

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS
ESCUELA DE PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA
LAS CALDERAS PIROTUBULARES A FIN DE MINIMIZAR LOS
COSTOS POR MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA
AGROINDUSTRIA BRANGGI S.A.C., 2022”**

**TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR:

ANWAR JULIO YARÍN ACHACHAGUA

ASESOR:

IVO WILFREDO MARILUZ JIMENEZ

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

CALLAO, 2023

PERÚ

Document Information

Analyzed document	TESIS - Yarin Achachagua Anwar Julio-IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS CALDERAS PIRO TUBULARES A FIN DE MINIMIZAR LOS COSTES POR MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIA BRANGGI S.A.C. -2023.pdf (D165696519)
Submitted	5/2/2023 6:58:00 PM
Submitted by	Unidad FIIS
Submitter email	fiis.investigacion@unac.edu.pe
Similarity	2%
Analysis address	fiis.investigacion.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	TT2_T2_VALDVIA_BALAREZO.docx Document TT2_T2_VALDVIA_BALAREZO.docx (D107116109)		1
SA	Tesis Compilado - Ricardo Abad B..docx Document Tesis Compilado - Ricardo Abad B..docx (D140899233)		2

Entire Document

1 INTRODUCCIÓN El sector agroindustrial, es una industria que se encuentra en crecimiento constante en el país, esto debido a su riqueza de flora, la cual es valorada en el exterior, de esa forma la industrialización de la agricultura permite realizar la exportación de una gran diversidad en los productos agrícola, ya que en nuestro país se desarrolla de forma artesanal o semiindustrial. Una parte del desarrollo industrial en el sector agrario, es el de brindar un valor agregado a los elementos que se cultivan y cosechan, es decir, el producto se procesa de forma que cumpla con los requisitos mínimos para realizar su comercialización. En ese sentido, se entiende existe una necesidad de brindar un procesado industrial en el que se pueda precisar y utilizar los equipos y maquinarias para poder sistematizar el proceso y mejorar el desempeño en la producción. Continuando lo expresado anteriormente, uno de estos equipos usados para el desarrollo industrial, es la caldera piro tubular, la cual es un equipo que permite el calentamiento del agua para el procesado de alimentos, la cual permite un adecuado suministro de agua saturada para desinfección o procesado de plásticos, por lo que se procura su funcionamiento dentro del sector industrial. Durante el año 2021 se produjo una fuerte falla en la caldera piro tubular de la empresa agroindustrial AGROINDUSTRIA BRANGGI S.A.C. la cual debido a constantes fallas incito a la empresa a realizar el mantenimiento respectivo. En este sentido, la empresa inicio su protocolo de mantenimiento asumiendo un gasto mensual de S/.10200.00 la cual, tras otros elementos a adoptar en el mantenimiento del equipo, se identificó un gasto de S/.103450.00; en este punto, el equipo en mantenimiento requirió de una fuerte inversión para su adecuada manutención. Es por lo ante mencionado que surge este proyecto de tesis, el cual tiene la finalidad de establecer las causas de los fallos del protocolo de mantenimiento dentro de la institución, con el fin de minimizar los costes por la realización del mantenimiento pertinente del equipo. Se brinda una alternativa de gestión por 2 medio de un plan, el cual permitirá implementarlo en el mantenimiento, logrando de esta forma, reducir los gastos producidos en el último mantenimiento del equipo. Es con ello que en la presente redacción podrán observar a detalle el conjunto de elementos, ya sea de forma teórica como prácticas, que permitiendo la definición, conceptualización, planteamiento de un método y brindar las pautas a seguir implementar un plan que permita un mantenimiento que minimice los costos de la caldera.

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD.

Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN.

Tesis

TÍTULO:

“Implementación de un plan de mantenimiento para las calderas Piro tubulares a fin de minimizar los costos por mantenimiento en la empresa AGROINDUSTRIA BRANGGI S.A.C.”

AUTOR / CÓDIGO ORCID / DNI

Anwar Julio Yarín Achachagua/ 0000-0003-2369-129X/41133522

ASESOR y COASESOR / CÓDIGO ORCID / DNI

IVO WILFREDO MARILUZ JIMENEZ//08532214

LUGAR DE EJECUCIÓN

San Martín de Porres Lima-Perú

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Tecnológica/ sistemático/ Cuasiexperimental

UNIDADES DE ANÁLISIS

Empresa agroindustria BRANGGI S.A.C

TEMA OCDE:

Ingeniería de procesos



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 002-UIFIS-UNAC DEL 02.06.2023
SIN CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**



**LIBRO 001 FOLIO N° 002 ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 002
SIN CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

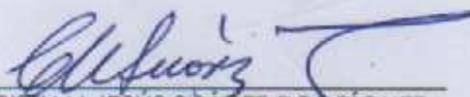
Siendo las 12:00 horas del día viernes 02 de junio del año 2023, reunidos en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas; el **JURADO DE SUSTENTACIÓN** de la tesis titulada: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS CALDERAS PIROTUBULARES A FIN DE MINIMIZAR LOS COSTOS POR MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIA BRANGGI S.A.C., 2022"**, presentado por el bachiller: **YARIN ACHACHAGUA, ANWAR JULIO** para la obtención del título profesional de **INGENIERO INDUSTRIAL** en la Facultad de INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, en concordancia a la Resolución del Decano N° 067-2023-D-FIIS el Jurado de Sustentación está conformado por los siguientes Docentes Ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

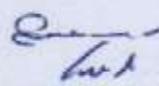
PRESIDENTE	DR. SUÁREZ RODRÍGUEZ CHRISTIAN JESÚS
SECRETARIO	DR. SAKIBARU MAURICIO LUIS ALBERTO
VOCAL	DR. MORALES CHALCO OSMART RAÚL
SUPLENTE	MG. FARFAN GARCIA JOSÉ
ASESOR	ING. MARILUZ JIMENEZ IVO WILFREDO

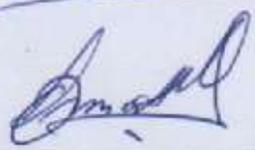
Con el quórum reglamentario de ley y de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente, se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del bachiller: **YARIN ACHACHAGUA, ANWAR JULIO** quien, habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO INDUSTRIAL**, sustenta la tesis titulada: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS CALDERAS PIROTUBULARES A FIN DE MINIMIZAR LOS COSTOS POR MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIA BRANGGI S.A.C., 2022"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera presencial en la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas;

Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, el **JURADO DE SUSTENTACIÓN** acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **15 (QUINCE)**, la presente tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099 2021- CU del 30 de junio del 2021.

Se dio por concluida la Sesión a las **13:00** horas del día 02 de junio del 2023.


DR. CHRISTIAN JESÚS SUÁREZ RODRÍGUEZ
Presidente


DR. SAKIBARU MAURICIO LUIS ALBERTO
Secretario


DR. MORALES CHALCO OSMART RAÚL
Vocal


ING. MARILUZ JIMENEZ IVO WILFREDO
ASESOR

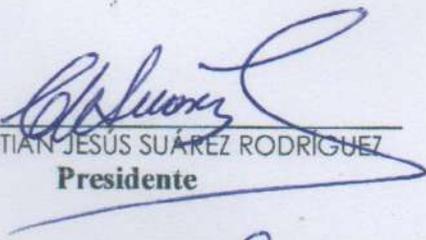


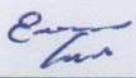
DICTAMEN

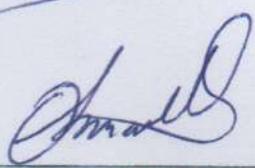
Los Miembros del JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS designados por Resolución N° 067-2023-D-FIIS, de acuerdo al reglamento de Grados y Titulo, aprobado según Resolución 099-2021-CU del 30 de junio del 2021. Artículo N° 81°, luego de haber sido revisado exhaustivamente, por cada uno de los Jurados de Sustentación de la tesis "IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS CALDERAS PIROTUBULARES A FIN DE MINIMIZAR LOS COSTOS POR MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIA BRANGGI S.A.C., 2022", presentado por el Bachiller, YARIN ACHACHAGUA, ANWAR JULIO.

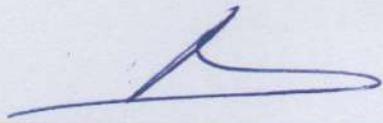
Por lo tanto, los Miembros del JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS, esta Comisión DICTAMINA como APROBADA la tesis "IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS CALDERAS PIROTUBULARES A FIN DE MINIMIZAR LOS COSTOS POR MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIA BRANGGI S.A.C., 2022.

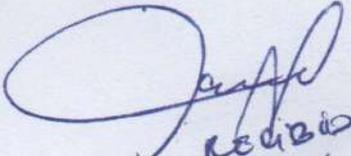
Callao, 02 de junio del 2023.


DR. CHRISTIAN JESÚS SUÁREZ RODRIGUEZ
Presidente


DR. SAKIBARU MAURICIO LUIS ALBERTO
Secretario


DR. MORALES CHALCO OSMART RAÚL
Vocal


ING. MARILUZ JIMENEZ IVO WILFREDO
ASESOR


RECIBIDO
02/06/23

ÍNDICE

INFORMACIÓN BÁSICA	5
ÍNDICE	8
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	11
INTRODUCCIÓN	12
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 Descripción de la realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema	19
1.3. Objetivos.....	19
1.4 Justificación	20
1.5 Delimitantes de la investigación	21
II. MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes: internacional y nacional.....	23
2.2. Base teórica:	28
2.3. Marco Conceptual:	30
2.4. Base Epistemológica.....	36
2.5. Definición de términos básicos	38
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	40
3.1 Hipótesis general e hipótesis específicas	40
3.1.1 Operacionalización de Variables	41
IV. METODOLOGÍA DE LA TESIS	44
4.1. Diseño de investigación.....	44
4.2. Método de Investigación:.....	45
4.3 Población y muestra	45
4.4. Lugar de estudio.....	47

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	47
4.6. Análisis y procesamiento de datos	48
4.7. Aspectos Éticos en Investigación	48
4.8. Estudio Técnico	48
V. Resultados.....	93
VI. DISCUSIONES	99
VII. CONCLUSIONES	100
VIII. RECOMENDACIONES.....	101
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
ANEXO N° 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	106
ANEXO N° 2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	108
ANEXO N° 3. Ficha de autorización de uso de datos de la empresa.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables	41
Tabla 2. Especificaciones técnicas de la Caldera piro tubular	43
Tabla 3. Registro de costo promedio de mantenimiento año 2021	44
Tabla 4. Componentes de la caldera piro tubular.....	56
Tabla 5. Estudio de la frecuencia de fallos de los equipos y sus detalles.	58
Tabla 6. Nivel de Criticidad AMEF.	61
Tabla 7. Especificaciones del Mantenimiento	67
Tabla 8. Tabla 8: Costo de implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad.	69
Tabla 9. Costo de mantenimiento del antes y después.....	70
Tabla 10. Cronograma de actividades para la elaboración de la tesis	89
Tabla 11. Estadísticos descriptivos de CM pre test.....	90
Tabla 12. Estadísticos descriptivos de CM pre test.....	91
Tabla 13. Prueba de normalidad de pretest.	91
Tabla 14. Prueba de normalidad de pretest.	92
Tabla 15. Matriz de consistencia.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Instalaciones de la empresa de Agroindustria BRANGGI S.A.C. en San Martin de Porres.	42
Figura 2. Matriz de Críticidad.	60
Figura 3. Se observa el grafico de normalidad de PRECost	92
Figura 4. Se observa el grafico de normalidad de POSCost	93
Figura 5. Se observa la Prueba T de Student	94

INTRODUCCIÓN

El sector agroindustrial, es una industria que se encuentra en crecimiento constante en el país, esto debido a su riqueza de flora, la cual es valorada en el exterior, de esa forma la industrialización de la agricultura permite realizar la exportación de una gran diversidad en los productos agrícola, ya que en nuestro país se desarrolla de forma artesanal o semiindustrial.

Una parte del desarrollo industrial en el sector agrario, es el de brindar un valor agregado a los elementos que se cultivan y cosechan, es decir, el producto se procesa de forma que cumpla con los requisitos mínimos para realizar su comercialización. En ese sentido, se entiende existe una necesidad de brindar un procesado industrial en el que se pueda precisar y utilizar los equipos y maquinarias para poder sistematizar el proceso y mejorar el desempeño en la producción.

Continuando lo expresado anteriormente, uno de estos equipos usados para el desarrollo industrial, es la caldera piro tubular, la cual es un equipo que permite el calentamiento del agua para el procesado de alimentos, la cual permite un adecuado suministro de agua saturada para desinfección o procesado de plásticos, por lo que se procura su funcionamiento dentro del sector industrial.

Durante el año 2021 se produjo una fuerte falla en la caldera piro tubular de la empresa agroindustrial AGROINDUSTRIA BRANGGI S.A.C. la cual debido a constantes fallas incito a la empresa a realizar el mantenimiento respectivo. En este sentido, la empresa inicio su protocolo de mantenimiento asumiendo un gasto mensual de S/.10200.00 la cual, tras otros elementos a adoptar en el mantenimiento del equipo, se identificó un gasto de S/.103450.00; en este punto, el equipo en mantenimiento requirió de una fuerte inversión para su adecuada manutención.

Es por lo ante mencionado que surge esta tesis el cual tiene la finalidad de establecer las causas de los fallos del protocolo de mantenimiento dentro de la institución, con el fin de minimizar los costos por la realización del

mantenimiento pertinente del equipo. Se brinda una alternativa de gestión por medio de un plan, el cual permitirá implementarlo en el mantenimiento, logrando de esta forma, reducir los gastos producidos en el último mantenimiento del equipo.

Es con ello que en la presente redacción podrán observar a detalle el conjunto de elementos, ya sea de forma teórica como prácticas, que permitiendo la definición, conceptualización, planteamiento de un método y brindar las pautas a seguir implementar un plan que permita un mantenimiento que minimice los costos de la caldera.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

A nivel mundial, una medida de gestión energética utilizada para ahorrar combustible en las industrias pesqueras que emplean vapor saturado como fuente principal en sus procesos de intercambio de calor es el uso del aceite residual de pescado. Este subproducto se utiliza en la combustión de calderas piro tubulares, siempre y cuando se mezcle con petróleo industrial. Esta mezcla puede aumentar el poder calorífico inferior en un promedio del 90%, lo que resulta en una reducción significativa del consumo de combustible en las calderas. Esta práctica permite aprovechar de manera eficiente un recurso valioso y contribuir al ahorro energético en la industria pesquera.

A lo largo del tiempo, el concepto de mantenimiento ha adquirido una gran importancia en el ámbito empresarial, ya que se ha demostrado que es un factor clave para la competitividad, la productividad y la preservación de los recursos y sistemas de una empresa.

A nivel internacional, las empresas han adoptado estándares de trabajo más competitivos y han implementado herramientas avanzadas para su crecimiento. Países como Brasil, México, Chile, Argentina y Estados Unidos, entre otros, han aplicado el mantenimiento planificado o predictivo como una estrategia para mejorar su competitividad. Estas prácticas permiten a las empresas prevenir y anticiparse a posibles fallas y optimizar el rendimiento de sus activos, lo que contribuye a su éxito en el mercado.

Desde la aparición de las máquinas industriales, el mantenimiento ha sido y seguirá siendo de suma importancia, ya que juega un papel fundamental en la detección y corrección de las irregularidades que se presentan en el entorno industrial. En la actualidad, el mantenimiento ha adquirido una posición destacada en los procesos de producción modernos, especialmente en lo que respecta a la confiabilidad de las empresas. Uno de los aspectos más esenciales es el enfoque en mejorar la confiabilidad de los equipos, lo cual reduce los inconvenientes causados por imprevistos y evita costos elevados. Aplicar metodologías de mantenimiento adecuadas permite mejorar la rentabilidad y el rendimiento de los servicios de producción. En resumen, el

mantenimiento se ha convertido en un recurso crucial para combatir las fallas en el entorno industrial, y su correcta implementación contribuye al progreso y éxito de las empresas.

El sector industrial presenta varias problemáticas que se encuentran asociadas con la gestión administrativa de sus recursos y su impacto en la productividad, una de estas áreas administrativa es la industria química, la cual tiene problemas al presentar una repercusión directa sobre el presupuesto, una de las sub líneas de esta industria es la industria de alimentos, en ese sentido el sector agroindustrial no es ajeno a estas temáticas y por ello la cual presenta dificultades en la administración y gestión del presupuestos por desconocimiento de métodos del mantenimiento en el que muchos de sus procesos de producción requieren de equipos que contengan una evaluación constante y pertinente para permanecer vigentes en los estándares de productividad. Dentro de la industria química, se encuentra la industria de alimentos, donde se tiene el uso frecuente de las calderas para el proceso de transformación o valor Agregado” (Muñoz, Menéndez y Gonzales, 2020; pg. 4)

Desde esa perspectiva la industria agroindustrial buscan una forma de garantizar la continuidad de sus equipos, siendo uno de los más importantes del sector que depende de las calderas, debido a que estas máquinas son elementos que transforman el potencial energético de los combustibles en energía térmica por medio del vapor, este proceso se le denomina intercambio de calor; de esta forma, se emplea este poder calorífico sea para la realizar el procesado de elementos en el sector o para el intercambio calorífico con otras sustancias para el procesado energético.

La industria agroindustrial busca una forma de garantizar la continuidad de sus equipos, siendo uno de los más importantes las calderas, debido a que estas máquinas son elementos que transforman el potencial energético de los combustibles en energía térmica por medio del vapor, este proceso se le denomina intercambio de calor; es así que se emplea este poder calorífico para realizar el procesado de elementos en el sector o para el intercambio calorífico con otras sustancias para el procesado.(Casas, Roa y Erwin, 2022).

En la industria, las calderas generadoras de vapor desempeñan un papel crucial en los procesos productivos. Sin embargo, llega un momento en que estas calderas alcanzan el final de su ciclo de vida y las empresas se ven en la necesidad de darlas de baja y adquirir nuevos equipos, los cuales suelen ser costosos. Ante esta situación, se plantea una alternativa: realizar un mantenimiento "overhaul" en los equipos que aparentemente han llegado al final de su vida útil y transformarlos en equipos plenamente funcionales. Esta práctica permite reducir significativamente los costos, ya que se evita la adquisición de nuevos equipos. Además, al aprovechar al máximo la vida útil de las calderas, se contribuye a una gestión más sostenible y eficiente de los recursos. El mantenimiento "overhaul" se presenta como una estrategia viable para optimizar el rendimiento y prolongar la vida útil de las calderas, generando beneficios tanto económicos como ambientales para las industrias.

Las empresas dedicadas al rubro agroindustrial, realizan un control adecuado del funcionamiento de sus equipos a fin de influir en la producción; de forma que se garantice el funcionamiento productivo de estos equipos y su servicio en la eficiencia productiva de la entidad, es por ello que se le brinda un seguimiento exhaustivo en su funcionamiento y con ello que se brinden el servicio de mantenimiento y correcciones adecuados (Muñoz, Menéndez y Gonzales, 2020).

Las empresas buscan en las calderas piro tubulares requieren una forma de implementar un tipo de mantenimiento adecuado ya que de esta forma se garantiza la disponibilidad y confiabilidad de equipos críticos. Este plan les permite a las empresas identificar las posibles fallas y accidentes, así como brindar soluciones efectivas al anticiparse a posibles problemas y realizar las correcciones necesarias. Además, la planificación adecuada del mantenimiento les permite cambiar los repuestos de manera anticipada y asegurar el correcto funcionamiento del equipo. Por otro lado, cuando las empresas no cuentan con un plan de mantenimiento o este es deficiente en cuanto a estrategias efectivas, aumenta el riesgo de fallas en los equipos, especialmente si no se realiza un seguimiento y atención adecuada a las calderas.

“Es de gran importancia la evaluación en el manejo de calderas, porque, por medio de la combustión, se logran transformar el combustible en energía térmica” (Muñoz, Menéndez y Gonzales, 2020; pg. 4)

Los equipos a vapor, que funcionan mediante calderas y utilizan agua blanda y presión, representan una tecnología avanzada en el ámbito de la desinfección y sanitización de superficies. Estos equipos son capaces de elevar la temperatura del agua hasta los 120°C, una temperatura que resulta letal para la mayoría de los microorganismos, especialmente aquellos de importancia epidemiológica. Mediante la combinación de presión y temperatura, el agua se convierte en "vapor seco", una forma física del agua que posee propiedades desinfectantes significativas. El "vapor seco" tiene la capacidad de eliminar hasta el 99,9% de los patógenos presentes en las superficies en cuestión de segundos. Esto se debe al impacto térmico que se genera al aplicar el vapor seco sobre una superficie con una temperatura inicial entre los 20°C y 30°C. Al alcanzar una temperatura de 100°C, el vapor seco logra desinfectar y sanitizar la superficie rápidamente. En resumen, los equipos a vapor ofrecen una solución altamente efectiva y eficiente para eliminar microorganismos y garantizar la sanitización de diferentes tipos de superficies.

Es por ello las empresas dedicadas al rubro agroindustrial, realizan un control adecuado del funcionamiento de sus equipos a fin de influir en la producción; de forma que se garantice el desempeño productivo de estos equipos y su servicio en el desempeño productivo de la entidad, es por ello que se le brinda un seguimiento exhaustivo en su funcionamiento y con ello que se brinden el servicio de mantenimiento y correcciones adecuados.

Sin embargo, una problemática que surge constantemente en el rubro agroindustrial, es la falta de actividades correspondiente al mantenimiento para los equipos y del monitoreo correspondiente. Logrando de esta forma, un óptimo funcionamiento en los equipos, de esa manera se presentan un conjunto de procedimientos que no se encuentran vigentes para los cuidados de los equipos y que presentan una repercusión directa en la eficiencia de producción del equipo.

En la actualidad, vivimos en una era caracterizada por el conocimiento y el avance de las tecnologías de la información. En este contexto globalizado, las empresas se ven obligadas a adaptarse a los cambios y aprovechar las oportunidades que la modernidad y la globalización les brindan. Para mantener su competitividad, las empresas deben utilizar herramientas y métodos innovadores y efectivos. Esto implica la incorporación de tecnologías avanzadas, como el uso de software especializado, la implementación de sistemas de gestión eficientes y la aplicación de estrategias de marketing digital, entre otros. Estas prácticas les permiten mejorar su productividad, optimizar sus procesos y adaptarse a las demandas del mercado de manera más ágil.

La norma técnica peruana NTP 350.301 de 2009 establece los estándares de eficiencia para las calderas en el Perú. Esta norma se aplica a las calderas tipo piro tubular y acuotubular que no tienen equipos de recuperación de calor y utilizan combustibles sólidos, gaseosos y líquidos derivados del petróleo.

La norma establece las especificaciones para las calderas, como la potencia que va desde 98 a 11,772 kW (10 a 1200 BHP), la presión relativa que puede llegar hasta 2069 kPa (300 psi) para las calderas piro tubulares, y la temperatura que se considera saturada.

Además, la norma NTP de eficiencia de calderas establece rangos y categorías de eficiencia térmica para las calderas de vapor saturado. La categoría A tiene un rango de eficiencia mayor al 82%, la categoría B se encuentra entre el 80% y el 82% de eficiencia, y la categoría C abarca un rango de eficiencia entre el 78% y el 80%.

La Norma Técnica Peruana 350.300:2008 también proporciona un procedimiento para determinar la eficiencia térmica de las calderas industriales. Este procedimiento incluye métodos directos, que implican la medición del flujo de vapor y el flujo de combustible, y métodos indirectos, que permiten determinar las pérdidas en la caldera.

En el año 2021, la caldera piro tubular presentó un defecto en el cuarto de máquinas de la empresa agroindustrial AGROINDUSTRIA BRANGGI S.A.C.

Este accidente fue producido por las constantes fallas que se presentaron en el equipo, esta información fue brindada por la misma empresa, la cual comenzó a realizar el mantenimiento correctivo respectivo. La empresa inicio su protocolo de mantenimiento, asumiendo un gasto mensual de S/.10200.00 la cual, tras el surgimiento de complicaciones en el mantenimiento, se requirió un gasto que alcanza la suma de S/.103450.00; en ese sentido, el equipo de mantenimiento requirió de una fuerte inversión para su adecuada manutención. Se puede percibir entonces que se presenta un contexto en el cual debe desembolsar una gran inversión para reponer la caldera, la cual no se tiene registro de su eficacia y rendimiento en función al mantenimiento que recibe, de esa forma se requiere conocer si existe otra forma de brindarle el mantenimiento pertinente que se reduzca el costo de mantenimiento.

1.2. Formulación del problema

Problema general

¿De qué forma influye la implementación del plan RCM para el mantenimiento de la caldera piro tubular a fin de minimizar los costos por mantenimientos en la empresa agroindustrial BRANGGI S.A.C.?

Problemas específicos

Problema Específico 1 (PE1)

¿De qué forma se elabora el AMEF en la caldera piro tubular para disminuir los costos por mantenimiento de la empresa BRANGGI S.A.C.?

Problema Específico 2 (PE2)

¿De qué forma se puede visualizar los componentes de la caldera piro tubular para disminuir los costos por mantenimiento de la empresa BRANGGI S.A.C.?

1.3. Objetivos

Objetivo general

Determinar la influencia del plan de RCM para el mantenimiento de la caldera piro tubular a fin de reducir los costos de mantenimiento en la empresa BRANGGI S.A.C.

Objetivos específicos

Objetivo específico 1 (OE1):

Elaborar un análisis AMEF en la caldera piro tubular a fin de reducir los costos de mantenimiento de la empresa BRANGGI S.A.C.

Objetivo específico 2 (OE2):

Elaborar una matriz de criticidad sobre los distintos componentes de la caldera piro tubular a fin de reducir los costos de mantenimiento de la empresa BRANGGI S.A.C.

1.4 Justificación

Esta indagación ha tomado en consideración los siguientes justificantes para su realización, las cuales son expuestas de manera subsiguiente en los siguientes párrafos:

Justificación Teórica

Desde una perspectiva teórica, el estudio abarca las bases teóricas detrás del análisis por medio del AMEF la cual formara parte del plan a implementar para el mantenimiento continuo de la caldera; así como el establecer las bases de la matriz de criticidad para evaluar los elementos dispuestos en la caldera, en ese sentido se justifica su desarrollo del trabajo desde la teoría.

Justificación Metodológica

En el marco metodológico, se brindará una conjunción detallada de procedimiento para el análisis y estudio de plan de mantenimiento con el uso del método científico en las cuales las dos variables tanto independientes y la dependiente van a permitir demostrar el empleo de una indagación sistémica,

puesto que el estudio presenta como uno de sus puntos la definición de la relación de sus elementos.

Justificación Práctica

Desde un punto práctico se justifica de forma práctica, debido a que se aplicará del método de vallas y el uso procedimientos de análisis de elementos de la Caldera piro tubular en ese sentido su implementación en la empresa traerá un beneficio, puesto que incrementa la eficiencia de los procesos de mantenimiento y brinda una mayor eficiencia para la solución ante problemas de fallas. Con lo cual repercute en la disposición de la empresa para su funcionamiento y empleo del equipo.

Justificación Económica.

Tomado del ámbito económico, la tesis se justifica netamente en el impacto del costo de mantenimiento del equipo, su implicancia en la eficiencia de la empresa para su disposición en su funcionamiento, tanto de la capacidad de procesamiento de agua como su disposición para procesarla, en sentido a la implicancia del flujo de caja. Por lo expuesto, la investigación pretende incrementar la eficiencia para el proceso de almacenamiento, consiguiendo de esta forma un aumento en la producción de la empresa.

1.5 Delimitantes de la investigación

Teórica.

Por parte de la base teórica, se presenta las limitantes de disposición conceptual de lo que viene ser una caldera piro tubular, puesto que este se encuentra en un lenguaje técnico y por ende requiere su propia fundamentación para dar a entender de su definición y su connotación para los lectores de la presente tesis.

Temporal.

La presente investigación se realizará dentro de los meses de julio a diciembre del año 2022; además de ello, cabe indicar que se presenta una

limitante en el tiempo a disponer para la implementación del plan de mantenimiento.

Espacial.

Esta indagación presenta como limitante espacial la disposición de la empresa agroindustrial BRANGGI S.A.C. la cual se encuentra localizada en Lima Metropolitana, en este sentido la institución ha brindado las facultades de publicar los datos encontrados por el estudio.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes: internacional y nacional

Antecedentes internacionales.

Mansir, Mansour y Habib (2021) presentan un estudio “Un modelo numérico de un reactor de transporte de oxígeno de dos pasos para calderas piro tubulares” tuvo presentan como objetivo principal a las propiedades de transferencia de calor al agua saturada y al vapor a varias presiones operativas, emisividades y conductividades térmicas. Sus resultados obtenidos indicaron que el efecto de variar la carga térmica de la Caldera resultó en una ligera disminución en el calor transferido en solo alrededor del 2% a 50 bar, a una tasa de encendido de combustible fija. También encontraron que la eficiencia de la combustión disminuyó solo alrededor del 0,03%, lo que se considera insignificante y que la conductividad térmica óptima de la tubería interior para entregar el calor más alto a la carga asegurando la disponibilidad de la llama, la máxima eficiencia de combustión del 98,58 % y la transferencia de calor óptima se encuentran en 0,1 W/m-K.

Muñoz, Méndez y González (2020) en su artículo tuvo como objetivo el establecer el grado de influencia que se presenta entre el manejo de las carderas y su impacto ambiental por parte del empresariado presente en la ciudad de Guayaquil. En su artículo, se implementó un diño no experimental transversal, donde se aplica una investigación descriptiva y correlacional. Los resultados adquiridos indican que el manejo por la Caldera industrial el equivalente de la variable independiente, estas mantienen una influencia positiva moderada con la variable correspondiente, la cual es dos, puesto dentro del trabajo como el área ambiental.

Roslyakov, Pleshanov, Supranov, et all, (2018) En su artículo se ofrecen las formas de solución de los problemas como el problema del cálculo sobre el calor de las Caldera piro tubulares, esto permite desarrollar un modelo informático de una Caldera piro tubular de agua caliente y utilizarlo en el proceso de diseño. Se realizo la creación de una Caldera de agua caliente piro tubular de 3 MW de potencia térmica, destinada a la combustión de crudo,

gasóleo y gas natural. Debido a los métodos normativos existentes de cálculo de calor de Caldera se crearon principalmente para Caldera de tuberías de agua de alta capacidad térmica. Se concluyó que la base del programa Boiler Designer se desarrolla el modelo informático de una Caldera de agua caliente piro tubular. Se ha utilizado con éxito en el diseño de una nueva Caldera con una capacidad térmica de 3 MW. Dos de estas Caldera fueron fabricadas, probadas y están en proceso de operación.

Cañas (2021), presenta una investigación el cual tiene como objetivo principal “Establecer criterios y metodologías que se deben realizar en trabajos de mantenimiento mayor de una caldera piro tubular, con el fin de reestablecer las condiciones óptimas de operación de esta y detectar daños de integridad del equipo”. Como resultado de la inspección END, no se detectó ningún efecto sobre las propiedades metalúrgicas del punto de tubería evaluado, y no se detectaron visualmente defectos que causaran fugas en la tubería. De acuerdo con los END realizados, ninguna de las tuberías resultó condenada debido al proceso de expansión. La revisión es de grado D, con una reducción de riesgo del 70% y una incertidumbre del 51%. Se logro concluir que logro implementar una operación de mantenimiento mayor a la caldera piro tubular de 900 BHP de acuerdo a los códigos pertinentes, teniendo en cuenta el estado actual del equipo, datos históricos y con el objetivo de restablecer su correcto funcionamiento y sistemas mecánicos. integridad, considerando que es un equipo multidisciplinario de diferentes líneas y considerando posibles mecanismos de daño.

Guananga y cando (2021) presentan una tesis, la cual tienen el objetivo de establecer un plan de mantenimiento el cual este apoyado por el estudio enfocado en la distribución, lo cual causaría que la empresa comience a funcionar de forma inmediata aparte de que se debe dar una evaluación repetitiva en cierto lapso de tiempo, esto con la finalidad mostrar si es eficiente el procedimiento para el mantenimiento. Las conclusiones indicaron que elaborado el nuevo proceso para distribuir los sistemas que funcionan al evaluarlos por medio de las revisiones técnicas. Con ello se logró definir el conjunto de etapas planteadas para mantener los equipos de un estilo

preventivo y correctivo, a partir de las revisiones técnicas, y guías de las máquinas con la capacidad de los colaboradores.

Guevara y Orta (2022) presenta en su investigación realizada en Ecuador, se desarrolló de un procedimiento que tiene que ver con el mantenimiento overhaul, lo cual es la implementación de caldera de 5 BHP base y otras que pueden llegar a soportar 350 BHP y con ello realizar la presentación de una forma para restaurar las distintas máquinas en ese sentido se bosquejó una forma de analizar los elementos con prioridad dentro del equipo, esto es posible por medio de las etapas de la evaluación de criticidad API, con ello tiene la facultad de determinar los elementos que requieren del mantenimiento y con ello proceder con su cuidado. Finalmente, se logra conocer que la disposición de un método de análisis de elementos principales de una Caldera permite analizar cada sección de la misma y con ello poder detectar las zonas para atender y facilitar su cuidado.

Casas, Roa y Castro (2022) presentan en su investigación el objeto de “una conceptualización de un plan de PM para la Caldera piro tubular de la empresa Frigorífico Valle de Tenza S.A. en Bogotá”, adquirieron una Caldera piro tubular con el fin de garantizar la inocuidad con el fin de avalar la inocuidad, con la limpieza de utensilios de los operadores entre puestos de trabajo y el rendimiento en el procesamiento de los subproductos. Se logró concluir que las paradas no programadas en equipos críticos generan grandes pérdidas de producción, por ello al tener un plan de mantenimiento los equipos están cobijados de un seguimiento en su funcionamiento. Lograron establecer que dentro de las diferentes metodologías de mantenimiento la que mejor nos podía favorecer era una como propuesta que incluyera una herramienta que llevará el mantenimiento de un equipo en forma específica a cada componente con el fin de dar mayor garantía del funcionamiento de la Caldera es así como se definió el plan de PM con la herramienta (AMEF) una que también es utilizada para la metodología RCM la ajustamos para desarrollar esta valiosa tesis.

Herrera y Betancourt (2018) en su investigación, realizaron una investigación de riesgo, con el objeto de implementar una inspección de riesgo,

gracias a esto se logró establecer las actividades esenciales para la detección del deterioro previo a una falla. En caso del plan de desarrollo, lograron elaborarlo en una matriz de criticidad de equipos, este está basada según normativa, lo cual se realizó una evaluación FEMA para la identificación de los modos de fallas. Se logra concluir que el plan basado en RBI, les brindo la capacidad de establecer la criticidad de la maquinaria y sus elementos. También elaboraron y desarrollaron un modelado de la matriz de riesgo y criticidad, el cual después le la implementación del diagnóstico, este dio una calificación competente.

Antecedentes nacionales.

Adama y Ipanaque (2019) presentan un trabajo de investigación el cual tiene como objetivo principal el implementar un sistema que alimentara a cuatro Caldera piro tubulares de 400 Bhp por medio de gas natural, siguiendo con la norma NTP 111.0101, con la finalidad de reducir la polución ambiental”. Lograron implementar un método tecnológico para su realización de forma que se determinó el sistema de conducción a la vez, con ello establecer el potencial calorífico de 12×10^3 MBTU/h en las Caldera. Se logró concluir que por medio d si diseño en el sistema que alimenta de gas natural, logra abastecer a 4 Calderas que presentan una potencia de 0.4 kBHP, a fin de estar a regla con la normativa del Perú y con ello garantizar un correcto desempeño de los equipos dentro del sector.

Risco (2019) indica en su tesis que tuvo como objetivo el implementar un análisis sobre el consumo energético de la Caldera piro tubular a carbón, esto con la finalidad de conocer su estado en el que se encuentra, además se propuso una estrategia de mejora para ayudar en la reducción de costo de la generación del vapor. Ayudando de esta a reducir las propagaciones de los gases nocivos que se producen. Se concluye que se consiguió el desarrollo del análisis energético, a su vez, logro elaborar un diagrama que se encuentra en proceso de mejoría para procesar térmicamente la Caldera, con ello nos muestra la cantidad que ha rendido el equipo actual, después de realizado la

implementación del método de cálculos, esto equivaldría a un 55% debido a la fuga energética fijada y con variabilidad que presenta. Para las caídas fijadas se presenta un 8,65% producidas por convección, en tanto las purgas brindaron un 2,33%, para el hogar se tiene dispuesto un 3,68%; en tanto para el otro tipo se observó que elementos como la chimenea produce una pérdida total del 31,09% en pérdida.

Carrión y Maquera (2018), indicaron en su tesis que el objetivo de detectar las fallas que se producen las Caldera piro tubulares de 150BHP por medio del análisis comparativo que se genera por medio del diagrama de Stanley. Se concluyo en la realización con eficiencia del ensayo de la evaluación química de los productos por combustión o humos, en el que se emplearon al analizador de gases a fin de obtener unas muestras del área de la chimenea del equipo, los datos arrojados por el instrumento es lo que ha brindado el índice porcentual de la presencia de CO, CO₂ y O₂ dentro del hollín del área.

Allauca (2019), en su investigación tiene como principal objetivo el proponer una estrategia de mantenimiento RCM el cual mejorara la disponibilidad de los calderos. Se llego a la conclusión que los datos técnicos encontrados sobre los calderos son fundamentales, en cuanto a la evaluación exhaustiva dio como resultado el saber a detalle las funcionalidades de la realización de la gestión para el proceso de mantenimiento. También logró realizar la descripción de lo realizado dentro del caldero. En esta, describe a la organización de forma detallada las funcionalidades y metas que presentaba la sistematización del mantenimiento.

Marca y Humpiri (2021) presentan una investigación, la cual tiene como principal objetivo el implementar una guía de pasos para la evaluación de seguridad por medio de un sistema de monitoreo de la Caldera piro tubular, la finalidad del objetivo es el facilitar un material que brinde los pasos a seguir en secuencia para hacer el procedimiento. Lograron concluir por medio de la aplicación del instrumento que y sus resultados conocer el índice de riesgo que presenta los elementos internos de la Caldera y la bomba. Requirieron por medio del índice de probabilidad de fallo atender los elementos que

presentaban dentro de los rangos del 70% al 85% para solucionar su problemática y mejorar el desempeño que llevan realizando en su área laboral.

2.2. Base teórica:

Mantenimiento:

Se define al mantenimiento como un conjunto procedimientos o acciones las cuales tienen que realizarse sobre una maquinaria o instalación que presentan la característica de estar defectuosa o que presente alguna falla de forma que se logre restaurar su condición a fin de que pueda cumplir con su funcionalidad operativa.

El concepto que se le da a la palabra mantenimiento es el de un conjunto de actividades a realizar en las instalaciones. Estas actividades cumplen con la función de extender la vida útil de las máquinas. Las acciones que se realizan en el mantenimiento son vitales para la mejora de los aspectos de la organización como lo vendría a ser el funcionamiento, seguridad, productividad, confort, entre otros (Suca, 2018).

Toda serie de acciones que se deben de realizar por partes de las personas encargadas del área, con el objetivo de que las maquinas o equipos que se encuentren en la instalación donde estas trabajan para concretar las tareas que se efectúan en el área. Es por ello que las maquinas deben de estar en las condiciones óptimas para evitar las complicaciones o desastres que puedan ocurrir por los errores de los artefactos (Pérez, 2021).

Los mantenimientos son acciones necesarias para cumplir con las tareas de las maquinas, pero estas acciones retrasan el mantenimiento correctivo el cual debe de ser permanente. El mantenimiento da inicio cuando el quipo realiza una limpieza de rutina, para esto se implementan herramientas adecuadas o el uso de reparaciones en casos extremos (Suca, 2018).

Tipos de mantenimiento:

Predictivo: Es un proceso de verificación del equipo por medio de la detección de anomalías en el funcionamiento en función a ciertos estándares de funcionamiento.

Preventivo: Es un proceso de refacción antes de que probablemente ocurra una falla o desgaste a manera de reducir el riesgo de paro del equipo o local.

Programado: Es la revisión de fallas en periodos de tiempo programados y realizar las refacciones necesarias.

Correctivo: Es el proceso de reparación que se lleva a cabo luego de que haya ocurrido una falla no programa,

Proactivo: Es el proceso de mantenimiento grupal en el que se vela por el estado óptimo del equipo a manera de mejorar la eficiencia de producción.

Productivo Total: Es la gestión administrativa de las máquinas para no presentar fallas o en su defecto no interrumpir la cadena de producción.

Disposición de los equipos

La disposición de un equipo es la seguridad en que el equipo este reparado y pueda cumplir con sus funciones de forma que pueda cumplir con la perspectiva que se le tiene. Además, se refiere al tiempo en que el equipo se encuentra preparado y listo para operar. (Mesa et al, 2006 citado por Chávez y Robles, 2021).

Una de las acciones que realiza la disposición de los equipos es la evaluación del rendimiento de los elementos los cuales realizan una acción determinada, es lo que se considera a la disponibilidad de equipos. (ALS, 2020 citado por Bances y Llontop, 2021).

La disponibilidad de los equipos es una función, la cual permite calcular el porcentaje del tiempo en el cual el equipo es disponible para poder cumplir con la función para la cual fue creada y diseñada. (Pérez, 2021 citado por Chávez y Robles, 2021).

Costos fijos y variables

Costos fijos

Los costos fijos se caracterizan por ser independientes al volumen de la productividad o de las ventas de la empresa. En este tipo de costo se puede resaltar a los trabajadores, los alquileres seguros, los servicios, entre otros. (Gonzales, 2016 citado por Cacuango, 2021). Los costos fijos son independientes y no son modificables a través del tiempo como lo vendría a ser

el salario de los colaboradores del área de mantenimiento. (Rivera, 2011 citado por Ríos y Quispe, 2019).

Costos variables

Los costos variables contemplan la peculiaridad de proporcionar precaución a la producción de una empresa. Se puede resaltar que estos costos se encuentran conformado por los recursos básicos para cumplir con la actividad como lo son la fuerza laboral, la materia prima, los consumos de luz y agua, entre otros (Gonzales, 2016 citado por Cacuango, 2021). Los costos variables son modificables al nivel de las actividades de la empresa. (Rivera, 2011 citado por Ríos y Quispe, 2019).

2.3. Marco Conceptual:

Mantenimiento enfocado en la confiabilidad (RCM)

El RCM es una metodología de enfoque tecnológico que permite conocer la demanda de mantenimiento para ello se deben adoptar una serie de estrategias de mantenimientos a fin de salvaguardar la fiabilidad de los equipos o áreas con los que se trabaja con el objetivo de garantizar la seguridad desde una perspectiva económica.

El RCM viene hacer el proceso utilizado para la determinación de los requisitos de mantenimiento que necesita cualquier equipo físico. El RCM es usado en diversas compañías del mundo, las cuales van desde las petroleras hasta las de manufacturación de armas (Melendres,2019).

El RCM se le es reconocida por su metodología, la cual es extensa y se usa en la elaboración de planes para el mantenimiento. Esta metodología involucra las estrategias encargadas del mantenimiento. (Campos, Tolentino, Toledo y Tolentino,2019).

El RCM es un proceso y también una filosofía de mantenimiento la cual es utilizado para la determinación de que se debe de realizar para poder garantizar que cualquier activo físico continúe ejecutándose como los usuarios desean. (Moubray, 1997 citado por Flores y Molina, 2021).

Costos de mantenimiento (CM)

Se denomina al CM a la suma económica invertida siendo representado por distintos elementos dentro de la institución, siendo este esfuerzo del personal, materiales requeridos o recursos para realizar los procesos del mantenimiento, logrando de esta forma asegura el equipo y que este vuelva a la cadena de producción.

Los CM se refieren al valor que se debe de pagar para poder conservar o restaurar las maquinas, estos costos están divididos de diversas formas. (Pinzón, Forero y Albarracín, 2020)

El CM se compone por cinco elementos los cuales son el personal, el material, los terceros, la depreciación y la perdida en la infraestructura. Estos elementos contienen tres subdivisiones los cuales son los costos directos, costos indirectos y los costos administrativos. (Tavares, 2014 citado por Vásquez, 2019).

Los CM vienen a sestar ligados a la mayor o menor frecuencia de las actividades de mantenimiento que se realicen, estas actividades estarán dependientes de la tasa de fallas de los componentes, de la vida útil y de un adecuado programa de inspección. (Vásquez, 2019).

En la toma de decisiones que estén enfocadas para estructurar los CM, se tienen que tomar presente a un administrados. La estructura de CM tiene como tarea principal el reducir los costos que son usados para el mantenimiento (Cacuango, 2021)

Los CM tienen una relación que conecta con las tareas de mantenimiento ya que tiene que administrar los costos, la fuerza de trabajo, los de materiales, las respuestas o refaccione, entre otros. También los costos de mantenimiento se relacionan con la perdida de producción debido a las fallas de los equipos. (Espinoza, 2013 citado por Ríos y Quispe, 2019).

Tipos de costo asociados:

Costos dirigidos a las tareas de mantenimiento: de los elementos que se encuentra conformado los costos dirigidos, resalta los gastos administrativos que son usados para fuerza de trabajo, los costos fijos y los costos del mantenimiento.

Costos dirigidos a las pérdidas producidas por las fallas: a causa de las fallas que se producen en las máquinas y a la disminución en las actividades de producción, generan una pérdida en los productos generados.

Método de Falla (AMEF):

La metodología de análisis AMEF se define en un conjunto de procesos estructurados que realizan el análisis sistemático para los sub sistemas de los equipos de manera que se realice el estudio de abajo hacia arriba de los mismos y se realice una evaluación de fiabilidad de los componentes a fin de realizar un seguimiento de los sistemas.

El AMEF contiene un método, debido a que es una herramienta de gran importancia cuando se habla del mantenimiento, el cual permite centrarlo y ser confiable. Es por este motivo que resulta efectivo cuando se quiere realizar una gestión en el mantenimiento. Por esto motivos es que se indica que el mantenimiento en un método que ayuda a identificar en donde se origina el problema en el equipo que ha disminuido su capacidad.

La implementación del AMEF depende de establecer las definiciones y funciones de la máquina, también depende de los modos de fallas identificados, la determinación de las fallas, ya sea por medio de sus consecuencias o efectos de estas mismas. (Rengifo 2020).

Los objetivos del AMEF son la identificación de los modos de fallos que se tiene en mayor probabilidad de pérdida de las funciones del equipo, el identificar las causas de los fallos y el origen de las mismas y, por último, la garantizarían del no malgastar el tiempo y esfuerzo en la búsqueda de los síntomas. (Torrontegui. 2021).

Objetivo de la metodología RCM

- Maximizar la seguridad y brindar la confiabilidad de los elementos en mantenimiento.
- Prevenir o mitigar los efectos de los fallos producidos en los equipos.
- Minimizar los costos de mantenimiento

Procedimiento AMEF

- 1.- Definir el proceso
- 2.- Reunir un equipo multidisciplinario

- 3.- Planificación del proceso
- 4.- Identificación de orígenes de falla y su fuente.
- 5.- Examen de criticidad y enumeración de la priorización de riesgo
- 6.- Priorización de área de enfoque en función de la puntuación RPN
- 7.- Evaluación de los resultados

Análisis de criticidad:

Se la define al análisis de criticidad como un método en el que se establece un orden jerárquico de los equipos y maquinarias en función a la criticidad que es la probabilidad de riesgo para el empleo de los equipos, de esta forma se priorizan los elementos que requieren ser atendidos y con ello brindar el recurso para su reparación y mantenimiento.

La finalidad de un análisis de criticidad en el poder determinar un método el cual emitirá el determinar la jerarquía de los procesos, equipos y sistemas en un proceso productivo, esto permitirá subdividir los elementos en diversas áreas, logrando un manejo de forma controlada. (Parra, 2012 citado por Martínez, 2018).

La evaluación de los riesgos permite el optimizar las acciones a ejecutar dentro de un programa de mantenimiento ubicando la mayor atención en aquellos elementos que se presentan un gran riesgo y restan a las acciones y recursos de los elementos que tienen un riesgo bajo. (Durán, 2021).

La implementación de un análisis de criticidad puede ser evaluada de forma cualitativa, semi cuantitativa y cuantitativa, de las cuales aquellas que se tienen implícito un proceso de cuantificación del riesgo, permitirá el optimizar y guiar los modelos de gestión del mantenimiento. (Martínez, 2018).

Una de las herramientas más confiables es el análisis de criticidad, debido a que esta podemos definir la jerarquía o prioridades de un proceso, sistema, equipos entre otro, esto dependerá del parámetro de criticidad que se proporciona al riesgo, lo cual genera una estructura que facilita tomar las decisiones. (Arias, 2020).

Calderas de vapor:

Se conoce que las calderas son generadores de vapor, estos equipos son usados en las industrias gracias a su gran utilidad en diversas áreas, ya

sea en el hogar como en el mundo. Las calderas de vapor consisten en una habitación que bombean energía por medio de la presión, también son conocidos como generadores de calor. Al mismo tiempo son quemadores y se requieren de controles para su funcionamiento automático y continuo, tales como el control de llama, control de presión, control de nivel de líquido, sistema de suministro de agua, etc. El calor se transfiere al agua a una presión por encima de la atmósfera, creando vapor que se puede utilizar

Se tiene diversos usos al vapor que se genera por las calderas, debido a que estas salen con una presión y tiene que es dirigida por sus tuberías que se encuentran aisladas. Las rutas creadas por las tuberías que transportan al vapor con presión crean una ruta la cual se transforma en un flujo del proceso. El uso principal que se le da al vapor son la de generar energía a través del movimiento de las turbinas, en donde estas turbinas son impulsadas por el vapor que intercambia de calor para distribuirla y calentar las zonas que requieren las altas temperaturas.

Tipos de calderas:

La tecnología de combustión ha permitido un incremento de los parámetros del vapor y la capacidad que esta tiene, es por ello que se proponen diversos tipos de Caldera las cuales la disposición de estas en un parámetro para su uso, las cuales son:

- **Acuotabulares**
Esta calderas se distingue por el trabajo que realiza el vapor y agua, la cual se mueve por el interior de los tubos, por otra parte, los gases son generados por la combustión rodean estos gases. Estas Calderas están diseñadas para quemar todo tipo de combustión por sus tipos de parrillas, los cuales, por medios de sus tubos, los cuales suelen tener una distribución curva, ayudan a este proceso de combustión.
- **Piros tubulares**
Estas Calderas permiten que sus fluidos con los que trabaja (agua, vapor), estén en un contenedor que es atravesados por sus tubos, permitiendo la circulación de la combustión a altas

temperaturas. En este tipo de caldera, el agua se ve evaporada por medios de los cubos que se encuentra a altas temperaturas

Diferencia entre las calderas aco tubulares y piro tubular

a. Calidad del agua:

- Caldera acuotabulares: Las calderas acuotabulares requiere de una exigencia en el agua que utiliza, en donde el agua requiere de un grado de sal baja.
- Caldera piro tubulares: Las calderas piro tubulares no requiere de una exigencia con el agua que utiliza, la cual puede procesar el agua con sal.

b. Mantenimiento:

- Caldera acuotabulares: Las calderas acuotabulares con máquinas delicadas, la cual requiere de un mantenimiento más meticuloso, la cual produce un costo más elevado.
- Caldera piro tubulares: Las calderas piro tubulares son maquinas que no tienen una forma compleja, la cual facilita el mantenimiento.

c. Revisión periódica

- Caldera acuotabulares: Para los periodos de revisión de las calderas acuotabulares, se requiere de medidas de ultra sonido y también se requiere de hacer una prueba de hidrostática.
- Caldera piro tubulares: Para los periodos de revisión de las calderas piro tubulares, se realiza una inspección ordinaria, para luego pasar con la prueba de hidrostática.

d. Costos de fabricación y calidad

- Caldera acuotabulares: Los costos de fabricación de una caldera acuotabulares es elevada.
- Caldera piro tubulares: Los costos de fabricación de una caldera piro tubular es más baja que la de una caldera acuotabulares.

e. Rendimiento

- Caldera acuotabulares: El rendimiento que producen las calderas acuotabulares es menor a baja, debido a los requerimientos y exigencias técnicas para su uso.
- Caldera piro tubulares: El rendimiento que proporcionan las calderas piro tubulares es alta, debido a las pocas exigencias técnicas que esta necesita para su funcionamiento.

2.4. Base Epistemológica

Desde la introducción de las máquinas en la producción y la instauración de la industria con la revolución industrial durante la segunda mitad del siglo XVIII con la implementación de las máquinas en la elaboración de productos; uno de los pilares que se requirieron para mantener en funcionamiento a la cadena productiva fue el mantenimiento.

Durante todo el siglo XIX al XX por medio de los desarrollos tecnológicos se generaron distintas teorías del mantenimiento, desde la realización y ejecución de la definición del mantenimiento correctivo como su concepto que viene a ser el remplazo parcial o total de componentes de la parte de un equipo dentro de la maquinaria.

El origen de otras teorías como el mantenimiento preventivo, el cual tiene como propósito el reducir el índice de aplicación de un mantenimiento correctivo surge a mediados de la segunda guerra mundial dentro de la primera mitad del siglo XX en el cual se empezó la aplicación de esta teoría de un mantenimiento ante de la ejecución de una falla del equipo, los primeros equipos en tener este mantenimiento son los aviones a los cuales se les aplicaba el mantenimiento preventivo a fin de evitar un fallo en pleno vuelo que perjudique al aeronave y cause algún accidente.

Así como el origen de otras teorías del mantenimiento, el origen del mantenimiento centrado en el índice de la confiabilidad o RCM se remontó a inicios de la segunda mitad del siglo XX, por los años 60's – 70's se tenía la problemática de los altos índices de accidentes de las aeronaves en especial las utilizadas en el ámbito comercial, esto se debía al poco tiempo que se tienen disponibles a las naves para una correcta inspección sumado a la demanda de los vuelos lo cual originó una gran cantidad de accidentes que se producían por un problemas de fallos mecánicos en la aeronave, en este contexto el Ing. Howard Heap y Stanley Nowlan plantea basar el proceso de mantenimiento según un índice siendo este el índice de confiabilidad de los equipos, con ello se tenía en cierta forma una medida que indica la preposición del componente a fallar y por ende causar algún tipo de accidente, estos componentes eran sometidos a distintas formas de mantenimiento siendo el mantenimiento preventivo y el predictivo los más utilizados.

Esta forma de realizar el mantenimiento fue propuesto al departamento de defensa de los Estados Unidos de América en la cual opto por la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en pruebas de vuelo de la fuerza aérea de dicho país en las Aeronaves Boeing 747 (un avión militar espacioso y grande), en las pruebas de campo de la aplicación del método RCM se realizó el mantenimiento en tierra entre vuelos, tras las pruebas se obtuvo como resultados que aproximadamente los tiempos de mantenimiento se redujeron en un 85% puesto que se habían realizado mantenimiento a equipos que lo requerían y no a todos los componentes.

La aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad fue implementado a inicios del año 1980 en las aeronaves comerciales en los cuales se obtuvieron resultados en la reducción de los tiempos de mantenimiento con una media cercana al 70% según los reportes de Nowlan y Heap (1978), esto repercutió positivamente en las tasas de accidentabilidad de las aeronaves puesto que se presentó una reducción en la cantidad de accidentes producidos por fallas mecánicas.

Con esta mejora demostrada en la industria aeronáutica se empezó a realizar los estudios y trabajos de implementación de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad en otras industrias como la energética o la minera a partir de los 80's hasta los 2000 en los que se tuvieron resultados mixtos respecto a su utilización dando valores de entre un 40% a 70% en los tiempos de reducción del mantenimiento, es con ello que esta metodología ha sido estudiada por distintos sectores industriales; una de las entidades interesadas en su estandarización fue el grupo SAE el cual normo su utilización a fines del año 1999 e integrándolo a su normativa.

Para los años consiguientes dentro del siglo XXI la teoría del mantenimiento centrado en la confiabilidad se fue mezclando con el uso de otras herramientas, una de las más destacadas es el estudio de nivel de criticidad AMEF conocido como el análisis de modos y efectos de fallos en las cuales no solo se estudia si una pieza presenta un nivel de confiabilidad sino que este se basa ahora en el nivel de criticidad que presenta un componente en su estado antes de ser puesto a funcionamiento o marcha evitando así futuros accidentes y fallos.

2.5. Definición de términos básicos

Actuar: Es la acción de realizar una etapa de procedimiento.

Componente: Es un elemento de que forma parte de conjunto de piezas a cuál es denominado como sistema.

Costos: Denominado también como “costos”, se la define como el valor económico que adquieren los factores de producción y que es requerido para su realización.

Eficacia: Es la capacidad de cumplir la meta trazada.

Eficiencia: Es la capacidad de lograr una meta trazada en función al tiempo, esfuerzo o recurso invertido.

Equipos: Es la denominación que recibe la maquinaria que se emplea para la ejecución de un proceso laboral dentro de la entidad.

Fallas en los equipos: Es la eventualidad en un equipo cuando ya no tiene la capacidad de seguir funcionando según su diseño y se le brinda el apelativo de “fuera de función”.

Mejora: Es la facultad de aumentar la capacidad de concretar los requerimientos funcionales.

Planificación: Se le denomina al planteamiento de pasos o etapas ordenadas y jerarquizadas para ejecutar la realización un proceso activo dentro de la entidad.

Procedimiento: Es la forma en que se llevan las actividades de forma ordenada para concretar un objetivo.

Proceso: Una serie de actividades que se encuentran interrelacionadas y que en su interacción presentan como producto una transformación de un elemento.

PM: Proceso de mantenimiento en sus siglas en inglés.

BLR: Son las siglas de caldera en inglés (Boiler).

Mant.: Abreviatura de la palabra (mantenimiento).

CM: costo de mantenimiento

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis general e hipótesis específicas

Hipótesis General

El plan de RCM influye en el mantenimiento de la caldera para la reducción de costos de mantenimiento en la empresa agroindustrial BRANGGI S.A.C.

Hipótesis específicas

Hipótesis Específica 1 (HE1):

El AMEF permite la reducción de costos de mantenimiento de la empresa BRANGGI S.A.C.

Hipótesis Específica 2 (HE2):

La aplicación de una matriz de criticidad de los componentes de la caldera permite reducir los costos de mantenimiento en la empresa agroindustrial BRANGGI S.A.C.

3.1.1 Operacionalización de Variables

Tabla 1: Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Índices	Escala
Variable Independiente: Implementación del plan del mantenimiento	Se define al conjunto de procedimientos o acciones que tienen que realizarse sobre una maquinaria o instalación que presentan la característica de estar defectuosa o presente alguna falla de forma que se logre restaurar su condición a fin de que pueda cumplir con su funcionalidad operativa.	El plan de mantenimiento se advoca en el índice de criticidad del AC y de riesgo del AMEF que permite discernir que sección del equipo requiere ser atendido.	Análisis crítico	<ul style="list-style-type: none"> Analizar los modos de fallas detección de origen Resolución de fallas. Diagnóstico de riesgo. 	Índice de riesgo	Ordinal
				<ul style="list-style-type: none"> detección de elementos de la caldera. Calculo de riesgo 	Criticidad	Ordinal

por falla y presentación de componentes

- Valor de NPR se clasifica en la matriz de criticidad dentro de la escala baja, media y alta.

Variable Dependiente: Costo de Mantenimiento	Se denomina al costo de mantenimiento a la suma económica invertida siendo representado por distintos elementos dentro de la institución, siendo esto esfuerzo del personal, materiales requeridos o recursos para realizar las actividades de mantenimiento y garantizar que el equipo vuelva a la cadena de producción.	Los costos son definidos por dos elementos, donde son los costos variables y los fijos, donde tienen la implicancia sobre el valor real que llega afectar el mantenimiento .	Costos Fijos (CF)	F. T.= Fuerza de trabajo C. Al. = Costo por almacenar C. Re.= Costo por repuesto C. Ma.= Costo por material C. Ad. = Costos administrativos	CF=F. T.+ C. Al.+ C. Re. + C. Ma + C. Ad.	Nominal
--	---	--	-------------------	---	---	---------

Costos (CV)	Variables	C. Ag.= Costo de agua C. El. = Costo de energía eléctrica C Ho. = Costos por horas extras C. Co.= Costo por combustible	CV= C. Ag + C. El. + C. Ho. + C. Co.	Nominal
----------------	-----------	---	--------------------------------------	---------

IV. METODOLOGÍA DE LA TESIS

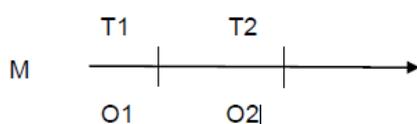
4.1. Diseño de investigación.

La presente investigación se categoriza de tipo tecnológica, esto debido al empleo de la información del plan RCM y los datos del funcionamiento de la Caldera piro tubular este desarrollado en una empresa agroindustrial a fin de minimizar los CM, haciendo aplicación de monitoreo y recopilación de datos por medio de instrumentos centrados en la ingeniería y por ende considerarse elemento tecnológico. Por parte de Dean nos indica que la investigación tecnológica es usada en la ciencia de la ingeniería, donde se propone un ambiente productivo para incrementar la epistemología de la tecnología (Dean, 1944).

En tanto, para el diseño del estudio se presenta un modelo cuasiexperimental, donde el grupo de estudio se encuentra determinado antes de realizarse el experimento; este es el caso del elemento de estudio, la cual es la Caldera piro tubular la cual va a ser el foco de análisis en el estudio y por ende se entiende que ya está establecido antes de realizarse el estudio. Por parte de Fernández, Vallejo y Livacic indican que la investigación cuasiexperimental no logra asignar a las unidades de investigación de los grupos, los cuales son escogidos de forma aleatoria (Fernández, Vallejo y Livacic, 2014).

El diseño de la investigación se clasifica en cuasiexperimental puesto que se realiza el estudio de un tipo de muestra de un grupo poblacional no aleatorio a la cual como indica Hernández Sampieri & Mendoza 2018, se realiza dos estudios a la muestra un pretest y postest en el que se realiza la comparación de los resultados de los estudios a fin de poder brindar la contrastación de la hipótesis.

El diseño de investigación es Pretest – Postest



En el cual:

M: Caldera Piro tubular

T1, T2: Tiempo de mantenimiento.

O1, O2: Observación para ejecutar el análisis y detectar la falla de Caldera piro tubular

4.2. Método de Investigación:

En la indagación se va a emplear un método sistémico, en el cual se realizará un estudio del elemento desde una definición entre las interrelaciones de su componente, esto atrás vez de las evaluaciones de criticidad y peligrosidad del equipo, además de estar arraigado al estudio económico que se va a ejecutar a fin de minimizar los CM. Según Arnold, este indica que los enfoques sistémicos/constructivistas se entroncan, es por ello que esta teoría pertenece a la observación, en donde su enfoque se encuentra del lado sistémico de las observaciones y los recursos (Arnold, 1998).

El tipo de metodología en la cual se encuentra clasificada la tesis es aplicada puesto que se brinda una solución dentro del campo práctico de las teorías en este caso el uso del método RCM según Hernández Sampieri & Mendoza 2018 dentro de su libro de las Metodologías de la investigación.

El nivel de la investigación es explicativo, esto debido al diseño de investigación en el cual se encamina a realizar una comprobación de la hipótesis causal en ese sentido se pretende brindar una analizar e identificar la causa de la variable independiente es decir la implementación del plan del mantenimiento. (Hernández Sampieri & Mendoza, 2018)

4.3 Población y muestra

En el estudio se tiene como único elemento de estudio y observación a la Caldera piro tubular de la empresa BRANGGI S.A.C., por lo cual su población y muestra consiste en su estudio; este equipo es empleado para realizar la calefacción por medio del vapor para procesos industriales; la demanda

suministrada por el equipo es de tamaño pequeño y puede llegar a emplearse como Caldera portátil.

La Caldera presenta las características que se muestran a continuación:

- Caldera de 3 pasos de clase piro tubular
- En su interior se suscita una combustión completa
- La cámara libera el calor correspondiente
- En su diseño presenta algunos elementos con la cual hacer agarre, para la elevación de casco y las patas del equipo

A su vez a los fallos detectados conformados por 39 fallos de la caldera piro tubular se les realizó un estudio probabilístico muestral para determinar la muestra de fallos a analizar dentro del estudio para determinar los valores económicos correspondientes a comparar a fin de contrastar la hipótesis.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Donde:

N: Población

Z=1.96 al 95% de confianza

p=0.5

q=0.5

d= 5% de error

Por lo tanto, se obtiene lo siguiente:

$$n = \frac{39 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2 (121 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5} =$$

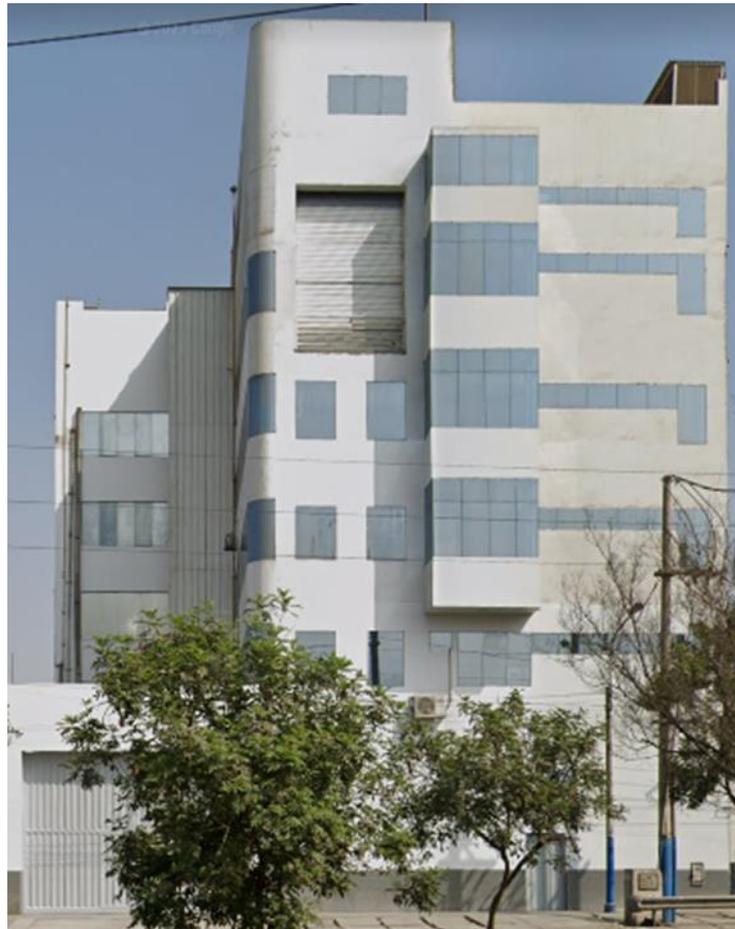
$$n = 36 \text{ fallos}$$

Al estudio de los fallos se le aplicará el análisis de criticidad a 36 de los fallos que acontecen al interior de la caldera piro tubular.

4.4. Lugar de estudio

El presente estudio se realiza dentro de la empresa agroindustrial en el área de la caldera, la empresa es la agroindustria BRANGGI S.A.C. en el distrito de San Martín de Porres, el cual se encuentra ubicada en la ciudad de Lima. El estudio se lleva a cabo en el periodo 2022.

Imagen 1. Instalaciones de la empresa de Agroindustria BRANGGI S.A.C. en San Martín de Porres.



Fuente: La empresa

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

Técnicas de recolección de datos

El presente estudio emplea la revisión documental como técnica en donde se procede a la recolección de documentos en alusión de la caldera para la

obtención de los datos del mantenimiento que se realiza al equipo, y su análisis de las hojas de datos que describen al equipo.

Instrumentos de recolección de datos

Para la presente investigación se usaron los siguientes instrumentos:

- Hoja de inspección de la caldera piro tubulares
- Hoja de información del AMEF

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Para analizar los datos, se usó un pretest y un post de los CM. Donde se recopilan los datos para a realizar descripción del análisis y se procederá con la toma de la prueba T-Student para el análisis inferencial con una confianza del 95% con lo cual establecer si existe una correlación entre las variables.

4.7. Aspectos Éticos en Investigación

Esta indagación desarrollada ha tomado en consideración en primer lugar, el consentimiento informado de los encargados de la caldera piro tubular en la empresa BRANGGI S.A.C. así mismo se tendrá en cuenta la confidencialidad de los resultados obtenidos y beneficencia porque se indicará y detallará los resultados obtenidos

4.8. Estudio Técnico

Tabla 1. Especificaciones técnicas de la Caldera piro tubular

	Especificaciones técnicas
Fabricante	Teknik ITA
Modelo	Horizontal
Serie	Asia
Estilo	Piro tubular, 3 pasos
Limite	50 BHP
Quemadores	
	Para combustible gaseoso
Presión de trabajo	125 psi

Presión soportada	125 psi
Vapor	Saturado
Peso	2750 kg
Peso con agua a nivel	4350 kg
Consumo ACPM	15 gal. /hora
Consumo gas natural	54 m3/hora de Hi: 38.500 BTU/MT3
Consumo de gas propano	96 lb/Hora de Hi: 21.500 BTU/ LB
Producción de vapor	1785 lb/hora a 212°F
Sistema eléctrico	220V
Controles de seguridad	Defensa alta-baja nivel del agua Defensa manipulación máxima de la. presión de vapor Defensa manipulación de la seguridad de la llama

Fuente: La empresa

Estudio Económico – Financiero

Se tiene un registro del mantenimiento regular de la empresa que consiste en un mantenimiento correctivo de la caldera piro tubular dentro de la empresa, es decir que se realiza el arreglo de los desperfectos mecánicos que pueda sufrir la caldera piro tubular cuando esta no funcione o no se esté realizando un funcionamiento optimo por lo cual se opta por la programación esporádica del mantenimiento.

Tabla 3. Registro de costo promedio de mantenimiento año 2021

Fallo de Función	Tarea propuesta	Costos		Antes	
				(S/.)	TOTAL (S/.)
F1.FA.1.	Supervisar motor	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 163.18	S/ 763
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 190.00	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 200.00	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 150.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 60.00	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 200.00	S/ 975

		variables (CV)		
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 325.00
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 200.00
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 250.00
F1.FA.2.	Supervisar el nexo de alimentación	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 250.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 300.00
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 325.00
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 215.00
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 60.00
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 110.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 175.00
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 103.00
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 145.00
F1. FB.1.	Supervisar pirómetro	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 215.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 233.00
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 300.00
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 208.00
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 60.00
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 200.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 335.00
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 215.00
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 215.00
F1. FB.2.	Cambiar componentes dañados	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 432.00
			F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 540.00
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 650.00
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 450.00
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 110.00
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 160.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 250.00
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 145.00

			C. Co.= Costo de combustible	S/ 160.00	
F1. FB.3.	Inspeccionar aislante	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 150.00	S/ 702
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 170.00	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 198.00	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 124.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 60.00	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 70.00	S/ 325.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 100.00	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 65.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 90.00	
		F2.FA.1.	Limpiar filtro de residuos	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo
C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 90.00				
C. Re. = Costo por repuestos	S/ 98.00				
C. Ma.= Costo por materiales	S/ 77.00				
C. Ad. = Costo administrativo	S/ 30.00				
Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua			S/ 45.00	S/ 140.00
	C. En. = Costo por energía eléctrica			S/ 65.00	
	C. Ho. = Costos de horas extras			S/ 15.00	
	C. Co.= Costo de combustible			S/ 15.00	
F2.FA.2.	Limpiar filtro de residuos			Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo
		C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 90.00		
		C. Re. = Costo por repuestos	S/ 89.00		
		C. Ma.= Costo por materiales	S/ 65.00		
		C. Ad. = Costo administrativo	S/ 25.00		
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 25.00	S/ 125.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 45.00	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 25.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 30.00	
		F2.FA.3.	Inspeccionar	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo
C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 89.00				
C. Re. = Costo por repuestos	S/ 100.00				
C. Ma.= Costo por materiales	S/ 75.00				
C. Ad. = Costo administrativo	S/ 25.00				

		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 60.00	S/ 289.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 100.00	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 60.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 69.00	
F2. FB.1.	Cambio de válvula de salida de vapor	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 430.00	S/ 2130.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 520.00	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 650.00	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 440.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 90.00	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 340.00	S/ 1729.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 630.00	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 330.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 429.00	
		F2. FB.2.	Cambio de válvula de retención de vapor	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo
C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 689.00				
C. Re. = Costo por repuestos	S/ 948.00				
C. Ma.= Costo por materiales	S/ 560.00				
C. Ad. = Costo administrativo	S/ 139.00				
Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua			S/ 289.00	S/ 1463.00
	C. En. = Costo por energía eléctrica			S/ 500.00	
	C. Ho. = Costos de horas extras			S/ 299.00	
	C. Co.= Costo de combustible			S/ 375.00	
F3.FA.1.	Inspeccionar el motor			Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo
		C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 167.00		
		C. Re. = Costo por repuestos	S/ 250.00		
		C. Ma.= Costo por materiales	S/ 165.00		
		C. Ad. = Costo administrativo	S/ 45.00		

		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 179.00	S/ 935.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 300.00	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 200.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 256.00	
F3.FA.2.	Inspeccionar motor y bomba de agua	Costos Fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 275.00	S/ 1353.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 350.00	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 400.00	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 248.00	
		C. Ad. = Costo administrativo	S/ 80.00		
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 256.00	
C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 330.00				
C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 245.00				
C. Co.= Costo de combustible	S/ 200.00				
F3.FA.3.	Inspeccionar pirómetro	Costos Fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 189.00	S/ 934.50
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 245.00	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 258.00	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 194.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 48.50	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 188.00	S/ 517.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 329.00	
F3. FB.1.	Cambiar componentes dañados	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 565.09	S/ 2825.45
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 706.36	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 847.64	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 565.09	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 141.27	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 87.10	S/ 435.51
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 152.43	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 87.10	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 108.88	

F3. FB.2.	Inspeccionar el motor	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 163.18	S/ 815.91
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 203.98	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 244.77	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 163.18	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 40.80	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 190.16	S/ 950.80
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 332.78	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 190.16	
C. Co.= Costo de combustible	S/ 237.70				
F4.FA.1.	Inspeccionar motor	Costos Fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 163.18	S/ 815.91
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 203.98	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 244.77	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 163.18	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 40.80	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 190.16	S/ 950.80
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 332.78	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 190.16	
C. Co.= Costo de combustible	S/ 237.70				
F4.FA.2.	Inspeccionar pirómetro	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 194.00	S/ 970.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 242.50	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 291.00	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 194.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 48.50	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 188.00	S/ 940.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 329.00	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 188.00	
C. Co.= Costo de combustible	S/ 235.00				
F4.FA.3.	Inspeccionar con mego metro	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 1146.13	S/ 5730.65
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 1432.66	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 1719.20	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 1146.13	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 286.53	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 829.18	S/ 4145.91

		variables (CV)	C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 1451.07	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 829.18	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 1036.48	
F4. FB.1.	Cambiar componentes dañados	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 402.06	S/ 2010.31
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 502.58	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 603.09	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 402.06	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 100.52	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 478.00	S/ 2390.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 836.50	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 478.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 597.50	
		F4. FB.2.	Inspeccionar el motor	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo
C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 203.98				
C. Re. = Costo por repuestos	S/ 244.77				
C. Ma.= Costo por materiales	S/ 163.18				
C. Ad. = Costo administrativo	S/ 40.80				
Costos	C. Ag.= Costos por agua			S/ 190.16	S/ 950.80
	C. En. = Costo por energía eléctrica			S/ 332.78	
	C. Ho. = Costos de horas extras			S/ 190.16	
	C. Co.= Costo de combustible			S/ 237.70	
F5.FA.1.	Inspeccionar el ventilador	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 278.00	S/ 1390.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 347.50	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 417.00	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 278.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 69.50	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 367.00	S/ 1835.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 642.25	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 367.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 458.75	

F5.FA.2.	Inspeccionar pirómetro	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 194.00	S/ 970.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 242.50	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 291.00	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 194.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 48.50	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 188.00	S/ 940.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 329.00	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 188.00	
C. Co.= Costo de combustible	S/ 235.00				
F5.FB.1.	Cambiar ventilador	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 627.18	S/ 3135.91
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 783.98	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 940.77	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 627.18	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 156.80	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 490.00	S/ 2450.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 857.50	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 490.00	
C. Co.= Costo de combustible	S/ 612.50				
F5.FB.2.	Limpieza de malla succionadora	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 132.02	S/ 660.11
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 165.03	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 198.03	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 132.02	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 33.01	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 89.96	S/ 449.80
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 157.43	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 89.96	
C. Co.= Costo de combustible	S/ 112.45				
F5.FB.3.	Alinear con reloj comparador	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 221.98	S/ 1109.91
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 277.48	

			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 332.97	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 221.98	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 55.50	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 189.00	S/ 945.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 330.75	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 189.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 236.25	
F6.FA.1.	Inspeccionar el motor	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 163.18	S/ 815.91
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 203.98	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 244.77	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 163.18	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 40.80	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 190.16	S/ 950.80
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 332.78	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 190.16	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 237.70	
F6.FA.2.	Inspeccionar pirómetro	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 194.00	S/ 970.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 242.50	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 291.00	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 194.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 48.50	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 188.00	S/ 940.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 329.00	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 188.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 235.00	
F6.FA.3.	Cambiar el estator	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 598.00	S/ 2990.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 747.50	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 897.00	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 598.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 149.50	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 356.00	S/ 1780.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 623.00	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 356.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 445.00	

F6. FB.1.	Cambiar componentes dañados	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 221.98	S/ 1109.91
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 277.48	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 332.97	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 221.98	
		Costos	C. Ad. = Costo administrativo	S/ 55.50	S/ 690.00
			C. Ag.= Costos por agua	S/ 138.00	
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 241.50	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 138.00	
F6. FB.2.	Inspeccionar el motor	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 163.18	S/ 815.91
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 203.98	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 244.77	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 163.18	
		Costos	C. Ad. = Costo administrativo	S/ 40.80	S/ 950.80
			C. Ag.= Costos por agua	S/ 190.16	
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 332.78	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 190.16	
F7.FA.1.	Revisar nivel de lubricantes	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 85.94	S/ 429.71
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 107.43	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 128.91	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 85.94	
		Costos	C. Ad. = Costo administrativo	S/ 21.49	S/ 329.00
			C. Ag.= Costos por agua	S/ 65.80	
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 115.15	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 65.80	
F7.FA.2.	Inspeccionar con tintes	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 83.00	S/ 415.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 103.75	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 124.50	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 83.00	
		Costos	C. Ad. = Costo administrativo	S/ 20.75	S/ 357.71
			C. Ag.= Costos por agua	S/ 71.54	

			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 125.20	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 71.54	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 89.43	
F7.FA.3.	Cambio de eje	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 645.98	S/ 3229.91
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 807.48	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 968.97	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 645.98	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 161.50	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 486.00	S/ 2430.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 850.50	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 486.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 607.50	
		F7. FB.1.	Cambiar impulsor	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo
C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 725.80				
C. Re. = Costo por repuestos	S/ 870.96				
C. Mat.= Costo de materiales	S/ 580.64				
C. Ad. = Costo administrativo	S/ 145.16				
Costos	C. Ag.= Costos por agua			S/ 356.00	S/ 1780.00
	C. En. = Costo por energía eléctrica			S/ 623.00	
	C. Ho. = Costos de horas extras			S/ 356.00	
	C. Co.= Costo de combustible			S/ 445.00	
F7. FB.2.	Limpieza en la succión y descarga	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 101.94	S/ 509.71
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 127.43	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 152.91	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 101.94	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 25.49	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 69.00	S/ 345.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 120.75	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 69.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 86.25	
F7.	Limpieza de filtro	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 67.60	S/ 338.00

FB.3.					
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 84.50	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 101.40	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 67.60	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 16.90	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 23.96	S/ 119.80
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 41.93	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 23.96	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 29.95	
Total				S/ 88600.74	

Durante el año 2021 se produjo una fuerte falla en la caldera piro tubular de la empresa agroindustrial AGROINDUSTRIA BRANGGI S.A.C. la cual debido a constantes fallas incito a la empresa a realizar el mantenimiento respectivo en ese sentido la empresa inicio su protocolo de mantenimiento asumiendo un gasto adicional de S/.14849.26 la cual tras otros elementos a adoptar en el mantenimiento que requirió el equipo borda los S/.103450.00; en ese sentido el equipo en mantenimiento requirió de una fuerte inversión para su adecuada manutención.

Estudio de la organización administrativa

Razón Social: AGROINDUSTRIA DE ALIMENTOS BRANGGI S.A.C.

Nombre comercial: Branggi S.A.C

Tipo de empresa: Sociedad Anónima Cerrada

Ruc: 20503586151

Dirección Legal: Av. Gerardo Unger Nro. 6255, San Martín de Porres, Lima – Perú.

Pasos RCM

En la implementación de RCM en la Caldera piro tubular, modelo horizontal, se considera lo siguiente:

- Detallar que funciones tienen los equipos
- Determinar los fallos que tienen en sus funciones
- Estudio de criticidad

- Definir los periodos de mantenimiento anual
- Implementación del plan de Mantenimiento.

Aplicación del Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para reducir el costo de mantenimiento dentro de la empresa AGROINDUSTRIA BRANGGI S.A.C.

Funciones del Equipo sus componentes:

Para realizar un plan de mantenimiento de un equipo se debe conocer que componentes forman parte del equipo a realizar el mantenimiento a fin de saber la estructura que presenta el equipo y brindar una característica de importancia a los distintos componentes a establecerse con distintos estudios para la caldera piro tubular.

Tabla 4. Componentes de la caldera piro tubular

N°	Nombre	Descripción	funcionamiento
1	Motor	Equipo electromecánico encargado en la conversión de la energía eléctrica a energía mecánica	Se encarga de brindar el desplazamiento de los distintos componentes como la bomba o el ventilador,
2	Válvulas	Son las llaves que permiten la entrada y salida de distintos fluidos	Son las llaves ubicadas en la entrada y salida de la caldera y se encargan de contener y apertura el flujo del fluido en agua blanda o vapor de agua.
3	Bomba	Es un equipo de succión y empuje de fluidos que permite brindar una fuerza de	Equipo que permite el ingreso del fluido al interior de la caldera.

		movimiento a dicho fluido.	
4	Mego metro	Equipo electrónico empleado para medir la resistencia de los componentes-	Equipo que permite medir la capacidad resistiva de los cables.
5	Ventilador	Equipo que realizar la entrada de aire o gases que permiten direccionar su trayectoria.	Equipo encargado del enfriamiento y regulación de la temperatura de la caldera
6	Pirómetro	Equipo electrónico encargado de la medida de la temperatura.	Equipo que mide el nivel de temperatura en distintos puntos de la caldera.
7	Eje	Componente central que se encarga de la transmisión de la energía mecánica	Eje de transmisión que se ubica en los motores eléctrico.

Nota: Elaboración propia

Fallos de los componentes de la caldera piro tubular y su repercusión en su funcionamiento.

Para poder hacer el estudio de criticidad y conocer los puntos críticos de atención del equipo y brindar el mantenimiento pertinente según el método RCM se debe conocer a detalle los fallos que han presentado los componentes y detalles de cómo se producen dentro de los componentes de la caldera piro tubular; es con ello que se estudia los efectos que son producidas en las piezas y el modo en el que se ha producido el fallo.

Dentro de la tabla 5 se presenta los detalles encontrados en los distintos tipos de fallos, se indican en que función se produce los fallos dentro de la caldera piro tubular, se da detalle del modo en el que se produce, así como la frecuencia en la que se produce, se brinda detalles de los efectos que se producen tras producirse un fallo.

Tabla 5. Estudio de la frecuencia de fallos de los equipos y sus detalles.

Funcionalidades	Fallo de función	Modo de fallo	Frecuencia de fallo	Efectos de fallo
1. Empuje el eje de entrada	A. El no empuja el eje de entrada de la bomba del pistón radial	1. No hay abasto de energía	2	No opera el motor
		2. fallo en el anexo de alimentación	2	No opera el motor
2. Manda 125 PSI a la tarea	B. Se establece una estabilidad baja por la potencia	1. Estrépito alto en rodajas	5	Sobre esmero del motor
		2. daños generados a la hora de la contratación	6	Perjuicio en los elementos de control
		3. Aislante desgastado	8	Piezas dañadas del motor
	A. Manda una presión subalterna al proceso	1. Atasco de filtro	8	Flujo del combustible mitigable
		2. Ruina de filtro	8	Escape y minimización del combustible
		3. Escape en la conexión de la bomba	7	Liberación del fluido al exterior
	B. No se bombea fluido	1. Error de la llave en la expulsión del vapor	4	Detención del flujo total
		2. Error de la llave en la retención del agua	8	No se bombea el fluido y la llave está cerrada
3. Impulsa el eje ubicado en la bomba centrifuga	A. Inhabilidad de empujar el eje de inicio de la bomba	1. Escasez de suministro de energía	7	No corre el motor haciendo que la planta este sin electricidad
		2. Fallas de alimentación por los motores y bombas de agua	5	Costo por vueltas, aumento de vibraciones
		3. Relé térmico muy alto	3	Motor parado debido a al a alta corriente
	B. Potencia transportada menor a la determinada	1. Destrucción en el elemento de verificación	6	Perjuicios por parte de los controles de maniobras
4. Impulsa de 3000 RPM con una potencia de 20HP al ventilador	A. Inhabilidad de transportar la potencia	1. Carencia de provisiones de energía	3	Perjuicio interno del motor
		2. Eje atascado	8	Falla en el encendido del motor y ausencia de energía en la planta
		3. Perjuicio en el motor	7	rodamientos y ejes malogrados
	B. Envió de la potencia la cual es inferior a la esperada	1. Daños de los elementos de validación	6	Falla en el encendido del motor y costo por vuelta
		2. Fallo de motor	5	Perjuicios de los componentes de los controles de maniobras
5. Empujar el aire	A. Empuje inhabilitado	1. Ventilador libre	2	Perjuicios internos del motor

para la combustión	por el aire caliente	2. Eje obstaculizado por rodamientos	7	Carencia de flujo de fluido
	B. Traslado del aire hacia la quema del interior		8	Rodamientos y ejes malogrados
		1. Fractura de la hélice del ventilador	7	Perjuicio en la armazón del ventilador
		2. Atasco en la malla succionadora	5	Disminución del aire empujado
		3. Hélice no se alinean en el motor y ventilado	7	Estrépito por fricción y alta vibración
6. Impulso del compresor a 1830 RPM con potencia potencia de 4HP	A. Inhabilidad de trasladar la potencia	1. Carencia de bienes de energía	5	No corre el motor haciendo que la planta este sin electricidad
		2. Eje restringido por rodamiento	7	Eje y rodamientos en mal estado
		3. Perjuicio en el motor	8	No corre el motor y se produce un corto por vuelta
	B. Traslado de la potencia menor a la determinada	1. Daños de los elementos de gestión	4	Perjuicios en los elementos de control de maniobra
		2. Fallo en el motor	5	Perjuicios internos del motor
7. Presión de 20 PSI	A. Inhabilidad de compresión del aire	1. Nivel subalterno de lubricante	3	Elementos internos destruidos
		2. Fractura de los vanes	4	El empujador no proporciona aire al quemador
		3. Fractura del eje	3	El empujador no proporciona aire al quemador
	B. impulsar el aire de menor grado	1. Daño en el impulsor	7	Daño en el interior del compresor y compresión a menor escala
		2. Atranco en la succión y descarga	5	deducción del aire empujado
		3. Atranco de elemento filtrante	8	Componentes del compresor no lubricados y baja su eficiencia

Nota: Elaboración Propia

Estudio de criticidad:

Para poder realizar el plan de mantenimiento se debe conocer el estado en el que se encuentra el equipo a partir de ello se debe estudiar los puntos importantes que presentan fallos, con ello es que se aplica un estudio de criticidad empleando los criterios de la matriz de fallos que emplea el método AMEF en el que por medio de los niveles de riesgo de susceptibilidad de los componentes a fallar y el costo que presenta en los costos en la empresa se le brinda un valor de su escala de criticidad.

Imagen 2 Matriz de criticidad

	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
Frecuencia		10	20	30	40	50
		Consecuencia				

Nota: Elaboración propia, basada en el cuadro de matriz de criticidad de la tesis de Cristian Carrion & Eder Maquera (2018).

Se tiene dentro de la matriz de criticidad dos elementos que se consideran dentro de los casos de mantenimiento como los factores a adoptar para el valor de la criticidad total de los fallos, estos se componen por la frecuencia en lo que los fallos se producen y las consecuencias que lleva el efectuarse el fallo dentro del equipo a analizar, siendo el caso de los componentes de la caldera piro tubular.

Frecuencia: Se compone del número de veces que presenta la falla de un componente de la caldera piro tubular en el periodo de un año. Se presenta en una escala de 1-4 pero los valores que superan el valor de 4 se les considera como una Falla Crítica.

Consecuencia: Se compone de los costos de mantenimiento del componente. Su expresión dentro de la matriz de criticidad se encuentra representa en miles de soles.

Nivel de criticidad: Se el denomina al resultado obtenido de los valores representados por las fallas de los componentes los cuales son Fallos No Críticos, Fallos Medio Críticos, Fallos Críticos.

- Fallos No Críticos: Son los fallos que no requieren una intervención inmediata de un mantenimiento correctivo.
- Fallos Medios Críticos: Son los fallos que requieren la intervención de un mantenimiento correctivo, pero tienen un tiempo de vida aun razonable para realizar dicho mantenimiento.
- Fallos Críticos: Son los fallos que requieren una intervención inmediata de un mantenimiento correctivo

En la siguiente tabla se observa el cálculo de la criticidad de los fallos que han ocurrido en la caldera y se tiene como referencia el riesgo que pueden presentar estos componentes del equipo como parte de los fallos en la Caldera piro tubular, para el cálculo de los valores que se expresan se tienen como referencia a la tabla 3 en los que se presenta los costos de mantenimiento de los componentes y la tabla 5 en el que se encuentra la frecuencia de los fallos que se tienen a continuación:

Tabla 6. Nivel de Criticidad AMEF.

Falla de funcionamiento ⁰	Consecuencias ¹	Frecuencia de Fallos ²	Criticidad
F1.FA.1.	1,74	2	NC

F1.FA.2.	1,68	2	NC
F1. FB.1.	1,98	5	C
F1. FB.2.	2,90	6	C
F1. FB.3	1,03	8	C
F2.FA.1.	0,50	8	C
F2.FA.2.	0,46	8	C
F2.FA.3.	0,65	7	C
F2. FB.1.	3,86	4	MC
F2. FB.2.	4,36	8	C
F3.FA.1.	1,76	7	C
F3.FA.2.	2,38	5	C
F3.FA.3.	1,45	3	MC
F3. FB.1.	3,26	6	C
F3. FB.2.	1,76	3	MC
F4.FA.1.	1,77	8	C
F4.FA.2.	1,91	7	C
F4.FA.3.	9,88	6	C
F4. FB.1.	4,40	5	C
F4. FB.2.	1,77	2	NC
F5.FA.1.	3,22	7	C
F5.FA.2.	1,91	8	C
F5. FB.1.	5,59	7	C
F5. FB.2.	1,11	5	C
F5. FB.3.	2,05	7	C
F6.FA.1.	1,76	5	C
F6.FA.2.	1,91	7	C
F6.FA.3.	4,77	8	C
F6. FB.1.	1,80	4	MC
F6. FB.2.	1,77	5	C
F7.FA.1.	0,76	3	MC
F7.FA.2.	0,772	4	MC
F7.FA.3.	5,66	3	MC
F7. FB.1.	4,68	7	C
F7. FB.2.	0,85	5	C
F7. FB.3.	0,46	8	C

Nota: Elaboración propia

Plan de mantenimiento:

Para la implementación del plan de mantenimiento se debe trazar las pautas que requieren cada componente a fin de establecer la necesidad de los procedimientos de mantenimiento a aplicar esto en función al nivel de criticidad que presentan estos componentes de ahí que se tienen trasados algunos tipos de mantenimiento como lo son el mantenimiento predictivo, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo.

Mantenimiento de equipos No Críticos:

A los equipos no críticos se les aplicará dos tipos de mantenimiento; un mantenimiento preventivo enfocado en prevenir los fallos a ocurrir dentro del equipo y un mantenimiento correctivo, es decir se va a requerir cierto periodo de tiempo del mantenimiento mecánico-eléctrico de algunos componentes dentro de la caldera piro tubular.

- Mantenimiento preventivo:
 - Se realizará el monitoreo del equipo, se revisa su estado en funcionamiento.
 - Se realizará el monitoreo del equipo, se revisa su estado en pausa o parado.
 - Revisión de los componentes de lecturas del caldero; el pirómetro y el mego metro.
- Mantenimiento Correctivo:
 - Se realiza la limpieza del componente a fin de alargar su durabilidad.
 - Se realiza el cambio de algunas piezas en particular del componente a fin de extender su durabilidad.
 - Se realizar el cambio parcial del componente a fin de extender su durabilidad.
 - Se realiza el cambio total del componente a fin de conservar el funcionamiento del equipo.

Mantenimiento Medio Críticos:

A los equipos Medio críticos se les aplicará tres tipos de mantenimiento; un mantenimiento preventivo enfocado en prevenir los fallos a ocurrir dentro del

equipo, un mantenimiento correctivo, es decir se va a requerir cierto periodo de tiempo del mantenimiento mecánico-eléctrico de algunos componentes dentro de la caldera piro tubular, y un mantenimiento predictivo cada cierto periodo con la instalación de ciertos equipos de lecturas complementarios para el equipos con el uso de sensores de vibración, sensores de calor que permita dar lectura del funcionamiento de la caldera y la toma de fotografías del equipo para conocer el estado de sus componentes.

- Mantenimiento predictivo:
 - Se instalará equipos complementarios de medición y de monitoreo a tiempo real que permita indicar el comportamiento de los componentes.
 - Se realiza un diagnóstico de los datos a fin de dar una predicción de los fallos a producirse,
 - Se procede a realizar un mantenimiento correctivo si se tiene indicios suficientes de producirse un fallo.
- Mantenimiento preventivo:
 - Se realizará el monitoreo del equipo, se revisa su estado en funcionamiento.
 - Se realizará el monitoreo del equipo, se revisa su estado en pausa o parado.
 - Revisión de los componentes de lecturas del caldero; el pirómetro y el mego metro.
 - Se realiza la limpieza del componente a fin de alargar su durabilidad.
 - Se realizará cambio periódico de los fluidos requeridos para los equipos como el lubricante y aceites aislantes.
- Mantenimiento Correctivo:
 - Se realiza el cambio de algunas piezas en particular del componente a fin de extender su durabilidad.
 - Se realizar el cambio parcial del componente a fin de extender su durabilidad.

- Se realiza el cambio total del componente a fin de conservar el funcionamiento del equipo

Mantenimiento Críticos:

A los equipo críticos se les aplicará tres tipos de mantenimiento; un mantenimiento preventivo enfocado en prevenir los fallos a ocurrir dentro del equipo, un mantenimiento correctivo, es decir se va a requerir cierto periodo de tiempo del mantenimiento mecánico-eléctrico de algunos componentes dentro de la caldera piro tubular, y un mantenimiento predictivo de manera permanente con la instalación de ciertos equipos de lecturas complementarios para el equipos con el uso de sensores de vibración, sensores de calor que permita dar lectura del funcionamiento de la caldera y la toma de fotografías del equipo para conocer el estado de sus componentes.

- Mantenimiento predictivo:
 - Se instalará equipos complementarios de medición y de monitoreo a tiempo real que permita indicar el comportamiento de los componentes de forma permanente.
 - Se realiza un diagnóstico periódico de los datos a fin de dar una predicción de los fallos a producirse,
 - Se procede a realizar un mantenimiento correctivo si se tiene indicios suficientes de producirse un fallo.
- Mantenimiento preventivo:
 - Se realizará el monitoreo del equipo, se revisa su estado en funcionamiento.
 - Se realizará el monitoreo del equipo, se revisa su estado en pausa o parado.
 - Revisión de los componentes de lecturas del caldero; el pirómetro y el mego metro.
 - Se realiza la limpieza del componente a fin de alargar su durabilidad.
 - Se realizará cambio periódico de los fluidos requeridos para los equipos como el lubricante y aceites aislantes.

- Mantenimiento Correctivo:
 - Se realiza el cambio de algunas piezas en particular del componente a fin de extender su durabilidad.
 - Se realizar el cambio parcial del componente a fin de extender su durabilidad.
 - Se realiza el cambio total del componente a fin de conservar el funcionamiento del equipo

A su vez estos tipos de mantenimiento se deberá tener un tiempo de frecuencia en el que se deberá aplicar el mantenimiento estos datos se extraerán de los valores de frecuencia de los fallos más que en el nivel de criticidad de los equipos, esto debido que si bien hay componentes que requieran un mantenimiento más a detalle con no solo un mantenimiento correctivo sino una prevención y estudio de predicción, se tiene componentes que tienen un fallo más constante y que representan un daño menor dentro de la caldera piro tubular.

Mantenimiento Diario: Se brinda un mantenimiento diario de los componentes que presentan fallos constantes o que por lo contrario su representación de criticidad es mayor y por ende requiere de estar en una observación constante.

Mantenimiento Semanal: Se brinda un mantenimiento semanal de los componentes que presentan fallos no tan constantes o que por lo contrario su representación de criticidad es media y por ende requiere de estar en una observación constante, también se tiene al grupo de trabajos de mantenimiento correctivo.

Mantenimiento Mensual: Se brinda un mantenimiento mensual de los equipos que requieren un mantenimiento preventivo de los componentes o por lo contrario un mantenimiento correctivo que permita salvaguardar la integridad del componente.

Mantenimiento Semestral:

Se logra observar que en la tabla 7, el plan de mantenimiento establecido se encuentra basada en la confiabilidad, en esta se tienen en consideración el tipo de mantenimiento que se aplicara, actividades propuestas, cantidad de ocurrencias y el encargado.

Tabla 7. Especificaciones del Mantenimiento

Fallo de función	Tipo de mantenimiento	Actividades propuestas	Cantidad de ocurrencias	Encargado
F1.FA.1.	Preventivo	Supervisión del motor	Semanal	Técnico
F1.FA.2.	Preventivo	Supervisión del nexo de alimentación	Semanal	Técnico
F1. FB.1.	Preventivo	Supervisión del pirómetro	Diario	Técnico mecánico
F1. FB.2.	Correctivo	Reemplazar los componentes en mal estado	Mensual	Técnico electricista
F1. FB.3	Predictivo	Supervisión del aislante	Diario	Técnico
F2.FA.1.	Preventivo	Seguimiento del filtro de residuos	Diario	Operario
F2.FA.2.	Preventivo	Seguimiento del filtro de residuos	Diario	Operario
F2.FA.3.	Preventivo	Seguimiento del filtro visualmente	Diario	Operario
F2. FB.1.	Predictivo	Supervisión de la válvula de salida de vapor	Semanal	Técnico
F2. FB.2.	Preventivo	Supervisión de la válvula de retención del agua	Diario	Técnico
F3.FA.1.	Predictivo	Seguimiento del motor	Diario	Técnico mecánico
F3.FA.2.	Predictivo	Seguimiento del motor y bomba de agua	Diario	Técnico mecánico
F3.FA.3.	Preventivo	Seguimiento del pirómetro	Semanal	Técnico
F3. FB.1.	Correctivo	Reemplazar los Elementos defectuosos	Mensual	Técnico electricista
F3. FB.2.	Correctivo	Reemplazar el motor	Semestral	Técnico mecánico

F4.FA.1.	Preventivo	Seguimiento del motor	Diario	Técnico mecánico
F4.FA.2.	Preventivo	Seguimiento del pirómetro	Diario	Técnico mecánico
F4.FA.3.	Preventivo	Seguimiento con manómetro	Diario	Técnico electricista
F4. FB.1.	Correctivo	Reemplazar los componentes dañados	Mensual	Técnico electricista
F4. FB.2.	Preventivo	Seguimiento del motor	Semanal	Técnico mecánico
F5.FA.1.	Preventivo	Seguimiento de forma visual el ventilador	Diario	Técnico mecánico
F5.FA.2.	Correctivo	Corrección de pirómetro	Diario	Técnico mecánico
F5. FB.1.	Correctivo	Corrección del ventilador	Semanal	Operario
F5. FB.2.	Predictivo	Diagnosticar la malla succionadora	Diario	Operario
F5. FB.3.	Correctivo	Alinear el reloj comparador	Diario	Técnico mecánico
F6.FA.1.	Preventivo	Seguimiento del motor	Diario	Técnico mecánico
F6.FA.2.	Preventivo	Seguimiento de pirómetro	Diario	Técnico mecánico
F6.FA.3.	Correctivo	Cambio de estator	Mensual	Técnico mecánico
F6. FB.1.	Correctivo	Cambio de componentes en mal estado	Mensual	Técnico electricista
F6. FB.2.	Preventivo	Seguimiento del motor	Diario	Técnico mecánico
F7.FA.1.	Predictivo	Diagnosticar el nivel de lubricantes	Diario	Técnico mecánico
F7.FA.2.	Correctivo	Gestión de tinta	Semestral	Técnico mecánico
F7.FA.3.	Correctivo	Modificar eje	Mensual	Técnico mecánico
F7. FB.1.	Correctivo	Cambio de impulsor,	Semanal	Operario
F7. FB.2.	Predictivo	diagnosticar la aspiración y liberación	Diario	Operario
F7. FB.3.	Preventivo	diagnosticar filtro	Diario	Operario

Costo de implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad:

En la siguiente tabla se brindará detalles de los costos asumidos en el estudio para realizar la preparación de aplicación e implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, en el cual se ha realizado para poder ejecutar el estudio.

Tabla 8: Costo de implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

N°	Item	Costo Unitario	Cantidad	Costo total
1	Capacitación	S/.2500.00	1	S/.2500.00
2	Fichas de ejercicios aplicativos de la matriz de criticidad	S/.3.00	60	S/.180.00
4	Horas Hombres invertidas	S/.10.00	540	S/.5400.00
5	Transporte	S/.50.00	5	S/.250.00
6	Servicios	S/.513.00	1	S/.513.00
7	Operativos (asumidos en los costos de pretest tabla 9)	S/. 70163.28	1	S/. 70163.28
			Costo Total	S/. 79006.28

En la tabla 9 se observa el análisis económico el cual corresponde a los CM que se maneja en el antes y después; estos se encuentran establecidos de la siguiente forma:

Costos fijos: Se toma en cuenta a la fuerza de trabajo, almacenamiento, repuesto, insumo y gestión.

Costos variables: Se considera el material principal el cual es el agua, la energía; también se toma en cuenta las horas extras y el combustible.

Tabla 9. Costo de mantenimiento del antes y después

Fallo de Función	Tarea propuesta	Costos		Antes		Después	
				(S/.)	TOTAL (S/.)	(S/.)	TOTAL (S/.)
F1.FA.1.	Supervisar motor	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 163.18	S/ 763	S/ 107	S/ 535
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 190.00		S/ 134	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 200.00		S/ 161	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 150.00		S/ 107	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 60.00		S/ 27	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 200.00	S/ 975	S/ 146	S/ 730
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 325.00		S/ 255	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 200.00		S/ 146	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 250.00		S/ 182	
F1.FA.2.	Supervisar el nexo de alimentación	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 250.00	S/ 1150	S/ 168	S/ 840
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 300.00		S/ 210	
			C. Re. = Costo por	S/ 325.00		S/ 252	

			repuestos			
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 215.00		S/ 168
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 60.00		S/ 42
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 110.00	S/ 533	S/ 80
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 175.00		S/ 140
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 103.00		S/ 80
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 145.00		S/ 100
F1. FB.1.	Supervisar pirómetro	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 215.00	S/ 1016	S/ 106
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 233.00		S/ 133
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 300.00		S/ 159
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 208.00		S/ 106
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 60.00		S/ 27
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 200.00	S/ 965	S/ 123
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 335.00		S/ 215
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 215.00		S/ 123
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 215.00		S/ 154
F1. FB.2.	Cambiar componentes dañados	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 432.00	S/ 2182	S/ 430
			F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 540.00		S/ 538
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 650.00		S/ 645
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 450.00		S/ 430
			C. Ad. = Costo	S/ 110.00		S/ 108

			administrativo				
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 160.00	S/ 715	S/ 145	S/ 725
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 250.00		S/ 254	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 145.00		S/ 145	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 160.00		S/ 181	
F1. FB.3.	Inspeccionar aislante	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 150.00	S/ 702	S/ 66	S/ 330
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 170.00		S/ 83	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 198.00		S/ 99	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 124.00		S/ 66	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 60.00		S/ 17	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 70.00	S/ 325.00	S/ 38.00	S/ 190.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 100.00		S/ 66.50	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 65.00		S/ 38.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 90.00		S/ 47.50	
		F2.FA.1.	Limpiar filtro de residuos	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 68.00	S/ 363.00
C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 90.00				S/ 46.38		
C. Re. = Costo por repuestos	S/ 98.00				S/ 55.65		
C. Ma.= Costo por materiales	S/ 77.00				S/ 37.10		
C. Ad. = Costo administrativo	S/ 30.00				S/ 9.28		
Costos variables	C. Ag.= Costos por agua			S/ 45.00	S/ 140.00	S/ 19.00	S/ 95.00
	C. En. = Costo por energía			S/ 65.00		S/ 33.25	

		(CV)	eléctrica				
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 15.00		S/ 19.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 15.00		S/ 23.75	
F2.FA.2.	Limpiar filtro de residuos	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 70.00	S/ 339.00	S/ 37.10	S/ 185.51
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 90.00		S/ 46.38	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 89.00		S/ 55.65	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 65.00		S/ 37.10	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 25.00		S/ 9.28	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 25.00	S/ 125.00	S/ 19.00	S/ 95.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 45.00		S/ 33.25	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 25.00		S/ 19.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 30.00		S/ 23.75	
F2.FA.3.	Inspeccionar	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 75.00	S/ 364.00	S/ 45.98	S/ 229.91
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 89.00		S/ 57.48	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 100.00		S/ 68.97	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 75.00		S/ 45.98	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 25.00		S/ 11.50	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 60.00	S/ 289.00	S/ 23.00	S/ 115.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 100.00		S/ 40.25	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 60.00		S/ 23.00	

			C. Co.= Costo de combustible	S/ 69.00		S/ 28.75	
F2. FB.1.	Cambio de válvula de salida de vapor	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 430.00	S/ 2130.00	S/ 428.00	S/ 2140.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 520.00		S/ 535.00	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 650.00		S/ 642.00	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 440.00		S/ 428.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 90.00		S/ 107.00	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 340.00	S/ 1729.00	S/ 357.98	S/ 1789.91
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 630.00		S/ 626.47	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 330.00		S/ 357.98	
C. Co.= Costo de combustible	S/ 429.00		S/ 447.48				
F2. FB.2.	Cambio de válvula de retención de vapor	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 565.00	S/ 2901.00	S/ 564.00	S/ 2820.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 689.00		S/ 705.00	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 948.00		S/ 846.00	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 560.00		S/ 564.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 139.00		S/ 141.00	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 289.00	S/ 1463.00	S/ 299.10	S/ 1495.51
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 500.00		S/ 523.43	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 299.00		S/ 299.10	
C. Co.= Costo de combustible	S/ 375.00		S/ 373.88				
F3.FA.1.	Inspeccionar el	Costos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 200.00	S/ 827.00	S/ 107.00	S/ 535.00

	motor	fijos (CF)	C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 167.00		S/ 133.75	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 250.00		S/ 160.50	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 165.00		S/ 107.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 45.00		S/ 26.75	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 179.00	S/ 935.00	S/ 145.98	S/ 729.91
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 300.00		S/ 255.47	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 200.00		S/ 145.98	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 256.00		S/ 182.48	
F3.FA.2.	Inspeccionar motor y bomba de agua	Costos Fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 275.00	S/ 1353.00	S/ 147.98	S/ 739.91
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 350.00		S/ 184.98	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 400.00		S/ 221.97	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 248.00		S/ 147.98	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 80.00		S/ 37.00	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 256.00	S/ 1031.00	S/ 162.40	S/ 812.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 330.00		S/ 284.20	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 245.00		S/ 162.40	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 200.00		S/ 203.00	
F3.FA.3.	Inspeccionar pirómetro	Costos Fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 189.00	S/ 934.50	S/ 106.00	S/ 530.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 245.00		S/ 132.50	
			C. Re. = Costo por	S/ 258.00		S/ 159.00	

			repuestos				
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 194.00		S/ 106.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 48.50		S/ 26.50	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 188.00	S/ 517.00	S/ 123.00	S/ 338.25
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 329.00		S/ 215.25	
F3. FB.1.	Cambiar componentes dañados	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 565.09	S/ 2825.45	S/ 565.09	S/ 2825.45
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 706.36		S/ 706.36	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 847.64		S/ 847.64	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 565.09		S/ 565.09	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 141.27		S/ 141.27	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 87.10	S/ 435.51	S/ 87.10	S/ 435.51
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 152.43		S/ 152.43	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 87.10		S/ 87.10	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 108.88		S/ 108.88	
		F3. FB.2.	Inspeccionar el motor	Costos fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 163.18	S/ 815.91
C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 203.98				S/ 133.75		
C. Re. = Costo por repuestos	S/ 244.77				S/ 160.50		
C. Ma.= Costo por materiales	S/ 163.18				S/ 107.00		
C. Ad. = Costo administrativo	S/ 40.80				S/ 26.75		
Costos variables	C. Ag.= Costos por agua			S/ 190.16	S/ 950.80	S/ 145.98	S/ 729.91
	C. En. = Costo por energía			S/ 332.78		S/ 255.47	

		(CV)	eléctrica				
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 190.16		S/ 145.98	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 237.70		S/ 182.48	
F4.FA.1.	Inspeccionar motor	Costos Fijos (CF)	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 163.18	S/ 815.91	S/ 107.00	S/ 535.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 203.98		S/ 133.75	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 244.77		S/ 160.50	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 163.18		S/ 107.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 40.80		S/ 26.75	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 190.16	S/ 950.80	S/ 145.98	S/ 729.91
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 332.78		S/ 255.47	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 190.16		S/ 145.98	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 237.70		S/ 182.48	
F4.FA.2.	Inspeccionar pirómetro	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 194.00	S/ 970.00	S/ 106.00	S/ 530.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 242.50		S/ 132.50	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 291.00		S/ 159.00	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 194.00		S/ 106.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 48.50		S/ 26.50	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 188.00	S/ 940.00	S/ 123.00	S/ 615.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 329.00		S/ 215.25	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 188.00		S/ 123.00	

			C. Co.= Costo de combustible	S/ 235.00		S/ 153.75	
F4.FA.3.	Inspeccionar con megometro	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 1146.13	S/ 5730.65	S/ 424.00	S/ 2120.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 1432.66		S/ 530.00	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 1719.20		S/ 636.00	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 1146.13		S/ 424.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 286.53		S/ 106.00	
		Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua	S/ 829.18	S/ 4145.91	S/ 638.00	S/ 3190.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 1451.07		S/ 1116.50	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 829.18		S/ 638.00	
C. Co.= Costo de combustible	S/ 1036.48		S/ 797.50				
F4. FB.1.	Cambiar componentes dañados	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 402.06	S/ 2010.31	S/ 402.06	S/ 2010.31
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 502.58		S/ 502.58	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 603.09		S/ 603.09	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 402.06		S/ 402.06	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 100.52		S/ 100.52	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 478.00	S/ 2390.00	S/ 478.00	S/ 2390.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 836.50		S/ 836.50	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 478.00		S/ 478.00	
C. Co.= Costo de combustible	S/ 597.50		S/ 597.50				
F4. FB.2.	Inspeccionar el	Costos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 163.18	S/ 815.91	S/ 107.00	S/ 535.00

	motor	fijos (CF)	C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 203.98		S/ 133.75	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 244.77		S/ 160.50	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 163.18		S/ 107.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 40.80		S/ 26.75	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 190.16	S/ 950.80	S/ 145.98	S/ 729.91
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 332.78		S/ 255.47	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 190.16		S/ 145.98	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 237.70		S/ 182.48	
F5.FA.1.	Inspeccionar el ventilador	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 278.00	S/ 1390.00	S/ 157.82	S/ 789.11
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 347.50		S/ 197.28	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 417.00		S/ 236.73	
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 278.00		S/ 157.82	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 69.50		S/ 39.46	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 367.00	S/ 1835.00	S/ 165.80	S/ 829.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 642.25		S/ 290.15	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 367.00		S/ 165.80	
C. Co.= Costo de combustible	S/ 458.75		S/ 207.25				
F5.FA.2.	Inspeccionar pirómetro	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 194.00	S/ 970.00	S/ 106.00	S/ 530.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 242.50		S/ 132.50	
			C. Re. = Costo por	S/ 291.00		S/ 159.00	

			repuestos			
			C. Ma.= Costo por materiales	S/ 194.00		S/ 106.00
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 48.50		S/ 26.50
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 188.00	S/ 940.00	S/ 123.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 329.00		S/ 215.25
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 188.00		S/ 123.00
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 235.00		S/ 153.75
						S/ 615.00
F5. FB.1.	Cambiar ventilador	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 627.18	S/ 3135.91	S/ 627.18
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 783.98		S/ 783.98
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 940.77		S/ 940.77
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 627.18		S/ 627.18
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 156.80		S/ 156.80
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 490.00	S/ 2450.00	S/ 490.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 857.50		S/ 857.50
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 490.00		S/ 490.00
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 612.50		S/ 612.50
F5. FB.2.	Limpieza de malla succionadora	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 132.02	S/ 660.11	S/ 85.96
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 165.03		S/ 107.45
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 198.03		S/ 128.94
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 132.02		S/ 85.96

			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 33.01		S/ 21.49	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 89.96	S/ 449.80	S/ 29.00	S/ 145.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 157.43		S/ 50.75	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 89.96		S/ 29.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 112.45		S/ 36.25	
F5. FB.3.	Alinear con reloj comparador	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 221.98	S/ 1109.91	S/ 138.00	S/ 690.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 277.48		S/ 172.50	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 332.97		S/ 207.00	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 221.98		S/ 138.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 55.50		S/ 34.50	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 189.00	S/ 945.00	S/ 115.00	S/ 575.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 330.75		S/ 201.25	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 189.00		S/ 115.00	
C. Co.= Costo de combustible	S/ 236.25		S/ 143.75				
F6.FA.1.	Inspeccionar el motor	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 163.18	S/ 815.91	S/ 107.00	S/ 535.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 203.98		S/ 133.75	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 244.77		S/ 160.50	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 163.18		S/ 107.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 40.80		S/ 26.75	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 190.16	S/ 950.80	S/ 145.98	S/ 729.91

			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 332.78		S/ 255.47	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 190.16		S/ 145.98	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 237.70		S/ 182.48	
F6.FA.2.	Inspeccionar pirómetro	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 194.00	S/ 970.00	S/ 106.00	S/ 530.00
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 242.50		S/ 132.50	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 291.00		S/ 159.00	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 194.00		S/ 106.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 48.50		S/ 26.50	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 188.00	S/ 940.00	S/ 123.00	S/ 615.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 329.00		S/ 215.25	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 188.00		S/ 123.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 235.00		S/ 153.75	
		F6.FA.3.	Cambiar el estator	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 598.00	S/ 2990.00
C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 747.50				S/ 747.50		
C. Re. = Costo por repuestos	S/ 897.00				S/ 897.00		
C. Mat.= Costo de materiales	S/ 598.00				S/ 598.00		
C. Ad. = Costo administrativo	S/ 149.50				S/ 149.50		
Costos variables (CV)	C. Ag.= Costos por agua			S/ 356.00	S/ 1780.00	S/ 356.00	S/ 1780.00
	C. En. = Costo por energía eléctrica			S/ 623.00		S/ 623.00	
	C. Ho. = Costos de horas			S/ 356.00		S/ 356.00	

			extras				
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 445.00		S/ 445.00	
F6. FB.1.	Cambiar componentes dañados	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 221.98	S/ 1109.91	S/ 221.98	S/ 1109.91
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 277.48		S/ 277.48	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 332.97		S/ 332.97	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 221.98		S/ 221.98	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 55.50		S/ 55.50	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 138.00	S/ 690.00	S/ 138.00	S/ 690.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 241.50		S/ 241.50	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 138.00		S/ 138.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 172.50		S/ 172.50	
		F6. FB.2.	Inspeccionar el motor	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 163.18	S/ 815.91
C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 203.98				S/ 133.75		
C. Re. = Costo por repuestos	S/ 244.77				S/ 160.50		
C. Mat.= Costo de materiales	S/ 163.18				S/ 107.00		
C. Ad. = Costo administrativo	S/ 40.80				S/ 26.75		
Costos	C. Ag.= Costos por agua			S/ 190.16	S/ 950.80	S/ 145.98	S/ 729.91
	C. En. = Costo por energía eléctrica			S/ 332.78		S/ 255.47	
	C. Ho. = Costos de horas extras			S/ 190.16		S/ 145.98	
	C. Co.= Costo de combustible			S/ 237.70		S/ 182.48	

	de lubricantes	fijos	C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 107.43		S/ 56.25	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 128.91		S/ 67.50	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 85.94		S/ 45.00	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 21.49		S/ 11.25	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 65.80	S/ 329.00	S/ 27.96	S/ 139.80
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 115.15		S/ 48.93	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 65.80		S/ 27.96	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 82.25		S/ 34.95	
F7.FA.2.	Inspeccionar con tintes	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 83.00	S/ 415.00	S/ 59.90	S/ 299.51
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 103.75		S/ 74.88	
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 124.50		S/ 89.85	
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 83.00		S/ 59.90	
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 20.75		S/ 14.98	
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 71.54	S/ 357.71	S/ 62.00	S/ 310.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 125.20		S/ 108.50	
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 71.54		S/ 62.00	
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 89.43		S/ 77.50	
		F7.FA.3.	Cambio de eje	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 645.98	S/ 3229.91
C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 807.48				S/ 807.48		
C. Re. = Costo por	S/ 968.97				S/ 968.97		

			repuestos			
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 645.98		S/ 645.98
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 161.50		S/ 161.50
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 486.00	S/ 2430.00	S/ 486.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 850.50		S/ 850.50
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 486.00		S/ 486.00
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 607.50		S/ 607.50
F7. FB.1.	Cambiar impulsor	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 580.64	S/ 2903.20	S/ 580.64
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 725.80		S/ 725.80
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 870.96		S/ 870.96
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 580.64		S/ 580.64
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 145.16		S/ 145.16
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 356.00	S/ 1780.00	S/ 356.00
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 623.00		S/ 623.00
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 356.00		S/ 356.00
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 445.00		S/ 445.00
		F7. FB.2.	Limpieza en la succión y descarga	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 101.94
C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 127.43				S/ 56.18	
C. Re. = Costo por repuestos	S/ 152.91				S/ 67.41	
C. Mat.= Costo de materiales	S/ 101.94				S/ 44.94	

			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 25.49		S/ 11.24			
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 69.00	S/ 345.00	S/ 42.00	S/ 210.00		
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 120.75		S/ 73.50			
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 69.00		S/ 42.00			
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 86.25		S/ 52.50			
F7. FB.3.	Limpieza de filtro	Costos fijos	F.T.= Fuerza de trabajo	S/ 67.60	S/ 338.00	S/ 19.00	S/ 95.00		
			C. Al. = Costo por almacenamiento	S/ 84.50		S/ 23.75			
			C. Re. = Costo por repuestos	S/ 101.40		S/ 28.50			
			C. Mat.= Costo de materiales	S/ 67.60		S/ 19.00			
			C. Ad. = Costo administrativo	S/ 16.90		S/ 4.75			
		Costos	C. Ag.= Costos por agua	S/ 23.96	S/ 119.80	S/ 20.00	S/ 90.00		
			C. En. = Costo por energía eléctrica	S/ 41.93		S/ 30.00			
			C. Ho. = Costos de horas extras	S/ 23.96		S/ 15.00			
			C. Co.= Costo de combustible	S/ 29.95		S/ 25.00			
		Total				S/ 88600.74		S/ 70163.28	
		Ahorro económico						s/ 18437.46	

Ratio de Costo Beneficio:

Para fines de estudio se presenta la relación global entre el costo total de implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad y el beneficio que se percibe dentro de la empresa a manera de ahorro en la implementación y ejecución

del plan de mantenimiento según el mantenimiento centrado en la confiabilidad respecto a las cifras que se requerían para realizar el mantenimiento pre implementación del RCM.

$$RCB = \frac{B}{CI}$$

RCB: Ratio Costo - Beneficio

B: Beneficios percibidos en el ahorro económico de la implementación del RCM respecto del Pre test

CI: Costo total de la implementación del RCM

Entonces:

$$RCB = \frac{S/.18437.46}{S/.79006.28} = 23.333\%$$

Se tiene entonces que la ratio de costo beneficio percibido por la empresa agro industrial es del 23,333% con lo cual se puede indicar que es conveniente la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad dentro de la caldera piro tubular.

V. Resultados

En la tabla 9 se logra observar que tiene una reducción económica considerable en el mantenimiento al momento de implementar el plan RCM en la Caldera peritubular de la empresa Agroindustria Branggi S.A.C.

Tabla 10. Prueba de la matriz de pre test y pos test

Error funcional	CM pre test	CM- post test (S/.)
F1.FA.1.	S/ 1738.18	S/ 1264.91
F1.FA.2.	S/ 1683.00	S/ 1239.51
F1.FB.1.	S/ 1981.00	S/ 1145.00
F1.FB.2.	S/ 2897.00	S/ 2875.56
F1.FB.3	S/ 1027.00	S/ 520.20
F2.FA.1.	S/ 503.00	S/ 280.51
F2.FA.2.	S/ 464.00	S/ 280.51
F2.FA.3.	S/ 653.00	S/ 344.91
F2.FB.1.	S/ 3859.00	S/ 3929.91
F2.FB.2.	S/ 4364.00	S/ 4315.51
F3.FA.1.	S/ 1762.00	S/ 1264.91
F3.FA.2.	S/ 2384.00	S/ 1551.91
F3.FA.3.	S/ 1451.50	S/ 868.25
F3.FB.1.	S/ 3260.96	S/ 3260.96
F3.FB.2.	S/ 1766.71	S/ 1264.91
F4.FA.1.	S/ 1766.71	S/ 1264.91
F4.FA.2.	S/ 1910.00	S/ 1145.00
F4.FA.3.	S/ 9876.56	S/ 5310.00
F4.FB.1.	S/ 4400.31	S/ 4400.31
F4.FB.2.	S/ 1766.71	S/ 1264.91
F5.FA.1.	S/ 3225.00	S/ 1618.11
F5.FA.2.	S/ 1910.00	S/ 1145.00
F5.FB.1.	S/ 5585.91	S/ 5585.91
F5.FB.2.	S/ 1109.91	S/ 574.80
F5.FB.3.	S/ 2054.91	S/ 1265.00
F6.FA.1.	S/ 1766.71	S/ 1264.91
F6.FA.2.	S/ 1910.00	S/ 1145.00
F6.FA.3.	S/ 4770.00	S/ 4770.00
F6.FB.1.	S/ 1799.91	S/ 1799.91

F6.FB.2.	S/ 1766.71	S/ 1264.91
F7.FA.1.	S/ 758.71	S/ 364.80
F7.FA.2.	S/ 772.71	S/ 609.51
F7.FA.3.	S/ 5659.91	S/ 5659.91
F7.FB.1.	S/ 4683.20	S/ 4683.20
F7.FB.2.	S/ 854.71	S/ 434.71
F7.FB.3.	S/ 457.80	S/ 185.00
Costo total de mantenimiento (S/.)	S/ 88600.74	S/ 70163.28

En la tabla 11 se muestra el cuadro estadístico descriptivos de los costos establecidos en el mantenimiento en el pretest

Tabla 11. Estadísticos descriptivos de CM pre test

		Estadístico	Error estándar
Costo PRE	Media	135238,0000	271,76540
	Mediana	105388,000000	
	Varianza	2644415,286	
	Desviación estándar	1626,59242	
	Asimetría	1,455	,393
	Curtosis	1,240	,768

En la tabla 11 se identifica los estadísticos de los costos pasado la implementación del RCM, en donde se obtiene una media de S/. 135238, se tiene una mediana de S/. 105388. Al mismo tiempo, en los datos descriptivos se obtiene una desviación estándar de S/. 1626.59, la cual corresponde a la variación respectiva a la media. También, se logra presentar una asimetría de 1.455, indicando una curva asimétrica positiva, obteniendo de esta forma una tendencia que se inclina al lado izquierdo de la media. En caso de la curtosis, esta tiene un resultado de 1.2, lo cual se presenta como una curva alargada, esto indica que está fuera de lo normal debido a que es mayor a cero y se le es denominada leptocúrtica.

Tabla 12. Estadísticos descriptivos de CM post test

		Estadístico	Error estándar
Costo pos	Media	132551,4167	352,89314
	Mediana	30673,5000	
	Varianza	4485896,136	
	Desviación estándar	2117,35882	
	Asimetría	2,487	,393
	Curtosis	7,149	,768

En la tabla 12 se identifica los estadísticos de los costos previo a la implementación del RCM, en donde se obtiene una media de S/. 132551.41, se tiene una mediana de S/. 30673.5. Al mismo tiempo, en los datos descriptivos se obtiene una desviación estándar de S/. 2117.36, la cual corresponde a la variación respectiva a la media. También, se logra presentar una asimetría de 2.487, indicando una curva asimétrica positiva, obteniendo de esta forma una tendencia que se inclina al lado izquierdo de la media. En caso de la curtosis, esta tiene un resultado de 5.7, lo cual se presenta como una curva alargada, esto indica que está fuera de lo normal debido a que es mayor a cero y se le es denominada leptocúrtica.

Análisis estadístico de los resultados

Prueba de la normalidad Pretest

Ho: los datos no siguen una distribución normal

H1: los datos siguen una distribución normal

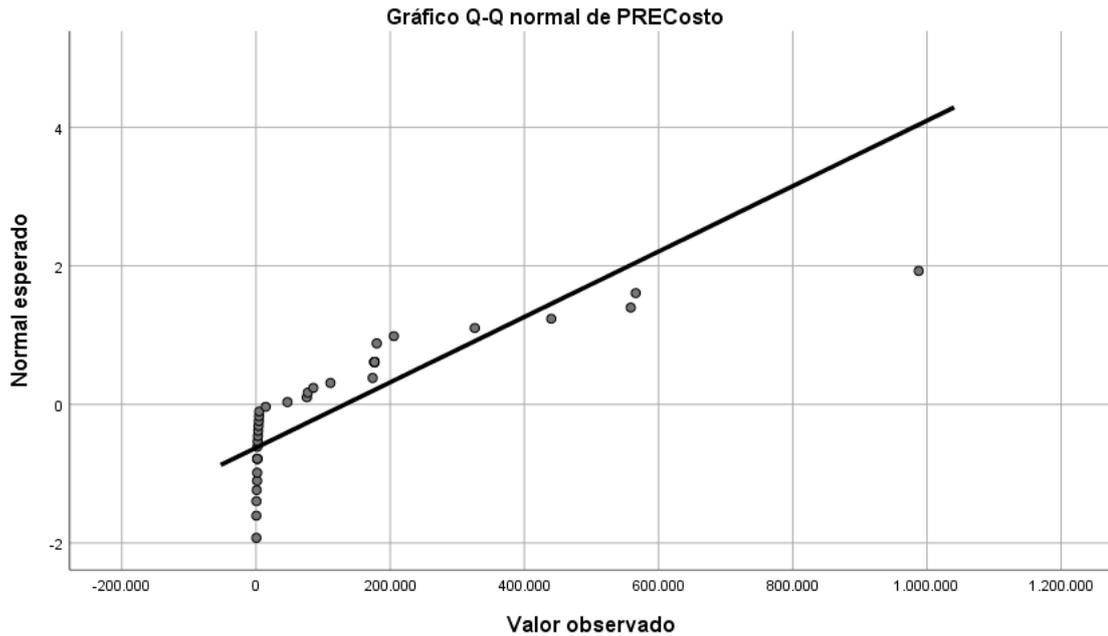
Se observa que en la tabla 12 se encuentran los datos, donde fueron ajustados a la línea de la recta, dando como resultado a la media, desviación estándar, cantidad de la muestra obtenida, resultado del Shapiro Wilk. En caso de este último, se indica un resultado inferior a 0.05, indicando que no se acepta la hipótesis nula e indicando que los datos presentan una distribución normal.

Tabla 13. Prueba de normalidad de PRECost.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRECost	,266	36	,000	,664	36	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 3. Se observa el grafico de normalidad de PRECost



Prueba de la normalidad Pretest

Ho: los datos no siguen una distribución normal

H1: los datos siguen una distribución normal

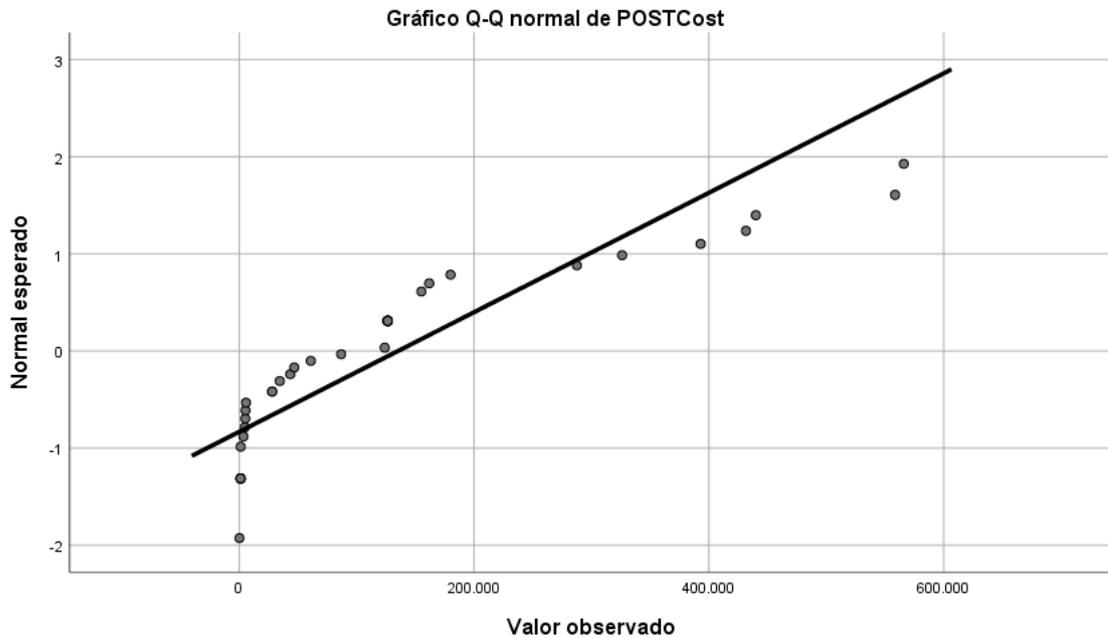
Se observa que en la tabla 14 se encuentran los datos que fueron ajustados a la línea de la recta, dando como resultado a la media, desviación estándar, cantidad de la muestra obtenida, resultado del Shapiro Wilk. En caso de este último, se indica un resultado inferior a 0.05, indicando que no se acepta la hipótesis nula e indicando que los datos presentan una distribución normal.

Tabla 14. Prueba de normalidad de POSCost.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
POSCost	,244	36	,000	,783	36	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 4. Se observa el grafico de normalidad de POSCost



Prueba de hipótesis

Para la prueba de hipótesis se plantea la hipótesis nula y alterna.

Ho: Mediante la estrategia del RCM para el mantenimiento de la Caldera piro tubular no se minimizarán los costos por mantenimiento en la empresa agroindustrial BRANGGI S.A.C.

H1: Mediante la estrategia del RCM para el mantenimiento de la Caldera piro tubular se minimizarán los costos por mantenimiento en la empresa agroindustrial BRANGGI S.A.C.

Figura 5. Se observa la Prueba T de Student

Prueba T

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	PRECost	132551,4167	36	211799,3588	35299,89314
	POSCost	135238,0000	36	162616,5924	27102,76540

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	PRECost & POSCost	36	,396	,000

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	PRECost - POSCost	2686,58333	209863,0185	34977,16974	73694,01294	68320,84627	,077	35	,000

En la figura anterior se logra identificar que el calor de significancia es inferior a 0.05, logrando de esta forma aceptar la H1 y rechazando la H0, de esta forma se demuestra que la implementación del RCM en una Caldera piro tubular logra la reducción de costos de mantenimiento, apareciendo de esta forma una diferencia significativa

VI. DISCUSIONES

En los resultados obtenidos por Adolfo, 2017 nos indica en sus resultados que los CM cuestan un total de 233696, ante la implementación de su plan de mantenimiento, resaltando de esta forma un costo abismal para las operaciones de mantenimiento. Al mismo tiempo, en los resultados obtenidos que fueron empleados después del plan el cual indica una a reducción en el costo, obtienen un valor de 179672, logrando de esta forma una diferencia abismal. Al mismo tiempo por parte de Yaranga 2021, nos indica que en la implementación del mantenimiento de una Caldera peritubular tiene un costo de 89018.85, indicando un costo alto antes implementar el plan RCM. Al mismo tiempo, el costo de la implementación de un plan con RCM obtiene un CM de 70539.8, obteniendo de esta forma una reducción de costo de 18479.05 al momento de realizar el mantenimiento. Con estos resultados obtenidos, se puede identificar que los costos coinciden, indicando que el precio disminuye en la implementación del plan para el mantenimiento de las calderas piro tubulares.

Por parte de Adama y Ipanaque nos indican en sus costos implementados en que el presupuesto base del uso de las calderas peritubulares está en 20761.11. contando con el total de los cálculos en donde se usan las calderas para los servicios y divididas en diversas pruebas. Por parte de Guevara 2022 nos indican en sus resultados nos indican que las actividades de funcionamiento de sus calderas cuentan un total de 210 dólares, siendo un gasto por cada ves que se usa la caldera indicando un gasto continuo sin tener una supervisión adecuada. Teniendo en cuenta a los autores mencionados, estos al no proponer un plan para sus actividades no se le puede establecer una estrategia la cuales ayuden al momento de las actividades, reduciendo de esta forma los costos en el uso de las calderas piro tubulares.

VII. CONCLUSIONES

Se concluye que medio de la implementación del plan de RCM se logra obtener los datos técnicos de la caldera piro tubular; con estos datos se determinan la influencia del plan RCM en la reducción de los costos de mantenimiento en la empresa BRANGGI S.A.C, siendo obtenida una reducción de 18437.46 nuevos soles, al momento de implementar el mantenimiento en las calderas piro tubulares.

Se concluye que medio de la realización del AMEF, se logra facilitar y reducir el tiempo en la detección de falla, lo cual permite reducir los costos, esto debido a enfocarse el mantenimiento en los sitios donde ocurren los errores en la caldera piro tubular, lo que permite reducir el costo en el mantenimiento de la caldera.

Se concluye que por medio de realización una matriz de criticidad sobre los distintos elementos de la caldera piro tubular, lo cual ayuda en la reducción de los costos de mantenimiento de la empresa BRANGGI S.A.C, en donde se puede observar en la tabla 6 y comparar el cronograma de actividades en la tabla 9, la cual fue de ayuda para la reducción de costos en el mantenimiento.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar la implementación de métodos de gestión de activos para realizar un análisis de otras variables externas respecto a la caldera piro tubular a fin de conocer que factores externos influyen en los costos de mantenimiento de la caldera piro tubular a fin de poder realizar mayores reducciones de los valores de los costos de mantenimiento de la caldera piro tubular.

Se recomienda complementar los datos obtenidos por la realización del AMEF con el estudio de otras pruebas de análisis de equipos para un mantenimiento proactivo; se puede complementar lo estudiado con la aplicación de un análisis de exploración de edad del equipo con lo cual conocer en que etapa de su periodo de vida se encuentran los distintos componentes de la caldera piro tubular.

Se recomienda complementar los datos obtenidos por la Matriz de criticidad con el estudio de del nivel de seguridad industrial que presenta el área de funcionamiento de la caldera piro tubular a fin de reducir los accidentes, los incidentes y riesgos que se presentan dentro del área de trabajo de la caldera piro tubular; esto permitiría reducir la cantidad de veces que se encuentra en inoperatividad de la caldera piro tubular.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adolfo Cosanatan (2017). Plan De Mantenimiento De La Sala De Calderas Del Hospital De Apoyo Chepen. Universidad Nacional de Trujillo. Tesis de pregrado. Lima – Perú. Extraído de:

<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9274/COSANATAN%20FLORES%2c%20ADOLFO%20ENRIQUE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Alvaro Muñoz & Joseph Menendez (2020). Manejo de las Caldera Industriales y su Impacto en el Medio Ambiente en la Ciudad de Guayaquil. Universidad Politécnica Salesiana. Artículo Profesional de pregrado. Guayaquil – Ecuador. Extraído de:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19836/1/UPS-GT003144.pdf>

Anderson Casas, Miguel Roa & Castro Erwin (2022). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la caldera piro tubular de la empresa FRIGORÍFICO VALLE DE TENZA S.A. Universidad ECCI. Tesis de especialidad. Bogotá – Colombia. Extraído de:

<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/2924/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Andrés Guananga & Segundo Cando (2021). Elaboración Del Plan De Mantenimiento Y Estudio De La Distribución De Los Equipos De La Planta De Procesamiento De Frutas Bayfruit De La Parroquia Bayushig Cantón Penipe. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Tesis de pregrado. Riobamba – Ecuador. Extraído de:

<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15988/1/25T00414.pdf>

Cañas Mendoza, M. L. (2021). Procedimiento para realizar mantenimiento de caldera piro tubular con el fin de restituir su integridad mecánica.

Cristian Carrion & Eder Maquera (2018). Diagnóstico Experimental Para La Detección De Fallas En Una Caldera Piro tubular De 150 Bhp Para Proponer Plan De Mantenimiento Predictivo En La Ciudad De Arequipa. Universidad Nacional del Altiplano. Tesis de pregrado. Lima Perú. Extraído de:

http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11348/Carrion_Cristian_Maquera_Eder.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Darío Guevara & Richard Orta (2022). Determinación Del Proceso De Mantenimiento Overhaul Para Calderas Piro tubulares Hasta 350 Bhp. Universidad Politécnica Salesiana. Tesis de pregrado. Quito – Ecuador. Extraído de:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22592/1/UPS%20-%20TTS813.pdf>

Germain Freire & Harrison Flores (2021). Diseño De Una Planta Piloto Para La Producción De Leche Pasteurizada, Queso Y Yogur En La Asociación Agropecuaria “Campo Verde” Ubicada En Turucucho, Cantón Cayambe Provincia De Pichincha. Universidad Politécnica Salesiana. Tesis de Pregrado. Quito – Ecuador.

Jairo Adama & Victor Ipanaque (2019). Diseño de un sistema de alimentación de gas natural para cuatro calderas piro tubulares de 400Bhp. Universidad Tecnológica del Perú. Tesis de pregrado. Lima – Perú.

Luis Yaranga (2021). Implementación Del Mantenimiento De La Caldera Piro tubular Para Reducir Los Costos De Mantenimiento En La Empresa Agroindustrial Virú. Universidad Nacional del Centro del Perú. Tesis de Pregrado. Huancayo – Perú. Extraído de:

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7371/T010_43673946_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mansir Ibrahim, Ben Rached & Habib Mohamed (2020). Numerical modeling of heat transfer characteristics in a two-pass oxygen transport reactor for fire tube boilers under oxy-fuel combustion. Journal Applied Thermal Engineering. Vol. 195.

<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.117248>

Marcelo Arnold (1998). Recursos para la Investigación Sistémico/Constructivista. Revista Académica de la Universidad de Chile. Extraído de:

<https://core.ac.uk/download/pdf/46531952.pdf>

Nestor Aucalla (2019). Plan De Mantenimiento Basado En Rcm Para Caldero De 50 Bhp, Caso: Hospital Ciudad Del Cusco. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Tesis de Maestría. Arequipa - Perú Extraído de:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/11900/UPalsinr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Omar Herrera & Jorge Betancourt (2018). Plan De Mantenimiento Basado En RBI Para La Caldera De Vapor Power Master Del Área De Apoyo Crítico De Una Empresa Del Sector Nutraceutico. Universidad Industrial Santander. Tesis de especialización. Bucaramanga – Colombia. Extraído de:

<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2018/172008.pdf>

P. V. Roslyakov et al. (2018). Development of a Computer Model of a Fire-Tube Hot Water Boiler, its Verification and Use in the Design Process. IV International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/INFORINO.2018.8581782.

Paula Fernández, Guillermo Vallejo & Pablo Livacic (2014). Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad. Se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales. Anal. Psicol. [online]. ISSN 1695-2294. 2014, vol.30, n.2. Extraído de:

https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-97282014000200039#:~:text=Investigaci%C3%B3n%20cuasi%20experimental%20es%20aquella,investigaci%C3%B3n%20aleatoriamente%20a%20los%20grupos.

Raúl Dean (1944). La investigación tecnológica en las ciencias de la ingeniería y la innovación tecnológica. Universidad Nacional de Rio Cuarto. Córdoba – Argentina. Extraído de:

<https://www.unrc.edu.ar/publicar/23/dossidos.html#:~:text=Con%20investigaci%C3%B3n%20tecnol%C3%B3gica%20en%20las,%2C%20maquinarias%2C%20patentes%2C%20etc.>

Raul Risco (2019). Análisis Energético A La Caldera Piro tubular A Carbón Para Reducir Costos De Producción De Vapor E Impactos Medioambientales En La Empresa Piel Trujillo SAC. Universidad Cesar Vallejo. Tesis de pregrado. Lima – Perú. Extraído de:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/33491/risco_ar.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Yury Vasquez (2021). Mejoramiento De La Seguridad Mediante Un Sistema De Control Y Monitoreo Para La Caldera Piro tubular De 12 Bhp De La Universidad José Carlos Mariátegui, 2018. Universidad José Carlos Mariátegui.

Tesis de pregrado. Extraído de:

http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/1060/Brian-Alex_tesis_titulo_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXO Nº 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 11. Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	INDICES	METODOLOGÍA
<p><u>Problema General</u> ¿De qué forma influye la implementación del plan RCM para el mantenimiento de la caldera piro tubular a fin de minimizar los costos por mantenimientos en la empresa agroindustrial BRANGGI S.A.C.?</p>	<p><u>Objetivo General</u> Determinar la influencia del plan de RCM para el mantenimiento de la caldera piro tubular a fin de reducir los costos de mantenimiento en la empresa BRANGGI S.A.C.</p>	<p><u>Hipótesis General</u> El plan de RCM influye en el mantenimiento de la caldera para la reducción de costos de mantenimiento en la empresa agroindustrial BRANGGI S.A.C.</p>	<p>Variable 1 / Variable independiente: Implementación del plan del mantenimiento</p>	<p>Análisis de los modos y efectos de falla</p> <p>Análisis de criticidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de modo de falla. • Identificación de causa raíz. • Consecuencias de fallas. • Análisis de riesgo. <ul style="list-style-type: none"> • detección elementos de la caldera. • Cálculo de riesgo por falla y presentación de componentes • Valor de NPR se clasifica en la matriz de criticidad dentro de la escala baja, media y alta. 	<p>Índice de riesgo</p> <p>Criticidad</p>	<p>Tipo de Investigación: Tecnológica y Sistemica</p> <p>Diseño de Investigación: Cuasi Experimental</p> <p>Población y Muestra Población: La caldera de la empresa agroindustrial BRANGGI SAC</p> <p>Técnicas: Recopilación documentaria</p> <p>Técnica de procedimiento de Datos: Análisis descriptivo y Análisis inferencial por medio del estadístico Tstudent.</p>
<p><u>Problema Específico</u> ¿De qué forma se elabora el AMEF en la caldera piro tubular para disminuir los costos por mantenimiento de la empresa BRANGGI S.A.C.?</p>	<p><u>Objetivo Específico</u> Elaborar un análisis AMEF en la caldera piro tubular a fin de reducir los costos de mantenimiento de la empresa BRANGGI S.A.C.</p>	<p><u>Hipótesis Específica</u> El AMEF permite la reducción de costos de mantenimiento de la empresa BRANGGI S.A.C.</p>	<p>Variable 2 / Variable Dependiente: Costo de Mantenimiento</p>	<p>Costos Fijos (CF)</p>	<p>F. T.= Fuerza de trabajo C. Al. = Costo por almacenar C. Re.= Costo por repuesto C. Ma.= Costo por material C. Ad. = Costos administrativos</p>	<p>CF=F. T.+ C. Al.+ C. Re. + C. Ma + C. Ad.</p>	<p>Técnicas: Recopilación documentaria</p> <p>Técnica de procedimiento de Datos: Análisis descriptivo y Análisis inferencial por medio del estadístico Tstudent.</p>

¿De qué forma se puede visualizar los componentes de la caldera piro tubular para disminuir los costos por mantenimiento de la empresa BRANGGI S.A.C.?	Elaborar una matriz de criticidad sobre los distintos componentes de la caldera piro tubular a fin de reducir los costos de mantenimiento de la empresa BRANGGI S.A.C.	La aplicación de una matriz de criticidad de los componentes de la caldera permite reducir los costos de mantenimiento en la empresa agroindustrial BRANGGI S.A.C.	Costos Variables (CV)	Ag.= Costo de agua C. El. = Costo de energía eléctrica C Ho. = Costos por horas extras C. Co.= Costo por combustible.	CV= C. Ag + C. El. + C. Ho. + C. Co.
			Preparación de pedidos	Porcentaje de pedidos preparados a tiempo.	CV=Agua+E.E.+Horas extras+combustible
			Despacho	Nivel de cumplimiento en despachos	

Fuente. Elaboración propia.

ANEXO N° 2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Hoja de inspección

Numero de trabajo			N°	
Prioridad:			Numero de cuenta	
Requerido:		Aprobado:	Fecha:	
Equipo:				
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA				
Supervisor:		Sección	Fecha:	
MATERIAL Y HERRAMIENTAS NECESARIAS				
Coordinado por:		Departamento:		
Numero de orden de impedimento de la operación		Tiempo:	Fecha:	
Fecha de regreso a operación:		Hora:	Supervisor:	
Servicio verificado:		Responsable:		
Sumario del servicio ejecutado:				
Fecha de terminación del servicio				Hora:
Comentarios sobre el problema				
Hora-hombre utilizadas	Eficiencia	Nombre	Comentarios del consumo de horas-hombre	

Fuente: La empresa

Hoja de información del análisis AMEF

Equipo:	Componentes	AMEF número Página Fecha de inicio Fecha de fin
---------	-------------	--

Funciones	Falla funcional	Modo de falla	Frecuencia de ocurrencia de falla	Efectos de falla
------------------	------------------------	----------------------	--	-----------------------------

Comentarios:

Fuente: La empresa

Tabla 2. *Hoja de información del NPR*

Falla funcional	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
-----------------	----------	------------	-----------	-----

Fuente: La empresa

INFORME		
DOCENTE SICCHA MACASSI		
CURSO		
<p>Estimados docentes: Se tiene en consideración que la Investigación Formativa pertenece al desarrollo en la asignatura, según el Res. N°, la Directiva N°..... Investigación Formativa. Donde debe de ser aprobada por Res. N°..... avisado por medio, donde se remite a las cuentas electrónicas de los docentes del 1.....0. Es por ello que se solicita una respuesta a las siguientes interrogantes, en donde se nos brinda una información valiosa para el chequeo de las actividades</p>		
Marcar con una "X" en el recuadro que corresponda	SI	NO
1.¿Se notifico a los alumnos sobre el trabajo de investigación?		
2.¿Se organizo las actividades para culminar la investigación?		
3.¿Se realiza un seguimiento sobre las actividades de la investigación?		
Marcar una X en "SI" si su respuesta es SI		
4.¿Que producto se entrega como prueba de las actividades de investigación en la asignatura?		
EVIDENCIA		
EVIDENCIA		
5.¿De momento, que actividad del trabajo de investigación falta terminar?		
SEMANA		
<p>ATENCIÓN: Por parte de la directiva (Directiva N°..... de investigación Formativa), donde es aprobada por la Resolución de Consejo de Facultad de, se indican los pasos y condiciones de entrega para la mejora del producto acreditable, teniendo como máximo a la semana 14. En caso contrario, se debe de entregar el IO. Para contratar este objetivo, se le enviara a su cuenta institucional (XXXXXXX). Muchas gracias.</p>		
Callao, 09 de Diciembre 2020		
FIRMA DIGITAL DEL DOCENTE		

ANEXO N° 3. Ficha de autorización de uso de datos de la empresa



Lima 08 de junio del 2023

Señores:

Universidad nacional del Callao

Escuela profesional de ingeniería industrial

Estimados,

Yo, Gilmar Richard Gonzales Salazar identificado con el DNI: 25688272 Gerente General, en mi calidad de representante legal de la empresa Agroindustria de Alimentos Branggi S.A.C. con numero de ruc nro.: 20503586151, autorizo a Sr. Anwar Julio Yarin Achachagua con DNI: 41133522 egresado de la maestría de ingeniería industrial con mención en gerencia de logística de la Universidad Nacional Del Callao, para su trabajo titulado "IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS CALDERAS PIRO TUBULARES A FIN DE MINIMIZAR LOS COSTOS POR MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIA BRANGGI S.A.C." como condiciones contractuales, el ingeniero mencionado (1) no usara para fin personal la información (documento, expedientes, escritorios, artículos, contrato, estados de cuenta y demás materiales) que, con objeto de la investigación, se le fue suministrado; (2) no proporciona a terceras personas verbalmente o escrito, directa o indirectamente, información de algunas actividades y/o procesos de cualquier clase que fuese observadas en la empresa durante la duración de la investigación y (3) no utilizar completa o parcialmente ningún de los productos (documento, metodología, procesos y demás) relacionados con la investigación. La información y el resultado de la investigación serán de uso exclusivamente académico.

La información y resultados que se obtengan del mismo que podrían llegar a convertirse en una herramienta didáctica que apoye a la formación de los estudiantes de la unidad de pregrado de la facultad de ingeniería industrial:

Atentamente

Richard Salazar