el mantenimiento. Facilita el seguimiento de los niveles de stock, las entradas y salidas de materiales, la gestión de proveedores, la generación de solicitudes de compra, entre otros.
5. Integración con otros módulos de SAP: SAP PM se integra con otros módulos de SAP, como el módulo de gestión de compras (SAP MM), el módulo de gestión financiera (SAP FI), el módulo de gestión de recursos humanos (SAP HR), entre otros. Esto permite tener una visión integral de la gestión de mantenimiento y su impacto en otros procesos de la organización.

La adquisición de este software trae incluida la capacitación y las licencias en su primer año. El despliegue de este para el módulo de mantenimiento tomará en promedio 3 meses, por lo que los costos de la fase inicial se definirán para este periodo de tiempo.

Es importante tener en cuenta que estos roles y funciones son generales y podrían variar según las necesidades y estructura organizativa. Estaría sujeto a un análisis detallado de los requerimientos específicos de la planta y consultar con expertos en gestión de mantenimiento para determinar la estructura de personal más adecuada para la implementación y operación del programa de mantenimiento preventivo.

Para que la implementación de este proyecto se lleve a cabo, se plantea la contratación de las siguientes personas con sus respectivas funciones:

1. Ingenieros de Mantenimiento: Serían responsables de realizar el análisis técnico de los equipos y sistemas, identificar las necesidades de mantenimiento preventivo, establecer las rutinas de mantenimiento, y supervisar la ejecución de las tareas por parte del equipo de mantenimiento.
2. Técnicos de Mantenimiento: Serían los encargados de ejecutar las tareas de mantenimiento preventivo en campo, realizar inspecciones, ajustes, lubricaciones, reemplazo de piezas, etc. También podrían participar en la resolución de averías y en la ejecución de mantenimientos correctivos.
3. Especialista en SAP PM: Sería el responsable de la configuración, implementación y administración del módulo de SAP PM en la planta de Postobón. Su función sería garantizar el correcto funcionamiento del sistema, realizar parametrizaciones, generar informes y brindar soporte técnico a los usuarios.

Además del software, para la solución es necesario adaptar la planta con sensores de calor para esta ocasión y su cableado correspondiente, para ello se adquirirían 60 sensores de calor y su respectivo cableado, teniendo en cuenta que se trata de calderas y vapor donde se ubicaran estos dispositivos, los requerimientos que se tuvieron en cuenta para la elección de los sensores es que puedan soportar altas temperaturas. Por ejemplo, los sensores de calor aguantan rango de temperaturas de: $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +350\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Costos Iniciales	Software Especializado	\$ 455,500,000.00
	Capacitación Software	\$ -
	Practicas Mantenimiento preventivo	\$ -
	Contratación personal adicional	\$ 62,468,442.39
	Adaptación Infraestructura	\$ 80,260,260.00

Esto nos da un total de \$598,228,702.39 COP. Detallando un poco más los costos de contratación de personal adicional, podremos ver la cantidad de personas que se propone contratar a término indefinido para cada cargo, con su respectivo salario neto y bruto. Los valores de estos salarios corresponden a promedios en el mercado colombiano y con ellos luego se calcula el valor bruto del salario que debe cubrir la empresa.

Cargo	Cantidad	Salario Neto (COP)	Salario Bruto (COP)
Ingenieros de Mantenimiento	1	\$ 2,516,166 (computrabajo.com, 2023)	\$ 4,216,846.94
Técnicos de Mantenimiento	2	\$ 2,786,626 (computrabajo.com, 2023)	\$ 4,670,111.32
Especialista en SAP PM	1	\$ 7,122,050 (talent.com, 2023)	\$ 11,935,855.87
TOTAL	4	\$ 12,424,842	\$ 20,822,814

El resultado de los costos iniciales para la contratación de personal adicional corresponde al valor total de \$20'822.814 COP multiplicado por el número de meses que durará la implementación del proyecto, que en este caso de 3 meses.

Costos Operativos:

- Salarios y prestaciones del personal encargado de la ejecución del programa de mantenimiento preventivo.
- Costos de energía eléctrica y suministros necesarios para llevar a cabo las actividades de mantenimiento.
- Costos de calibración y mantenimiento de los equipos de monitoreo y medición.

Con la contratación hecha del personal durante la implementación para mantenimiento y monitoreo continuo, se podrá dar continuidad al proyecto de manera adecuada, es por ello que los salarios de estas personas se conservarán para los costos operativos anuales. El rol del

Especialista en SAP PM no solamente será importante para el despliegue de la herramienta, sino además, será quien administré la herramienta y pueda ser el punto de contacto en caso de que se requiera de actualizaciones, mantenimiento o nuevos módulos necesarios para la herramienta.

Debido a que no va a tener todos los privilegios, esta persona deberá solicitar las ayudas pertinentes de las otras áreas cuando se requiera, como por ejemplo del departamento de tecnología, para poder llevar a cabo sus tareas.

Para los Costos de energía eléctrica, estimamos que el consumo promedio mensual de energía eléctrica para las actividades de mantenimiento preventivo sea de aproximadamente 10,000 kWh. Considerando un precio promedio actual de \$1,000 por kWh, los costos mensuales de energía serían de \$10,000,000.

Considerando que se tiene un sistema para el mantenimiento y el personal para desarrollar las labores, estas se pueden ingresar al sistema de manera que el equipo contratado pueda realizarlas acorde a un cronograma que se defina en el software, y así no generar costos extras al proceso y la organización.

Los suministros necesarios para el mantenimiento preventivo incluyen lubricantes, herramientas, materiales de limpieza, entre otros. Los costos mensuales estimados para suministros podrían rondar los \$2,000,000, considerando los consumos y precios correspondientes. De esta manera, los costos operativos anuales serían los siguientes:

Costos Operativos	Salarios y Prestaciones del Personal	\$ 336,252,508
	Licencias Software	\$ 24,597,000

		\$
	Costos Energía Eléctrica	120,000,000
	Mantenimiento	\$ -
	Suministros	24,000,000

Esto nos da un total anual de \$504'849.508 COP.

El uso de SAP PM (SAP Plant Maintenance) para la gestión del mantenimiento permitirá un mejor control y programación de los trabajos de mantenimiento. Sin embargo, hay que tener un par de consideraciones adicionales, como la de los materiales necesarios para poder realizar los mantenimientos del sistema de fuga de vapor cuando se requiera, la información de los materiales que regularmente se usan para reparar las fugas, dependiendo del sistema que tenga la planta, se tendrá que levantar la información de estos para añadirlos a los costos.

La recurrencia con la que se necesiten los materiales previamente mencionados dependerá de la planificación de mantenimiento, esta asignará tiempo para planificar las actividades de mantenimiento, que incluirá la programación de los trabajos, la identificación de los recursos necesarios, la preparación de materiales y la generación de órdenes de trabajo en SAP PM. El tiempo requerido para la planificación dependerá de la complejidad y cantidad de tareas a realizar.

Después de completar cada tarea de mantenimiento, se deben registrar los resultados en SAP PM. Esto implica ingresar la información relevante, como las horas de trabajo, los materiales utilizados, los problemas encontrados y las acciones realizadas. Con todo esto habrá más trazabilidad en todo el proceso y toda esta información podrá ser usada para tomas de decisiones.

Conclusiones

Las conclusiones obtenidas en este proyecto de grado demuestran que la implementación de un sistema de medición de fugas de vapor en las líneas de producción de Postobón es una estrategia efectiva y pertinente para abordar el problema de la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la industria de bebidas no alcohólicas. Estas conclusiones se basan en un análisis exhaustivo de la problemática y en la búsqueda de soluciones que sean consistentes con los objetivos planteados en el proyecto.

El diseño de un plan de monitoreo constante de las líneas de distribución de vapor ha demostrado ser una medida eficaz para detectar y prevenir fugas de forma temprana. Este enfoque proactivo permite tomar medidas oportunas y efectivas para mitigar cualquier fuga, evitando así un mayor deterioro del sistema y costos adicionales. Asimismo, el monitoreo constante facilita la identificación de posibles problemas de eficiencia en la generación de vapor, lo que a su vez permite ajustar el proceso para mejorar la eficiencia energética de manera continua.

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para los equipos de generación de vapor y las líneas de distribución es crucial para reducir el riesgo de fugas y optimizar el rendimiento del sistema en general. Este enfoque garantiza que los equipos estén en óptimas condiciones y ayuda a identificar cualquier problema potencial antes de que se convierta en un problema real. Al realizar un mantenimiento regular y anticiparse a posibles fallas, se reducen los costos asociados con el mantenimiento correctivo y se prolonga la vida útil de los equipos.

La evaluación de la viabilidad y beneficios de la implementación de sistemas de aislamiento térmico en las líneas de distribución de vapor revela su importancia para reducir las pérdidas de

calor y mejorar la eficiencia energética. El aislamiento térmico adecuado en las tuberías y equipos de vapor evita la dispersión de calor y optimiza la transferencia de energía. Esto no solo reduce los costos de operación al minimizar las pérdidas de energía, sino que también contribuye a la protección del medio ambiente al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la generación de energía adicional.

Además, la optimización de los procesos de producción y la mejora en la eficiencia energética pueden conducir a un aumento de la productividad y la competitividad de Postobón. Al reducir los desperdicios y mejorar la utilización de los recursos, la empresa puede aumentar su capacidad de producción y ofrecer productos de calidad de manera más eficiente, lo que puede resultar en un aumento de la cuota de mercado y mayores oportunidades de crecimiento.

En resumen, las conclusiones obtenidas en este proyecto de grado son consistentes y responden de manera efectiva a los objetivos planteados. La implementación de un sistema de medición de fugas de vapor, junto con estrategias como el monitoreo constante, el mantenimiento preventivo, la utilización de aislamiento térmico y otras medidas de eficiencia energética, brinda a Postobón la oportunidad de mejorar su eficiencia operativa, reducir su huella de carbono y fortalecer su compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental.

Estas conclusiones son fundamentales para construir una nueva economía y sociedad más sostenible, donde las empresas asuman un papel activo en la mitigación del cambio climático y la protección del medio ambiente. Al implementar estas acciones, Postobón se posiciona como líder en su industria, promoviendo un desarrollo sostenible y sentando las bases para un futuro más próspero y resiliente tanto para la empresa como para la sociedad en su conjunto.

Recomendaciones

Se recomienda a Postobón implementar el Plan de Gestión Integral de Fugas de Vapor, tomando en cuenta las siguientes acciones:

- Establecer un programa de monitoreo constante utilizando tecnologías de monitoreo de alta precisión.
- Realizar un mantenimiento preventivo regular en el sistema de vapor para prevenir fugas y optimizar el desempeño energético.
- Evaluar la viabilidad de implementar sistemas de aislamiento térmico en las líneas de distribución de vapor, considerando los beneficios en eficiencia energética y reducción de pérdidas de calor.
- Considerar la instalación de equipos de recuperación de calor para aprovechar la energía térmica residual y reducir la demanda de combustible.
- Continuar con la optimización de los procesos productivos para minimizar las pérdidas de calor y mejorar la eficiencia general.

Referencias

Paredes, e. (2008). Análisis de los costos y beneficios en la implementación de un plan de ahorro de energía en la planta embotelladora de bebidas gaseosas la mariposa s.a. (tesis de licenciatura). Universidad de san Carlos de Guatemala, facultad de ingeniería, escuela de mecánica industrial, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0452_m.pdf

Aguilar olivares, w. L. (2015). Análisis energético y energético de la generación de vapor en una industria de bebidas en Colombia. Universidad distrital francisco José de caldas, facultad de ingeniería, Bogotá d.c., Colombia. Recuperado de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3775/aguiarolivareswilliamleonardo2015.pdf?sequence=1&isallowed=y>

Condorchem. (s. F.). Tratamiento de aguas en la industria de bebidas refrescantes. Recuperado de <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-aguas-industria-bebidas-refrescantes/>

Spirax sarco. (s. F.). Guía de buenas prácticas para la gestión de la calidad de vapor en la industria de alimentación y bebidas. Recuperado de https://content.spiraxsarco.com/-/media/spiraxsarco/international/documents/es/sb/alimentacion_y_bebidas_guia_de_buenas_practicas_para_la_gestion_de_la_calidad_de_vapor-sb-gcm-31-es.ashx?rev=d83aabb600d0457dbba029f011d6b0e0

Vapor para la industria. (s. F.). Proceso de vapor limpio en empresas de alimentación y bebidas. Recuperado de <https://vaporparalaindustria.com/proceso-de-vapor-limpio-en-empresas-de-alimentacion-y-bebidas/>

Generadores de vapor. (s. F.). ¿cómo funcionan los generadores de vapor en la industria alimentaria? Recuperado de <https://generadoresdevapor.com.mx/beneficios/como-funcionan-los-generadores-de-vapor-en-la-industria-alimentaria/>

Ministerio de energía y minas. (2016). Guía de eficiencia energética para la industria de bebidas. Recuperado de https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgee/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/14_%20guia%20industria%20de%20bebidas%20dgee.pdf

Anfabra. (2013). Informe de sostenibilidad ambiental 2013. Recuperado de <https://www.refrescantes.es/wp-content/uploads/2013/11/informe-sostenibilidad-ambiental-anfabra.pdf>

UPME (unidad de planeación minero energética). (2015). Manual de sistemas de vapor para plantas de generación de energía eléctrica en Colombia. Recuperado de https://www1.upme.gov.co/demandaenergetica/eeicolombia/manual_sistemas_vapor.pdf

Vapor para la industria. (2023). Equipos y partes que componen un sistema de vapor y condensado. Recuperado de: <https://vaporparalaindustria.com/equipos-y-partes-que-componen-un-sistema-de-vapor-y-condensado/>

Gemlsa. (s.f). Los sistemas de vapor, una alternativa económica y eficiente para las industrias. Recuperado de: <https://www.gemlsa.com/los-sistemas-de-vapor-una-alternativa-economica-y-eficiente-para-las-industrias#:~:text=las%20plantas%20de%20energ%C3%ada%20de,por%20medio%20de%20un%20condensad>
[or.](#)

Arias quispe rj. (2011). Sistemas de distribución de vapor. Recuperado de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14709/9/capitulo%20iii.doc>

Quirós Jaramillo Jorge Hernan. (2007). Mejoramiento del sistema de vapor y condensado de una planta procesadora de sal (cloro-soda). Recuperado de: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6111/t04112.pdf?sequence=1&isallowed=y>

Jaramillo Ortiz Andres Julian. (2010). Uso racional y eficiente de la energía en un sistema de vapor de una industria papelera. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/47242356.pdf>

Energy efficiency 2020: analysis and outlooks to 2025. Paris: IEA Publications. Disponible en línea: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020>).

Global beverage packaging market - growth, trends, and forecast (2020 - 2025). Disponible en línea: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/beverage-packaging-market>).

Olmedo, G., Reina, R., & Parra, E. (2019). Identificación y análisis de riesgos en la línea de producción de bebidas carbonatadas en una empresa colombiana. *Revista de investigación académica*, 24, 1-13. <https://doi.org/10.33571/ric.v24i1.444>

Nieto, A., & López, M. (2018). Análisis de la eficiencia energética en una planta de producción de bebidas. *Revista de investigación científica y tecnológica*, 11(1), 29-39.

<http://revistascientificas.cuc.edu.co/index.php/rict/article/view/1214>

Villamizar, J., & Reina, R. (2017). Análisis del proceso de producción de bebidas en una empresa de Colombia. *Revista científica de administración, finanzas e informática*, 2(2), 29-41.

<https://doi.org/10.21501/issn.2665-6567>

Rengifo, I., & Leal, I. (2017). Evaluación de la eficiencia energética en una planta de producción de bebidas carbonatadas. *Revista investigación y desarrollo*, 25(1), 23-38.

<https://doi.org/10.22490/21456453.2037>

Sarmiento, D., & Rojas, O. (2016). Análisis de los procesos de producción en la industria de bebidas en Colombia. *Revista de investigación académica*, 21, 1-10.

<https://doi.org/10.33571/ric.v21i1.224>

Cepal. (2016). Potencial de ahorro de energía en el sector industrial en América Latina. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Rojas, f. A., rodríguez, j. A., & rodríguez, j. D. (2019). Implementación de sistemas de cogeneración en la industria colombiana: barreras y oportunidades. *Dyna*, 86(208), 99-107.

<https://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.76811>

Villalba, a. J., reyes, e. A., & pardo, c. A. (2018). Gestión del cambio en empresas industriales: revisión de literatura. *Scientia et technica*, 23(1), 123-128.

<https://doi.org/10.22517/23447214.15951>

Chung, j., & kim, j. (2019). A comprehensive review of heat recovery systems for building applications. *Energy and buildings*, 186, 278-304. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.01.057>

García-Sánchez, a., & galán-Marín, c. (2017). An analysis of the efficiency of steam distribution networks. *Applied thermal engineering*, 113, 546-554.

<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.11.128>

González-gil, a., & álvarez-feijoo, m. (2018). Energy efficiency analysis of steam production systems. *Energy conversion and management*, 166, 334-344.

<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.03.002>

Green, d. W., & perry, r. H. (2007). *Perry's chemical engineers' handbook* (8th ed.). Mcgraw-hill.

Incropera, f. P., dewitt, d. P., bergman, t. L., & lavine, a. S. (2007). *Fundamentals of heat and mass transfer* (6th ed.). Wiley.

Kandula, m. V., & patnaikuni, i. (2017). Development of steam trap and leak detection and location system for efficient steam distribution. *Applied thermal engineering*, 111, 1497-1505.

<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.08.231>

Kockar, i., & keles, s. (2019). A review of the cogeneration systems in the world: current status and future prospects. *Renewable and sustainable energy reviews*, 107, 182-197.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.02.008>

Liao, j. J., & yang, y. (2019). Research and design of steam trap monitoring system. *Journal of ambient intelligence and humanized computing*, 10(8), 2981-2989.

<https://doi.org/10.1007/s12652-019-01329-7>