

**APLICACION DE LA METODOLOGIA RCM MEDIANTE EL ANALISIS DE
MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS, PARA PROCESO DE ENFRIAMIENTO
DE CLINKER DE LA EMPRESA CEMENTOS ARGOS S.A. PLANTA
SOGAMOSO**

JUAN ALEJANDRO CASTRO WILCHES



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
TUNJA
2022**

**APLICACION DE LA METODOLOGIA RCM MEDIANTE EL ANALISIS DE
MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS, PARA PROCESO DE ENFRIAMIENTO
DE CLINKER DE LA EMPRESA CEMENTOS ARGOS S.A. PLANTA
SOGAMOSO**

JUAN ALEJANDRO CASTRO WILCHES



**TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PASANTIA PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO MECANICO**

**Director:
ING. FABIAN LEONARDO HIGUERA SANCHEZ**

**Codirector:
ING. NELSON IVAN VILLAMIZAR CRUZ**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
TUNJA
2022**

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja 27 mayo de 2022

DEDICACION

A mis padres Nervado Castro y Nancy Wilches, quienes con su amor, esfuerzo, trabajo y sacrificio me han permitido cumplir un sueño más. Gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, de no temer a las adversidades. También a mi hermano Carlos Felipe por su cariño y apoyo incondicional.

A ustedes dedico este logro.

Juan Alejandro Castro Wilches

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más grandes agradecimientos a Dios en primer lugar, a mis padres, hermano y familiares por su apoyo incondicional en esta lucha de conseguir esta meta para mi vida.

A el Ingeniero Fabián Leonardo Higuera, Director del trabajo de grado, por su colaboración y oportunas observaciones.

A el Ingeniero Nelson Iván Villamizar Cruz, Codirector por brindarme ayuda y asesoría en mi proyecto de grado.

A el Ingeniero Guillermo Andrés Vargas Otálora, por sus valiosas enseñanzas, acompañamiento en la empresa, apoyo constante en la realización de mi pasantía.

A mis compañeros universitarios, con quienes compartimos este ciclo de vida.

A la empresa Cementos Argos y personal que intervino en la creación de este proyecto, ingenieros, técnicos, tecnólogos, oficiales y equipo de mantenimiento, confiabilidad y producción por su tiempo dedicado y enseñanzas transmitidas, esta fue una gran experiencia para mi formación humana y profesional.

A la Universidad Santo Tomas y todo su personal de docentes que hicieron posible mi formación como ingeniero y por ser la institución galante de nuestra formación profesional.

A todas gracias por ser y estar.

Juan Alejandro Castro Wilches

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION.....	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
2. JUSTIFICACION	18
3. OBJETIVOS	19
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	19
4. MARCO REFERENCIAL	20
4.1. MARCO CONTEXTUAL	20
4.1.1. Identificación	20
4.1.2. Generalidades del proceso de enfriamiento de Clinker.....	21
4.1.3. Descripción del área de enfriamiento	22
4.1.4. Descripción de los equipos del proceso.....	23
4.2. MARCO TEÓRICO	34
4.2.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).....	34
4.2.2. Funciones y parámetros de funcionamiento	34
4.2.3. Fallas funcionales.....	35
4.2.4. Análisis de modos de falla y sus efectos (AMFE)	35
4.2.5. Consecuencias de falla	36
4.2.6. Mantenimiento proactivo 1: Tareas preventivas.....	37
4.2.7. Mantenimiento Proactivo 2: Tareas predictivas	37
4.2.8. Acciones a falta de: Tarea de búsqueda de fallas	37
4.2.9. Aplicación del AMFE	38
5. DISEÑO METODOLOGICO	39
6. RESULTADOS	40

7. RESULTADOS ETAPA 1: Diagnostico del proceso	42
7.1. Levantamiento de la información	42
7.1.1. Formación del equipo natural de trabajo.....	42
7.1.2. Selección del sistema	45
7.1.3. Taxonomía	46
7.2. Registro y diagnóstico de fallas	48
7.2.1. Diagnóstico de paros del Horno	48
7.2.2. Frecuencia y duración de fallas	49
7.3. Análisis de información histórica de consumos.....	53
7.3.1. Determinación de consumo energético	53
7.3.2. Costo de Clinker transferido por hora	53
7.3.3. Valoración económica	54
7.4. Análisis de criticidad	55
7.4.1. Asignación de valores ponderados.....	55
7.4.2. Construcción de la matriz de criticidad	56
7.4.3. Ingreso de datos y valores obtenidos	57
8. RESULTADOS ETAPA 2: Desarrollo de análisis basado de metodología	
AMFE	59
8.1. Aplicación de la metodología AMFE	59
8.1.1. Hoja de información.....	59
8.1.2. Hoja de decisión de RCM.....	61
9. RESULTADOS ETAPA 3: Plan de mantenimiento	66
9.1. Hoja de plan de mantenimiento	66
9.2. Indicadores de Mantenibilidad	68
9.2.1. Disponibilidad	69
9.2.2. Tiempo medio entre fallas	70
9.2.3. Mantenibilidad	71
10. CONCLUSIONES.....	72

11. RECOMENDACIONES.....73

BIBLIOGRAFIA.....74

ANEXOS75

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Descripción del plan de mantenimiento	39
Tabla 2. Resultados por etapa	40
Tabla 3. Análisis de información de tiempos de parada	48
Tabla 4. Consumo energético	53
Tabla 5. Costos de Clinker transferido por hora	54
Tabla 6. Análisis de costos y consumos según tiempo de fallas	54
Tabla 7. Factores ponderados.....	55
Tabla 8. Matriz de criticidad.....	56
Tabla 9. Valores obtenidos según el diagnóstico de criticidad	57
Tabla 10. Resultados Matriz de criticidad de los equipos del sistema de enfriamiento	57
Tabla 11. Formato Hoja de información modos de falla Rompedor 285	60
Tabla 12. Formato hoja de decisión Rompedor 285	62
Tabla 13. Formato de plan de mantenimiento.....	66
Tabla 14. Indicadores de mantenibilidad	68
Tabla 15. Manual de indicador de disponibilidad.....	69
Tabla 16. Manual de indicador de tiempo medio entre fallas.....	70
Tabla 17. Manual de indicadores de confiabilidad.....	71

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Planta cementos argos Sogamoso, Regional Colombia.....	20
Figura 2. Clinker o materia prima.....	22
Figura 3. Enfriador de clinker.....	23
Figura 4. Rompedor de clinker	24
Figura 5. Unidad de lubricación trituradora de clinker.....	25
Figura 6. Ventilador con ducto de captación 295 y ventilador 302.....	26
Figura 7. Ventiladores 290, 296, 297,298.....	27
Figura 8. Sistema de transmisión de potencia ventilador	27
Figura 9. Sistema motriz cadenas 283, 284	29
Figura 10. Válvulas platco.....	29
Figura 11. Parrilla IKN del enfriador	31
Figura 12. Sistema motriz parrilla 283.....	32
Figura 13. Un típico grupo de revisión RCM	42
Figura 14. Grupo natural de trabajo en campo	43
Figura 15. Grupo de trabajo en sala de reuniones	44
Figura 16. Sistema de enfriamiento desde sala de control industrial, planta argos.....	45
Figura 17. Proceso de clinkerizacion.....	46
Figura 18. Taxonomía de equipos	47
Figura 19.Causas de paro de Horno con su respectiva duración y frecuencia	49
Figura 20. Diagrama de Pareto duración de paros del enfriador.....	50

Figura 21. Diagrama de Pareto frecuencia de paros del enfriador	51
Figura 22. Frecuencias de fallas en equipos del sistema de enfriamiento.	52
Figura 23. Fallos en equipos del sistema de enfriamiento	52
Figura 24. Código de consecuencias y tipo de tarea	64
Figura 25. Diagrama de decisión RCM2	65

ANEXOS

	pág.
Anexo A. Certificación de práctica empresarial.....	75
Anexo B. Hoja de información Rompedor 285	76
Anexo C. Hoja de información Unidad de lubricación del enfriador 294.....	77
Anexo D. Hoja de información de ventiladores	78
Anexo E. Hoja de información de cadena de finos 286 y 287	80
Anexo F. Hoja de información parrillas IKN, 283, 284	82
Anexo G. Hoja de decisión Rompedor 285	85
Anexo H. Hoja de decisión unidad de lubricación 294	86
Anexo I. Hoja de decisión ventiladores	87
Anexo J. Hoja de decisión cadena 286, 287	88
Anexo K. Hoja de decisión parrilla IKN, 283, 284.....	90
Anexo L. Hoja plan de mantenimiento rompedor 285	93
Anexo M. Hoja plan de mantenimiento unidad de lubricación 294	95
Anexo N. Hoja plan de mantenimiento ventiladores.....	96
Anexo O. Hoja plan de mantenimiento cadenas 286, 287.....	98
Anexo P. Hoja plan de mantenimiento parrillas IKN, 283, 284	100

GLOSARIO

AMFE: Análisis de modos de fallas y sus efectos.

CLINKER: Sustancia que se obtiene como resultado de la calcinación en horno, de mezclas de calizas arcillosas preparadas artificialmente con adición eventual de otras materias.

CONSECUENCIAS DE LA FALLA: La forma (o formas) en la cual tiene importancia un modo de falla o una falla múltiple.

EFEECTO DE LA FALLA: Qué sucede cuando ocurre un modo de falla

FALLA EVIDENTE: Un modo de falla que será evidente por sí mismo para los operarios en circunstancias normales.

FALLA FUNCIONAL: Estado en el cual el activo físico o sistema es incapaz de cumplir, a un nivel de funcionamiento que sea aceptable para su propietario o usuario, con una función específica.

FALLA MULTIPLE: Un evento que ocurre si falla una función protegida mientras su dispositivo o sistema de protección se encuentra en estado de falla.

FALLA OCULTA: Un modo de falla que no será evidente por sí mismo para los operarios en circunstancias normales.

FALLA POTENCIAL: Una condición identificable que indica que una falla funcional está en vías de ocurrir o en proceso de ocurrir.

FUNCIÓN: Lo que el propietario o usuario quiere que el activo físico o sistema haga.

FUNCIONAMIENTO DESEADO: El nivel aceptable de funcionamiento para el propietario o usuario del activo físico o sistema.

MANTENIMIENTO "A ROTURA": Política de manejo de fallas que permite que ocurra un modo de falla específico sin hacer ningún intento de anticiparlo o prevenirlo.

MODO DE FALLA: Un evento singular que causa una falla funcional.

RCM: Mantenimiento basado en confiabilidad.

CONSECUENCIAS NO OPERACIONALES: Un modo de falla tiene consecuencias no operacionales si no es oculto y tiene consecuencias sobre la seguridad, sobre el medio ambiente ni consecuencias operacionales, pero necesita ser reparado.

CONSECUENCIAS OPERACIONALES: Un modo de fallas o falla múltiple tienen consecuencias operacionales si pueden afectar de manera adversa la capacidad operacional de un activo físico o sistema.

CONSECUENCIAS AMBIENTALES: Un modo de fallas o falla múltiple tienen consecuencias sobre el medio ambiente si pudieran quebrantar cualquier estándar de regulación medioambiental corporativa, municipal, regional, nacional o internacional que se aplique al activo físico o sistema en consideración.

CONSECUENCIAS SOBRE LA SEGURIDAD: Un modo de falla o una falla múltiple tiene consecuencias sobre la seguridad si puede dañar o matar a un ser humano.

CONTEXTO OPERACIONAL: Conjunto de circunstancias en las que se espera que opere un activo físico o sistema.

RESUMEN

La empresa Cementos Argos, ubicada en Sogamoso (Boyacá), se dedica a la fabricación, producción y distribución de cemento. Para tal fin la empresa cuenta con un gran número y variedad de equipos, los cuales se deben mantener disponibles y en óptimas condiciones para su operación; se debe evitar, sobretodo, el verificarse de fallas y averías en los equipos porque esto afecta la producción de cemento.

Desde hace algunos años evidencian fallas en la línea de clinkerizado, en particular en los equipos del sistema de enfriamiento de Clinker.

Resulta necesario implantar la estrategia o técnica de mantenimiento llamada Análisis de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), o *Reliability Centred Maintenance*, la cual asegura el servicio continuo de los equipos.

De esta manera se lleva a cabo la evaluación y la selección de tareas prioritarias de acuerdo a los equipos, a partir del análisis de fallas, teniendo en cuenta las consecuencias sobre la seguridad, ambientales, operacionales, o no operacionales. En este modo se obtiene un mayor índice de confiabilidad y de reducción de costos totales de producción y mantenimiento, incrementando también la vida útil de los equipos.

Para esto, antes que todo, se realiza el diagnóstico de fallas en los equipos del proceso de enfriamiento de Clinker. Sucesivamente, se desarrolla el análisis de la metodología de modos y efectos de falla (AMFE), con el fin de plantear tareas proactivas de mantenimiento. Por último, se propone un plan de mantenimiento para mejorar la mantenibilidad del proceso en manera de prevenir eventuales fallas.

INTRODUCCION

En la industria cementera uno de los materiales más importante e indispensable para la fabricación de cemento es el Clinker, que posee propiedades químicas y físicas particularmente necesarias para tal fabricación. El Clinker, materia prima, está compuesto de caliza, arcilla, minerales de sílice, alúmina y hierro. Todos estos materiales son sinterizados a altas temperaturas en un horno rotatorio. Para obtener el Clinker, es necesario, sucesivamente, someterlo a un proceso de enfriamiento. Este proceso consiste en el flujo de aire a temperatura ambiente por medio de equipos mecánicos.

Para tal fin, es indispensable haber una idónea mantenibilidad de los activos físicos, la cual garantiza la buena calidad del producto, la confiabilidad del proceso y el correcto funcionamiento de los activos.

La metodología RCM busca elaborar planes de mantenimiento de los equipos; estos planes incluyen todo tipo de estrategias de mantenimiento proactivo como tareas preventivas y predictivas, búsqueda de fallas, rediseños, recorridos de inspección, etc. Esta técnica desarrolla programas de organización de actividades, gestión del mantenimiento buscando mantener la alta confiabilidad y la disponibilidad de los equipos; determina que debe hacerse para que todo activo continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que ejecute en el contexto operacional. El RCM también se utiliza como marco de referencia para analizar el riesgo de equipos, clasificar la importancia de los componentes para el mantenimiento y detectar oportunidades de mejora.

Con el presente trabajo se busca analizar, por medio de la herramienta de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), el cumplimiento del correcto funcionamiento del sistema, de los procesos y de los equipos críticos que intervienen en el proceso de clinkerización de la planta de Cementos Argos ubicada en Sogamoso (Boyacá).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la industria cementera existen diversos procesos para la obtención del cemento, entre ellos se encuentra el proceso de clinkerización, el cual es un sistema compuesto de subsistemas, equipos o activos físicos que necesitan de mantenimiento para garantizar su buen funcionamiento y confiabilidad.

La selección y el análisis de este proceso de clinkerización es de gran importancia para la planta productora de cemento de Sogamoso-Boyacá. En esta empresa una de las problemáticas principales son las frecuentes fallas ocurridas en el enfriador de Clinker, verificándose con frecuencia tales fallas en los equipos del sistema de enfriamiento, se desarrollan anomalías creando problemas críticos en los equipos, o también llamados cuello de botella en el proceso, que causan la parada inesperada del horno rotativo, el cual tiene una estimación de una parada programada anual.

El costo de una parada del sistema es muy elevado, lo cual afecta drásticamente la empresa respecto a costos de mantenimiento, de operativos, de pérdidas de producción, gastos energéticos, de alimentación y adicionando a todo esto, también, los daños causados por la falla presentada.

Estos paros en los dos últimos años han sido constantes, por consiguiente, los tiempos muertos aumentan y a la vez disminuye la disponibilidad de los equipos y retrasos en el proceso de clinkerización. Al estar parado el proceso de enfriamiento se afectan procesos sucesivos a este, causando incumplimiento de los objetivos de la compañía, pérdidas en los indicadores de mantenimiento y de producción.

La parada inesperada del proceso productivo, además de estar ocasionando pérdidas en los indicadores de mantenimiento y de producción, trae consecuencias e impactos medioambientales, de integridad, de seguridad, operacionales, pérdidas de tiempo, retrasos en la producción del cemento, y sobretodo, perdidas de tipo económico ya que se estaba obteniendo una producción promedio diaria de 1500 toneladas de Clinker, material que es indispensable para la obtención del cemento.

2. JUSTIFICACION

La implementación de un sistema de análisis de modos de falla y sus efectos en la industria es necesaria para el mejoramiento, la mantenibilidad y el correcto funcionamiento de los activos; esta implementación es, de igual modo, requisito indispensable para un excelente procesamiento productivo operacional cementero.

Las razones por las cuales se realiza este análisis de confiabilidad consisten en: la mayor eficiencia del mantenimiento, el mejor funcionamiento operacional (cantidad y calidad de producto), la mayor vida útil de los componentes, el registro en base de datos, la mayor motivación del personal, y el mejor trabajo en equipo.

Todos estos logros ayudan al equipo de mantenimiento a identificar las fallas en activos que deberán ser eliminados o reducidos. Estas fallas constituyen la base para la solución de los problemas y proporcionan los elementos para la etapa de rediseño, la cual proyecta una alta probabilidad de operación y de seguridad funcional exitosa.

De esta manera el impacto que presenta el análisis de mantenimiento basado en confiabilidad es de gran beneficio para el área de mantenimiento y para el proceso de producción porque brinda muchas utilidades económicas considerando: el ahorro de costos de mantenimiento por averías, seguridad, integridad ambiental y la efectividad del mantenimiento; la disminución de paradas por continuas fallas; la disminución de tiempos de parada de equipos del proceso de enfriamiento de clinker y procesos anteriores al mismo; y no menos importante, la reducción de tiempos muertos en la línea de clinkerizado. De consecuencia, todo esto beneficia el aumento en disponibilidad y factor de confiabilidad de equipos y del proceso de clinkerización.

Con la implementación del sistema de análisis AMFE efectivamente se disminuyen los costos. Con la evaluación de las posibles fallas (y sus causas), el estudio de sus efectos, el análisis de sus consecuencias y, en fin, mediante tareas (preventivas y predictivas) de mantenimiento se reducen las fallas. Se determinan, en esta manera, los requerimientos de mantenimiento de los activos para la operación. Todo esto con el fin de garantizar sus correctos funcionamientos y, consecuentemente, reducir los costos.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Implementar una estrategia de mantenimiento aplicando RCM por medio de la metodología (AMFE) Modos de falla y efectos, para el proceso de enfriamiento de Clinker de la empresa cementos Argos planta Sogamoso.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diagnosticar el proceso de enfriamiento de Clinker y los equipos del sistema para la toma de decisiones de la mantenibilidad.
- Desarrollar un análisis basando en la metodología de modos y efectos de falla (AMFE) en los equipos críticos del proceso de enfriamiento de Clinker con el fin de plantear tareas proactivas de mantenimiento.
- Aplicar la metodología RCM de acuerdo a los resultados obtenidos en la etapa de información de fallos (AMFE). De igual modo proponer un plan de mantenimiento para mejorar la mantenibilidad, prevenir y optimizar fallos del proceso de enfriamiento de Clinker.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. MARCO CONTEXTUAL

Cementos Argos es una multinacional en crecimiento que consolida su presencia en dieciséis países y territorios con economías emergentes y desarrolladas. Lleva más de ochenta años construyendo historia y hoy es la cementera y concretera número uno en Colombia y una de las más relevantes del sector en Estados Unidos, el Caribe y Centroamérica.

Actualmente cuenta con más de 7.200 colaboradores en sus tres regionales, 13 plantas de cemento, 265 plantas de concreto, 9 moliendas de clínker, 28 puertos y terminales, 67 centros de despacho; más de 2.200 camiones mezcladores, más de 1.600 vagones de tren y 4 barcos propios.

Su capacidad instalada total es de 23 millones de toneladas de cemento y de 16,5 millones de metros cúbicos de concreto. En 2020, exportó a 30 destinos.

4.1.1. Identificación

La empresa cementos Argos, planta Sogamoso, Regional Colombia se encuentra ubicada en el kilómetro 4, vía Sogamoso-Corrales, como se observa en la figura 1.

Figura 1. Planta cementos argos Sogamoso, Regional Colombia.



Fuente: Periódico Boyaca7dias, edicion,2019/02/23

Actualmente la planta Cementos Argos ubicada en Sogamoso cuenta con una producción promedio diaria de 1500 toneladas de Clinker, que materia prima para la elaboración del cemento.

Es importante conocer la manera y el fundamento del enfriamiento del Clinker porque de este proceso de enfriamiento dependen las particulares propiedades del cemento, para que reaccione adecuadamente al contacto con el agua y los demás materiales que componen la mezcla.

4.1.2. Generalidades del proceso de enfriamiento de Clinker

El enfriamiento del Clinker es uno de los procesos necesarios y determinantes en la producción del cemento. El proceso de enfriamiento del clinker influye en la composición mineralógica, en sus características y otorga al cemento mismo, en cierta medida, su calidad. El Clinker, después de la salida del horno rotatorio, se trata con enfriadores de aire (en contracorriente o en forma transversal). Este aire caliente, casi en su totalidad, se aprovecha como aire secundario para la combustión del horno.

¿Porque es necesario este proceso de enfriamiento de Clinker?

El adecuado enfriamiento perfecciona las propiedades del cemento.

El clinker caliente influye negativamente en la molienda del cemento.

El clinker al rojo no se puede transportar.

Se aprovecha el contenido térmico del mismo disminuyendo costos de producción.

La velocidad de enfriamiento del clinker influye entre la fase cristalina y vítrea del mismo.

El enfriamiento rápido influye notablemente en el comportamiento del óxido de magnesio y consecuentemente en la estabilidad del cemento fabricado con ese clinker.

La estabilidad de volumen en el periodo de endurecimiento del cemento depende del tamaño de los cristales de periclasa (óxido de magnesio).

Figura 2. Clinker o materia prima



Fuente: Elaboración propia

Un enfriamiento rápido genera menos contenido de óxido de magnesio (MgO). Si el enfriamiento es demasiado lento promueve el crecimiento de los minerales del clinker como la alita, entonces puede afectar la trituración del clinker, también la resistencia mecánica del cemento y su hidratación. Adicionalmente va a requerir de mayor energía para su molienda. El enfriamiento rápido del clinker eleva la estabilidad del cemento frente a los sulfatos de sodio y los de magnesio, lo que lo hace más resistente a la agresión química.

4.1.3. Descripción del área de enfriamiento

El clinker proveniente del horno oscila a una temperatura entre 900 y 1500 °C (según la zona). El clinker cae por gravedad al enfriador de parrilla (conocido también como enfriador Fuller). Gracias a estos ventiladores que producen un intercambio térmico eficiente entre el aire de refrigeración y el clinker caliente genera el enfriamiento del

Clinker más rápido. Con este tipo de enfriadores el rendimiento térmico se puede elevar hasta un 75% (llegando a enfriar el clinker hasta los 65°C), lo que permite su inmediata trituración, transporte y almacenado.

Figura 3. Enfriador de clinker



Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Descripción de los equipos del proceso

EQUIPOS:

4.1.4.1. ROMPEDOR 285

Reduce el tamaño de los bloques de clinker mediante el uso de la fuerza (rompedor conjunto giratorio de martillos pendulares) con el fin de romper y reducir el clinker en una serie de piezas de volumen más pequeñas y compactas, dando la granulometría final para su depósito. Capacidad aproximadamente 175 T/H.

Figura 4. Rompedor de clinker



Fuente: Elaboración propia

COMPONENTES ROMPEDOR:

MOTOR IM 285: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.

MARTILLOS: Proyectan la partícula de Clinker hacia las pantallas de impacto para lograr fragmentar el Clinker a un tamaño deseado.

GRIZZLY: Rejilla para clasificar y evacuar finos de clinker hacia el transportador IM 303 y evitar la caída de material grueso al transportador 303, direccionando hacia el rompedor.

CARCAZA ROMPEDOR: Proteger todos los componentes internos del rompedor.

TRANSMISION CORREA-POLEA: Transmitir movimiento giratorio, fuerzas y velocidades angulares entre ejes paralelos que se encuentran a una cierta distancia.

SENSOR DE TEMPERATURA: Detectar de temperatura RTD (detector de temperatura por resistencia).

SENSOR DE MOVIMIENTO O ROTACION: Mide la velocidad angular alrededor de su eje vertical.

PRESOSTATO: Interruptor de presión, es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

4.1.4.2. UNIDAD DE LUBRICACION TRITURADORA DE CLINKER 294

Unidad encargada de lubricar la trituradora de Clinker 285 para su operación, para su accionamiento es necesario el motor IM 294 de 1,2 hp, el cual es alimentado por 460 voltios A.C

Figura 5. Unidad de lubricación trituradora de clinker



Fuente: elaboración propia

COMPONENTES UNIDAD DE LUBRICACION DE ROMPEDOR:

BOMBA: Suministrar caudal de aceite a una determinada presión

TANQUE: Almacenar y garantizar flujo constante de lubricante para la unidad.

SISTEMA DE INTERCAMBIADOR DE CALOR: Refrigerar el fluido empleando otro con menor temperatura.

FILTROS: Los filtros de succión hidráulicos son instalados en la línea de bombeo para prevenir que las bombas o los sistemas sufran daños por la absorción de contaminantes en el fluido y para extender su vida útil.

UNIDAD DE LUBRICACION CENTRALIZADA SKF: Bombear lubricante a los grupos de dosificadores a través de unas tuberías. Los dosificadores suministran la

cantidad de lubricante predeterminada a los puntos de lubricación o chumaceras internas de las parrillas presuricen de forma sucesiva.

4.1.4.3. VENTILADORES 290-296-297-298-295-302

Dar flujo de aire a las parrillas IKN, 283, 284 del enfriador para enfriamiento del clinker. Capacidad aproximada. 480 m³/min.

Figura 6. Ventilador con ducto de captación 295 y ventilador 302



Fuente: elaboración propia

Figura 7. Ventiladores 290, 296, 297,298



Fuente: elaboración propia

Figura 8. Sistema de transmisión de potencia ventilador



Fuente: elaboración propia

COMPONENTES DE LOS VENTILADORES:

ROTOR DE VENTILADOR: Producir corriente o flujo de aire, girando a alta velocidad; promedio de 2610 rpm

MOTOR: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.

ACOPLE SEMIELASTICO: Absorben des alineamientos, reducen esfuerzos, amortiguan vibraciones y choques, protegiendo a las maquinas accionadoras como las accionadas.

CHUMACERA SOPORTE PDN - RODAMIENTOS: Soportar el eje para su rotación, está compuesto de una parte rotativa y una fija.

EJE - ROTOR VENTILADOR: Guiar el movimiento de rotación a una pieza o a un conjunto de piezas, como una rueda o un engranaje. (Rotor - Ventilador)

RODAMIENTOS (Lado Rotor- Lado Polea): Reducir la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este por medio de una rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

TRANSMISION MECANICA: Recibir potencia del motor y transmitirla entre dos o más elementos dentro de una máquina. (Motor - Ventilador)

VARIADOR: Regular la energía y velocidad antes de que llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento. para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación. También reducen la potencia de salida de una aplicación, como una bomba o un ventilador, garantizando que no funcione a una velocidad superior a la necesaria.

DUCTO DE CAPTACION: Captar y transportar flujo de aire al ventilador centrifugo.

4.1.4.4. CADENAS 286, 287

Su función es recoger y transportar los finos que caen de las parrillas del enfriador y evacuarlas para el transportador 303. Capacidad aproximada 10 T/H.

Figura 9. Sistema motriz cadenas 283, 284



Fuente: elaboración propia

Figura 10. Válvulas platco



Fuente: elaboración propia

COMPONENTES DE LAS CADENAS:

MOTOR 286: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.

REDUCTOR: Reducir la velocidad de entrada del motor de 1150 rpm a una velocidad de salida de 15 rpm

EJE ACCIONAMIENTO: Guiar el movimiento de rotación a una pieza o a un conjunto de piezas, como una rueda o un engranaje.

RODAMIENTO: Minimizar la fricción que se produce entre el eje y las piezas conectadas a él.

CHUMACERA: Soportar el eje para su rotación, está compuesto de una parte rotativa y una fija.

CADENA DE TRANSMISION: Transmitir el movimiento de arrastre de fuerza entre ruedas dentadas.

PIÑÓN MOTRIZ Y CONDUCIDO: Transmitir potencia de un componente a otro mediante dientes.

CADENA DE ARRASTRE: Transportar finos de clinker provenientes de parrillas 283 y 284 al ducto 303

VALVULAS PLATCO O DOBLECONOS: Sellar el paso de aire falso hacia el enfriador, también son las encargadas de recibir el clinker de la trituradora y entregarlo al transportador 303.

TARJETA SIS: Permite que el motor gire y de arranque y paro reversible desde el sistema de control.

SENSOR DE MOVIMIENTO: Mide la velocidad angular alrededor de su eje vertical.

4.1.4.5. PARRILLAS IKN, 283, 284

PARRILLA IKN: Crear una cama de impacto y realizar la alimentación a la parrilla 1 y 2, fenómeno de cascada de material.

Figura 11. Parrilla IKN del enfriador



Fuente: elaboración propia

COMPONETES INTERNOS DE LA PARRILLA IKN

VIGAS: Soportan y transmiten las cargas transversales, a las que están sometidas, hacia los elementos de apoyo a lo largo de su longitud.

PLACAS: Parrilla fija de enfriamiento, permite el flujo de aire y crear una cama de impacto del clinker proveniente del horno.

COMPONETES EXTERNOS DE LA PARRILLA IKN

PARRILLAS 283 Y 284: Refrigeran el clinker horneado (temperatura promedio de 950 °C). Y lo transporta desde parrilla N°1 al alimentador del rompedor de Clinker. Tiene una capacidad de transporte de 66.6 T/H

Figura 12. Sistema motriz parrilla 283



Fuente: elaboración propia

COMPONENTES EXTERNOS DE LAS PARRILLAS

MOTOR IM- 284: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.

ACOPLE DENTADO: Acoplar en forma rígida o permanente a dos ejes que deben girar sobre una misma línea central absorbiendo choques y vibraciones, alinear y centrar el eje.

REDUCTOR: Reduce la velocidad de entrada del motor de 1500 rpm a una velocidad de salida de 50 - 5 rpm

TRANSMISION CADENA: Transmitir el movimiento de arrastre de fuerza entre ruedas dentadas o dos ejes paralelos que se encuentran alejando entre sí.

EJES: Guía el movimiento de rotación a una pieza o a un conjunto de piezas, como una rueda o un engranaje.

RODAMIENTO: Minimizar la fricción que se produce entre el eje y las piezas conectadas a él.

CHUMACERA: Soportar el eje para su rotación, está compuesto de una parte rotativa y una fija.

VIGA MOVIL: Soporta y transmite las cargas transversales a que está sometido hacia los elementos de apoyo a lo largo de su longitud.

VIGA FIJA: Soporta y transmite las cargas transversales a que está sometido hacia los elementos de apoyo a lo largo de su longitud.

PLACAS: Permite el paso del aire proveniente de los ventiladores para enfriar el clinker y soporta la carga del enfriador.

SENSOR (LLENADO, PRESION, TEMPERATURA): Dispositivo compuesto por un transductor, capaz de detectar, medir o indicar los cambios que se producen en una magnitud física específica (T, P) y transformarlo en señal eléctrica y un acondicionador de señal.

TERMOCUPLA: Mide la temperatura, basado en efectos termoeléctricos.

VARIADOR DE FRECUENCIA: Regula la energía y velocidad antes de que llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento. para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación.

CIMENTACION, ANCLAJE - SISTEMA MOTRIZ: Transmitir sus cargas o elementos apoyados en ella al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

ANCLAJE: Elemento fijado permanentemente a la estructura, en una superficie vertical, horizontal o inclinada al que se le puede sujetar un dispositivo de anclaje o que, directamente, incorpora uno o varios puntos de anclaje.

PIÑÓN MOTRIZ Y CONDUCIDO: Transmite potencia de un componente a otro mediante dientes.

CADENA: Transmite el movimiento de arrastre de fuerza entre ruedas dentadas.

PIÑÓN TENSOR LOCO: Transmitir potencia de un componente a otro mediante dientes.

BIELA: Transmite el movimiento articulando a los patines de parrilla

SOPORTE: RIEL- PATIN: Acopla el patín para que se deslice en la viga

CARCASA ENFRIADOR: Protege componentes internos del enfriador y evitar la salida de material.

4.2. MARCO TEÓRICO

4.2.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

El proceso de RCM es un proceso desarrollado para determinar que debe hacerse para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

El RCM es una filosofía de gestión del mantenimiento. En este proceso un equipo de trabajo multidisciplinario se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema productivo. Dicho sistema funciona bajo condiciones de operación, las cuales son definidas: estableciendo las actividades más efectivas respecto a la criticidad de los activos del sistema y considerando los posibles eventos que originan los modos de fallas de los activos en seguridad, ambiente y funciones operacionales.

4.2.1.1. Las siete preguntas básicas del RCM

La norma SAE – JA 1011 y 1012 de agosto de 1999 formula siete preguntas que se deben garantizar en un proceso de RCM, activo o sistema que se intenta revisar:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre una falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

4.2.2. Funciones y parámetros de funcionamiento

Antes de poder aplicar un proceso para determinar que debe hacerse para que cualquier activo continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su

contexto operacional, necesitamos hacer dos cosas. Primero, determinar qué es lo que sus usuarios quieren que haga. Segundo, asegurar que sea capaz de realizar lo que sus usuarios quieren que haga. Por estas razones el primer paso del RCM es el de definir las funciones de cada activo en su contexto operacional y los parámetros de funcionamiento deseados. Las funciones se articulan en dos categorías:

- **Las Funciones primarias**

Las Funciones primarias resumen en primera instancia el porqué de la adquisición del activo. Esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad del producto y servicio al cliente.

- **Las Funciones secundarias**

Las Funciones secundarias son las que se espera que el activo haga además de cumplir las funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales y hasta de apariencia del activo.

4.2.3. Fallas funcionales

Se define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario.

4.2.4. Análisis de modos de falla y sus efectos (AMFE)

- **Modos de falla**

Un modo de falla puede ser definido como cualquier evento que pueda causar la falla de un activo físico (sistema o proceso).

Una vez que se ha identificado cada falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar todos los hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla. Estos hechos se llaman modos de falla. Los modos de fallas razonablemente posibles incluyen aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo contexto. Fallas que actualmente están siendo operadas por regímenes de mantenimiento ya existentes. Así también como fallas que aún no han ocurrido, pero se consideran altamente posibles.

La mayor parte de las listas tradicionales de modos de falla incorporan fallas causadas por el deterioro o el desgaste por uso normal. Sin embargo, para que todas las causas probables de fallas en los equipos puedan ser identificadas y resueltas adecuadamente, esta lista deberá incluir fallas causadas por errores humanos y errores de diseño.

- **Efectos de falla**

El cuarto paso en el proceso de RCM tiene que ver con hacer un listado de efectos de falla que describen lo que ocurre con cada modo de falla. Esta descripción deberá incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de la falla, tal como:

- La evidencia (si la hubiera) de que se ha producido una falla.
- Las maneras (si las hubiera) en que la falla supone una amenaza para la seguridad y medio ambiente.
- Las maneras (si las hubiera) en que afecte la producción o las operaciones.
- Los daños físicos (si los hubiera) causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

4.2.5. Consecuencias de falla

Un análisis detallado de la empresa muestra miles de posibilidades de modos de falla. Cada una de estas fallas afecta a la organización de algún modo, pero en cada caso, los efectos son diferentes. Las fallas pueden afectar las operaciones, la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente. Todas estas consecuencias para ser reparadas tomaran tiempo y costaran dinero.

Estas consecuencias son las que más influyen en el intento de prevenir cada falla. En otras palabras, si una falla tiene serias consecuencias, se hará el gran esfuerzo para intentar evitarla.

Un punto fuerte del RCM es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus características técnicas. De hecho, reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas en sí mismo sino evitar o reducir las consecuencias de las mismas.

El proceso de RCM clasifica las consecuencias en cuatro grupos:

- **Consecuencias de fallas ocultas**

Las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas.

- **Consecuencias ambientales y para la seguridad**

Una falla tiene consecuencias para la seguridad si es posible que cause daño o muerte a alguna persona. Tiene consecuencias ambientales si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional e internacional.

- **Consecuencias operacionales**

Si afecta la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente, o costos operacionales además del costo directo de reparación).

- **Consecuencias no operacionales.**

Las fallas incluidas en esta categoría no afectan ni la seguridad, ni la producción; solo implican el costo directo de la reparación.

4.2.6. Mantenimiento proactivo 1: Tareas preventivas

Estas tareas se llevan a cabo antes de que ocurra la falla, con el objetivo de prevenir que el componente llegue a un estado de falla. Estas tareas incluyen lo que comúnmente se denomina mantenimiento “predictivo” y “preventivo”. El RCM utiliza términos como: reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y mantenimiento a condición.

4.2.7. Mantenimiento Proactivo 2: Tareas predictivas

Son acciones “a falta de”. Estas tratan con el estado de la falla y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Las acciones “a falta de” incluyen: búsqueda de fallas, rediseño, y mantenimiento a rotura.

4.2.8. Acciones a falta de: Tarea de búsqueda de fallas

- **Búsqueda de fallas**

Las tareas de búsqueda de fallas implican revisar periódicamente funciones ocultas para determinar si han fallado. Mientras que las tareas basadas en la condición implican revisar si algo está por fallar.

- **Rediseño**

Rediseñar implica hacer cambios de una sola vez a las capacidades iniciales de un sistema. Esto incluye las modificaciones al equipo y también los cambios de una sola vez a los procedimientos.

- **Ningún mantenimiento programado**

Como su nombre lo indica, aquí no se hace esfuerzo en tardar, anticipar o prevenir los modos de falla. Se deja que la falla simplemente ocurra, para luego repararla. Esta tarea “a falta de” también es llamada mantenimiento “a rotura”.

4.2.9. Aplicación del AMFE

- Para disminuir la probabilidad de ocurrencia de fallas en proyectos de nuevos productos o procesos.
- Para disminuir la probabilidad de fallas potenciales (que aún no hayan ocurrido) en productos o procesos en operación.
- Para aumentar la confiabilidad de productos o procesos en operación a través del análisis de las fallas que ya ocurrieron.
- Para disminuir los riesgos de errores y aumentar la calidad en los procedimientos administrativos.

5. DISEÑO METODOLOGICO

La metodología de este trabajo está articulada en tres partes. La primera parte está constituida por el diagnóstico de los equipos del proceso de enfriamiento de Clinker. La segunda parte consiste en el desarrollo del análisis basado en la metodología AMFE (Análisis de modos de fallas y efectos), para establecer la evaluación de las consecuencias de las fallas y para determinar tareas proactivas (o posibles acciones) de mantenimiento respecto a cada falla. La tercera parte consiste en plantear la propuesta del RCM, o plan de mantenimiento.

Tabla 1. Descripción del plan de mantenimiento

ETAPA	ACTIVIDAD
1. Diagnóstico del proceso	1. Levantamiento de la información
	2.Registro y diagnóstico de fallas
	3. Análisis de la información histórica de consumos
	4. Análisis de criticidad
2. Desarrollo de análisis basado en metodología AMFE	1. Referencia de información de fallas
	2. Evaluación de las consecuencias
	3. Seleccionar el tipo de tarea de mantenimiento, descripción de la actividad
3. Generar plan de mantenimiento RCM	1. Conformación y proposición de plan de mantenimiento y mantenibilidad del sistema

Fuente: elaboración propia

6. RESULTADOS

Tabla 2. Resultados por etapa

ETAPA	ACTIVIDAD	RESULTADOS	
1. Diagnóstico del proceso	1. Levantamiento de la información	1. Búsqueda de información en la empresa y formación del equipo natural de trabajo (GNT)	
		2. Selección del sistema	
		3. Taxonomía del proceso	
	2.Registro y diagnóstico de fallas	1. Diagnóstico de paros del horno	
		2. Recolección de fallas y su frecuencia	
	3. Análisis de la información histórica de consumos	1. Determinación de consumo energético	
		2. Obtención del Costo de Clinker trasferido por hora	
	4. Análisis de criticidad	1. Determinación de valores ponderados	
		2. Construcción de la matriz de criticidad	
		3. Obtención de datos e indicadores, nivel de criticidad y equipos críticos del proceso	
	2. Desarrollo de análisis basado en metodología AMFE	1. Referencia de información de fallas	1. Recopilación de función del sistema, fallas funcionales, modos de fallo, efectos. Conformación del AMFE en la hoja de información

	2. Evaluación de las consecuencias	1. Conformación de la hoja de decisión, categorización de las consecuencias presentadas
	3. Seleccionar el tipo de tarea de mantenimiento, descripción de la actividad	1. Conformación de la hoja de decisiones
		2. Determinación de tareas proactivas, intervalos o frecuencias, personal quien realiza, duración estimada, número de personas, y si el equipo está en marcha o paro
3. Generar plan de mantenimiento RCM	1. Conformación y proposición de plan de mantenimiento y mantenibilidad del sistema	1. Planteamiento de propuestas en la hoja de plan de mantenimiento RCM, instrucciones, observaciones y recomendaciones de mejora. 2. Análisis de indicadores de mantenibilidad

(Continuación Tabla 2)

Fuente: elaboración propia

7. RESULTADOS ETAPA 1: Diagnostico del proceso

7.1. Levantamiento de la información

Primera etapa del proceso diagnostico con la cual se logró recopilar datos e informaciones correspondientes al activo (el enfriador de Clinker). Esta información proviene de distintas fuentes, como son: bases de datos en planta, sistema SAP y mediante la formación del equipo de trabajo. Las personas que conforman este grupo, teniendo una visión clara de los requerimientos de los activos, son las administradoras (o mantenedoras) de los activos físicos analizados y de la selección del sistema a analizar.

7.1.1. Formación del equipo natural de trabajo

Se conformó un grupo interdisciplinario que pudo proveer toda, o la mayoría de información. Estas personas, por su mayor experiencia, tiene un conocimiento amplio del activo y de los procesos de los cuales forma parte. La conformación del grupo de revisión se muestra en la figura 13.

Figura 13. Un típico grupo de revisión RCM



Fuente: Elaboración propia, adecuado del libro RCM II de John Moubray

GRUPO DE TRABAJO RCM:

- **Facilitador:** Juan Alejandro Castro Wilches
- **Supervisor de Operaciones:** Leonardo Alba Vásquez
- **Supervisor de Ingeniería:** Guillermo Andrés Vargas Otálora
- **Operador:** Yobanny Armando Salamanca
- **Técnico de Mantenimiento:**
 - Mecánico: Luis Guerrero, Milton Albarracín, Giobany León.
 - Eléctrico: José Hugo Salamanca
 - Electrónico: Jorge Enrique Arcón
 - Lubricador: Marcos Vacares

Figura 14. Grupo natural de trabajo en campo



Fuente: elaboración propia

En esta etapa se planeó reuniones periódicas con los integrantes del grupo en sala de reuniones y se recolectó información valiosa la cual fue base fundamental para el desarrollo del proyecto. Entre esta información se encontró fallas funcionales, causas ocultas de los fallos, consecuencias de las fallas, observaciones y proposiciones de mejora de las principales fallas en los equipos del sistema.

Figura 15. Grupo de trabajo en sala de reuniones



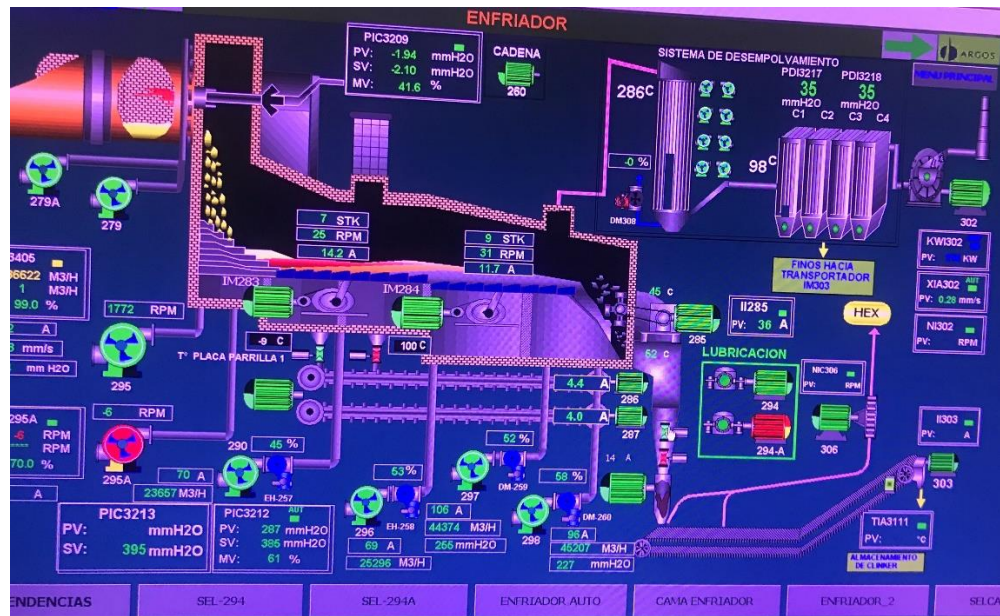
Fuente: elaboración propia

Con el grupo de trabajo se logró hacer inspecciones en campo con equipos en paro y en movimiento, tanto internamente con sistema en paro programado, como externamente en inspecciones diarias.

Para encontrar las posibles fallas funcionales se desarrollaron cuatro temáticas principales para descubrir las fallas (fallas mecánicas, fallas eléctricas, fallas electrónicas y fallas por lubricación).

Por otro lado, con el operario de sala de control, se observó el comportamiento de los equipos; las tendencias, avisos y alertas del sistema, detección de anomalías y monitorización del proceso.

Figura 16. Sistema de enfriamiento desde sala de control industrial, planta argos



Fuente: elaboración propia

7.1.2. Selección del sistema

Este sistema de enfriamiento de Clinker es elegido por parte de la gerencia y el departamento de mantenimiento de la planta, se selecciona debido a las siguientes razones o criterios de decisión, respondiendo a la siguiente pregunta.

¿Por qué el Sistema de Enfriamiento de Clinker?

Criterios de decisión o razones de selección de sistema:

- Cuello de botella del proceso.
- Si para el enfriador, causa la parada obligatoria del horno rotativo.
- Repuestos costosos.
- Paros largos de varios días.
- Registra paradas constantes.
- Registra criticidad prioritaria.

Por tal razón, en el proceso de enfriamiento se busca un ciclo de mejora continua que evolucione hacia la parte productiva, es necesario que se renueve constantemente con el fin de reducir costos, optimizar la productividad mediante la implementación de cambios o acciones necesarias.

Figura 17. Proceso de clinkerización

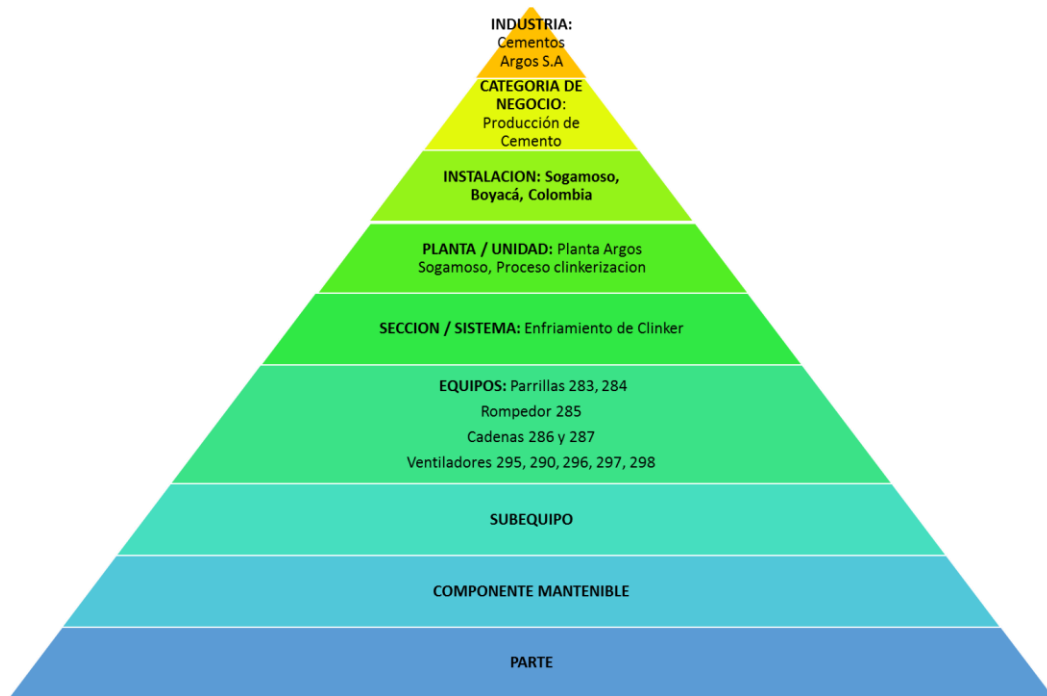


Fuente: elaboración propia

7.1.3. Taxonomía

En esta actividad se representa la ubicación del activo dentro de la organización y se clasifica la jerarquía de los equipos en el sistema, en forma de pirámide como se observa en la figura 18.

Figura 18. Taxonomía de equipos



Fuente: elaboración propia

1. INDUSTRIA: Cementos Argos S.A.
2. CATEGORIA DE NEGOCIO: Empresa Minera, Producción de cemento
3. INSTALACION: Sogamoso, Boyacá, Colombia
4. PLANTA: Planta Argos Sogamoso, Proceso de Clinkerización
5. SECCION / SISTEMA: Enfriamiento de Clinker
6. EQUIPOS:
 - Parrillas 283, 284
 - Rompedor 285
 - Cadenas 286, 287
 - Ventiladores: 295, 290, 296, 297, 298
7. SUBEQUIPOS: Unidad de lubricación de rompedor
8. COMPONENTE: chumaceras, rodamientos, tuercas, etc
9. PARTE.

7.2. Registro y diagnóstico de fallas

7.2.1. Diagnóstico de paros del Horno

El enfriamiento de Clinker, en la planta Argos (Sogamoso), es el proceso con más fallas en la línea de producción del cemento. Esto es debido a la gran cantidad de componentes y equipos del proceso. De consecuencia, si algún equipo falla, el sistema de enfriamiento se para, causando el paro obligatorio de horno con repercusiones a los otros procesos anteriores y posteriores al mismo.

Tabla 3. Análisis de información de tiempos de parada

ARGOS ANALISIS PAROS AÑO 2018		
SISTEMA: ENFRIAMIENTO DE CLINKER		
CAUSA DEL PARO (7)	FECHA PARO	DURACION PARO (HRS)
DAÑO DE CORREAS ROMPEDOR IM 285	12-ene-18	5,17
AVERIA EN CADENA IM 287 ENFRIADOR	28-feb-18	2,85
ATASQUE DEL ROMPEDOR POR SOBRETAMAÑOS		9,67
	31-mar-18	5,83
	29-ago-18	3,84
DISPARO ELECTRICO CADENA IM 287	16-jul-18	2
AVERIA EN ROMPEDOR DE CLINKER IM 285		26,08
	25-jul-18	8,06
	9-ago-18	3,17
	20-ago-18	6,68
	28-ago-18	6,16
	13-sep-18	2,01
ATASQUE CADENA IM 287	25-nov-18	4,08
AVERIA EN TRANSMISION DE PARRILLA IM 284	14-dic-18	1,88
Total 2018	12 eventos	51,73

ARGOS ANALISIS PAROS AÑO 2019		
SISTEMA: ENFRIAMIENTO DE CLINKER		
CAUSA DEL PARO (11)	FECHA PARO	DURACION PARO (HRS)
ATASQUE EN ROMPEDOR IM285	7-dic-19	4,48
AVERIA EN ESTRUCTURA PARRILLA N° 2	4-jun-19	117,17
AVERIA EN MARTILLOS ROMPEDOR DE CLINKER		26,27
	3-jun-19	12,34
	16-oct-19	8,92
	1-ene-20	5,01
AVERIA EN SISTEMA MOTRIZ PARRILLA IM 283	25-may-19	28
AVERIA EN TRANSMISION DE PARRILLA N°1	25-ene-19	4,42
AVERIA MECANICA EN PARRILLA N°2	28-abr-19	8,75
AVERIA PLACAS EN PARRILLA N°2	3-feb-19	17,66
CAMBIO CORREAS TRANSMISION ROMPEDOR	6-jul-19	3,13
DISPARO ELECTRICO ROMPEDOR DE CLINKER	13-nov-19	2,33
FALLA OPERACION SISTEMA PARRILLA IM 283	15-may-19	28
FORZAMIENTO CADENA IM 286	14-mar-19	18,17
Total 2019	13 eventos	258,38


Fuente: elaboración propia

Como primera medida, se realizó el diagnóstico del estado del sistema de enfriamiento analizando su respectivo registro de paros de los años 2018 y 2019. En un total se registraron 25 paros, equivalentes a 310,11 horas, un promedio de 13 días en que los equipos del sistema de enfriamiento de Clinker no trabajaron, creando paro de horno no programado. El paro programado del horno se realiza 2 veces al año.

7.2.2. Frecuencia y duración de fallas

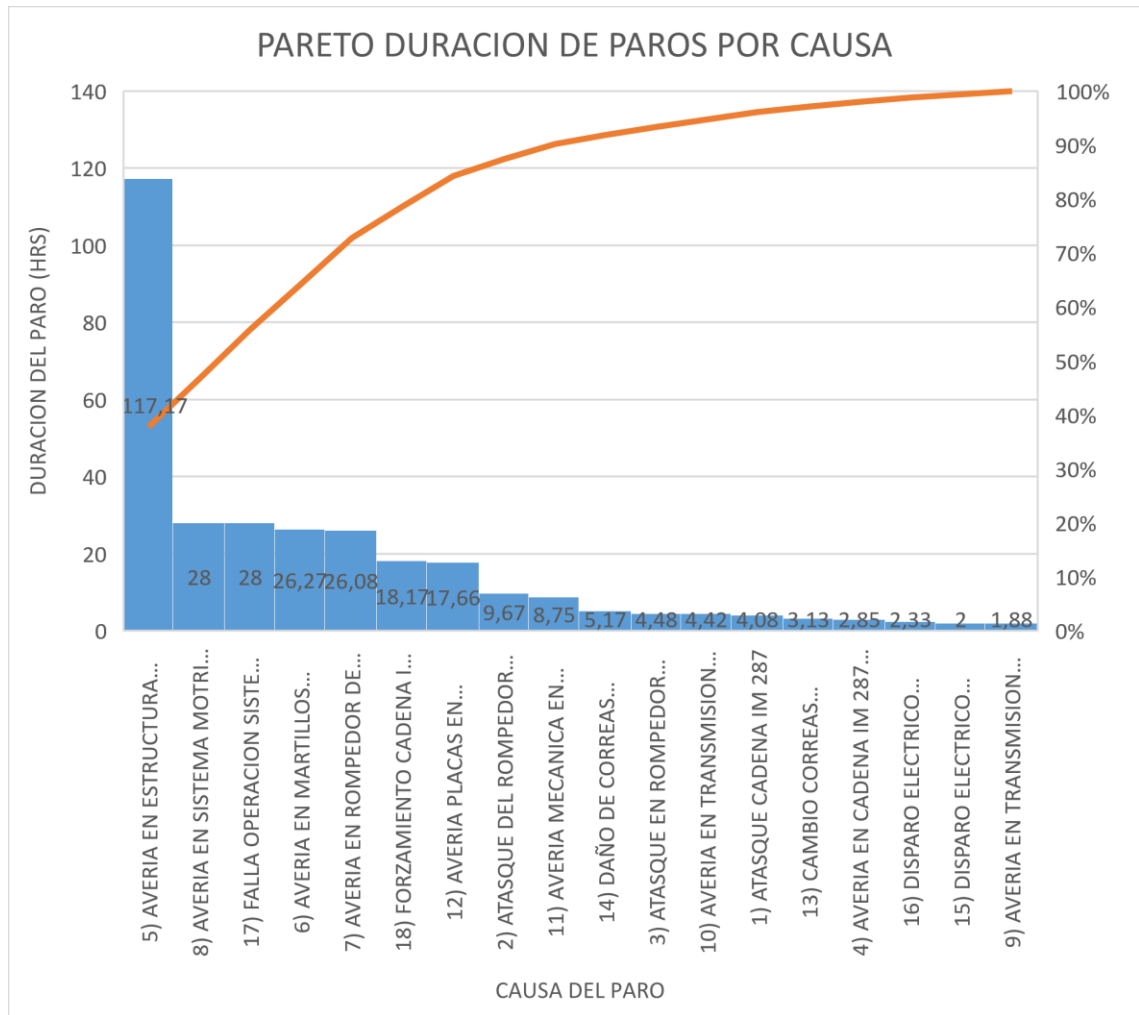
Según el análisis de los datos históricos para los años 2018 y 2019 se presentaron 25 paradas del horno no programadas; 18 paradas por diferentes causas con su respectiva duración y frecuencia. Considerando tiempos muertos de trabajo y consumos energéticos representa un promedio de 21.397 toneladas de Clinker que dejaron de ser producidas por causa de los fallos inesperados del sistema. (Ver figura 19)

Figura 19. Causas de paro de Horno con su respectiva duración y frecuencia

SISTEMA: ENFRIAMIENTO DE CLINKER (PAROS 2018-2019)		
 CAUSA DEL PARO	DURACION PARO (HRS)	FRECUENCIA
1) ATASQUE CADENA IM 287	4,08	1
2) ATASQUE DEL ROMPEDOR POR SOBRETAMAÑOS	9,67	2
3) ATASQUE EN ROMPEDOR IM285	4,48	1
4) AVERIA EN CADENA IM 287 ENFRIADOR	2,85	1
5) AVERIA EN ESTRUCTURA PARRILLA N° 2	117,17	1
6) AVERIA EN MARTILLOS ROMPEDOR DE CLINKER	26,27	3
7) AVERIA EN ROMPEDOR DE CLINKER IM 285	26,08	5
8) AVERIA EN SISTEMA MOTRIZ PARRILLA IM 283	28	1
9) AVERIA EN TRANSMISION DE PARRILLA IM 284	1,88	1
10) AVERIA EN TRANSMISION DE PARRILLA N°1	4,42	1
11) AVERIA MECANICA EN PARRILLA N°2	8,75	1
12) AVERIA PLACAS EN PARRILLA N°2	17,66	1
13) CAMBIO CORREAS TRANSMISION ROMPEDOR	3,13	1
14) DAÑO DE CORREAS ROMPEDOR IM 285	5,17	1
15) DISPARO ELECTRICO CADENA IM 287	2	1
16) DISPARO ELECTRICO ROMPEDOR DE CLINKER	2,33	1
17) FALLA OPERACION SISTEMA PARRILA IM 283	28	1
18) FORZAMIENTO CADENA IM 286	18,17	1
TOTAL DE PAROS	310,11	25

Fuente: elaboración propia

Figura 20. Diagrama de Pareto duración de paros del enfriador

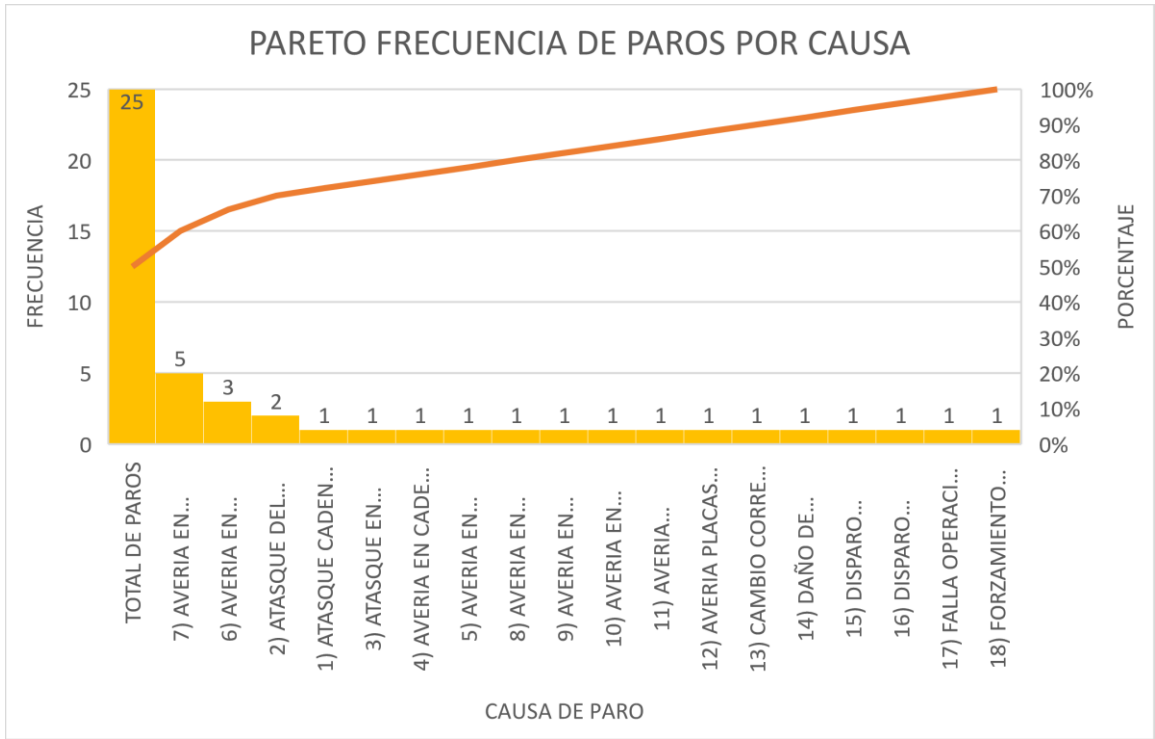


Fuente: elaboración propia

Se analizó mediante el diagrama de Pareto que la falla con mayor duración es la que corresponde a la avería en estructura de la parrilla, teniendo un tiempo muerto de 117,17 horas equivalente casi 5 días. Esto a causa de la estructura fracturada por exceso de Clinker y su larga duración por su gran trabajo para ingresar en las parrillas internas del enfriador.

En deducción el resultado de analizar esta grafica indica que las fallas con mayor duración están involucradas en los subsistemas como parrillas y rompedor del enfriador siendo fallas que superan un día completo sin producción de Clinker.

Figura 21. Diagrama de Pareto frecuencia de paros del enfriador




Fuente: elaboración propia

Según la gráfica analizada anteriormente, se logró identificar que los equipos con mayor frecuencia de fallas del sistema de enfriamiento corresponden a los involucrados en el subsistema del rompedor de Clinker. Sus causas principales con gran frecuencia son: averías internas en rompedor, avería en martillos, y atasque por sobre tamaños.

7.2.2.1. Frecuencia de fallas por equipo

Una vez realizado el diagnóstico de paros de horno, se analiza la frecuencia por fallas por equipo, se logra visualizar el grado de importancia, jerarquía y prioridades de fallas en los equipos más críticos del sistema y su porcentaje según el total de fallas.

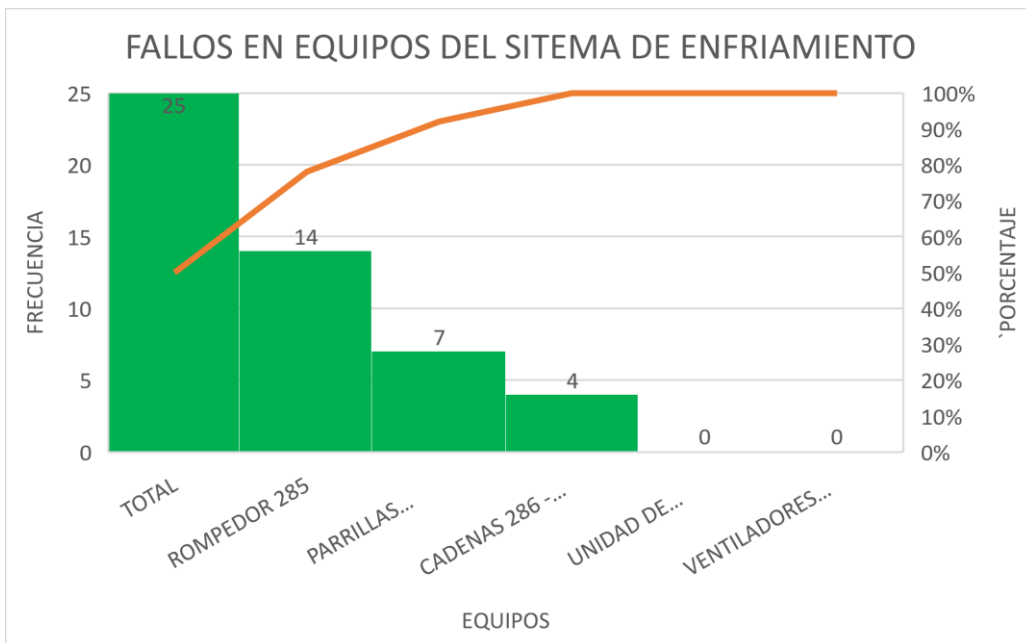
Figura 22. Frecuencias de fallas en equipos del sistema de enfriamiento.

 RESULTADOS PAROS ENFRIADOR		
EQUIPOS SISTEMA ENFRIAMINETO	PAROS DE HORNO POR FALLAS	PORCENTAJE (%)
ROMPEDOR 285	14	56
UNIDAD DE LUBRICACION ROMPEDOR 294	0	0
VENTILADORES 290- 296- 297- 298- 295- 302	0	0
CADENAS 286 - 287	4	16
PARRILLAS IKN-283-284	7	28
TOTAL	25	100

Fuente: elaboración propia

Según la figura anterior se identificó el equipo con mayores fallas del sistema teniendo como resultado el Rompedor 285 con un porcentaje del 56% del total de fallas comparado con los otros equipos, siendo este el equipo más crítico del sistema como se muestra en la figura 22.

Figura 23. Fallos en equipos del sistema de enfriamiento



Fuente: Elaboración propia

7.3. Análisis de información histórica de consumos

Se realizó una valoración según el análisis de consumos y costos que intervienen al ocurrir una falla en un tiempo determinado.

7.3.1. Determinación de consumo energético

El consumo energético se compone de tres factores: consumo de energía, consumo de carbón y consumo de ACPM. Para determinar el consumo energético se determinan variables según datos históricos en planta. De acuerdo a esta información se logra determinar el consumo energético promedio hora, que corresponde a \$1'208.463 (ver tabla 4).

Tabla 4. Consumo energético

Concepto	Kw	Precio	Valor
Consumo de energía Prom (Hora)	1076	\$ 202	\$ 217.287
Consumo de carbón Prom (t/h)	2	\$ 283.562	\$ 567.124
Consumo de ACPM (gal)	50	\$ 8.481,04	\$ 424.052
Costo de consumos energeticos			\$ 1.208.463

Fuente: Base de datos en planta

Como se puede evidenciar en la tabla 4, el consumo de energía promedio por hora del horno es 1076 kilovatios equivalente a \$217.284 pesos, el consumo de carbón es de 2 toneladas por hora equivalente a \$567.124 pesos, el consumo de ACPM en una hora es de 50 galones equivalente a \$424.052 pesos. En conclusión, se determinó que en una hora de trabajo el horno rotativo consume un promedio de \$1'208.463 millones de pesos.

7.3.2. Costo de Clinker transferido por hora

El horno rotativo tiene un rendimiento de 1656 toneladas diarias de Clinker equivalente 69 toneladas por hora. El costo aproximado de una tonelada transferida al patio es de \$39.921 de tal manera que se concluye que el costo por hora de Clinker es de \$2'754.584 millones de pesos.

Tabla 5. Costos de Clinker transferido por hora

Concepto	Rendimiento (t/h)	Costo	Valor
Costo Clinker transferido por hora	69	\$ 39.921,50	\$ 2.754.584
Lucro cesante	69	\$ 159.101,50	\$ 10.978.003

Fuente: Base datos planta

7.3.3. Valoración económica

En el análisis de paros se logró obtener el tiempo muerto de los equipos del sistema de enfriamiento y del horno rotativo el cual fue 310,11 horas para los años 2018 y 2019, de tal manera que en estos años el equivalente promedio es de 21.397 toneladas de Clinker que se dejaron de producir.

Tabla 6. Análisis de costos y consumos según tiempo de fallas

Concepto	Valor	Tiempo(hrs)	Costo
Costo de consumos energeticos	\$ 1.208.463	310,11	\$ 374.756.585
Costo Clinker transferido por hora	\$ 2.754.584	310,11	\$ 854.223.972
Lucro cesante	\$ 10.978.003	310,11	\$ 3.404.388.582

Fuente: Elaboración propia

De esta manera se logra totalizar de manera cuantitativa una sumatoria de costos, consumos energéticos y lucro cesante o ganancia que se ha dejado de obtener como consecuencia de estas fallas la cual sobrepasa los \$3.404'388.582 millones de pesos.

7.4. Análisis de criticidad

Mediante el diagnóstico de paros de horno se logra obtener un diagnóstico de fallas, que permite establecer un análisis probabilístico de ocurrencia de eventos. Con esta metodología de criticidad también se logró establecer el grado de importancia y las prioridades para facilitar la toma de decisiones. De esta manera se obtiene el análisis de criticidad basado en los siguientes criterios: la frecuencia de fallas, el costo de mantenimiento e impactos operacionales, seguridad, ambiental y la flexibilidad operacional del sistema de enfriamiento de Clinker.

7.4.1. Asignación de valores ponderados

El método de los factores ponderados (Tabla 7), realiza un análisis cuantitativo a través de la elaboración de la matriz de criticidad. La siguiente tabla resume los criterios utilizados y la ponderación asignada según el estado de cada equipo.

Tabla 7. Factores ponderados

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS <small>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA</small>			 ARGOS ANÁLISIS DE CRITICIDAD SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE CLINKER			
EQUIPO EVALUADO:						
Criterios a evaluar			Criterios a evaluar		Criterios a evaluar	
Frecuencia de fallas		Factor	Costo de mantenimiento	Factor	Flexibilidad operacional	Factor
Pobre	Mayor a 2 fallas/año.	4	Mayor o igual 2.000.000 \$	2	No existe opción de producción y no hay función de repuesto.	4
Promedio	1-2 fallas/año.	3	Menor a 2.000.000 \$	1	Hay opción de repuesto compartido/almacén.	2
Buena	0.5-1 fallas/año.	2			Función de repuesto disponible.	1
Excelente	Menor de 0.5 fallas/año.	1				
INGRESE VALOR			INGRESE VALOR		INGRESE VALOR	
Impacto Operacional	Factor	Impacto en Seguridad,	Factor	Criterios a evaluar	Valores	
Perdida de todo el despacho	10	Afecta la seguridad humana tanto	8	Impacto en Seguridad, Ambiente	0	
Parada del sistema o	7	Afecta el ambiente/instalaciones.	7	Costo de mantenimiento	0	
Impacto a nivel de inventario o	4	Afecta las instalaciones	5	Flexibilidad operacional	0	
No genera ningún efecto	1	Provoca daños menores	3	Impacto Operacional	0	
		No provoca ningún tipo de daños	1	Frecuencia de fallas	0	
INGRESE VALOR		INGRESE VALOR		VALOR DE CRITICIDAD	0	

Fuente: elaboración propia

7.4.2. Construcción de la matriz de criticidad

Para tener el nivel de criticidad de cada sistema se tomaron los valores totales de cada uno de los factores principales:

- F.F: Frecuencia de fallas
- C.M: Costo de mantenimiento
- F.O: Flexibilidad operacional
- I.O: Impacto operacional
- I.S.A.H: Impacto en seguridad y medio ambiente
- CONS: Consecuencia
- CR: Criticidad

Una vez se evalúan los criterios anteriormente mencionados se calcula la consecuencia y la criticidad total mediante la siguiente ecuación.

$$CRITICIDAD = FRECUENCIA DE FALLAS * CONSECUENCIAS$$

$$CONSECUENCIA = (I.O * F.O) + C.M + I.S.A.H$$

Tabla 8. Matriz de criticidad

FRECUENCIA	CRITICIDAD TOTAL				
	4	MC	MC	C	C
3	MC	MC	MC	C	C
2	NC	NC	MC	C	C
1	NC	NC	NC	MC	C
	10	20	30	40	50-200
CONSECUENCIA DE FALLA					

Fuente: Elaboración propia

Esta matriz de criticidad clasifica los equipos en tres categorías:

- NC: Área de sistemas No críticos o baja criticidad (0-30)
- MC: Área de sistemas Mediana criticidad o media criticidad (30-80)
- C: Área de sistemas Critico o alta criticidad (80-200)

7.4.3. Ingreso de datos y valores obtenidos

Luego de ingresar los valores en los criterios de evaluación en la matriz de criticidad, se encontraron los siguientes resultados:

Tabla 9. Valores obtenidos según el diagnóstico de criticidad

ARGOS		ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS						UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
		SISTEMA: ENFRIADOR DE CLINKER							
EQUIPO A EVALUAR	CODIGOS	CRITERIO DE EVALUACION						CR	
		F.F	C.M	F.O	I.O	ISAH	CONS		
ROMPEDOR	285	4	2	2	7	8	24	96	
UN. LUB DE ROMPEDOR	294	1	1	2	7	3	18	18	
VENTILADORES	290-296-297-298-295-302	1	2	2	4	3	13	13	
CADENAS	286-287	3	2	2	7	5	21	63	
PARRILLAS	IKN-283-284	4	2	2	7	5	21	84	

Fuente. Elaboración propia

Tabla 10. Resultados Matriz de criticidad de los equipos del sistema de enfriamiento

		CRITICIDAD TOTAL				
FRECUENCIA	4		PARRILLAS	ROMPEDOR		
	3			CADENAS		
	2					
	1		UNIDAD LUBRICACION DE ROMPEDOR, VENTILADORES			
			10	20	30	40
		CONSECUENCIA DE FALLA				

Fuente: elaboración propia

La matriz de criticidad del sistema indica los siguientes resultados: el equipo con alta criticidad es el rompedor de Clinker, por tanto, es un equipo de gran prioridad, las parrillas y cadenas son medianamente críticos, los ventiladores y unidad de lubricación se concluye que son equipos confiables por tanto están en una categoría de baja criticidad y gran disponibilidad, sin embargo para todos los equipos y componentes del sistema de enfriamiento se desarrolló su respectivo análisis basado en la metodología RCM.

8. RESULTADOS ETAPA 2: Desarrollo de análisis basado de metodología AMFE

8.1. Aplicación de la metodología AMFE

La metodología propuesta por el RCM parte de un análisis tipo AMFE (análisis de modos de falla y efecto de fallas). Este análisis se desarrolla en un formato denominado hoja de información RCM, en la cual se describe para cada equipo la siguiente información: función, falla funcional, modo de falla y efecto de la falla. Una vez desarrollado el formato de información, se completa con la hoja de decisión, en la cual se define un listado de tareas de mantenimiento (o maneras de evitar las fallas).

8.1.1. Hoja de información

Es una herramienta utilizada para el análisis de fallas de los equipos, en la cual se revisan los siguientes aspectos:

- **Función (F):** Se describe la función que se desea que cumpla el equipo.
- **Falla Funcional (FF):** Determina la manera en que activo deja de cumplir la función.
- **Modo de falla (MF):** Posibles causas por las que el equipo puede fallar.
- **Efectos del modo de falla (EF):** Describe que pasa cuando ocurre un modo de falla

A continuación, se ilustra la herramienta elaborada en Excel, que fue utilizada por el grupo de trabajo para realizar el análisis de modos de falla para los equipos del sistema de enfriamiento de Clinker. (El análisis de modos de falla completo se encuentra en el anexo B al F)

Tabla 11. Formato Hoja de información modos de falla Rompedor 285

 RCM PLANTA SOGAMOSO SISTEMA - ENFRIAMIENTO DE CLINKER EQUIPO - ROMPEDOR 285			
verbo y objetivo: ejm bombar agua, transportar gen que origino la falla (sustantivo y un verbo)			
DESCRIPCION DE LA FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (¿Que eventos pueden ocurrir?)	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA (¿Qué sucede cuando se produce la falla?)
MOTOR: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.	Incapacidad total para convertir energía eléctrica en mecánica	fallas en línea de tierra por forzamiento Sobrecorriente: corriente de sobrecarga o de corto circuito (Aumentos temporales de ausencia de voltaje de alimentación o de funcionamiento) Fallo mecánico por defecto en rodaminetos	Alarma en sala de control, CCM, se producen olores, extraños, la máquina para como consecuencia y para el proceso afectando a producción. Tiempo muerto para replazo 6 horas Aumentos temporales de corriente, ocurren cuando los motores arrancan o cuando se energizan los transformadores Alarma en sala de control, la máquina para como consecuencia, proceso afecta a producción. Tiempo muerto para replazo 1 hora Alarma en sala de control, CCM, la máquina para como consecuencia y para el proceso afectando a producción. Tiempo muerto para replazo 16 horas Alarma en sala de control, CCM, se produce recalentamiento, la máquina para como consecuencia y para el proceso afectando a producción. Tiempo muerto para replazo 3 horas
MARTILLOS: Proyectan la partícula de clinker hacia las pantallas de impacto para lograr fragmentar el clinker a	Incapacidad parcial de disminuir las partículas de	Avería de brazo de martillos	Tamaño partículas de clinker muy grandes, causando daños en grisy y otros martillos, para el rompedor como consecuencia, parando el proceso y afectando a producción y mantenimiento. Tiempo muerto para reparación 15 horas
GRIZLY: Clasificar filtrar y evacuar el finos de clinker hacia el transportador IM 303 y evitar el ingreso al rompedor	No puede se pueden clasificar, filtrar ni evacuar los finos de clinker	Barrotes sueltos, por deformación, Rotura de soldaduras en soporte de alojamiento Desgaste excesivo	Alojamientos de barrotes al estar sueltos por altas temperaturas pueden ocasionar paso partículas grandes de clinker, Tiempo de paro 12 horas Ocasionan paso de partículas grandes de finos de clinker. Tiempo de paro 12 horas Ocasionan paso de partículas grandes de clinker. Tiempo de paro 12 horas
CHUMACERAS: Soportar el eje para su rotación, está compuesto de una parte rotativa y una fija.	No soporta la rotación del eje	Soltura tornillos de fijación Daño en retenedores Daño en rodamientos por lubricación defectuosa Sobrecarga en rodamientos	Vibraciones altas, ruidos, la máquina para como consecuencia, afectando a producción y mtto. Tiempo de parada 8 horas Vibraciones altas, ruidos, la máquina para como consecuencia, afectando a producción y mtto. Tiempo de parada 8 horas Altas vibraciones, ruidos detectados, Tiempo de reparación 1 hora Altas vibraciones, ruidos detectados, Tiempo de reparación 1 hora
CARCAZA DE ROMPEDOR: Proteger todos los componentes internos del rompedor y evitar que se salga el material	No protege los componentes internos del rompedor	Reboso de partículas Perforación, causando fuga de material e incendios	Puede causar que los finos de clinker salgan y afecten la integridad y la seguridad del sistema, Para como consecuencia el rompedor, afectando a producción y mtto. Tiempo de parada 24 horas Incremento de riesgo de incendios, por finos a alta temperatura y lubricante a la salida del rompedor
TRANSMISION CORREA - POLEA: Transmitir movimiento giratorio, fuerzas y velocidades angulares entre ejes paralelos que se encuentran a una cierta distancia.	Incapaz de transmitir potencia al rompedor	Desgaste de los canales en las poleas Correas elongadas Rotura de correas por atascamiento de polea Correas salidas de canales por presencia de material	Vibraciones altas, ruidos, la máquina para como consecuencia, afectando a producción y mtto. Tiempo de parada 18 horas Vibración o sonido anormal mientras la transmisión esta funcionando con sus protecciones puestas, Tiempo de parada 1 hora La polea sigue girando y se quema por la fricción, esto causa paro de rompedor y de horno, afectando a producción y mtto. Tiempo de parada 12 horas Correas con acumulación de polvo y suciedad presentan vibraciones, hacen que pare el equipo como consecuencia. Tiempo para reparar y limpiar x horas
SENSOR DE TEMPERATURA: Detector de temperatura RTD (detector de temperatura por resistencia). PT100 es que están fabricados con platino con una resistencia eléctrica de 100 ohmios a una temperatura de 0 °C	Incapaz de detectar temperatura	Error en lectura, mala indicación Falsa indicación de las RTDs Temperaturas altas en chumaceras Daño en termocuplas	El ruido del circuito eléctrico puede interterterter en la medición Alarma en sala de control muestran tendencias las cuales pueden arrojar tendencias incorrectas que pueden hacer tomar desiciones de paro de rompedor, afectando a producción Alarma en sala de control muestran tendencias las cuales pueden arrojar tendencias incorrectas que pueden hacer tomar desiciones de paro de rompedor, afectando a producción Indicación real de temperatura alta en chumaceras del motor, puede existir humo cuando es muy alta la temperatura, olores extraños. Se presentan por altas vibraciones en sensores RTD, o fallas en aislamiento y cortocircuitos, estrés mecánico en los cables que estan sujetos a fatiga por vibración.
SENSOR DE MOVIMIENTO: Mide la velocidad angular alrededor de su eje vertical.	Incapaz de detectar movimiento en eje del motor	Daño sensor Daño en modulo electrónico del sensor Señal por desacoplamiento del motor al sistema motriz de correas y rompedor	Alarma en sala de control muestran tendencias las cuales pueden arrojar tendencias incorrectas que pueden hacer tomar desiciones de paro de rompedor, afectando a producción Alarma en sala de control muestran tendencias las cuales pueden arrojar tendencias incorrectas que pueden hacer tomar desiciones de paro de rompedor, afectando a producción Alarma en sala de control muestran tendencias las cuales pueden arrojar tendencias incorrectas que pueden hacer tomar desiciones de paro de rompedor, afectando a producción
PRESOSTATO: Interruptor de presión, es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido	Incapaz de regular la presión de la bomba	Deterioro o desgaste normal de vida útil Ajuste inadecuado, operación incorrecta Desajuste	Alarmas y deconfiguración de tendencias en sala de control y avisos erróneos en sala de control Alarmas y deconfiguración de tendencias en sala de control y avisos erróneos en sala de control Alarmas y deconfiguración de tendencias en sala de control y avisos erróneos en sala de control

Fuente: elaboración propia

8.1.2. Hoja de decisión de RCM

La hoja de decisión es la herramienta que completa la hoja de información. Esta herramienta utiliza los modos de falla. En este formato se planearon las tareas para evitar fallas. Para la toma de estas decisiones es necesario utilizar el diagrama de decisión. Dicho formato está constituido por:

- **Referencia de información:** Formato hoja de información o herramienta para el análisis de falla de los equipos.
- **Evaluación de las consecuencias:** Se determina si la consecuencia causada por la falla es de carácter oculto, seguridad, salud, medio ambiente, operativo o no operativo.
- **Selección del tipo de tarea:** Es una clasificación obtenida con el diagrama de decisión determinado el tipo de labor que se debe realizar (reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, mantenimiento a condición, o cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva: “tareas a falta de”, las cuales son búsqueda de fallas, rediseño o mantenimiento a rotura)
- **Tareas propuestas:** Describen la actividad o labor de mantenimiento necesaria para disminuir las fallas.
- **Frecuencia inicial:** Determina el tiempo en el que se debe realizar la actividad propuesta.
- **A realizar por:** La persona o el área que implementara la labor.

A continuación, se ilustra la herramienta elaborada en Excel, que fue utilizada por el grupo de trabajo para realizar la hoja de decisión para los equipos del sistema de enfriamiento de Clinker (El análisis completo se encuentra en el anexo G al K)

Tabla 12. Formato hoja de decisión Rompedor 285

ARGOS		HOJA DE INFORMACION Y DECISION RCM				LINKERIZACION - ENFRIAMIENTO CLINKER														
						EQUIPO: ROMPEDOR 285														
Referencia de informacion								Evaluacion				Selección a falta de								
F	FF	FM	CATEGORIA DE CONSECUENCIA	CONSECUENCIA	TIPO DE TAREA	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4	H5	S4	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR		
MOTOR: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio	Incapacidad total para convertir energía eléctrica en energía mecánica en rotación por medio	fallas en línea de tierra por forzamiento	Operacional	Paro de equipo, afecta al volumen de producción total, paro de horno no programado, incremento del costo operacional sumado al costo de reparación o mtto	A condición	N	N	N	S	S						Cumplimiento de gamas preventivas de ejecución eléctricas	Semestral	Oficial ELE		
			Operacional	Sobrecorriente - corriente de sobrecarga o de corto circuito (Aumentos temporales de corriente) ocurren cuando los	A condición	N	N	N	N	S							Inspección eléctrica, medición de aislamiento y verificación de transferencia	Semestral	Oficial ELE	
			Operacional	ausencia de voltaje de alimentación o de funcionamiento	Afectación de la producción afectando su volumen de producción en cualquier momento esta consecuencia puede ser inesperada	A condición	N	N	N	N	S							Inspección electrónica y Inspección termográfica (a subestaciones de baja y media tensión con frecuencia semanal, equipo en marcha realizada por un técnico eléctrico)	Anual	Oficial ELE
			Operacional	Fallo mecánico por defecto en rodamientos	Forzamiento del motor produciendo sobrecorrientes, causando paro de equipo, paro de horno, afectando a producción y mantenimiento	A condición	N	N	N	S	S							Análisis de vibraciones trimestrales, termografía, ultrasonido pasivo	Trimestral	Oficial ELE
MARTILLOS: Provee	Incapacidad parcial	Avería o rotura de brazo de martillos	Operacional	Paro de equipos del rompedor, Paro de horno afectando a producción y mantenimiento	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Garantizar la calidad de la fundición del material, la realiza el fabricante de los martillos, en ficha técnica	Anual			
GRIZZLY: Clasificar y evacuar el finos	No puede clasificarse y evacuar el finos	Barros sueltos, por deformación	Operacional	Al caer barras pueden generar atascamiento de banda transportadora 303 afectando a producción y mantenimiento, No causa paro de horno	Reacondicionamiento cíclico	N	N	N	S	N	S					Inspección visual cada 6 meses	Semestral	Oficial MEC		
			Operacional	Rotura de soldaduras en soporte de alojamiento	Paro equipos del enfriador y horno afectando a producción y mantenimiento	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Inspección visual cada 6 meses por grupo conjunto entre oficial y técnico	Semestral	Oficial MEC	
			Operacional	Desgaste excesivo	No causa paro de horno	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Inspección visual cada 6 meses por grupo conjunto entre oficial y técnico	Semestral		
CHUMACERAS: Soportar el eje para su rotación, está	No soporta la rotación del eje	Soltura tornillos de fijación	Operacional	Paro de rompedor para reparar daño, paro de enfriador y horno	A condición	N	N	N	S	S						Inspección diaria visual, y quincenal en vibraciones y ultrasonido pasivo, en caso de falla realizar correctivo, 2 personas	A falla	Oficial MEC		
			Operacional	Daño en retenedores	Paro del horno afectando a producción y mantenimiento	Sustitución cíclica	N	N	N	S	S						Reemplazo de retenedores de chumaceras del enfriador y como preventivo inspección visual y análisis de aceite. Técnico mecánico	Diario	Oficial MEC	
			Operacional	Daño en rodamientos por lubricación defectuosa	Paro de equipos de enfriador y horno afectando a producción y mantenimiento	A condición	N	N	N	S	S						Análisis vibraciones mensual, ultrasonido pasivo quincenal y monitoreo en línea diario	Diario	Oficial MEC	

Fuente: Elaboración propia

8.1.2.1. Evaluación de las consecuencias de las fallas y determinación de tareas productivas

CONSECUENCIAS:

- **(H) FALLAS OCULTAS:** No tienen impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y catastróficas.
- **(S) SEGURIDAD:** Daño o muerte de alguna persona.
- **(E) AMBIENTALES:** Si infringe alguna norma o reglamento ambiental corporativo, regional, nacional, internacional.
- **(O) OPERACIONALES:** Si afecta la producción (cantidad, calidad, costos operacionales, costo directo de la reparación).
- **(N) NO OPERACIONALES:** No afectan a la seguridad ni a la producción.

TIPOS DE TAREA: Manera de manejar las fallas ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?

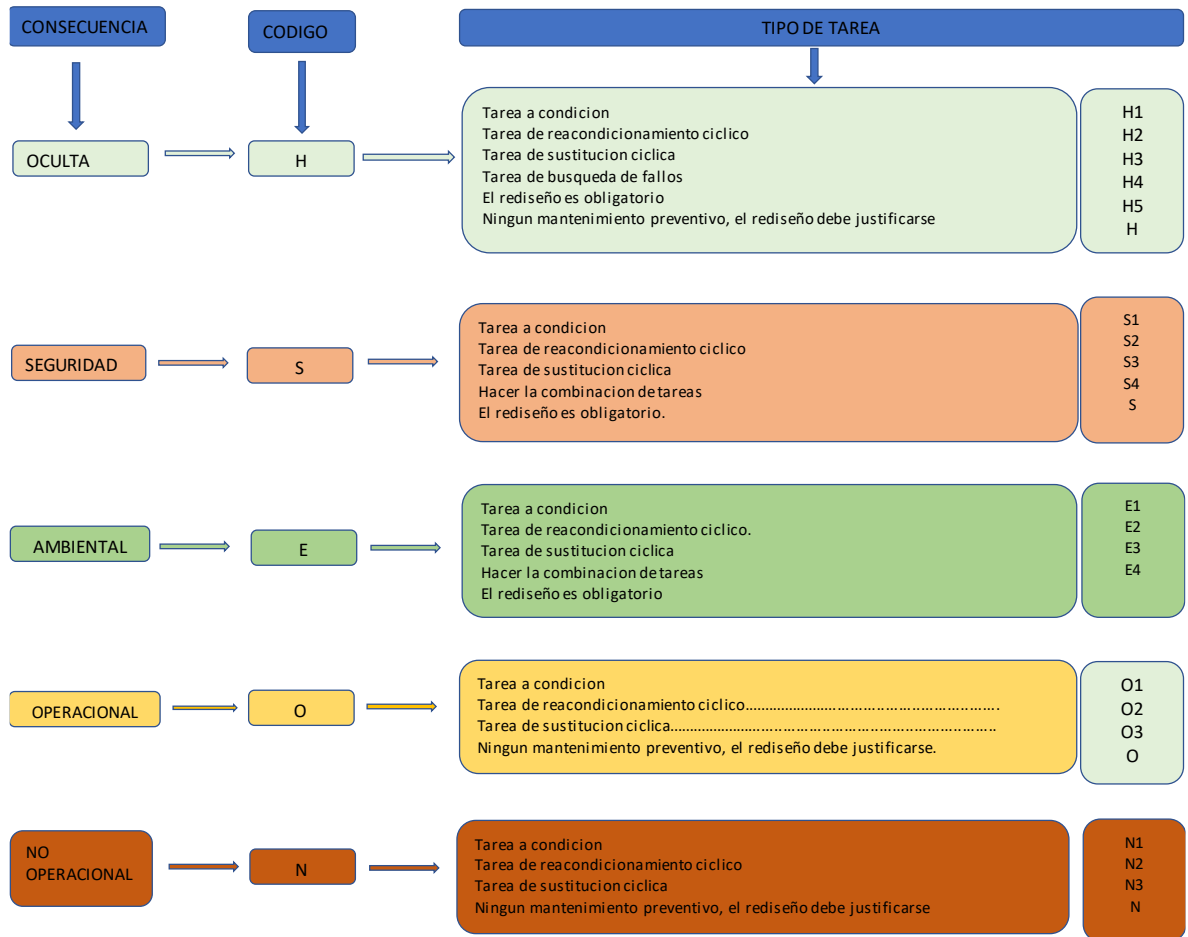
TAREAS PROACTIVAS: Se emprenden antes de que ocurra la falla, mantenimiento preventivo y predictivo.

- **(H1-S1-O1-N1) Mantenimiento a condición:** Revisar si algo está por fallar (fallas potenciales a fallas funcionales)
- **(H2-S2-O2-N2) Reacondicionamiento cíclico:** Re fabricar, reparar un componente, conjunto antes del límite de edad, sin importar su condición en ese momento.
- **(H3-S3-O3-N3) Sustitución cíclica:** Sustituir o cambiar componente antes de un límite de edad específico, sin importar su condición en ese momento.

ACCIONES A FALTA DE: Cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva

- **(H4) Búsqueda de falla:** búsqueda de fallas con análisis causa raíz, análisis de 5 preguntas porque y otros modelos de búsqueda.
- **(H5) Rediseño:** el rediseño debe ser justificable.
- **(S4) Combinación de tareas**

Figura 24. Código de consecuencias y tipo de tarea

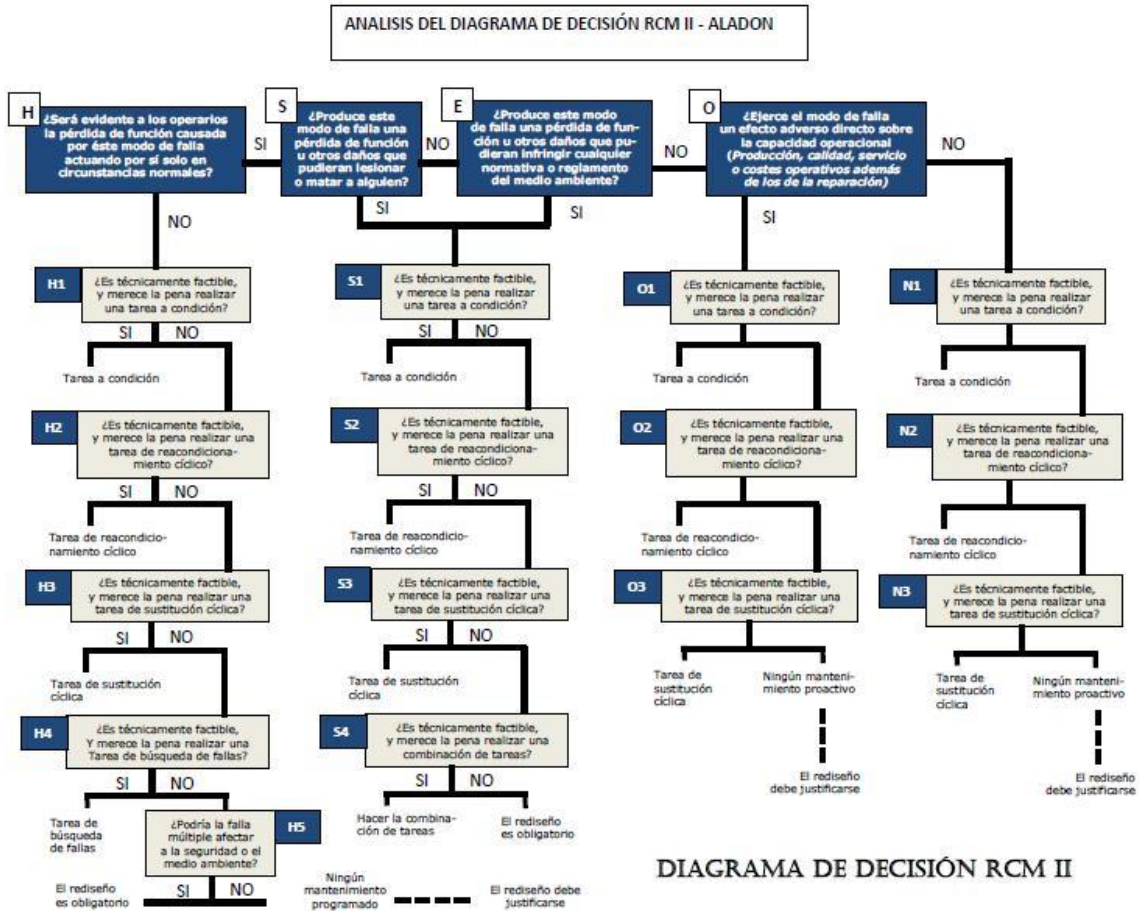


Fuente: elaboración propia

8.1.2.2. Diagrama de decisión

Sucesivamente se utilizó el diagrama de decisión, para tabular el grupo en el que se encuentra cada falla y determinar las tareas de mantenimiento o solución a desarrollar para cada fallo.

Figura 25. Diagrama de decisión RCM2



Fuente: libro mantenimiento basado en confiabilidad RCM2, diagrama de decisión

9. RESULTADOS ETAPA 3: Plan de mantenimiento

9.1. Hoja de plan de mantenimiento

A continuación, se ilustra la herramienta elaborada en Excel, que fue utilizada por el grupo de trabajo para realizar el plan de mantenimiento para los equipos del sistema, en el siguiente formato el plan de mantenimiento es referente al rompedor de Clinker (El análisis completo de todos los equipos se encuentra en el anexo L al O)

Tabla 13. Formato de plan de mantenimiento

 PLAN DE MANTENIMIENTO PLANTA SOGAMOSO SISTEMA CLINKERIZACION - ENFRIAMIENTO DE CLINKER EQUIPO ROMPEDOR 285							
EQUIPO	MODO DE FALLA	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR	DURACIÓN TAREA	NO. DE PERSONAS	EQUIPO MARCHA / PARO
MOTOR IM 285	Fallas en línea de tierra por forzamiento	Cumplimiento de gamas preventivas de ejecución eléctricas	Semestral	Oficial ELE	4 horas	2	Paro
	Sobrecorriente - corriente de sobrecarga o de corto circuito (Aumentos temporales de corriente) ocurren cuando los motores arrancan o cuando se energizan los transformadores	Inspección eléctrica, medición de aislamiento y verificación de transferencia	Semestral	Oficial ELE	1 hora	1	Paro
	ausencia de voltaje de alimentación o de funcionamiento	Inspección electrónica y Inspección termográfica (a subestaciones de baja y media tensión con frecuencia semanal, equipo en marcha realizada por un técnico eléctrico)	Anual	Oficial ELE	16 horas	8	Paro
	Fallo mecánico por defecto en rodamientos	Realizar inspección eléctrica con estetoscopio, pirómetro óptico y analizador de vibraciones	Mensual	Oficial ELE	2 horas	1	Marcha
MARTILLOS	Avería o rotura de brazo de martillos	Garantizar la calidad de la fundición del material, la realiza el fabricante y proveedor de los martillos.	Anual	Oficial MEC	12 horas	3	Paro
GRIZZLY	Barros sueltos, por deformación	Inspección visual cada 6 meses	Semestral	Inspector MEC	6 horas	4	Paro
	Rotura de soldaduras en soporte de alojamiento	Inspección visual cada 6 meses por grupo conjunto entre oficial y técnico cada paro de horno programado	Semestral	Inspector MEC	1 hora	4	Paro
	Desgaste excesivo	Inspección visual cada 6 meses por grupo conjunto entre oficial y técnico	Semestral	Inspector MEC	1 hora	2	Paro
CHUMACERAS	Soltura tornillos de fijación	Inspección diaria visual, y quincena en vibraciones y ultrasonido pasivo, realiza ajuste, 2 personas	A falla	Oficial MEC	6 horas	2	Paro
	Daño en retenedores	Reemplazo de retenedores de chumaceras del enfriador y como preventivo inspección visual y análisis de aceite. Técnico mecánico	Diario	Oficial MEC	6 horas	2	Paro
	Daño en rodamientos por lubricación defectuosa	Análisis vibraciones mensual, ultrasonido pasivo quincenal y monitoreo en línea diario	Diario	Oficial MEC	1 hora	1	Marcha
	Sobrecarga en rodamientos	Análisis vibraciones mensual, ultrasonido pasivo quincenal y monitoreo en línea diario	Diario	Oficial MEC	1 hora	1	Marcha

(Continuación Tabla 13)


CARCAZA DE TOMPEDOR	Reboso de partículas	Cambio de tapa por desgaste, transporte de la tapa al taller	Diario	Oficial MEC	24 horas	4	Paro
	Carcasa perforacion causando fuga de material e incendios por lubricante regado en el piso	Aplicación de extintores a lugar donde ocurre en incendio, luego realizar la correcta limpieza partículas de aceite o de lubricante causante del incendio	A falla	Oficial MEC	30 minutos	2	Marcha
TRANSMISION POLEA - CORREA	Desgaste de los canales en las poleas	Medicion de desgaste a la ranura o canal de la polea por tecnico mecanico	Semestral	Inspector MEC	18 horas	4	Paro
	Correas elongadas	Inspeccion visual y garantizar la medicion de tension con tensiometro o dinamometro SKF	Semestral	Inspector MEC	1 hora	2	Paro
	Rotura de correas por atascamiento de rompedor polea	Inspeccion visual y auditiva	Semanal	Oficial MEC	12 horas	4	Paro
	Correas salidas de canales por presencia de material	Inspeccion visual, revisar funcionamiento de las correas	Diario	Inspector MEC			
SENSOR DE TEMPERATURA	Error en lectura, mala indicacion	Inspeccion o monitoreo y comunicacion en linea (campo y sala de control)	Diario	Oficial ETN	3 horas	1	Marcha
	Falsa indicacion de las RTDs	Verificacion con calibrador de señales	Bimensual	Oficial ETN	2 horas	1	Paro
	Temperaturas altas en chumaceras	Inspeccion en campo y termografia	Bimensual	Oficial ETN	2 horas	1	Paro
	Daño en termocuplas	Inspeccion en campo de termopozo o termocupla	Bimensual	Oficial ETN	2 horas	1	Paro
SENSOR DE MOVIMIENTO	Daño sensor	Inspeccion de sensor de movimiento, preamplificador y amplificador principal	Trimestral	Oficial ETN	2 horas	1	Paro
	Daño en modulo electronico del sensor	Inspeccion y monitoreo en linea con sala de control, hacer pruebas de señales	Bimensual	Oficial ETN	2 horas	1	Paro
	Señal por desacoplamiento del motor al sistema motriz de correas y rompedor	Inspeccion y monitoreo en linea con sala de control, hacer pruebas de señales	Bimensual	Oficial ETN	2 horas	1	Paro
PRESOSTATO	Deterioro o desgaste normal de vida util	Sustitucion de presostato	A falla	Oficial ETN	2 hora	1	Paro
	Ajuste inadecuado, por operación incorrecta	Inspeccion y verificar ajuste de conectores de tubería (aceite, aire, agua) del rompodor 285	Semestral	Oficial ETN	30 min	1	Paro
	Desajuste	Inspeccion y verificar ajuste de conectores de tubería (aceite, aire, agua) del rompodor 285	Semestral	Oficial ETN	30 min	1	Paro

Fuente: Elaboración propia

9.2. Indicadores de Mantenibilidad

A continuación, se describen los indicadores más usuales que se emplean en el departamento de mantenimiento, analizando el número de paros no programados, tiempo total de trabajo, tiempos muertos, disponibilidad, tiempo medio entre fallas y mantenibilidad para los años 2018 y 2019, se concluye que en el año 2018 los equipos del sistema tuvieron mejor operación comparado con el año 2019 como se muestra en la tabla 14.


Tabla 14. Indicadores de mantenibilidad

 INDICADORES DE MANTENIBILIDAD						
AÑO	Nº TOTAL PAROS NO PROGRAMADOS	TIEMPO TOTAL- (HORAS DE OPERACIÓN)	TIEMPO MUERTO- (HORAS DE)	DISPONIBILIDAD (%)	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS- TMBF (HRS)	MANTENIBILIDAD (%)
2018	12	8760	51,73	99,40947489	730	99,41294161
2019	13	8760	253,37	97,1076484	673,8461538	97,18895374

Fuente: Elaboración propia

9.2.1. Disponibilidad


Tabla 15. Manual de indicador de disponibilidad

	Manual de Indicadores Corporativos		N° :		
	INDICADOR			HOJA :	
	TÍTULO: Disponibilidad de los Sistemas por Mantenimiento				
	Planta	Sogamoso			
Objetivo del indicador:					
Conocer la disponibilidad de un sistema o equipo por Mantenimiento. Mide la gestión general de mantenimiento en cuanto al tiempo de paro, para que el equipo pueda producir.					
Fórmula de Cálculo:					
$\text{Disponibilidad de los Sistemas por Mto} = \left(\frac{\text{Horas programadas producir} - \text{Horas de paros por averías}}{\text{Horas programadas producir}} \right) \times 100\%$					
Observaciones de Cálculos:					
El indicador es calculado para: cada horno y cada molino de cemento.					
Horas programadas para producir = Horas que el equipo está programado para producir en el periodo de tiempo considerado.					
Horas de paros por averías = Horas de paros por averías relacionadas con mantenimiento en el periodo considerado. Solo se excluyen los paros externos a la planta.					
Horas de paros programados por Manto = Horas de paros programados por mantenimiento en el periodo considerado (correctivos, PPM).					
Fuentes de Datos:					
GEO-Herramienta de Control de Cada Planta, SAP/BIBO					
Responsable					
Director de Mantenimiento					
Ejemplo Diario:					
Horas programadas para producir en el Periodo	720	$\text{Confiabilidad de los Sistemas por Mto (RF)} = \left(\frac{720 - 40}{720} \right) = 94\%$			
Horas de Paros totales por manto (Prog+No Prog)	40				
Disponibilidad por Manto		94%			
Elaboración	APROBACIÓN LIDER PRODUCCIÓN	APROBACIÓN GERENTE PLANTA	FECHA APROBACIÓN		
JUAN ALEJANDRO CASTRO WILCHES	ING GUILLERMO VARGAS	ING ADOLFO CARDONA			

Fuente: Elaboración propia

9.2.2. Tiempo medio entre fallas


Tabla 16. Manual de indicador de tiempo medio entre fallas

	Manual de Indicadores Corporativos		N° :		
	INDICADOR			HOJA :	
	TÍTULO: Tiempo medio entre fallas del sistema - MTBF				
Plantas	Sogamoso				
Objetivo del indicador:					
Conocer el tiempo medio transcurrido entre fallas de un activo en un periodo de tiempo determinado					
Fórmula de Cálculo:					
$\text{Tiempo medio entre fallas del sistema MTBF} = \left(\frac{\text{Horas de Operación}}{\text{Número total paros no programados}} \right)$					
Observaciones de Cálculos:					
Se mide para cada sistema hornos y cada sistema de molinos de cemento.					
Horas de Operación = Horas que el equipo operó en el periodo de tiempo considerado.					
Número total de paros no programados: Incluye todos los paros no programados que haya tenido el sistema. Se excluyen paros externos y por silos llenos.					
Se calcula con los últimos 12 meses móviles					
Fuentes de Datos:					
SAP					
Responsable					
Profesional de Mantenimiento Rol Confiabilidad					
Ejemplo Diario:					
Horas operación	8760	$\text{Tiempo medio entre fallas del sistema MTBF} = \left(\frac{8760}{12} \right) = 730$			
Paros npn mtto periodo	12				
MTBF	730				
Elaboración	APROBACIÓN LIDER PRODUCCIÓN	APROBACIÓN GERENTE PLANTA	FECHA APROBACIÓN		
JUAN ALEJANDRO CASTRO WILCHES	ING GUILLERMO VARGAS	ING ADOLFO CARDONA			

Fuente: Elaboración propia

9.2.3. Mantenibilidad

Tabla 17. Manual de indicadores de confiabilidad

	Manual de Indicadores Corporativos			N° :
	INDICADOR CONFIABILIDAD			HOJA :
	TÍTULO: Confiabilidad de los Sistemas - RF			
	Planta	Sogamoso		
Objetivo del indicador:				
Conocer la confiabilidad de la operación de un sistema o equipo				
Fórmula de Cálculo:				
$\text{Confiabilidad de los Sistemas (RF)} = \left(\frac{\text{Horas de Operación}}{\text{Horas de Operación} + \text{Horas de Paros por Averías}} \right) \times 100\%$				
Observaciones de Cálculos:				
El indicador es calculado para: horno y molino de cemento				
Horas de Operación = Horas que el equipo operó en el periodo de tiempo considerado.				
Horas de paros por averías = Horas de paros por averías en el período considerado. Solo se excluyen los paros externos a la planta.				
Fuentes de Datos:				
GEO-Herramienta de Control de Planta, SAP/BIBO				
Responsable				
Director de Mantenimiento				
Ejemplo Diario:				
Horas de operación en el Periodo	24	$\text{Confiabilidad de los Sistemas por Mtto (RF)} = \left(\frac{24}{24 + 8} \right) = 75\%$		
Horas de Paros por Averías	8			
RF	75%			
Elaboración	APROBACIÓN LIDER PRODUCCIÓN	APROBACIÓN GERENTE PLANTA	FECHA APROBACIÓN	
JUAN ALEJANDRO CASTRO WILCHES	ING GUILLERMO VARGAS	ING ADOLFO CARDONA		

Fuente: Elaboración propia

A la fecha se deja planteado la metodología, el estudio de mantenibilidad, plan de mantenimiento hasta el año 2019 y se dejó como recomendación hacer seguimiento y evaluación de costos e indicadores anualmente.

10. CONCLUSIONES

En el proceso de obtención del cemento, el sistema de enfriamiento es el cuello de botella ya que; disminuye y afecta el proceso de producción de la empresa. Debido a sus constantes paradas en equipos del sistema, costo de sus repuestos, alta producción de Clinker por lo tanto registra una criticidad prioritaria.

En la etapa de diagnóstico se lograron obtener importantes hallazgos que sirvieron como fuente base para determinar los equipos críticos del sistema, las principales fallas, frecuencias de falla, toda esta información fue clave para desarrollar el análisis de mantenimiento basado en confiabilidad.

Por medio del análisis de criticidad se pudo determinar que los equipos con mayor criticidad del sistema de enfriamiento son el rompedor de Clinker 285 y las parrillas 283 y 284. Estos elementos son de gran importancia para la toma de decisiones en el proceso. A pesar de que el RCM se aplicó en todos los equipos del sistema.

De acuerdo a la interpretación del análisis de información histórica de consumos, se determinó que, al parar el sistema de enfriamiento, obligatoriamente para el horno, por consiguiente, para nuestro análisis el tiempo muerto fue de 310,11 horas equivalente a más de 21000 toneladas de Clinker que se dejaron de producir. una sumatoria cuantitativa de costos, consumos energéticos y lucro cesante o ganancia que se ha dejado de obtener como consecuencia de estas fallas la cual sobrepasa los \$3.404'388.582 millones de pesos.

Gran parte de estas fallas y paros está destinado también a el tema de alta producción, ya que se está produciendo un gran volumen de Clinker diario y el sistema de enfriamiento colapsa. Por tanto, se propone que se lleve una producción deseada que no sobrepase los límites, asegurando que su capacidad no supere los parámetros deseados.

Una vez terminado el proyecto se logran obtener ideas de un nuevo proyecto que se puede emprender, una de ellas es el estudio de viabilidad electromecánica del rompedor de Clinker, presentado por la empresa Inpromec- Ingeniería y proyectos metalmecánicos Ltda.

11. RECOMENDACIONES

Crear un grupo de análisis multidisciplinario, los cuales deberán hacer revisiones periódicas a este tipo de documentación y así establecer criterios de mejora continua.

A la fecha de terminación de pasantía se dejó planteado la metodología, el estudio de mantenibilidad, plan de mantenimiento con datos históricos de los años 2018 y 2019. Se recomienda hacer seguimiento y evaluación de costos e indicadores de mantenimiento anualmente.

Capacitar al personal operativo y administrativo en conocimientos electrónicos y software, análisis de vibraciones y nuevas técnicas de mantenimiento de última generación, para mantener el sistema actualizado a la vanguardia.

Mantener el stock mínimo de repuestos en el almacén; componentes, partes e insumos para el sistema de enfriamiento y crear estrategia de compra de repuestos críticos prioritarios (Juego de martillos, placas)

Compra de nuevos equipos y herramientas para detectar anomalías de manera temprana: alineador de ejes, Lámpara estroboscópica, detector de paso de corriente eléctrica, medidor de tensión de correas por frecuencia, termómetros infrarrojos, alineador de poleas y piñones, detector de fugas ultrasónico, equipo básico de vibración.

Generar conciencia en la mantenibilidad y la disponibilidad son términos que van de la mano con un correcto funcionamiento de los equipos para evitar paradas de mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA

CEMENTOS ARGOS, Contexto. {En línea}. {10 de febrero de 2022}. Disponible en: (<https://argos.co/contexto/>).

GONZALES, Diego. Análisis de mantenibilidad basada en la producción de la planta lavadora de la empresa ciprodyser s.a en samacá Boyacá. Tunja, 2020. Trabajo de grado

MARCANO, Reynil. Propuesta de mejoras en el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas servidas domésticas “centro” de la empresa Cemex Venezuela, planta pertigalete, aplicando el análisis causa raíz. Barcelona, 2008. Universidad gran mariscal de Ayacucho.

MEDIZABAL, Angel. Ejemplo proctico para realizar un análisis de criticidad. {En línea}. {6 de marzo de 2022}. Disponible en: (<https://angelmendizabal.com/mantenimiento/ejemplo-practico-para-realizar-un-analisis-de-criticidad/>)

MEIRE, Análisis de Modos de Fallas y Efectos (FMEA) {En línea}. {8 de abril de 2022}. Disponible en (<https://blogdelocalidad.com/analisis-de-modos-de-fallas-y-efectos-fmea/>)

MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Segunda edición. Estados Unidos: Aladon ltd. 1992. 433p

RENOVETEC, “Ingeniería del mantenimiento”. {En línea}. {16 de febrero de 2022}. Disponible en: (<http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/17-plan-de-mantenimiento-basado-en-rcm>)

SILVA, Omar. Aprendiendo más sobre cemento: ¿por qué y cómo se produce el proceso de enfriamiento del clinker. {En línea}. {5 de marzo de 2022}. Disponible en: (<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/como-se-produce-proceso-de-enfriamiento-del-clinker>).

ANEXOS

Anexo A. Certificación de práctica empresarial

**IMAGINA TODO
LO QUE PODEMOS
CONSTRUIR JUNTOS**



LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN HUMANA Y ADMINISTRATIVA
CEMENTOS ARGOS S.A.
PLANTA SOGAMOSO

CERTIFICA QUE:

Juan Alejandro Castro Wilches, identificado con la cédula de ciudadanía No 1052405402 se encuentra vinculado con la empresa como **Estudiante en práctica en la modalidad de Ingeniería Mecánica** y en el marco de la Pandemia por Covid – 19 la etapa práctica se realiza siguiendo las recomendaciones establecidas en nuestro protocolo, como el uso permanente del tapabocas, lavado de manos y mantener el distanciamiento social, además de cumplir las medidas de seguridad industrial.

Este certificado se expide a solicitud del interesado, a los dieciocho (18) días del mes de agosto de 2020.

Cordialmente,





INGRID OCAMPO ÁLVAREZ
Directora de Gestión Humana y Administrativa.
Planta Sogamoso

Anexo B. Hoja de información Rompedor 285

 RCM PLANTA SOGAMOSO SISTEMA - ENFRIAMIENTO DE CLINKER EQUIPO - ROMPEDOR 285			
verbo y objetivo: ejm bomber agua, transportar gen que origino la falla (sustantivo y un verbo)			
DESCRIPCION DE LA FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (¿Que eventos pueden ocurrir?)	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA (¿Qué sucede cuando se produce la falla?)
MOTOR: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.	Incapacidad total para convertir energía eléctrica en mecánica	fallas en línea de tierra por forzamiento	Alarma en sala de control, CCM, se producen olores, extraños, la máquina para como consecuencia y para el proceso afectando a producción. Tiempo muerto para replazo 6 horas
		Sobrecorriente: corriente de sobrecarga o de corto circuito (Aumentos temporales de ausencia de voltaje de alimentación o de funcionamiento)	Aumentos temporales de corriente, ocurren cuando los motores arrancan o cuando se energizan los transformadores. Alarma en sala de control, la máquina para como consecuencia, proceso afecta a producción. Tiempo muerto para replazo 1 hora
		Fallo mecánico por defecto en rodaminetos	Alarma en sala de control, CCM, la máquina para como consecuencia y para el proceso afectando a producción. Tiempo muerto para replazo 16 horas
			Alarma en sala de control, CCM, se produce recalentamiento, la máquina para como consecuencia y para el proceso afectando a producción. Tiempo muerto para replazo 3 horas
MARTILLOS: Proyectan la partícula de clinker hacia las pantallas de impacto para lograr fragmentar el clinker a	Incapacidad parcial de disminuir las partículas de	Avería de brazo de martillos	Tamaño partículas de clinker muy grandes, causando daños en grisy y otros martillos, para el rompedor como consecuencia, parando el proceso y afectando a producción y mantenimiento. Tiempo muerto para reparación 15 horas
GRIZZLY: Clasificar filtrar y evacuar el finos de clinker hacia el transportador IM 303 y evitar el ingreso al rompedor	No puede se pueden clasificar, filtrar ni evacuar los finos de clinker	Barrotes sueltos, por deformación,	Alojamiento de barrotes al estar sueltos por altas temperaturas pueden ocasionar paso partículas grandes de clinker, Tiempo de paro 12 horas
		Rotura de soldaduras en soporte de alojamiento	Ocasionan paso de partículas grandes de finos de clinker. Tiempo de paro 12 horas
		Desgaste excesivo	Ocasionan paso de partículas grandes de clinker. Tiempo de paro 12 horas
CHUMACERAS: Soportar el eje para su rotación, está compuesto de una parte rotativa y una fija.	No soporta la rotación del eje	Soltura tornillos de fijación	Vibraciones altas, ruidos, la máquina para como consecuencia, afectando a producción y mto. Tiempo de parada 8 horas
		Daño en retenedores	Vibraciones altas, ruidos, la máquina para como consecuencia, afectando a producción y mto. Tiempo de parada 8 horas
		Daño en rodamientos por lubricación defectuosa	Altas vibraciones, ruidos detectados, Tiempo de reparación 1 hora
		Sobrecarga en rodamientos	Altas vibraciones, ruidos detectados, Tiempo de reparación 1 hora
CARCAZA DE ROMPEDOR: Proteger todos los componentes internos del rompedor y evitar que se salga el material	No protege los componentes internos del rompedor	Rebose de partículas	Puede causar que los finos de clinker salgan y afecten la integridad y la seguridad del sistema, Para como consecuencia el rompedor, afectando a producción y mto. Tiempo de parada 24 horas
		Perforación, causando fuga de material e incendios	Incremento de riesgo de incendios, por finos a alta temperatura y lubricante a la salida del rompedor
TRANSMISION CORREA - POLEA: Transmitir movimiento giratorio, fuerzas y velocidades angulares entre ejes paralelos que se encuentran a una cierta distancia.	Incapaz de transmitir potencia al rompedor	Desgaste de los canales en las poleas	Vibraciones altas, ruidos, la máquina para como consecuencia, afectando a producción y mto. Tiempo de parada 18 horas
		Correas elongadas	Vibración o sonido anormal mientras la transmisión esta funcionando con sus protecciones puestas, Tiempo de parada 1 hora
		Rotura de correas por atascamiento de polea	La polea sigue girando y se quema por la fricción, esto causa paro de rompedor y de horno, afectando a producción y mto. Tiempo de parada 12 horas
		Correas salidas de canales por presencia de material	Correas con acumulación de polvo y suciedad presentan vibraciones, hacen que pare el equipo como consecuencia. Tiempo para reparar y limpiar x horas
SENSOR DE TEMPERATURA: Detectar de temperatura RTD (detector de temperatura por resistencia). PT100 es que están fabricados con platino con una resistencia eléctrica de 100 ohmios a una temperatura de 0 °C	Incapaz de detectar temperatura	Error en lectura, mala indicación	El ruido del circuito eléctrico puede interferir en la medición Alarma en sala de control muestran tendencias las cuales pueden arrojar tendencias incorrectas que pueden hacer tomar decisiones de paro de rompedor, afectando a producción
		Falsa indicación de las RTDs	Alarma en sala de control muestran tendencias las cuales pueden arrojar tendencias incorrectas que pueden hacer tomar decisiones de paro de rompedor, afectando a producción
		Temperaturas altas en chumaceras	Indicación real de temperatura alta en chumaceras del motor, puede existir humo cuando es muy alta la temperatura, olores extraños.
		Daño en termocuplas	Se presentan por altas vibraciones en sensores RTD, o fallas en aislamiento y cortocircuitos, estrés mecánico en los cables que están sujetos a fatiga por vibración.
SENSOR DE MOVIMIENTO: Mide la velocidad angular alrededor de su eje vertical.	Incapaz de detectar movimiento en eje del motor	Daño sensor	Alarma en sala de control muestran tendencias las cuales pueden arrojar tendencias incorrectas que pueden hacer tomar decisiones de paro de rompedor, afectando a producción
		Daño en modulo electrónico del sensor	Alarma en sala de control muestran tendencias las cuales pueden arrojar tendencias incorrectas que pueden hacer tomar decisiones de paro de rompedor, afectando a producción
		Señal por desacoplamiento del motor al sistema matriz de correas y rompedor	Alarma en sala de control muestran tendencias las cuales pueden arrojar tendencias incorrectas que pueden hacer tomar decisiones de paro de rompedor, afectando a producción
		Deterioro o desgaste normal de vida útil	Alarmas y de configuración de tendencias en sala de control y avisos erróneos en sala de control
PREOSSTATO: Interruptor de presión, es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido	Incapaz de regular la presión de la bomba	Ajuste inadecuado, operación incorrecta	Alarmas y de configuración de tendencias en sala de control y avisos erróneos en sala de control
		Desajuste	Alarmas y de configuración de tendencias en sala de control y avisos erróneos en sala de control

Anexo C. Hoja de información Unidad de lubricación del enfriador 294

 RCM PLANTA SOGAMOSO SISTEMA - ENFRIAMIENTO DE CLINKER EQUIPO - UNIDADES DE LUBRICACION ENFRIADOR			
DESCRIPCION DE LA FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (¿Que eventos pueden ocurrir?)	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA (¿Qué sucede cuando se produce la falla?)
UNIDAD DE LUBRICACION DE ROMPEDOR 294: Suministrar aceite a chumaceras de rompedor 285	Incapacidad parcial para suministrar aceite a chumaceras y rodamientos de rompedor	Caída de presión de la bomba por (tubería, vidrios visores de paso)	Fugas de aire, mala indicación de presión en manómetro, aumento de viscosidad, el equipo para como consecuencia, tiempo de parada 8 horas
		Tanque de almacenamiento con falla en sellos	Ingreso de material particulado, contaminación de el lubricante, por partículas que inciden negativamente la vida útil del aceite, no causa paro de equipo
		Sellos de rompedor con deterioro por exceso de temperatura	Humo, posible incendio por fuga de lubricante y altas temperaturas provenientes del rompedor, en caso de presencia de llamas utilizar el extintor y limpiar la superficie con fuga de lubricante
		Saturación de filtros por material particulado	Contaminación de aceite por polvo y material particulado volátil, la máquina no para como consecuencia
		Sistema intercambiador de calor con rotura en tubería contaminación por emulsión de aceite y agua	Al presentarse rotura o fuga en tuberías de intercambiador esta causa emulsión de partículas de aceite y agua por lo tanto el aceite de lubricación pierde sus propiedades, es necesario un cambio obligatorio, Tiempo estimado para reparación 2 turnos.
UNIDAD DE LUBRICACION CENTRALIZADA SKF: Bombear lubricante a los grupos de dosificadores a través de unas tuberías. Los dosificadores suministran la cantidad de lubricante predeterminada a los puntos de lubricación o chumaceras internas de las parrillas.	Incapacidad para bombear aceite a las chumaceras	Tubería interna de con rotura o perforación erosiones	Ruidos fuertes, la máquina para como consecuencia, causando daños a chumaceras internas de parrillas afectando a la operación, producción y mtto
		Aire en unidad centralizada	Burbujas de aire, Ruidos fuertes, la máquina para como consecuencia, causando daños a chumaceras internas de parrillas afectando a la operación, producción y mtto


Anexo D. Hoja de información de ventiladores

 RCM PLANTA SOGAMOSO SISTEMA - ENFRIAMIENTO DE CLINKER EQUIPO - VENTILADORES 290 - 296 - 297 - 298 - 295 - 294 - 302			
DESCRIPCION DE LA FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (¿Que eventos pueden ocurrir?)	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA (¿Qué sucede cuando se produce la falla?)
VENTILADOR (ROTOR) : Producir corriente o flujo de aire, girando a altas velocidad promedio de 2610 rpm	Incapacidad total para producir flujo de aire	Rotor con altas vibraciones	Se genera alarma en sala de control, maquina para como consecuencia del fallo, el paro afecta a produccion, origina la deteccion de otros equipos y actividades como motores del horno, transportadores de finos 303, 304, ventilador de tiro forzado 271, parrillas 283 y 284, molinos de cemento y compresores. Afecta a produccion y a mantenimiento, Tiempo muerto para reparacion 4 horas paro 1 hora limpieza
		Altas aceleraciones por deficiente lubricacion	Posible daño en rodamientos, altas vibarciones al motor, maquina para como consecuencia del fallo, el paro afecta a produccion, origina la deteccion de otros equipos y actividades como motores del horno, transportadores de finos 303, 304, ventilador de tiro forzado 271, parrillas 283 y 284, molinos de cemento y compresores. Afecta a produccion y mantenimiento, Tiempo muerto para reparacion 4 horas paro 1 hora limpieza y lubricacion
MOTOR IM: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.	Flujo de energía eléctrica a mecánica restringido	Fallas en linea de tierra por forzamiento	Alarma en sala de control, CCM, se producen olores, extraños, la maquina para como consecuencia y para el proceso afetando a produccion. Tiempo muerto para replazo 10 horas
		Sobrecorriente - corriente de sobrecarga o de corto circuito (Aumentos temporales de corriente) ocurren cuando los motores arrancan o cuando se energizan los	Aumentos temporales de corriente, ocurren cuando los motores arrancan o cuando se energizan los transformadoresAlarma en sala de control, la maquina para como consecuencia, proceso afeta a produccion. Tiempo muerto para replazo 1 horas
		Ausencia de voltaje de alimentacion o de funcionamineto	Alarma en sala de control, CCM, la maquina para como consecuencia y para el proceso afetando a produccion. Tiempo muerto para replazo 1 horas
		Fallo mecanico por defecto en rodaminetos	Alarma en sala de control, CCM, se produce recalentamiento, la maquina para como consecuencia y para el proceso afetando a produccion. Tiempo muerto para replazo 8 horas
ACOPLE SEMIELASTICO: Absorben desalineamientos, reducen esfuerzos, amortiguan vibraciones y choques, protegiendo a las maquinas accionadoras como las accionadas.	No reduce, absorbe tensiones generadas por la potencia o torcion en el eje	Vida util de elastomeros o cauchos	Cuando ocurre esta situacion se evidencia el quipo con vibraciones altas , ruidos anormales, cuando las caras no son paralelas, se produce efectos de desalineacion admisible (radial, axial, angular)
		Desalineacion angular, radial o axial	Cuando ocurre esta situacion se evidencia el quipo con vibraciones altas , ruidos anormales, cuando las caras no son paralelas, se produce efectos de desalineacion admisible (radial, axial, angular)
CHUMACERA - RODAMIENTOS: Soportar el eje para su rotación, está compuesto de una parte rotativa y una fija.	Incapacidad parcial para soportar el eje de rotacion	Desalineacion	Se presentan altas vibraciones, aceleraciones elevadas, ruidos fuertes, desgaste en acoplaminetos y en algunos casos rotura de rodaminetos, el eje de rotacion no es colineal, generando esfuerzos dinamicos e ineficiencia energetica, esta desalineacion puede causar paro del equipo afectando a produccion y mtto.
		Rotura del soporte por sultura de tornillos de fijacion de soporte	Se presentan altas vibraciones, aceleraciones elevadas, ruidos fuertes, desgaste en acoplaminetos y en algunos casos rotura de rodaminetos, el eje de rotacion no es colineal, generando esfuerzos dinamicos e ineficiencia energetica, esta desalineacion puede causar paro del equipo afectando a produccion y mtto.
	El rodamineto con altas vibraciones y ruidos anormales	Perdida de ajuste entre pista externa de rodamineto y caja de chumacera	Causada por ajuste inadecuado ocasiona ruido elevado y altas vibraciones en el suelo del espectro, posible desintegracion de grandes componentes rotativos puede causar paro del equipo afectando a produccion y mtto.
		Perdida de ajuste entre pista interna y eje rotativo	Se producen ruidos fuertes, altas aceleraciones
		Vida util	Se producen ruidos fuertes, altas aceleraciones
		Falta de lubricacion	Ruidos fuertes, altas vibraciones perdida de ajuste y desbalance, por tanto el equipo presenta fallos que ameritan paro para su mantenimineto, afectando a produccion
		Desalineacion en rodamientos	Evidencias o efectos fisicos como ruidos fuertes, en algunas ocasiones humo, olores
		Vibraciones altas por desvalanceo en rotor	Evidencias o efectos fisicos como ruidos fuertes, en algunas ocasiones humo, olores

Anexo D. Hoja de información de ventiladores (continuación)

EJE - ROTOR VENTILADOR: Guiar el movimiento de rotación a una pieza o a un conjunto de piezas, como una	Incapacidad parcial para guiar el movimiento al ventilador	Descaste en el eje	causa rotura de soportes, ruidos fuertes, desalineación
ROTOR DE VENTILADOR: Succionar aire por medio de alaves o helices. El aire entra a través del conducto horizontal, en sentido paralelo al eje del ventilador, succionado por el rotor, girando a altas rpms	Incapacidad parcial para succionar aire y producir constante flujo de aire	Daño por desbalance por desgaste por material particulado	Menor flujo de aire, ruidos fuertes, altas vibraciones y desbalance, por tanto el equipo presenta fallos que ameritan paro para su mantenimiento, afectando a producción
		Fisuras en plato o manzana	Menor flujo de aire, ruidos fuertes, altas vibraciones pérdida de ajuste y desbalance, por tanto el equipo presenta fallos que ameritan paro para su mantenimiento, afectando a producción
		Desgaste en remaches de plato con manzana por fricción del material	Menor flujo de aire, ruidos fuertes, altas vibraciones pérdida de ajuste y desbalance, por tanto el equipo presenta fallos que ameritan paro para su mantenimiento, afectando a producción
		Compuertas de control de flujo - daño en actuador electrónico	Avisos en sala de control, la máquina no para como consecuencia
VARIADOR: Regular la energía y velocidad antes de que llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento. para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación. También reducen la potencia de salida de una aplicación, como una bomba o un ventilador, garantizando que	Incapaz de regular energía y velocidad del motor de los ventiladores 295 - 295A	Fallas en software, falta de capacitación a personal	Alarma en sala de control, paro de equipo, afectando a producción y mantenimiento, Tiempo de reparación con repuesto 6 horas, sin repuesto 2 o 3 días
		Fallas en hardware	Alarma en sala de control, paro de equipo, afectando a producción y mantenimiento, Tiempo de reparación 6 horas, sin repuesto 2 o 3 días
		Fallas catastróficas en componentes o conexiones	Alarma en sala de control, pérdida total del equipo, afectando a producción y mantenimiento, Tiempo de reparación 6 horas, sin repuesto 2 o 3 días
		Falla en tarjeta SIS de arranque y parada de motor	No permite arranque en motor, Alarma en sala de control, paro de equipo, afectando a producción y mantenimiento, Tiempo de reparación 6 horas.

Anexo E. Hoja de información de cadena de finos 286 y 287

 RCM PLANTA SOGAMOSO SISTEMA - ENFRIAMIENTO DE CLINKER EQUIPO - CADENAS DE FINOS 286 - 287			
DESCRIPCION DE LA FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (¿Que eventos pueden ocurrir?)	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA (¿Qué sucede cuando se produce la falla?)
MOTOR: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.	Incapacidad total / parcial para convertir energía eléctrica en mecánica	fallas en línea de tierra por forzamiento	Alarma en sala de control, CCM, se producen olores, extraños, la máquina para como consecuencia y para el proceso afectando a producción. Tiempo muerto para replazo 10 horas
		Sobrecorriente - corriente de sobrecarga o de corto circuito (Aumentos temporales de corriente)	Aumentos temporales de corriente, ocurren cuando los motores arrancan o cuando se energizan los transformadores, se presenta alarma en sala de control, la máquina para como consecuencia, proceso afecta a producción. Tiempo muerto para replazo 1 horas
		ausencia de voltaje de alimentación o de funcionamiento	Alarma en sala de control, CCM, la máquina para como consecuencia y para el proceso afectando a producción. Tiempo muerto para replazo 1 hora
		Fallo mecánico por defecto en rodaminetos	Alarma en sala de control, CCM, se produce recalentamiento, la máquina para como consecuencia y para el proceso afectando a producción. Tiempo muerto para replazo 8 horas
ACOPLE: Acoplar en forma rígida ó permanente a dos ejes que deben girar sobre una misma línea central absorbiendo choques y vibraciones, alinear y centrar el eje.	No acopla de forma rígida el eje presentando vibraciones	Elastomero o cauchos dañados	La cadena para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina x horas
		Fractura por vida útil	La cadena para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina x horas
		Desalineación paralela	La cadena para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina x horas
		Sobrecarga por sobretamaños	La cadena para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina x horas
REDUCTOR: Reducir la velocidad de entrada del motor de x rpm a una velocidad de salida de x rpm.	Incapaz de reducir la velocidad de entrada del motor.	Falla en entrada y salida de retenedores	El reductor para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina x horas
		Deficiencia de rodamientos en entrada y salida	El reductor para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina x horas
		Soltura de ajuste entre piñón y eje de salida del reductor	El reductor para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina x horas
		Rotura del reductor por sobrecarga	El reductor para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina x horas
CADENA DE TRANSMISION: Transmitir el movimiento de arrastre entre ruedas dentadas.	Incapaz de transmitir movimiento de arrastre entre las ruedas dentadas	Escasa lubricación	El sistema de transmisión presenta ruidos por falta de lubricación, no causa paro de equipo
		Sobrecarga por sobretamaños	Rotura de cadena de transmisión por sobreesfuerzo debido a sobretamaños de material. La cadena para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina x horas
		Rotura por forzamiento	Cuando se realiza mantenimiento y la cadena vuelve reinicio de operación a fuerza motriz puede causar forzamiento y volver a ocasionar rotura una vez ya reparada, ocasionando paro de horno afectando la producción y mantenimiento. Tiempo de paro x horas
		Cadena distencionada por desgaste excesivo de articulaciones (rodillo, casquillo, placas, pasador)	Cuando se realiza mantenimiento y la cadena vuelve reinicio de operación la fuerza motriz puede causar forzamiento y volver a ocasionar rotura una vez ya reparada, ocasionando paro de horno afectando la producción y mantenimiento. Tiempo de paro x horas
		Perdida de ajuste por interferencia entre los pasadores y casquillos con las placas	Cuando se realiza mantenimiento y la cadena vuelve reinicio de operación a fuerza motriz puede causar forzamiento y volver a ocasionar rotura una vez ya reparada, ocasionando paro de horno afectando la producción y mantenimiento. Tiempo de paro x horas
PIÑÓN MOTRIZ Y CONDUCCION: Transmitir potencia de un componente a otro mediante dientes.	Incapaz de transmitir movimiento	Perdida de ajuste entre ejes y piñón	El sistema de transmisión para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina para
		Rotura o desgaste excesivo de dientes	El sistema de transmisión para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina para
		Daño en rodamiento por defectuosa lubricación	El sistema de transmisión para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina para
CADENA DE ARRASTRE: Transportar finos de clinker provenientes de parrillas 283 y 284 al ducto 303	Incapacidad parcial de transportar finos de clinker	Cadena cumple vida útil	La cadena de arrastre para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina para
		Salto de cadena por elongación	La cadena de arrastre se desajusta causando saltos y mal funcionamiento, para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y
		Forzamiento por carga o sobrepaticulas	Sobrecarga ocurrida por placas de parrilla rotas o tamaños de partículas grandes para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a
		Alojamiento de cadena con fallo	La cadena de arrastre para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina para reparar x horas
		Patines internos con desgaste en nijar	La cadena de arrastre para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina para reparar x horas

Anexo E. Hoja de información de cadena de finos 286 y 287 (continuación)

VALVULAS PLATCO O DOBLECONOS: Sellar el paso de aire falso hacia el enfriador , tambien son las encargadas de recibir el clinker de la trituradora y entregarlo al transportador 303.	No sellan el paso de aire neumatico	Daño en valvulas de control	La cadena de arrastre para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a produccion y mantenimiento Tiempo parada de la maquina para reparar x horas
		Daños en cilindro neumatico	No existe flujo de aire, dobleconos paran como consecuencia, causando paro de equipos de enfriador, afectando a produccion y mantenimiento.
		Bloqueo de compuertas por sobretamaños	Atasque por material particulado, las sobrepaticulas no dejan cerrar las compuertas, para como consecuencia, causando paro de equipos de enfriador,
		Daños en soportes de rodamientos de eje en compuertas	Atasque por material particulado, las sobrepaticulas no dejan cerrar las compuertas, para como consecuencia, causando paro de equipos de enfriador, afectando a produccion y mantenimiento.
TARJETA SIS: Permite que el motor gire y de arranque y paro. arranque y paro reversible desde el sistema de control	Incapacidad total para que el motor de arranque	obsolescencia	Cuando ocurre daño en la tarjeta, el motor no da arranque, por lo tanto se procede a realizar una sustitucion de la tarjeta, si se encuentra el repuesto, el remplazo no tarda.
SENSOR DE MOVIMIENTO: Mide la velocidad angular alrededor de su eje vertical.	Incapaz de detectar movimiento en eje del motor	Daño sensor	Alarma en sala de control muestran tendencias las cuales pueden arrojar tendencias incorrectas que pueden hacer tomar desiciones de paro de rompedor, afectando a produccion
		Daño en modulo electronico del sensor	Alarma en sala de control muestran tendencias las cuales pueden arrojar tendencias incorrectas que pueden hacer tomar desiciones de paro de rompedor, afectando a produccion
		Perdida de señal por desacoplamiento del motor al sistema motriz de correas y rompedor	Alarma en sala de control muestran tendencias las cuales pueden arrojar tendencias incorrectas que pueden hacer tomar desiciones de paro de rompedor, afectando a produccion

Anexo F. Hoja de información parrillas IKN, 283, 284

RCM PLANTA SOGAMOSO SISTEMA - ENFRIAMIENTO DE CLINKER EQUIPO - PARRILLA IKN - 283 - 284			
DESCRIPCION DE LA FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (¿Que eventos pueden ocurrir?)	EFFECTOS DEL MODO DE FALLA (¿Qué sucede cuando se produce la falla?)
PARRILLA IKN: Crear una cama de impacto permitiendo el flujo de aire proveniente del ventilador 295 y realizar la alimentacion a la parrilla 1 y 2, fenomeno de cascada de material.	Incapacidad parcial de crear una cama de impacto	Rotura de placas	Al romperse causan atascamiento en las cadenas 286-287, por ingreso de material grueso, el enfriador para como consecuencia, afecta a produccion y mantenimiento, Tiempo muerto de parada 8-16 horas
	No permite el flujo de aire	Acumulacion de material grueso en camara de aire (muñecos)	En algunos casos es por mucho caudal de clinker, o fallas en los cañones. En algunos casos el enfriador para como consecuencia, esta parada puede afectar a produccion, Tiempo muerto de parada 72 horas
		Rodamientos de ventilador con deterioro	El ventilador 295 para como consecuencia, en este caso el ventilador 295 A esta como plan B o repuesto, por si sucede esta contingencia. Tiempo de cambio 16 horas
		Perdida de ajustes entre (apoyo y rodamiento, rodamineto y eje)	Efecto causado por desgaste, puede ocasionar paro del ventilador 295, Tiempo de paro 8 horas
		Rodaminetos de ventilador con desgaste o deterioro por horas de trabajo	Ruidos fuertes, humo. Tiempo de paro 4 horas
		Excesivo ajuste de polea con el eje	Ruidos, el ventilador 295 del IKN para como consecuencia. Tiempo de reparacion 3 horas
Rotura de correas por exceso de tension	Ruidos, el ventilador 295 del IKN para como consecuencia. Tiempo de reparacion 3 horas		
PARRILLAS 283-284 (Internamente) : Transportar y refrigerar el clinker horneado a una temperatura promedio de 1350 °C desde la parrilla N°1 a la parrilla N°2 a una capacidad de transporte de 66.6 T/H, con una tamaño granular inferior a 10 mm	Incapacidad interna para transportar y soportar placas moviles	Rotura en patines de viga por sobrecarga	Ruidos, descarrilamiento, colapso de estructura, para de parrilla y enfriador como consecuencia, afectaciones a produccion y mantenimiento, Tiempo de parada 48 horas.
		Estructura rota por sobrecarga	Causa desviacion en los patines, ruidos, descarrilamiento, colapso de estructura, para de parrilla y enfriador como consecuencia, afectaciones a produccion y mantenimiento, Tiempo de parada 48 horas
		Rodaminetos con deficiente lubricacion	Ruidos fuertes, humo. Tiempo de reparacion
		Exceso de temperatura	Desintegracion de componentes y soldaduras, exposicion a materiales calientes o fundidos como parrillas, para la parrilla como consecuencia, afectando a produccion, Tiempo de reparacion 30
		Soltura de tornillos que aseguran placas	Daño en placas, desintegracion de componentes, para como consecuencia afectando a produccion y mantenimiento, Tiempo de reparacion 48 horas.
		Rotura en placas	Causan atasco en cadenas 286 y 287 por caída de material grueso, Tiempo de reparacion 72 horas
PLACAS: Permite el paso del aire proveniente de los ventiladores para enfriar el clinker y soporta la carga del enfriador.	No permiten el flujo de aire	Particulas con sobretamaños	Las particulas grandes son creadas por avanachas y muñecos de clinker los cuales obstruyen el flujo de aire, por consiguiente el clinker no obtiene correctamente sus propiedades. Tiempo de parada x horas
		Placa con rotura por exceso de temperatura	Al tener averias el material cae a las cadenas de finos, forzando las cadenas por sobretamaños y sobrematerial
		Componentes se caen	Al tener averias o soltura de elementos el material cae a las cadenas de finos, forzando las cadenas por sobretamaños y sobrematerial
ACOPLER DENTADO: Acoplar en forma rígida ó permanente a dos ejes que deben girar sobre una misma línea central absorbiendo	Incapaz de acoplar de forma permanente a los dos ejes	Desalineacion de rejilla de acople	Acumulacion de material, alarma en sala de control, para la parrilla como consecuencia, afectando a produccion y mantenimiento, Tiempo de reparacion
		Sobrecarga en el equipo	Acumulacion de material, alarma en sala de control, para la parrilla como consecuencia, afectando a produccion y mantenimiento, Tiempo de reparacion

Anexo F. Hoja de información parrillas IKN, 283, 284 (continuación)

REDUCTOR: Reducir la velocidad de entrada del motor de 1500 rpm a una velocidad de salida de 50 rpm.	Incapaz de reducir la velocidad de entrada del motor.	Deficiencia de rodamientos en entrada	Ruidos fuertes, altas vibraciones, humo, el equipo para como consecuencia afectando a producción y mantenimiento, tiempo de parada para reparación x horas
		Soltura de ajuste entre piñon y eje de salida del reductor	Ruidos, altas vibraciones, el equipo para como consecuencia, afectando a producción y mantenimiento, Tiempo estimado de parada x horas.
		Rotura del reductor por sobrecarga	Ruidos excesivos por sobrecarga por sobrepartículas o sobretamaños, paro de horno, afecta a producción y mantenimiento, Tiempo de parada para reparar x horas
ANCLAJE: Elemento fijado permanentemente a la estructura, en una superficie vertical, horizontal o	Inestabilidad de fijación y permanencia	Base de anclaje con altas vibraciones	Se presentan altas vibraciones y ruidos, por anclaje suelto, estas vibraciones desajustan el anclaje ocasionando paro de la máquina para ajuste. Tiempo estimado de ajuste y calibración de anclaje x
		Rotura de tornillos de anclaje	Al soltarse los tornillos puede presentarse desintegración de componentes rotativos, origina detección a paro de horno, afectando a producción, Tiempo de parada para reparar x horas
PIÑÓN MOTRIZ Y CONDUCCION: Transmitir potencia de un componente a otro mediante dientes.	Incapaz de transmitir movimiento	Perdida de ajuste entre ejes y piñon	Ruidos fuertes, altas vibraciones, el equipo para como consecuencia afectando a producción y mantenimiento, tiempo de parada para reparación x horas
		Desgaste excesivo de dientes	Deslizamiento y pérdida de engranaje entre cadena y piñones de transmisión de potencia, causa parada de horno, afectando a producción y mantenimiento. tiempo de reparación x horas
		Poca lubricación causa daño en rodamiento que permite el movimiento al eje	El sistema de transmisión para como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina para reparar x horas
CADENA: Transmitir el movimiento de arrastre de fuerza entre ruedas dentadas.	Incapaz de transmitir movimiento de arrastre entre las ruedas dentadas	Escasa lubricación	El sistema de transmisión presenta ruidos por falta de lubricación, no causa paro de equipo, ocurre desgaste prematuro de la cadena.
		Rotura de placas en agujeros por sobrecarga	sobretamaños de material. El sistema de transmisión y alimentador de parrilla paran como consecuencia ocasionando paro de horno, afectando a producción y mantenimiento Tiempo parada de la máquina x horas
		Desgaste excesivo de articulaciones (rodillo, casquillo, placas, pasador)	Rotura de cadena y sus articulaciones las cuales son propensas a fracturar la cadena en cualquier momento, ocasionando paro de horno. Tiempo para reparación x horas
		Perdida de ajuste por interferencia entre los pasadores y casquillos con las placas	Desalineación de ruedas dentadas, ruidos, la máquina esta expuesta a fallar en cualquier momento. Tiempo de reparación x hrs
		Cadena distensionada	Produce elongación de cadena causando saltos constantes en el sistema de transmisión por cadena. Tiempo de reparación x hrs
PIÑÓN TENSOR LOCO: Transmitir potencia de un componente a otro mediante dientes.	Incapaz de transmitir potencia de un componente a otro	Desajuste en buje	Ruidos fuertes, la máquina puede parar como consecuencia. Tiempo de reparación x horas
		Soltura Tornillo de fijación de graduación	Desintegración de componentes rotativos Tiempo de ajuste de tornillo x min
BIELA: Transmitir el movimiento articulando a los patines de parrilla	Incapaz de transmitir movimiento a parrilla móvil	Rodamientos con sobrecarga o desgaste	Ruidos fuertes, para el equipo como consecuencia, Tiempo de parada de la máquina x horas
		Soltura en ajuste de rodaminetos del eje	Paro de la máquina como consecuencia afectando a producción y mtto. Tiempo de parada de la máquina x horas
		Desgaste de sello entre biela y eje de parrilla	Paro de la máquina como consecuencia afectando a producción y mtto. Tiempo de parada de la máquina x horas
CORTINA DE CADENAS: Proteger el material refractario de los impactos de rompedor	No protege de los impactos que realiza el rompedor	Deformación de la viga	Al deformarse cae a las parrillas de finos, causando posibles daños en rompedor, Tiempo de parada x horas
		Desgaste excesivo de grilletes y eslabones	Daños en martillos de rompedor, por caída de cortina, o eslabones de cortina. Tiempo de reparación x horas

Anexo F. Hoja de información parrillas IKN, 283, 284 (continuación)

SOPORTE: RIEL-PATIN: Acoplar el patin para que se deslice en la viga	Incapacidad para deslizar y acoplar el patin en la viga	Daño en rodamiento del patin	Ruido fuerte, para el equipo como consecuencia afectando a produccion y mtto. Tiempo de parada de la maquina x horas
		Desgaste en el riel del patin	Puede ser entre rueda y riel o patin y riel, para el horno como consecuencia, afectando a produccion y mtto, Tiempo de parada del equipo x horas
		Rotura de soldaduras externas de biga de soporte del riel	Ruidos fuertes, acumulacion de material, para el horno como consecuencia, afectando a produccion y mtto. Tiempo de parada x horas
CARCASA ENRIADOR: Proteger componetes internos del enfriador y evitar la salida de material	No protege los elementos internos	Perforaciones en el cuerpo del enfriador causando fuga de material	Fugas de material, causando paro de horno, afectando a produccion y mtto. Tiempo de paro de la maquina x horas
		Caida de revestimiento	Puede ocasionar caida de estructuras, esta parada afecta a produccion y mtto, Tiempo de parada de equipo x horas
MOTOR IM: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.	Flujo de energia electrica a mecanica restringido	Fallas en linea de tierra por forzamiento	Alarma en sala de control, CCM, se producen olores, extraños, la maquina para como consecuencia y para el proceso afetando a produccion. Tiempo muerto para replazo 10 horas
		Sobrecorriente - corriente de sobrecarga o de corto circuito (Aumentos temporales de corriente) ocurren cuando los motores arrancan o cuando se energizan los transformadores	Aumentos temporales de corriente, ocurren cuando los motores arrancan o cuando se energizan los transformadores Alarma en sala de control, la maquina para como consecuencia, proceso afeta a produccion. Tiempo muerto para replazo 1 horas
		Ausencia de voltaje de alimentacion o de funcionamineto	Alarma en sala de control, CCM, la maquina para como consecuencia y para el proceso afetando a produccion. Tiempo muerto para replazo 1 horas
		Fallo mecanico por defecto en rodaminetos	Alarma en sala de control, CCM, se produce recalentamiento, la maquina para como consecuencia y para el proceso afetando a produccion. Tiempo muerto para replazo 8 horas
TARJETA SIS: Permite que el motor gire y de arranque y paro reversible desde el VARIADOR: Regular la energia y velocidad antes de que llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tension en funcion de los requisitos del procedimiento. para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación. Tambien	Incapacidad total para que el motor de arranque	obsolescencia	Cuando ocurre daño en la tarjeta, el motor no da arranque, por lo tanto se procede a realizar una sustitucion de la tarjeta, si se encuentra el repuesto, el remplazo no tarda. Sin tenerno tarda un promedio de 16 horas
Incapaz de regular energia y velocidad del motor de parrillas 283 y 284		Fallas en software, falta de capacitacion a personal	Alarma en sala de control, paro de equipo, afectadndo a produccion y mantenimiento, Tiempo de reparacion con repuesto 6 horas, sin repuesto 2 o 3 dias
		Fallas en hardware	Alarma en sala de control, paro de equipo, afectadndo a produccion y mantenimiento, Tiempo de reparacion 6 horas, sin repuesto 2 o 3 dias
		Fallas catasfroficas en componentes o conexionado	Alarma en sala de control, perida total del equipo, afectadndo a produccion y mantenimiento, Tiempo de reparacion 6 horas, sin repuesto 2 o 3 dias
		Falla en tarjeta SIS de arranque y parada de motor	No permite arranque en motor, Alarma en sala de control, paro de equipo, afectadndo a produccion y mantenimiento, Tiempo de reparacion 6 horas.

Anexo G. Hoja de decisión Rompedor 285

ARGOS		HOJA DE INFORMACION Y DECISION RCM										LINKERIZACION - ENFRIAMIENTO CLINKER									
												EQUIPO: ROMPEDOR 285									
Referencia de informacion					Evaluacion				Selección				a falta de				FRECUE	A			
F	FF	FM	CATEGORIA DE CONSECUENCIA	CONSECUENCIA	TIPO DE TAREA	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4	H5	S4	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD TAREA PROPUESTA	CIA INICIAL	REALIZAR POR			
MOTOR: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medios	Incapacidad total para convertir energía eléctrica en energía mecánica en funcionamiento	fallas en linea de tierra por forzamiento	Operacional	Paro de equipo, afecta al volumen de produccion total, paro de horno no programado, incremento del costo operacional sumado al costo de reparacion o mtto	A condición	N	N	N	S	S						Cumplimineto de gamas preventivas de ejecucion elctricas	Semestral	Oficial ELE			
		Sobrecorriente - corriente de sobrecarga o de corto circuito (Aumentos temporales de corriente) ocurren cuando los	Operacional	Daños en el motor por forzamientos externos, sobretamaños, paro de horno, afecta el volumen de produccion	A condición	N	N	N	N	S						Inspeccion electrica, medicion de aislamiento y verificacion de transferencia	Semestral	Oficial ELE			
		ausencia de voltaje de alimentacion o de funcionamineto	Operacional	Afectacion de la produccion afectando su volumen de produccion en cualquier momento esta consecuencia puede ser inesperada	A condición	N	N	N	N	S						Inspeccionelectronica y Inspeccion termografica (a subestaciones de baja y media tension con frecuencia semanal, equipo en marcha realizada por un tecnico electrico)	Anual	Oficial ELE			
		Fallo mecanico por defecto en rodaminetos	Operacional	Forzamiento del motor produciendo sobrecorrientes, causando paro de equipo, paro de horno, afectando a produccion y mantenimiento	A condición	N	N	N	S	S						Analisis de vibraciones trimestrales , termografia, ultrasonido pasivo	Trimestral	Oficial ELE			
MARTILLOS: Pueden clasificarse y evacuarlos finos	Incapacidad parcial	Averia o rotura de brazo de martillos	Operacional	Paro de equipos del rompedor, Paro de horno afectando a produccion y mantenimiento	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Garantizar la calidad de la fundicion del material , la realiza el fabricante de los martillos, en ficha tecnica	Anual				
GRIZZLY: Pueden filtrar y evacuarlos finos	No pueden clasificarse y evacuarlos finos	Barrotes sueltos, por deformacion	Operacional	Al caer barras pueden generar atascamiento de banda transportadora 303 afectando a produccion y mantenimiento, No causa paro de horno	Reacondicionamiento ciclico	N	N	N	S	N	S					Inspeccion visual cada 6 meses	Semestral	Oficial MEC			
		Rotura de soldaduras en soporte de alojamiento	Operacional	Paro equipos del enfriador y horno afctando a produccion y mantenimiento	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Inspeccion visual cada 6 meses por grupo conjunto entre oficial y tecnico	Semestral	Oficial MEC			
		Desgaste excesivo	Operacional	No causa paro de horno	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Inspeccion visual cada 6 meses por grupo conjunto entre oficial y tecnico	Semestral				
CHUMACERAS: Soportar el eje para su rotación, del eje está		Soltura tornillos de fijacion	Operacional	Paro de rompedor para reparar daño, paro de enfriador y horno	A condición	N	N	N	S	S						Inspeccion diaria visual, y quincenal en vibraciones y ultrasonido pasivo, en caso de falla realizar correctivo, 2 personas	A falla	Oficial MEC			
		Daño en retenedores	Operacional	Paro del horno afectando a produccion y mantenimiento	Sustitución cíclica	N	N	N	S	S						Replazo de retenedores de chumaceras del enfriador y como preventivo inspeccion visual y analisis de aceite . Tecnico mecanico	Diario	Oficial MEC			
		Daño en rodamientos por lubricacion defectuosa	Operacional	Paro de equipos de enfriador y horno afectando a produccion y mantenimiento	A condición	N	N	N	S	S						Analisis vibraciones mensual , ultrasonido pasivo quincenal y monitoreo en linea diario	Diario	Oficial MEC			

Anexo H. Hoja de decisión unidad de lubricación 294

ARGOS											HOJA DE INFORMACION Y DECISION RCM											SISTEMA: ENFRIAMIENTO DE CLINKER			EQUIPO: UNIDADES DE LUBRICACION ENFRIADOR		
Referencia de informacion					Evaluacion de la Consecuencias				Selección del Tipo de Tarea			"a falta de"			DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR										
F	FF	FM	CATEGORIA DE CONSECUENCIA	CONSECUENCIA	TIPO DE TAREA	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5	S4												
UNIDAD DE LUBRICACION DE ROMPEDOR 294: Suministrar aceite a chumaceras de rompedor 285	Incapacidad parcial para suministrar aceite a chumaceras y rodamientos de rompedor	Caida de presion de la bomba por (tuberia, vidrios visores de paso)	Operacional	Ausencia de lubricante al rodamineto, paro de parrillas, paro de horno.	A condición	N	N	N	S								Inspeccion de bombas por desgaste de sellos y verificacion de funcionamiento de bomba 294-A de respaldo. Trabajo a realizar po un oficial mecanico y un lubricador. Indispensable inspeccion diaria	A condición	Lubricador								
		Tanque de almacenamiento con falla en sellos	Operacional	Acumulacion de particulas, y daño en el aceite, lubricacion no adecuada puede dañar componentes	Reacondicionamiento ciclico	N	N	N	S	N	S							Inspeccion de integridad ajuste y limpieza de tanque en parada programada de horno, a realizar por lubricador y oficial mecanico. El cambio de sellos es según vida util	Semestral	Lubricador							
		Sellos de rompedor con deterioro por exceso de temperatura	Seguridad	Incendios a la salida del rompedor, pueden causar daño a alguna persona	Sustitución cíclica	N	S	N	N	N	N	S						Sustitucion de sellos bipartidos: 2 turnos, sellos normales: 3 turnos. Accion preventiva: Rebrubricacion de sellos eje rompedor de clinker (Ejecutor lubricante, quincenal)	A falla	Lubricador							
		Saturacion de filtros por material particulado	Operacional	No causa paro de equipo pero produce daño de la bomba, el cual puede repercutir en daños por absorcion de contaminantes en el fluido	Reacondicionamiento ciclico	N	N	N	S	N	S							Inspeccion y limpieza de filtros con gasoil en unidad de lubricacion, tarea a realizar por lubricador y mecanico	Semanal	Lubricador							
		Sistema intercambiador de calor con rotura en tuberia contaminacion por emulsion de aceite y agua	Operacional	Fuga y mezcla de aceite con agua, daño en rodamientos, paro de rompedor, paro de horno, afectacion en la operación, produccion y mtto	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S						Identificar perforaciones de intercambiador y tomar muestras de aceite. A realizar por 2 mecanicos y un lubricador.	Trimestral	Lubricador							
UNIDAD DE LUBRICACION CENTRALIZADA SKF: Bombear lubricante a los grupos de dosificadores a través de unas tuberías. Los dosificadores suministran la cantidad de lubricante predeterminada a los puntos de lubricación o chumaceras internas de las parrillas. presuricen de forma sucesiva.	Incapacidad para bombear aceite a las chumaceras	Tuberia interna de con rotura o perforacion erosiones	Operacional	Ausencia de lubricante en el rodamineto, paro de parrillas de enfriador y horno, afectaciones a produccion y mantenimiento	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S					Verificacion de integridad de la tuberia, racores, verificacion de paso de grasa desde unidad a chumaceras de parrilla. Recomendable realizarlo cada paro de horno programado, 4 personas, 2 oficiales mec adentro, 2 lubricadores afuera	Semestral	Lubricador								
		Aire en unidad centralizada	Operacional	Afectaciones de lubricacion a rodaminetos	Reacondicionamiento ciclico	N	N	N	S	N	S							Conectar bomba neumatica a unidad centralizada para realizar purga de aire	A falla	Lubricador							

Anexo I. Hoja de decisión ventiladores

Referencia de informacion		HOJA DE INFORMACION Y DECISION RCM													SISTEMA - ENFRIAMIENTO DE CLINKER					
		EQUIPO: VENTILADORES 290 - 296 - 297 - 298 - 295 - 294 - 302																		
F	FF	FM	CATEGORIA DE CONSECUENCIA	CONSECUENCIA	TIPO DE TAREA	Evaluacion de la				Selección del Tipo de			a falta de				FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR		
						H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4	H5	H4	S5	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD TAREA PROPUESTA			
VENTILADOR: Producir corriente o flujo de aire, girando a altas velocidad promedio de 2610	Incapacidad total para producir flujo de aire	Rotor con altas vibraciones	Operacional	Paro de equipo, afectando el proceso de enfriamiento por flujo de aire restringido	A condición	N	N	N	S	S							Hacer inspeccion visual para verificar si hay desgaste en aspas y verificar la posición del ventilador al rotor	Semest	Oficial MEC	
		Altas aceleraciones por deficiente lubricacion	Operacional	Paro de equipo, afectando el proceso de enfriamiento por flujo de aire restringido	A condición	N	N	N	S	S								Realizar inspeccion visual, acompañada de ultrasonido	Quincen	Oficial MEC
MOTOR: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.	Incapacidad total / parcial para convertir energia electrica en mecanica	fallas en linea de tierra por forzamiento	Operacional	Paro de equipo, afectando el proceso de enfriamiento de clinker	A condición	N	N	N	S	S							Cumplimineto de gamas preventivas de ejecucion electricas	Semest	Oficial ELE	
		sobrecarga o de corto circuito (Aumentos temporales de ausencia de voltaje de las alimentacion)	Operacional	Paro de equipo, afectando el proceso de enfriamiento de clinker	A condición	N	N	N	N	S								Inspeccion electrica, medicion de aislamiento y verificacion de transferencia	Semest	Oficial ELE
		ausencia de voltaje de alimentacion o de funcionamiento	Operacional	Paro de equipo, afectando el proceso de enfriamiento de clinker	A condición	N	N	N	N	S								Inspeccionelectronica y Inspeccion termografica (a subestaciones de baja y media tension con frecuencia)	Annual	Oficial ELE
		Fallo mecanico por defecto en rodaminetos	Operacional	Paro de equipo, afectando a el proceso de	A condición	N	N	N	S	S								Realizar inspeccion electrica con estetoscopio, pirometro optico y analizador de vibraciones	Mensual	Oficial ELE
ACOPLE SEMIELASTICO: Absorben desalineamientos, reducen esfuerzos,	No reduce, absorve tensiones generadas por la potencia o	Vida util de elastomeros o cauch	Operacional	Paro de equipo, afectando el proceso de enfriamiento por flujo de aire restringido	Sustitución de	N	N	N	S	S							Cambio de elastomeros o cauchos de acople	A falla	Oficial MEC	
		Desalineacion angular, radial o a	Operacional	Paro de equipo, afectando el proceso de enfriamiento	A condición	N	N	N	S	S								Corregir alineacion con equipo de alineacion laser cada 1500 horas	Bimens	Oficial MEC
CHUMACERA - RODAMIENTOS: Soportar el eje para su rotación, está compuesto de una parte rotativa y una fija.	Incapacidad parcial para soportar el eje de rotacion	Desalineacion	Operacional	Paro de equipo, afectando el proceso de enfriamiento	A condición	N	N	N	S	S							Alineacion con equipo de vibraciones fistulacer skf	A falla	Oficial MEC	
		Rotura del soporte por soltura de tornillos de fijacion de soporte	Operacional	Paro de equipo, afectando el proceso de enfriamiento por flujo de aire restringido	Sustitución de	N	N	N	S	N	N	S						Sustitucion de soporte y cambio de tornillos	A falla	Oficial MEC
		Perdida de ajuste entre pista externa de rodamineto y caja	Operacional	Se producen ruidos fuertes, altas	A condición	N	N	N	S	S								Toma de vibraciones con microlog y ultrasonido pasivo	Mensual	Oficial MEC
		Perdida de ajuste entre pista inte	Operacional	Se producen ruidos fuertes, altas	A condición	N	N	N	S	S								Toma de vibraciones con microlog y ultrasonido pasivo	Mensual	Oficial MEC
	El rodamineto con altas vibraciones y ruidos anormales	Vida util	Operacional	Afectaciones a mantenimie	Sustitución de	N	N	N	S	N	N	S						Inspeccion visual, toma de vibraciones, Realizar cambio y lubricacion adecuada	A falla	Oficial MEC
		Falta de lubricacion	Operacional	Altas vibraciones, altas temperaturas, ruidos, paro	A condición	N	N	N	S	S								Cumplimiento de gama de lubricacion tarea realizada por lubricador	Diario	Oficial MEC
		Desalineacion en rodamientos	Operacional	Paro de equipo y afectacion a produccion y	A condición	N	N	N	S	S								Analisis de vibraciones, espectro con microlog y seguimiento con el lapiz	Quincen	Oficial MEC
		Vibraciones altas por desvalance	Operacional	Paro de equipo y afectacion a produccion y	A condición	N	N	N	S	S								Analisis de vibraciones, espectro con microlog y seguimiento con el lapiz	Bimens	Oficial MEC
EJE - ROTOR VENTILADOR: Guiar el movimiento de rotación a una pieza o ROTOR DE VENTILADOR:	Incapacidad para guiar el movimiento al	Descaste en el eje	Operacional	No ocurre tan seguido pero cuando ocurre ocasiona paro de equipo	Sustitución de	N	N	N	S	S							Cambio de eje de rotor del ventilador	A falla	Oficial MEC	
Dano por desvalance por desgaste por material		Operacional	Paro de equipo afectando a produccion y mantenimiento	A condición	N	N	N	S	S								Analisis de vibraciones, espectro con microlog y seguimiento con el lapiz	Quincen	Oficial MEC	
Fisuras en pato o manzana		Operacional	Paro de equipo, paro de horno, afectando a	Sustitución de	N	N	N	S	S								Cambio de plato o manzana y como predictivo tintas penetrantes	A falla	Oficial MEC	
Desgaste en remaches de plato con manzana por friccion del		Operacional	Paro de equipo, paro de horno, afectando a	A condición	N	N	N	S	S								Inspeccion visual y tomas de vibraciones	Mensual	Oficial MEC	
Compuertas de control de flujo - daño en actuador electronico	Operacional	Paro de equipo, paro de horno, afectando a	A condición														Inspeccion visual y tomas de vibraciones	Mensual	Oficial MEC	

Anexo J. Hoja de decisión cadena 286, 287

ARGOS										HOJA DE INFORMACION Y DECISION RCM										SISTEMA: CLINKERIZACION - ENFRIAMIENTO DE CLINKER									
																				EQUIPO: CADENAS DE FINOS 286-287									
Referencia de informacion										Evaluacion de la Consecuencias				Selección del Tipo de Tarea			"a falta de"												
F	FF	FM	CATEGORIA DE CONSECUENCIA	CONSECUENCIA	TIPO DE TAREA	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5	S4	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR											
MOTOR: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.	Incapacidad total / parcial para convertir energía eléctrica en mecánica	Fallas en línea de tierra por forzamiento	Operacional	Paro de equipo, afecta al volumen de producción total, paro de horno no programado, incremento del costo operacional sumado al costo de reparación o mtto	A condición	N	N	N	S	S						Mediciones eléctricas tales como aislamiento de los equipos implicados. Ejecución gama preventiva 301	Bimensual	Oficial ELE											
		Sobrecorriente - corriente de sobrecarga o de corto circuito (Aumentos temporales de corriente)	Operacional	Daños en el motor por forzamientos externos, sobretamaños, paro de horno, afecta el volumen de producción	A condición	N	N	N	S	S						Cumplir gamas preventivas de inspección mecánicas, eléctricas y producción. Inspección eléctrica gama 049	Mensual	Oficial ELE											
		Ausencia de voltaje de alimentación o de funcionamiento	Operacional	Afectación de la producción afectando su volumen de producción en cualquier momento esta consecuencia puede ser inesperada	A condición	N	N	N	S							Ningun mantenimiento programado													
		Fallo mecánico por defecto en rodaminetos	Operacional	Forzamiento del motor produciendo sobrecorrientes, causando paro de equipo, paro de horno, afectando a producción	A condición	N	N	N	S	S						Cumplir gama preventiva de inspección 049	Mensual	Oficial ELE											
ACOPLE: Acoplar en forma rígida o permanente a dos ejes que deben girar sobre una misma línea central absorbiendo choques y vibraciones, alinear y centrar el eje.	No acopla de forma rígida el eje presentan vibraciones	Elastomero o cauchos dañados	Operacional	Desalineación, aumento de altas vibraciones, paro de horno, afectando a producción y mtto	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Inspección visual para verificar la integridad del componente y medición de durezas con Durometro Shore A mas de 90 indica cambio	Semestral	Oficial MEC											
		Fractura por vida útil	Operacional	Afecta motor, reductor, genera paro de horno, afectando a producción	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Cambio de acople	A falla	Oficial MEC											
		Desalineación paralela	Operacional	Afecta motor, reductor, se presentan altas vibraciones, no causa paro de horno	A condición	N	N	N	S	S						Inspección visual para verificar la integridad del componente y medición de vibraciones con vibropen skf	Semestral	Oficial MEC											
		Sobrecarga por sobretamaños	Operacional	Deformación por la fuerza que puede ejercer, rotura de cadena de arrastre y de cadena de transmisión	A condición	N	N	N	S	S						Seguimiento diario en sala de control, revisando el amperaje de los motores 286 y 287. Es inherente a la operación de la planta	Diario	Operador											
REDUCTOR: Reducir la velocidad de entrada del motor de x rpm a una velocidad de salida de x rpm.	Incapaz de reducir la velocidad de entrada del motor.	Falla en entrada y salida de retenedores	Operacional	Fuga de lubricante, no para el horno, posible incendio	A condición	N	S	S	S	S						Inspección para mirar fuga en retenedores e integridad del componente	Semanal	Oficial MEC											
		Deficiencia de rodamientos en entrada y salida	Operacional	Altas vibraciones o daño por exceso de vida útil	A condición	N	N	N	S	S						Aplicación del mtto predictivo con termografía, análisis de aceite, vibraciones	Mensual	Oficial MEC											
		Soltura de ajuste entre piñon y eje de salida del reductor	Operacional	Afecta por sobretamaños, vibraciones, desalineación en el sistema de transmisión, causando paro de horno	A condición	N	N	N	S	S						Inspección visual y toma de vibraciones	Mensual	Oficial MEC											
		Rotura del reductor por sobrecarga	Operacional	Rotura en cadena de arrastre o cadena de transmisión, causando paro de horno	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Cambio de reductor	A falla	Oficial MEC											
CADENA DE TRANSMISION: Transmitir el movimiento de arrastre de fuerza entre ruedas dentadas.	Incapaz de transmitir movimiento de arrastre entre las ruedas dentadas	Escasa lubricación	Operacional	Aumento de fricción por escasa lubricación, perforación de carcasa, fuga de lubricante y desgaste en componentes. no amerita paro de horno	A condición	N	S	S								Cumplir las gamas de lubricación y inspección diaria	Diario	Oficial MEC											
		Sobrecarga por sobretamaños	Operacional	Elongación de la cadena y o rotura, genera paro de horno afectando a producción	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Cumplir preventivo y medir el paso de la cadena y desgaste del piñon	Semestral	Oficial MEC											
		Rotura por forzamiento	Operacional	Paro de cadena 286 y 287 por sobretamaños causa paro de horno, afectando a producción	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Cumplimiento del preventivo para evitar roturas imprevistas y horno manejado desde sala de control a bajas rpm	Semestral	Oficial MEC											
		Cadena distencionada por desgaste excesivo de articulaciones (rodillo, casquillo, placas, pasador)	Operacional	Descarriamiento de cadena, rotura por fatiga, causando paro de horno, afectando a producción	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Inspecciones programadas para medir porcentaje de desgaste de cadena y piñones 2 personas 2 horas	Semestral	Oficial MEC											
		Perdida de ajuste por interferencia entre los pasadores y casquillos con las placas	Operacional																										
PIÑON MOTRIZ Y CONDUCCION: Transmitir potencia de un componente a otro mediante dientes.	Incapaz de transmitir movimiento	Perdida de ajuste entre ejes y piñon	Operacional	Elongación de cadena, saltos de cadena consecuencia no operacional, no afecta a la seguridad ni a la producción, solo involucra el costo directo de producción	A condición	N	N	N	S	S						Realizar mtto preventivo, inspección de ajuste entre piñones y eje, 15 min equipo en movimiento	A falla	Oficial MEC											
		Rotura por desgaste excesivo de dientes	Operacional	Perdida de engranaje entre cadena y piñones de transmisión de potencia, causa parada de horno, afectando a producción	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Gamas preventivas de inspección, en las cuales se mide el desgaste de cadena y de piñon	Semestral	Oficial MEC											
		Daño en rodamiento de transmisión de potencia por defectuosa lubricación	Operacional	Paro de horno afectando a producción y mantenimiento	A condición	N	N	N	S	S						Realizar medición sistemática de medición de ultrasonido pasivo para verificar estado de lubricación de rodamiento, técnico de mtto mecánico, equipo en movimiento, 30 min	Mensual	Oficial MEC											
CADENA DE ARRASTRE: Transportar finos de clinker provenientes de parrillas 283 y 284 al ducto 303	Incapacidad parcial de transportar finos de clinker	Fractura de cadena por cumple vida útil	Operacional	Atornillarse la cadena se acumula material, por lo tanto se procede a parar el horno afectando a producción	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Control de desgaste y mediciones de paso de cadena con galgas de calibración, equipo parado, 1 hora	Semestral	Oficial MEC											
		Salto de cadena por elongación	Operacional	Paro de horno, afectando a producción	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S				Control de desgaste y mediciones de paso de cadena con galgas de calibración, equipo parado, 1 hora	Mensual	Oficial MEC											
		Forzamiento por carga o sobrepaticulas o sobretamaños	Operacional	Paro de equipo, paro de horno, acumulación de sobretamaños, e intermede de retroexcavadora	A condición	N	N	N	S	S						Garantizar que las placas del enfriador estén sin rotura, inspeccionar cada paro programado de horno.	Semestral	Oficial MEC											
		Alojamiento de cadena con fallo	Operacional		A condición																								
		Patines internos con desgaste en nijar	Operacional	Desalineamiento de la cadena, rotura de la cadena, paro de horno	A condición	N	N	N	S								Inspección visual y medición de desgaste con desgaste en nijar, equipo parado 2 personas, 2 horas	Semestral	Oficial MEC										

Anexo J. Hoja de decisión cadena 286, 287 (continuación)

VALVULAS PLATCO O DOBLECONOS: Sellar el paso de aire falso hacia el enfriador , tambien son las encargadas de recibir el clinker de la trituradora y entregarlo al transportador 303.	No sellan el paso de aire neumatico	Daño en valvulas de control	Operacional	Reemplazo de la valvula, no se realiza paro de equipo, no paro de horno	A condición	N	N	N	S	S					Inspeccion visual con gama de mto, una con equipo parado: 2 personas, 3 horas, semestral otra inspeccion con equipo en movimiento, mensual, 1 persona 30 min		
		Daños en cilindro neumatico	Operacional	No se realiza paro de equipo, no paro de horno	A condición	N	N	N	S	S					Inspeccion visual con gama de mto, Equipo en movimiento, mensual, 1 persona 30 min	Mensual	
		Bloqueo de compuertas por sobretamaños	Operacional	Paro de equipo, afectando a produccion y mto	A condición	N	N	N	S	S					Garantizar que las placas del enfriador esten sin rotura, inspeccionar cada paro programado de horno.	Semestral	
		Daños en soportes de rodamientos de eje en compuertas	Operacional	Paro de equipo, No para el horno, no afecta a produccion	A condición	N	N	N	S	S					Inspeccion visual, aplicando la gama de mto mecanico y de lubricacion , 1 hora, 2 persona	Mensual	
TARJETA SIS: Permite que el motor gire y de arranque y paro, arranque y paro reversible desde el sistema de	Incapacidad total para que el motor de arranque	Obsolescencia	Operacional	Paro de motor, paro de horno, afecta a produccion	A condición	N	N	N	S	S				Inspeccion de equipos y paneles de control y termografia	Semestral	Oficial ETN	
SENSOR DE MOVIMIENTO: Mide la velocidad angular alrededor de su eje vertical.	Incapaz de detectar movimiento en eje del motor	Daño sensor	Operacional	No tienen impacto directo pero al ocurrir el fallo y no indicar las rpms, pueden ser causa de otros daños	A condición	N	N	N	S	S				Inspeccion de sensor de movimiento, preamplificador y amplificador principal	Trimestral	Oficial ETN	
		Daño en modulo electronico del sensor	Operacional	No tienen impacto directo pero al ocurrir el fallo y no indicar las rpms, pueden ser causa de otros daños	A condición	N	N	N	S	S				Inspeccion y monitoreo en linea con sala de control, hacer pruebas de señales	Bimensual	Oficial ETN	
		Perdida de señal por desacoplamiento del motor al sistema motriz de correas y rompedor	Operacional	No tienen impacto directo pero al ocurrir el fallo y no indicar las rpms, pueden ser causa de otros daños	A condición	N	N	N	S	S				Inspeccion y monitoreo en linea con sala de control, hacer pruebas de señales	Bimensual	Oficial ETN	


Anexo K. Hoja de decisión parrilla IKN, 283, 284

ARGOS										HOJA DE INFORMACION Y DECISION RCM										SISTEMA: ENFRIAMIENTO DE CLINKER				EQUIPO: PARRILLA IKN - 283 - 284	
Referencia de informacion			CATEGORIA DE CONSECUENCIA	CONSECUENCIA	TIPO DE TAREA	Evaluacion de la Consecuencias				Selección del Tipo de Tarea			"a falta de"			DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR							
F	FF	FM				H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	HS	S4										
PARRILLA IKN: Crear una cama de impacto permitiendo el flujo de aire proveniente del ventilador 295 y realizar la alimentación a la parrilla 1 y 2, fenomeno de cascada de material.	Incapacidad parcial de crear una cama de impacto	Rotura de placas	Operacional	Llenado de camara de aire limpio de IKN, paro de horno, afecta a produccion y mantenimiento	A condición	N	N	N	S	S					Dejar 8 horas para enfriamiento de enfriador en la seccion la parrilla IKN para cambiar parrilla, 4 personas, 8 horas para cambio de placa, equipo parado. Mito preventivo de inspeccion y ejecucion	Semestral	Oficial MEC								
	No permite el flujo de aire	Acumulacion de material grueso en camara de aire (muñecos)	Operacional	Paro de horno, según el tamaño del muñeco, afectando a produccion	A condición	N	N	N	S	S					Desde sala de control monitoreo de amperajes o consumo de energia de los motores de parrilla. Verificacion del flujo (presones de flujo de los ventiladores de flujo del ventilador	Diario	Oficial MEC								
		Rodamientos de ventilador con deterioro	Operacional	Paro de equipo, paro de horno afectando a produccion y mantenimiento	A condición	N	N	N	S	S					Toma de vibraciones por parte de un tecnico mecanico gama ()	Quincenal	Oficial MEC								
		Perdida de ajustes entre (apoyo y rodamiento, rodamineto y eje)	Operacional	No para el horno, se puede ajustar según la gravedad en un tiempo menor a 15 min	A condición	N	N	N	S	S					Toma de vibraciones con microlog SKF por parte de un tecnico mecanico gama () e inspeccion visual	Quincenal	Oficial MEC								
		Rodaminetos de ventilador con desgaste o deterioro por horas de trabajo	Operacional	Paro del ventilador, paro del horno tiempo minimo estimado 6 horas	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S			Cambio de rodamiento por vida utili cumplida, Tiempo para cambio 6 horas, aplicación de gama	Quincenal	Oficial MEC								
		Rotura de correas de ventilador por exceso de tension	Operacional	Paro de ventilador, paro de horno, afectando a produccion y mantenimiento	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S			Garantizar la correcta tension de la polea, según tabla de las correas, y termografía	Mensual	Oficial MEC								
PARRILLAS 283-284 (Internamente) : Transportar y refrigerar el clinker horneado a una temperatura promedio de 1350 °C desde la parrilla N°1 a la parrilla N°2 a una capacidad de transporte de 66.6 T/H, con una tamaño granular inferior a 10 mm	Incapacidad interna para transportar y soportar placas moviles	Rotura en patines de viga por sobrecarga	Operacional	Paro en parrilla, paro de horno afectando a produccion y mantto	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S		Cambio de patin, paro por 12 horas	Semestral	Oficial MEC									
		Estructura rota por sobrecarga	Operacional	Paran parrillas, paro de horno, afectando a produccion y mantto	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	N	S	Revisar torque y consumo electrico de las parrillas 283 y 284 en sala de control (operario)	Diario	Oficial MEC									
		Rodaminetos con deficiente lubricacion	Operacional	Daño en el rodamiento y parada de horno	A condición	N	N	N	S	S				Inspeccion visual cada paro de horno programado	Semestral	Oficial MEC									
		Exceso de temperatura	Operacional	Daño en placas de parrilla	A condición	N	N	N	S	S				Bajarle la rpm al horno y aumentar el flujo de aire para refrigeracion de clinker, Todo esto desde sala de control, el operador debe estar pendiente las 24 horas	Diario	Operador									
		Soltura de tornillos que aseguran placas moviles	Operacional	Paro en parrillas 283 y 284	A condición	N	N	N	S					Ningun mantenimiento programado, se deja que la falla ocurra, y se realiza inspeccion visual cada paro de horno programado. GAMA	Semestral	Oficial MEC									
		Rotura en placas	Operacional	Paro en enfriador, atasco de cadenas de finos, paro de horno afectando a produccion y mantto	A condición	N	N	N	S	N	N	S			Ningun mantenimiento programado, se deja que la falla ocurra, y se realiza inspeccion visual cada paro de horno programado. GAMA	Semestral	Oficial MEC								
PLACAS: Permite el paso del aire proveniente de los ventiladores para enfriar el clinker y soporta la carga del enfriador.	No permiten el flujo de aire	Particulas con sobretamaños	Operacional	Daño en placas de parrilla, paro de el enfriador, paro de horno afectando a produccion y mantenimiento	A condición	N	N	N	S	S				Ningun mantenimiento programado, el operario de sala de control debe estar atento las 24 horas para evitar sobretamaños, cuando ocurra debe bajar rpm a el horno. PARRILLA 1 - 12 HORAS, 4 personas, PARRILLA 2- 6 HORAS 4 personas	Diario	Operador									
		Placa con rotura por exceso de temperatura	Operacional	Daño en placa ocasionando rotura, atasco de cadena de finos, paro del enfriador, paro de horno afectando a mantenimiento y produccion	Sustitución cíclica	N	N	N	S	S				Ningun mantenimiento programado, el operario de sala de control debe estar atento las 24 horas para evitar sobretamaños, cuando ocurra debe bajar rpm a el horno.	Diario	Operador									
		Componentes se caen	Operacional	Atasco de cadenas de finos 286, 287. Paro de parrillas de enfriador, paro de horno afectando a produccion y mantto	A condición	N	N	N	S	S				El operario debe estar atento a el alto amperaje de motores IM 286-287 en sala de control y bajar las rpm del horno	Diario	Operador									

ACOPLE DENTADO: Acoplar en forma rígida ó permanente a dos ejes que deben girar sobre una misma línea central absorbiendo choques y vibraciones, alinear y centrar el eje.	Incapaz de acoplar de forma permanente a los dos ejes	Desalineacion y rotura de rejilla de acople	Operacional	Paro de sistema motriz de parrillas, paro de horno afectando a produccion y manto	A condición	N	N	N	S	S				Inspeccion acople de rejilla, realizando una inspeccion visual y cambio de graza para garantizar su funcionamiento. 2 personas 4 horas, equipo parado gama	Semestral	Oficial MEC
		Sobrecarga en el equipo	Operacional	Paro de parrillas, fallo en sistema de transmición, reductor y acople, paro de horno	A condición	N	N	N	S	S				Inspeccion visual y analisis de vibraciones GAMA	Quincenal	Oficial MEC
REDUCTOR: Reducir la velocidad de entrada del motor de 1500 rpm a una velocidad de salida de 50 rpm.	Incapaz de reducir la velocidad de entrada del motor.	Falla fractura en entrada y salida de retenedores	Operacional	Rotura de retenedores, paro de sistema motriz de parrilla, paro de horno	A condición	N	N	N	S	S			Inspeccion visual y analisis de vibraciones, ultrasonido pasivo, termografia GAMA	Quincenal	Oficial MEC	
		Deficiencia de rodamientos en entrada y salida	Operacional	Ocasiona paro de; equipo, sistema motriz e parrillas, horno, afectando a produccion	A condición	N	N	N	S	S			Inspeccion visual y analisis de vibraciones con microlog aplicacion de la gama mecanica	Quincenal	Oficial MEC	
		Soltura de ajuste entre piñon y eje de salida del reductor	Operacional	Ocasiona desvalance en el reductor, puede causar paro del horno a medida de su amplitud	A condición	N	N	N	S	S			Toma de vibraciones con microlog SKF por parte de un tecnico mecanico gama () e inspeccion visual	Quincenal	Oficial MEC	
		Rotura del reductor por sobrecarga	Operacional	Paro de sistema motriz, horno, afectando a produccion y mantenimiento	A condición	N	N	N	S	S			Inspeccion visual, ultrasonido pasivo con estetoscopio, analisis de vibraciones con microlog	Quincenal	Oficial MEC	
ANCLAJE: Elemento fijado permanentemente a la estructura, en una superficie vertical, horizontal o inclinada al que se le puede sujetar un dispositivo de anclaje o que, directamente, incorpora uno o varios	Inestabilidad de fijacion y permanencia	Base de anclaje con altas vibraciones	Operacional	Altas vibraciones ocasionan posible desintegración de componentes rotativos, paro de equipo, paro de horno afectando a produccion y mto	A condición	N	N	N	S	S						
		Rotura de tornillos de anclaje	Operacional	Posible desintegracion de componentes rotativos, paro de parrillas 283, 384. Paro de horno afectando a produccion y mantenimiento	A condición	N	S	N	N	N	N	N	S	Revisión y ajuste y correcta fijacion de los tornillos de anclaje por unos de mayor tamaño , gama	Quincenal	Oficial MEC
PIÑON MOTRIZ Y CONDUCCION: Transmitir potencia de un componente a otro mediante dientes.	Incapaz de transmitir movimiento	Perdida de ajuste entre ejes y piñon	Operacional	Elongacion de cadena, saltos de cadena consecuencia no operacional; no afecta a la seguridad ni a la produccion, solo involucra el costo directo de reparacion	A condición	N	N	N	S	S			Realizar mto preventivo, inspeccion de ajuste entre piñones y eje, 15 min equipo en movimiento	A condición	Oficial MEC	
		Desgaste excesivo de dientes	Operacional	Perdida de engranaje entre cadena y piñones de transmision de potencia, causa parada de horno, afectando a produccion	Sustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S		Gamas preventivas de inspeccion, en las cuales se mide el desgaste de cadena y de piñon	Semestral	
		Poca lubricacion causa daño en rodamiento que permite el movimiento al eje	Operacional	Paro de horno afectando a produccion y mantenimiento	A condición	N	N	N	S	S				Realizar medicion sistematica de medicion de ultrasonido pasivo para verificar estado de lubricacion de rodamiento, tecnico de mto mecanico, equipo en movimiento, 30 min	Mensual	
CADENA: Transmitir el movimiento de arrastre de fuerza entre ruedas dentadas.	Incapaz de transmitir movimiento de arrastre entre las ruedas dentadas	Escasa lubricacion	Operacional	Aumento de friccion por escasa lubricacion, perforacion de carcaza, fuga de lubricante y desgaste en componentes, no amerita paro de horno	A condición	N	S	S	S				Cumplir las gamas de lubricacion y inspeccion diaria	Diario		
		Rotura de cadena por forzamiento	Operacional	Fractura de cadena 283 y 284 por sobretamaños causa paro de horno, afectando a produccion	ustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S		Cumplimiento del preventivo para evitar roturas imprevistas y horno manejado desde sala de control a bajas rpm	Diario	Operador
		Desgaste excesivo de articulaciones (rodillo, casquillo, placas, pasador)	Operacional	Si se fractura por desgaste, para el sistema de transmision de potencia, el horno. Afectando a produccion y mantenimiento	ustitución cíclica	N	N	N	S	N	N	S		Inspeccion visual, medicion de desgaste de cadena con galgas. Gama	Semestral	Oficial MEC
		Cadena distencionada	Operacional	No para el horno, se puede ajustar según la gravedad en un tiempo menor a 15 min	A condición	N	N	N	N	S				Medicion de enlongacion cada 6 meses, 2 personas 1 hora equipo parado	Semestral	Oficial MEC
PIÑON TENSOR LOCO: Transmitir potencia de un componente a otro mediante dientes.	Incapaz de transmitir potencia de un componente a otro	Desajuste en buje	Noperacional	No para el horno	A condición	N	N	N	S	S			Ajuste de buje de cadena según gama mecanica	A condición	Oficial MEC	
		Soltura Tornillo de fijacion de graduacion	Noperacional	No para el horno	A condición	N	N	N	S	S			Ajuste de tornillo de fijacion de graduacion de cadena, 2 personas 1 hora, equipo parado	A condición	Oficial MEC	
BIELA: Transmitir el movimiento articulando a los patines de parrilla	Incapaz de transmitir movimiento a parrilla movil	Rodamientos con sobrecarga o desgaste	Noperacional	No causa paro de horno pero si involucra el costo directo de reparacion	A condición	N	N	N	S	S			Inspeccion visual trimestral	Trimestral	Oficial MEC	
		Soltura en ajuste de rodaminetos del eje	Noperacional	No causa paro de horno pero si involucra el costo directo de reparacion	A condición	N	N	N	S	S			Inspeccion visual trimestral	Trimestral	Oficial MEC	

CORTINA DE CADENAS: Proteger el material refractario de los impactos de rompedor	No protege de los impactos que realiza el rompedor	Deformacion de la viga	Operacional	Paro de horno afectando a produccion y mantenimiento	A condición	N	N	N	S	S				Inspeccion visual de la viga cada paro programado de horno	Semestral	Oficial MEC
		Desgaste excesivo de grilletes y eslabones	Operacional	Paro de horno afectando a produccion y mantenimiento	A condición	N	N	N	S	S				Inspeccion visual de grilletes y eslabones cada paro programado de horno	Semestral	Oficial MEC
SOPORTE: RIEL- PATIN: Acoplar el patin para que se deslice en la viga	Incapacidad para deslizar y acoplar el patin en la viga para que genere movimiento	Rotura de tornillos de fijacion del riel	Operacional	Paro de parrillas, paro de horno, afectando a produccion y mantenimiento	ustitución cíclic	N	N	N	S	N	N	S		Seguimiento en sala de control e inspeccion visual	Diario	Operador
		Daño en rodamiento del patin	Operacional	Paro de horno afectando a produccion y mantenimiento	Reacondicionamiento cíclico	N	N	N	N	N	S			Cambio de posicion de rodamiento y aprovechamiento del lado no utilizado	Semestral	Oficial MEC
		Desgaste en el riel del patin	Operacional	Paro de horno afectando a produccion y mantenimiento	ustitución cíclic	N	N	N	N	S				Inspeccion visual de grilletes y eslabones cada paro programado de horno		
		Rotura de soldaduras externas de biga de soporte del riel	Operacional	Paro de horno afectando a produccion y mantenimiento	Reacondicionamiento cíclico	N	N	N	S	N	S			inspeccion visual		
CARCASA ENRIADOR: Proteger componetes internos del enfriador y evitar la salida de material	No protege los elementos internos	Perforaciones en el cuerpo del enfriador causando fuga de material	Seguridad	El material caliente puede llegar a lesionar o causar quemaduras, se realiza paro de enfriador y de horno	ustitución cíclic	N	S	N	S	N	N	S		Inspeccionar el estado de la carcaza y revestimiento del enfriador, una vez detectada la anomalia,reportar para ejecucion correctiva o sustitucion si es muy critica la carcaza	Semestral	Oficial MEC
		Caida de revestimiento	Seguridad	Puede causar daño a todos los componentes del enfriador y a la integridad de la zona y sus trabajadores, paro de horno	ustitución cíclic	N	S	N	S	N	S			Inspeccionar el estado de la carcaza y revestimiento del enfriador, una vez detectada la anomalia,reportar para ejecucion correctiva o sustitucion si es muy critica la carcaza	Semestral	Oficial MEC
MOTOR IM 283 - 284: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.	Flujo de energia electrica a mecanica restringido	Fallas en linea de tierra por forzamiento	Operacional	Paro de equipo, afectando el proceso de enfriamiento de clinker	A condición	N	N	N	S	S			Cumplimineto de gamas preventivas de ejecucion electricas	Semestral	Oficial ELE	
		Sobrecorriente - corriente de sobrecarga o de corto circuito (Aumentos temporales de corriente) ocurren cuando los motores	Operacional	Paro de equipo, afectando el proceso de enfriamiento de clinker	A condición	N	N	N	N	S				Inspeccion electrica, medicion de aislamiento y verificacion de transferencia	Semestral	Oficial ELE
		Ausencia de voltaje de alimentacion o de funcionamineto	Operacional	Paro de equipo, afectando el proceso de enfriamiento de clinker	A condición	N	N	N	N	S				Inspeccionelectronica y Inspeccion termografica (a subestaciones de baja y media tension con frecuencia semanal, equipo en marcha realizada por un tecnico electrico)	Anual	Oficial ELE
		Fallo mecanico por defecto en rodaminetos	Operacional	Paro de equipo,afectando a el proceso de enfriamineto por flujo de aire restringido	A condición	N	N	N	S	S				Realizar inspeccion electrica con estetoscopio, pirometro optico y analizador de vibraiones	Mensual	Oficial ELE
TARJETA SIS: Permite que el motor gire y de arranque y paro. arranque y paro reversible desde el	Incapacidad total para que el motor de arranque	obsolescencia	Operacional	Paro de motor de parrillas, sistema motriz, paro de horno, afectando a produccion y mantenimiento	A condición	N	N	N	S	S			Termografia como tarea preventiva e inspeccion basica a condicon gama G05I1038	Mensual	Oficial ELE	


Anexo L. Hoja plan de mantenimiento rompedor 285

		PLAN DE MANTENIMIENTO PLANTA SOGAMOSO SISTEMA CLINKERIZACION - ENFRIAMIENTO DE CLINKER EQUIPO ROMPEDOR 285					
EQUIPO	MODO DE FALLA	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR	DURACIÓN TAREA	NO. DE PERSONAS	EQUIPO MARCHA / PARO
MOTOR IM 285	Fallas en línea de tierra por forzamiento	Cumplimiento de gamas preventivas de ejecución eléctricas	Semestral	Oficial ELE	4 horas	2	Paro
	Sobrecorriente - corriente de sobrecarga o de corto circuito (Aumentos temporales de corriente) ocurren cuando los motores arrancan o cuando se energizan los transformadores	Inspección eléctrica, medición de aislamiento y verificación de transferencia	Semestral	Oficial ELE	1 hora	1	Paro
	ausencia de voltaje de alimentación o de funcionamiento	Inspección electrónica y inspección termográfica (a subestaciones de baja y media tensión con frecuencia semanal, equipo en marcha realizada por un técnico eléctrico)	Anual	Oficial ELE	16 horas	8	Paro
	Fallo mecánico por defecto en rodaminetos	Realizar inspección eléctrica con estetoscopio, pirometro óptico y analizador de vibraciones	Mensual	Oficial ELE	2 horas	1	Marcha
MARTILLOS	Avería o rotura de brazo de martillos	Garantizar la calidad de la fundición del material, la realiza el fabricante y proveedor de los martillos.	Anual	Oficial MEC	12 horas	3	Paro
GRIZZLY	Barros sueltos, por deformación	Inspección visual cada 6 meses	Semestral	Inspector MEC	6 horas	4	Paro
	Rotura de soldaduras en soporte de alojamiento	Inspección visual cada 6 meses por grupo conjunto entre oficial y técnico cada paro de horno	Semestral	Inspector MEC	1 hora	4	Paro
	Desgaste excesivo	Inspección visual cada 6 meses por grupo conjunto entre oficial y técnico	Semestral	Inspector MEC	1 hora	2	Paro
CHUMACERAS	Soltura tornillos de fijación	Inspección diaria visual, y quincena en vibraciones y ultrasonido pasivo, realiza ajuste, 2 personas	A falla	Oficial MEC	6 horas	2	Paro
	Daño en retenedores	Reemplazo de retenedores de chumaceras del enfriador y como preventivo inspección visual y análisis de aceite. Técnico mecánico	Diario	Oficial MEC	6 horas	2	Paro
	Daño en rodamientos por lubricación defectuosa	Análisis vibraciones mensual, ultrasonido pasivo quincenal y monitoreo en línea diario	Diario	Oficial MEC	1 hora	1	Marcha
	Sobrecarga en rodamientos	Análisis vibraciones mensual, ultrasonido pasivo quincenal y monitoreo en línea diario	Diario	Oficial MEC	1 hora	1	Marcha
CARCAZA DE TOMPEDOR	Reboso de partículas	Cambio de tapa por desgaste, transporte de la tapa al taller	Diario	Oficial MEC	24 horas	4	Paro
	Carcaza perforación causando fuga de material e incendios por lubricante regado en el piso	Aplicación de extintores a lugar donde ocurre en incendio, luego realizar la correcta limpieza partículas de aceite o de lubricante causante del incendio	A falla	Oficial MEC	30 minutos	2	Marcha
TRANSMISION POLEA - CORREA	Desgaste de los canales en las poleas	Medición de desgaste a la ranura o canal de la polea por técnico mecánico	Semestral	Inspector MEC	18 horas	4	Paro
	Correas elongadas	Inspección visual y garantizar la medición de tensión con tensiometro o dinamometro SKF	Semestral	Inspector MEC	1 hora	2	Paro
	Rotura de correas por atascamiento de rompedor polea	Inspección visual y auditiva	Semanal	Oficial MEC	12 horas	4	Paro
	Correas salidas de canales por presencia de material	Inspección visual, revsar funcionamiento de las correas	Diario	Inspector MEC			


Anexo L. Hoja plan de mantenimiento rompedor 285 (continuación)

SENSOR DE TEMPERATURA	Error en lectura, mala indicacion	Inspeccion o monitoreo y comunicacion en linea (campo y sala de control)	Diario	Oficial ETN	3 horas	1	Marcha
	Falsa indicacion de las RTDs	Verificacion con calibrador de señales	Bimensual	Oficial ETN	2 horas	1	Paro
	Temperaturas altas en chumaceras	Inspeccion en campo y termografia	Bimensual	Oficial ETN	2 horas	1	Paro
	Daño en termocuplas	Inspeccion en campo de termopozo o termocupla	Bimensual	Oficial ETN	2 horas	1	Paro
SENSOR DE MOVIMIENTO	Daño sensor	Inspeccion de sensor de movimiento, preamplificador y amplificador principal	Trimestral	Oficial ETN	2 horas	1	Paro
	Daño en modulo electronico del sensor	Inspeccion y monitoreo en linea con sala de control, hacer pruebas de señales	Bimensual	Oficial ETN	2 horas	1	Paro
	Señal por desacoplamiento del motor al sistema motriz de correas y rompedor	Inspeccion y monitoreo en linea con sala de control, hacer pruebas de señales	Bimensual	Oficial ETN	2 horas	1	Paro
PRESOSTATO	Deterioro o desgaste normal de vida util	Sustitucion de presostato	A falla	Oficial ETN	2 hora	1	Paro
	Ajuste inadecuado, por operación incorrecta	Inspeccion y verificar ajuste de conectores de tubería (aceite, aire, agua) del rompedor 285	Semestral	Oficial ETN	30 min	1	Paro
	Desajuste	Inspeccion y verificar ajuste de conectores de tubería (aceite, aire, agua) del rompedor 285	Semestral	Oficial ETN	30 min	1	Paro

Anexo M. Hoja plan de mantenimiento unidad de lubricación 294

 PLAN DE MANTENIMIENTO PLANTA - SOGAMOSO SISTEMA - ENFRIAMIENTO DE CLINKER EQUIPO - UNIDADES DE LUBRICACION ENFRIADOR							
EQUIPO	MODO DE FALLA	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR	DURACIÓN TAREA	NO. DE PERSON AS	EQUIPO MARCHA / PARO
UNIDAD DE LUBRICACION HIDRAULICA DE ROMPEDOR 294	Caida de presion de la bomba ya sea por: tuberia, vidrios visores de paso	Inspeccion de bombas por desgaste de sellos y verificacion de funcionamineto de bomba 294-A de respaldo. Trabajo a realizar po un oficial mecanico y un lubricador. Indispensable inspeccion diaria	A condición	Lubricador	8 horas	2	Paro
	Tanque de almacenamiento con acumulacion de tierra y material particulado falla en sellos	Inseccion de integridad ajuste y limpieza de tanque en parada programada de horno, a realizar por lubricador y oficial mecanico. El cambio de sellos es según vida util	Semestral	Lubricador	16 horas	2	Paro
	Sellos de rompedor cristalizados o con deterioro por exceso de temperatura	Sustitucion de sellos bipartidos: 2 turnos, sellos normales: 3 turnos. Accion preventiva: Rebrubricacion de sellos eje rompedor de clinker (Ejecutor lubricante, quincenal)	A falla	Lubricador	24 horas	6	Paro
	Saturacion de filtros por exceso de material particulado	Inspeccion y limpieza de filtros con gasoil en unidad de lubricacion, tarea a realizar por lubricador y mecanico	Semanal	Lubricador	2 horas	2	Marcha
	Sistema intercambiador de calor con rotura en tuberia contaminacion por emulsion de aceite y agua	Identificar perforaciones de intercambiador y tomar muestras de aceite. A realizar por 2 mecanicos y un lubricador.	Trimestral	Lubricador	16 horas	3	Paro
UNIDAD DE LUBRICACION CENTRALIZADA SKF	Tuberia interna de con rotura o perforacion erosiones	Verificacion de integridad de la tuberia, racores, verificacion de paso de grasa desde unidad a chumaceras de parrilla. Recomendable realizarlo cada paro de horno programado, 4 personas, 2 oficiales mec adentro, 2 lubricadores afuera	Semestral	Lubricador	16 horas	4	Paro
	Aire en unidad centralizada	Conectar bomba neumatica a unidad centralizada para realizar purga de aire	A falla	Lubricador	2 horas	2	Marcha

Anexo N. Hoja plan de mantenimiento ventiladores

 PLAN DE MANTENIMIENTO PLANTA SOGAMOSO SISTEMA ENFRIAMIENTO DE CLINKER EQUIPO VENTILADORES 290 - 296 - 297 - 298 - 295 - 294 - 302							
EQUIPO	MODO DE FALLA	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR	DURACIÓN TAREA	NO. DE PERSONAS	EQUIPO MARCHA / PARO
VENTILADOR	Rotor con altas vibraciones y desbalanceo	Hacer inspeccion visual para verificar si hay desgaste en aspas y verificar la sujecion del ventilador al rotor	Semestral	Oficial MEC	4 horas	2	Paro
	Altas aceleraciones por deficiente lubricacion	Realizar inspeccion visual, acompañada de ultrasonido	Quincenal	Oficial MEC	1 hora	2	Marcha
MOTOR	Fallas en linea de tierra por sobrecarga	Cumplimineto de gamas preventivas de ejecucion eléctricas	Semestral	Oficial ELE	4 horas	2	Paro
	Sobrecorriente (Aumentos temporales de corriente)	Inspeccion electrica, medicion de aislamiento y verificacion de transferencia	Semestral	Oficial ELE	1	1	Paro
	Ausencia de voltaje de alimentacion o de funcionamineto	Inspeccionelectronica y Inspeccion termografica (a subestaciones de baja y media tension con frecuencia semanal, equipo en marcha realizada por un tecnico electrico)	Anual	Oficial ELE	16 h	8	Paro
	Fallo mecanico por defecto en rodaminetos	Realizar inspeccion electrica con estetoscopio, pirometro optico y analizador de vibraiones	Mensual	Oficial ELE	1 hora	1	Marcha
ACOPLE SEMIELASTICO	Vida util de elastomeros o cauchos	Cambio de elastomeros o cauchos de acople	A falla	Oficial MEC	4 horas	2	Paro
	Desalineacion angular, radial o axial	Corregir alineacion con equipo de alineacion laser cada 1500 horas	Bimensual	Oficial MEC	4 horas	2	Paro
CHUMACERA-RODAMINETOS	Desalineacion	Alineacion con equipo de vibraciones fistulacer skf	A falla	Oficial MEC	5 horas	2	Paro
	Rotura del soporte por soldadura de tornillos de fijacion de soporte	Sustitucion de soporte y cambio de tornillos	A falla	Oficial MEC	6 horas	3	Paro
	Perdida de ajuste entre pista externa de rodamineto y caja de chumacera	Toma de vibraciones con microlog y ultrasonido pasivo	Mensual	Oficial MEC	1 hora	1	Marcha
	Perdida de ajuste entre pista interna y eje rotativo	Toma de vibraciones con microlog y ultrasonido pasivo	Mensual	Oficial MEC	1 hora	1	Marcha
	Vida util	Inspeccion visual, toma de vibraciones, Realizar cambio y lubricacion adecuada realizar por lubricador	A falla	Oficial MEC	1 hora	1	Paro
	Falta de lubricacion	Cumplimiento de gama de lubricacion tarea realizada por lubricador	Diario	Oficial MEC	15 min	1	Marcha
	Perdida de ajuste en rodamientos	Analisis de vibraciones, espectro con microlog y seguimiento con el lapiz vibracional	Quincenal	Oficial MEC	20 min	1	Marcha
	Vibraciones altas por desbalanceo en rotor	Analisis de vibraciones, espectro con microlog y seguimiento con el lapiz vibracional	Bimensual	Oficial MEC	1 hora	1	Marcha

Anexo N. Hoja plan de mantenimiento ventiladores (continuación)

EJE- ROTOR- VENTILADOR	Descaste en el eje	Cambio de eje de rotor del ventilador	A falla	Oficial MEC	18 horas	4	Paro
ROTOR	Daño por desvalance por aderecia al material particulado	Analisis de vibraciones, espectro con microlog y seguimiento con el lapiz vibracional	Quincenal	Oficial MEC	30 min	2	Marcha
	Fisuras en plato o manzana	Cambio de plato o manzana y como predictivo tintas penetrantes	A falla	Oficial MEC	36 horas	4	Paro
	Desgaste en remaches de plato con manzana por friccion del material	Inspeccion visual y tomas de vibraciones	Mensual	Oficial MEC	3 horas	2	Marcha
	Compuertas de control de flujo - daño en actuador electronico	Inspeccion visual y tomas de vibraciones	Mensual	Oficial MEC	1 hora	1	Marcha
VARIADOR	Fallas en software, falta de capacitacion a personal	Realizar inspeccion, limpieza y ajuste de componentes y paneles en parada programada mayor	Semestral	Oficial ETN	6 horas	1	Paro
	Fallas en hardware	Realizar inspeccion, limpieza y ajuste de componentes y paneles en parada programada mayor	Semestral	Oficial ETN	6 horas	1	Paro
	Fallas catasfroficas en componentes; celdas de potencia, tarjeta de control y conexionado	Realizar inspeccion, limpieza y ajuste de componentes y paneles en parada programada mayor	Semestral	Oficial ETN	6 horas	1	Paro
	Falla en tarjeta SIS de arranque y parada de motor	Cambio de tarjeta de variador	Semestral	Oficial ETN	16 horas	1	Paro


Anexo O. Hoja plan de mantenimiento cadenas 286, 287

 PLAN DE MANTENIMIENTO PLANTA SOGAMOSO SISTEMA CLINKERIZACION - ENFRIAMIENTO DE CLINKER EQUIPO CADENA DE FINOS 286-287							
EQUIPO	MODO DE FALLA	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR	DURACIÓN TAREA	NO. DE PERSONAS	EQUIPO MARCHA / PARO
MOTOR	fallas en línea de tierra por forzamiento	Cumplimiento de gamas preventivas de ejecución eléctricas	Semestral	Oficial ELE	4 horas	2	Paro
	Sobrecorriente - corriente de sobrecarga o de corto circuito (Aumentos temporales de corriente)	Inspección eléctrica, medición de aislamiento y verificación de transferencia	Semestral	Oficial ELE	1 hora	1	Paro
	ausencia de voltaje de alimentación o de funcionamiento	Inspección electrónica y Inspección termográfica (a subestaciones de baja y media tensión con frecuencia semanal, equipo en marcha realizada por un técnico eléctrico)	Anual	Oficial ELE	16 horas	8	Paro
	Fallo mecánico por defecto en rodamientos	Realizar inspección eléctrica con estetoscopio, pirómetro óptico y analizador de vibraciones	Mensual	Oficial ELE	2 horas	1	Marcha
ACOPLE SEMIELASTICO	Elastomero o cauchos dañados	Inspección visual para verificar la integridad del componente y medición de durezas con Durometro Shore A más de 90 indica cambio	Semestral	Oficial MEC	2 horas	2	Paro
	Fractura por vida útil	Cambio de acople	A falla	Oficial MEC	2 horas	2	Paro
	Desalineación paralela	Inspección visual para verificar la integridad del componente y medición de vibraciones con vibropen skf	Semestral	Oficial MEC	2 horas	2	Marcha
	Sobrecarga por forzamiento (sobretamaños)	Seguimiento diario en sala de control, revisando el amperaje de los motores 286 y 287. Es inherente a la operación de la planta	Diario	Operador	24 horas	1	Marcha
REDUCTOR	Falla en entrada y salida de retenedores	Inspecciones visuales para mirar la integridad del componente	Semestral	Oficial MEC	1 hora	2	Marcha
	Deficiencia de rodamientos en entrada y salida	Aplicación del mto predictivo con termografía, análisis de aceite, vibraciones	Mensual	Oficial MEC	1 hora	2	Marcha
	Soltura de ajuste entre piñon y eje de salida del reductor	Inspección visual y toma de vibraciones	Mensual	Oficial MEC	1 hora	2	Marcha
	Rotura del reductor por sobrecarga	Cambio de reductor	A falla	Oficial MEC	8 horas	3	Paro
CADENA TRANSMISION	Escasa lubricación	Cumplir las gamas de lubricación y inspección diaria	Semanal	Oficial MEC	10 min	1	Marcha
	Sobrecarga por sobretamaños	Cumplir preventivo y medir el paso de la cadena y desgaste del piñon	Semestral	Oficial MEC	1 hora	1	Paro
	Rotura por forzamiento	Cumplimiento del preventivo para evitar roturas imprevistas y horno manejado desde sala de control a bajas rpm	Semestral	Oficial MEC	3 horas	1	Paro
	Cadena distensionada por desgaste excesivo de articulaciones (rodillo, casquillo, placas, pasador)	Inspecciones programadas para medir porcentaje de desgaste de cadena y piñones	Semestral	Oficial MEC	2 horas	2	Paro

Anexo O. Hoja plan de mantenimiento cadenas 286, 287 (continuación)

PIÑÓN MOTRIZ Y CONDUCCION	Perdida de ajuste entre ejes y piñón	Realizar mto preventivo, inspeccion de ajuste entre piñones y eje	Semestral	Oficial MEC	2 horas	1	Paro
	Rotura por desgaste excesivo de dientes	Gamas preventivas de inspeccion, en las cuales se mide el desgaste de cadena y de piñón	Semestral	Oficial MEC	3 horas	1	Paro
	Daño en rodamiento de transmision de potencia por defectuosa lubricacion	Realizar medicion sistematica de medicion de ultrasonido pasivo para verificar estado de lubricacion de rodamiento	Mensual	Oficial MEC	30 min	1	Marcha
CADENA ARRASTRE	Fractura de cadena por cumple vida util	Control de desgaste y mediciones de paso de cadena con galgas de calibracion	Semestral	Oficial MEC	1 hora	2	Paro
	Salto de cadena por elongacion	Control de desgaste y mediciones de paso de cadena con galgas de calibracion	Mensual	Oficial MEC	1 hora	1	Paro
	Forzamiento por carga o sobrepaticulas o sobretamaños	Medicion de desgaste (enlongacion de cadena) e inspeccion visual	Semestral	Oficial MEC	1 hora	2	Paro
	Daños en rodillos de soporte de cadenas	Reemplazar soporte o rodillo como accion correctiva 5 horas y accion prevendiva (inspeccion cada 6 meses 30 min)	Semestral	Oficial MEC	30 min	2	Paro
	Patines internos con desgaste en nijar	Inspeccion visual y medicion de desgatse con desgaste en nijar, equipo parado 2 personas, 2 horas	Semestral	Oficial MEC	2 horas	2	Paro
VALVULAS PLATCO O BOBLECONOS	Daño en valvulas de control	Inspeccion visual con gama de mto, una con equipo parado: 2 personas, 3 horas, semestral otra inspeccion con equipo en movimiento, mensual, 1 persona 30 min	Semestral	Oficial ETN	3 horas	2	Paro
	Daños en cilindro neumatico	Inspeccion visual con gama de mto, Equipo en movimiento, mensual, 1 persona 30 min	Mensual	Oficial MEC	3 horas	1	Marcha
	Bloqueo de compuertas por sobretamaños	Garantizar que las placas del enfriador esten sin rotura, inspeccionar cada paro programado de horno.	Semestral	Oficial MEC	3 horas	1	Paro
	Daños en soportes de rodamientos de eje en compuertas	Inspeccion visual, aplicando la gama de mto mecanico y de lubricacion , 1 hora, 2 persona	Mensual	Oficial MEC	3 horas	2	Marcha
TARJETA SIS	obsolescencia	Inspeccion de equipos y paneles de control y termografia	Anual	Oficial ETN	16 horas	2	Paro
SENSOR MOVIMIENTO	Daño sensor	Inspeccion de sensor de movimiento, preamplificador y amplificador principal	Trimestral	Oficial ETN	2 horas	1	Paro
	Daño en modulo electronico del sensor	Inspeccion y monitoreo en linea con sala de control, hacer pruebas de señales	Bimensual	Oficial ETN	2 horas	1	Paro
	Señal por desacoplamiento del motor al sistema motriz de correas y rompedor	Inspeccion y monitoreo en linea con sala de control, hacer pruebas de señales	Bimensual	Oficial ETN	2 horas	1	Paro

Anexo P. Hoja plan de mantenimiento parrillas IKN, 283, 284

 PLAN DE MANTENIMIENTO PLANTA SOGAMOSO SISTEMA ENFRIAMIENTO DE CLINKER EQUIPO PARRILLAS IKN 283 - 284							
EQUIPO	MODO DE FALLA	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR	DURACIÓN TAREA	NO. DE PERSONAS	EQUIPO MARCHA / PARO
PARRILLA IKN	Rotura de placas	Dejar 8 horas para enfriamiento de enfriador en la seccion la parrilla IKN para cambiar parrilla, 4 personas, 8 horas para cambio de placa, equipo parado. Mto preventivo de inspeccion y ejecucion	Semestral	Oficial MEC	8 - 16 horas	4 a 6	Paro
	Acumulacion de material grueso en camara de aire (muñecos)	Desde sala de control monitoreo de amperajes o consumo de energia de los motores 283 - 284 de las parrillas. Verificacion del flujo (presiones de flujo de los ventiladores de flujo del ventilador)	Diario	Oficial MEC	24 horas	1	Marcha
	Rodamientos de ventilador con deterioro	Toma de vibraciones por parte de un tecnico mecanico con sensor de vibración manual básico o microlog SKF	Quincenal	Oficial MEC	15 min	2	Marcha
	Perdida de ajustes entre (apoyo y rodamiento, rodamineto y eje)	Toma de vibraciones con microlog SKF por parte de un tecnico mecanico e inspeccion visual	Quincenal	Oficial MEC	20 min	2	Marcha
	Rodaminetos de ventilador con desgaste o deterioro por horas de trabajo	Cambio de rodamiento por vida util cumplida, Tiempo para cambio 6 horas, aplicación de gama	Quincenal	Oficial MEC	5 horas	2	Paro
	Rotura de correas por exceso de tensi	Garantizar la correcta tension de la polea, según tabla de las correas y medicion con tensiometro SKF manual - PUB PSD/C1 007 o TENSÍOMETRO SKF DIGITAL – PHL FM 10/400	Mensual	Oficial MEC	2 horas	2	Paro
PARRILLA 283 Y 284	Rotura en patines de viga por sobrecarga	Cambio de patin, paro por 12 horas	Semestral	Oficial MEC	12 horas	4	Paro
	Estructura rota por sobrecarga	Revisar torque y consumo electrico de las parrillas 283 y 284 en sala de control (operario)	Diario	Oficial MEC	18 horas	4	Paro
	Rodaminetos con deficiente lubricacion	Inpeccion visual cada paro de horno programado	Semestral	Oficial MEC	1 hora	2	Marcha
	Exceso de temperatura	Bajarle la rpm al horno y aumentar el flujo de aire para refrigeracion de clinker. Todo esto desde sala de control, el operador debe estar pendiente las 24 horas	Diario	Operador	24 horas	1	Marcha
	Soltura de tornillos que aseguran placas moviles	Ningun mantenimiento progamado, se deja que la falla ocurra, y se realiza Inspeccion visual cada paro de horno programado.	Semestral	Oficial MEC	3 horas	4	Paro
	Rotura en placas	Ningun mantenimiento progamado, se deja que la falla ocurra, y se realiza Inspeccion visual cada paro de horno programado.	Semestral	Oficial MEC	12 horas	2	Paro
PLACAS	Particulas con sobretamaños averian placa	Ningun mantenimiento progamado, el operario de sala de control debe estar atento las 24 horas para evitar sobretamaños, cuando ocurra debe bajar rpm a el homo. PARRILLA 1 - 12 HORAS, 4 personas, PARRILLA 2- 6 HORAS 4 personas	Diario	Operador	6 - 12 horas	4	Marcha
	Placa con rotura por exceso de temperatura	Ningun mantenimiento progamado, el operario de sala de control debe estar atento las 24 horas para evitar sobretamaños, cuando ocurra debe bajar rpm a el horno.	Diario	Operador	24 horas	1	Marcha
	Componentes se caen	El operario debe estar atento a el alto amperaje de motores IM 286-287 en sala de control y bajar las rpm del horno	Diario	Operador	24 horas	1	Marcha
ACOPLE SIS MOTRIZ	Desalineacion y rotura de rejilla de acople	Inspeccion acople de rejilla, realizando una inspeccion visual y cambio de graza para garantizar su funcionamiento. 2 personas 4 horas, equipo parado	Semestral	Oficial MEC	4 horas	2	Paro
	Sobrecarga en el equipo	Inspeccion visual y analisis de vibraciones	Quincenal	Oficial MEC	20 min	2	Marcha
REDUCTOR	Falla fractura en entrada y salida de retenedores	Inspecciones visuales para mirar la integridad del componente	Semestral	Oficial MEC	1 hora	2	Marcha
	Deficiencia de rodamientos en entrada y salida	Aplicación del mto predictivo con termografia, analisis de aceite, vibracionoes	Mensual	Oficial MEC	1 hora	2	Marcha
	Soltura de ajuste entre piñon y eje de salida del reductor	Inspeccion visual y toma de vibraciones	Mensual	Oficial MEC	1 hora	2	Marcha
	Rotura del reductor por sobrecarga	Cambio de reductor	A falla	Oficial MEC	8 horas	3	Paro

Anexo P. Hoja plan de mantenimiento parrillas IKN, 283,284 (continuación)

ANCLAJE	Base de anclaje con altas vibraciones	Ajuste y fijación de anclaje	A falla		24 horas	4	Paro
	Rotura de tornillos de anclaje	Revisión y ajuste y correcta fijación de los tornillos de anclaje por unos de mayor tamaño	Semestral	Oficial MEC	24 horas	2	Paro
PIÑÓN MOTRIZ Y CONDUCCION	Perdida de ajuste entre ejes y piñón	Realizar mto preventivo, inspección visual de ajuste entre piñones y eje, 15 min equipo en movimiento	A condición	Oficial MEC	15 min	1	Marcha
	Desgaste excesivo de dientes	Gamas preventivas de inspección, en las cuales se mide el desgaste de cadena y de piñón	Semestral	Oficial MEC	2 hora	2	Paro
	Poca lubricación causa daño en rodamiento que permite el movimiento al eje	Realizar medición sistemática de medición de ultrasonido pasivo para verificar estado de lubricación de rodamiento, técnico de mto mecánico, equipo en movimiento, 30 min	Mensual	Oficial MEC	30 min	1	Marcha
CADENA	Escasa lubricación	Cumplir las gamas de lubricación y inspección diaria	Diario	Oficial MEC	10 min	1	Marcha
	Rotura de cadena por forzamiento	Cumplimiento del preventivo para evitar roturas imprevistas y homo manejado desde sala de control a bajas rpm	Diario	Operador	24 horas	2	Marcha
	Desgaste excesivo de articulaciones (rodillo, casquillo, placas, pasador)	Inspección visual, medición de desgaste de cadena con galgas. Gama	Semestral	Oficial MEC	3 horas	2	Paro
	Perdida de ajuste por interferencia entre los pasadores y casquillos con las placas	Inspecciones programadas para medir porcentaje de desgaste de cadena y piñones	Semestral	Oficial MEC	2 horas	2	Paro
	Cadena distensionada	Inspección visual, programada para Medición de enlongación y desgaste cada 6 meses, 2 personas 1 hora equipo parado	Semestral	Oficial MEC	1 hora	2	Paro
PIÑÓN TENSOR	Desajuste en buje	Ajuste de buje de cadena según gama mecánica	A condición	Oficial MEC	2 horas	2	Paro
	Soltura Tornillo de fijación de graduación	Ajuste de tornillo de fijación de graduación de cadena, 2 personas 1 hora, equipo parado	A condición	Oficial MEC	1 hora	2	Paro
BIELA	Rodamientos con sobrecarga o desgaste	Inspección visual trimestral	Trimestral	Oficial MEC	15 min	1	Marcha
	Soltura en ajuste de rodamientos del eje	Inspección visual trimestral	Trimestral	Oficial MEC	15 min	1	Marcha
CORTINA DE CADENASS	Deformación de la viga	Inspección visual de la viga cada paro programado de horno	Semestral	Oficial MEC	15 min	2	Paro
	Desgaste excesivo de grilletes y eslabones	Inspección visual de grilletes y eslabones cada paro programado de horno	Semestral	Oficial MEC	15 min	2	Paro
SOPORTE RIEL - PATIN	Rotura de tornillos de fijación del riel	Seguimiento en sala de control e inspección visual Semestral	Diario	Operador	1 hora	1	Paro
	Daño en rodamiento del patin	Cambio de posición de rodamiento y aprovechamiento del lado no utilizado	Semestral	Oficial MEC	2 horas	2	Paro
	Desgaste en el riel del patin	Inspección visual de grilletes y eslabones cada paro programado de horno	Semestral	Oficial MEC	1 hora	2	Paro
	Rotura de soldaduras externas de biga de soporte del riel	inspección visual	Semestral	Oficial MEC	1 hora	2	Paro
CARCASA ENFRIADOR	Perforaciones en el cuerpo del enfriador causando fuga de material	Inspeccionar el estado de la carcasa y revestimiento del enfriador, una vez detectada la anomalia, reportar para ejecucion correctiva o sustitucion si es muy critica la carcasa	Semestral	Oficial MEC	2 horas	1	Paro
	Caida de revestimiento	Inspeccionar el estado de la carcasa y revestimiento del enfriador, una vez detectada la anomalia,reportar para ejecucion correctiva o sustitucion si es muy critica la carcasa	Semestral	Oficial MEC	2 horas	1	Paro
MOTOR	Fallas en línea de tierra por forzamiento	Cumplimiento de gamas preventivas de ejecución eléctricas	Semestral	Oficial ELE	4 horas	2	Paro
	Sobrecorriente - corriente de sobrecarga o de corto circuito (Aumentos temporales de corriente) ocurren cuando los motores arrancan o cuando se energizan los transformadores	Inspección eléctrica, medición de aislamiento y verificación de transferencia	Semestral	Oficial ELE	1 hora	1	Paro
	Ausencia de voltaje de alimentación o de funcionamiento	Inspección electrónica y Inspección termográfica (a subestaciones de baja y media tensión con frecuencia semanal, equipo en marcha realizada por un técnico eléctrico)	Anual	Oficial ELE	16 horas	8	Paro
	Fallo mecánico por defecto en rodamientos	Realizar inspección eléctrica con estetoscopio, pirometro optico y analizador de vibraciones	Mensual	Oficial ELE	2 horas	1	Marcha
TARJETA SIS	obsolescencia	Termografía como tarea preventiva e inspección básica a condición gama	Mensual	Oficial ELE	15 min	1	Marcha
VARIADOR	Fallas en software, falta de capacitación a personal	Realizar inspección, limpieza y ajuste de componentes y paneles en parada programada mayor	Semestral	Oficial ETN	6 horas	1	Paro
	Fallas en hardware	Realizar inspección, limpieza y ajuste de componentes y paneles en parada programada mayor	Semestral	Oficial ETN	6 horas	1	Paro
	Fallas catastróficas en componentes o conexiónado	Realizar inspección, limpieza y ajuste de componentes y paneles en parada programada mayor	Semestral	Oficial ETN	6 horas	1	Paro
	Falla en tarjeta SIS de arranque y parada de motor	Cambio de tarjeta de variador	Semestral	Oficial ETN	16 horas	1	Paro