



Universidad
Industrial de
Santander

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PLANTA DE TRITURACION
PORTATIL IMPACTOR (CEC 133 X 152) EMPRESA ASA CONSTRUCCIONES
BARRANCABERMEJA**

MILTON JAIR ESCOBAR FIESCO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2019

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PLANTA DE TRITURACION
PORTATIL IMPACTOR (CEC 133 X 152) EMPRESA ASA CONSTRUCCIONES
BARRANCABERMEJA**

MILTON JAIR ESCOBAR FIESCO

**Monografía de grado para optar al título de Especialista en Gerencia de
Mantenimiento**

Director

**CARLOS BORRAS PINILLA
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2019

DEDICATORIA

Hago esta dedicatoria en primera instancia a mi Dios, por darme la oportunidad de poder finalizar esta meta y guiarme en los caminos de la iglesia, estar con vida y la esperanza que las cosas que se ponen en la mano de nuestro señor todo es posible.

A mi madre por ser la persona que me ha apoyado siempre y ha sido un soporte muy especial en mi vida. A mis hermanos y mi padre por estar ahí conmigo y a mis hijos que siempre han sido mi motor de vida y esperanza para superarme.

También en agradecimiento a todos los compañeros dentro la especialización, al profesorado de la Universidad Industrial de Santander UIS y a sus directivos por la oportunidad de haber realizado este proceso.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	15
1. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO	16
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVOS GENERALES	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. MARCO TEÓRICO	18
3.1 TRITURACIÓN Y MOLIENDA	19
3.2 TRITURACIÓN	19
3.2.1 Trituración primaria	20
3.2.2 Trituración secundaria.....	21
3.2.3 Molienda fina o terciaria	22
3.3 CLASIFICADORES.....	24
3.3.1 Movimiento de vibración	25
3.3.2 Clasificación según su inclinación.....	26
3.3.3 Eficiencia del cribado	27
3.4 EQUIPO DE CLASIFICACIÓN TIPO TROMMEL, PARA CLASIFICADO DE FINOS Y LAVADO	29
3.4.1 Alimentador.....	29
3.4.2 Banda Transportadora	30
3.5 COMPOSICIÓN DE UNA LINEA A DE PRODUCCIÓN	30
4. MARCO CONCEPTUAL	32
4.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	32
4.1.1 Funciones y parámetros de funcionamiento	33
4.1.2 Fallas funcionales	34
4.1.3 Modos de falla.....	35
4.1.4 Efectos de fallas.....	35
4.1.5 Consecuencias de la falla	36
4.1.6 Tareas proactivas	38
4.2 EL PROCESO DE SELECCIÓN DE TAREAS DE RCM.....	43
4.2.1 Aplicación del proceso de RCM	46
4.2.2 Planteamiento	46
4.2.3 Grupos de análisis	46
4.3 RELACIÓN DE RCM Y FMEA	47
4.4 FMEA - ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS.....	49
4.4.1 Los beneficios del FMEA	51

4.4.2 Propósito de aplicación de FMEA	52
4.4.3 Características generales de FMEA.	53
4.5 NORMA ISO 14224 SEGÚN OREDA	56
5. DESCRIPCION DE LA EMPRESA ASA CONSTRUCCIONES SAS	59
5.1 MISIÓN	59
5.2 VISIÓN.....	60
5.3 POLÍTICA CALIDAD ISO 9001:2008	60
6. INFORMACIÓN TÉCNICA PLANTA DE TRITURACIÓN PORTÁTIL IMPACTOR (CEC 133 X 152).....	61
6.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA	64
7. DETERMINACION DEL GRADO DE SEVERIDAD, FRECUENCIA Y DETECTABILIDAD EN FMEA A ANALIZAR.....	66
7.1 EVALUACIÓN DEL GRADO DE FRECUENCIA (OCURRENCIA) DE FALLA.....	66
7.2 EVALUACIÓN DEL GRADO DE SEVERIDAD DE EFECTOS DE FALLA.....	67
7.3 EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETECCIÓN DE FALLA.....	68
7.4 IDENTIFICACIÓN DE MÉTODOS DE DETECCIÓN	69
7.5 NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO NPR.....	70
7.6 ACCIONES A IMPLEMENTAR	71
7.7 ACCIONES IMPLANTADAS	72
7.8 ÍNDICES REVISADOS	72
8. ANALISIS ABC (PARETO) PARA EL ANALISIS DE NUESTROS EVENTOS REPORTADOS EN EL AÑO 2016.....	73
8.1 ANÁLISIS DE ABC	74
9. PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) COMO MANUAL DE MANTENIMIENTO Y PLANIFICACIÓN	84
9.1 MANTENIMIENTO GENERAL (CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DIARIAS)	87
9.1.1 Mantenimiento diario.....	87
9.1.2 Descanso semanal (40 Horas) mantenimiento.	89
9.1.3 Plan de verificación del molino CEC.	90
9.2 CARACTERÍSTICAS DEL IMPACTOR.....	91
9.3 REQUISITOS DE INSPECCIÓN DEL ROTOR.....	99
9.3.1 Mantenimiento del rotor	99
9.3.2 Inspección del rotor.....	99
9.3.3 Procedimientos de inspección	99
9.3.4 Renovación de la superficie dura del rotor.....	100
10. CONCLUSIONES	102

BIBLIOGRAFÍA.....	103
ANEXOS.....	104

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Área de explotación	19
Figura 2. Proceso de reducción según el ciclo	20
Figura 3. Trituradora primaria	21
Figura 4. Trituradora de Cono secundaria y terciaria	21
Figura 5. Trituradora de impacto	22
Figura 6. Trituradora terciaria cónica pulverizadora	23
Figura 7. Diagrama de cuerpo libre según el desplazamiento de la partícula	24
Figura 8. Zaranda de clasificación de 3 niveles	25
Figura 9. Movimiento de partícula circular	26
Figura 10. Movimiento rectilíneo de la partícula	26
Figura 11. Equipo de clasificación trommel	29
Figura 12. Equipo de alimentación tipo Grizzli	29
Figura 13. Banda transportadora de apilado	30
Figura 14. Diseño de Planta en circuito cerrado	31
Figura 15. Perspectiva tradicional de la falla	39
Figura 16. Seis patrones de fallas	40
Figura 17. Unidad de equipo, subunidad y parte mantenible	58
Figura 18. Planta portátil CEC (CEC 133 X 152)	61
Figura 19. Grizzli alimentador Marca CEC	62
Figura 20. Molino Impactor CEC de pantallas	62
Figura 21. Zaranda clasificadora de 3 niveles	63
Figura 22. Gráfico de curva incidencia según la participación %	74
Figura 23. Primera línea de trabajo de la plata (Tolva, alimentador, molino, banda)	75
Figura 24. Parte central de la primera línea (Bandas, motor Cat. C-15, chasis)	76
Figura 25. Parte motriz del molino, con su volante, protector correas e hidráulico	76
Figura 26. Sistema motriz polea motor CAT. C-15 260 HP A 1800 rpm	77
Figura 27. Conexión del Bloque I y el II. (Banda de salida del molino y complementaria)	77
Figura 28. Conexión del Bloque I y el II con chasis No. 2	78
Figura 29. Chasis No. 2 banda completaría llegada a zaranda clasificación y chutes	78

Figura 30. Zaranda y chutes de descarga con banda de salida zaranda y descarga a banda	79
Figura 31. Zaranda con descarga a bandas de apilar	79
Figura 32. Bandas apiladoras de material $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$, apoyos	80
Figura 33. Parte superior de descarga boca del molino, estructura superior y laterales	80
Figura 34. Placas compuerta y laterales molino	81
Figura 35. Rotor, cuñas y martillos	81
Figura 36. Compuerta inspección y laterales	82
Figura 37. Parte inferior molino de descarga a banda (salida del material triturado)	82
Figura 38. Pantalla superior, placas de choque y laterales	83
Figura 39. Cronograma de actividades según equipo y horas de trabajo	86
Figura 40. Plantilla de reporte de solicitud de mantenimiento	89
Figura 41. Ajuste de las pantallas de choque superior e inferior	91
Figura 42. En primer lugar, afloje el cubre polvo con una llave	92
Figura 43. El cubre polvo debe estar suelto antes de ajustar la cortina primaria	93
Figura 44. Graduación de pantalla según recomendación	93
Figura 45. Para ajustar cortina gire las tuercas de ajuste	94
Figura 46. Sistema hidráulico de graduación	94
Figura 47. Cortina secundaria ajustable hidráulicamente	95
Figura 48. Cortina secundaria ajustable hidráulicamente (parte superior)	95
Figura 49. Durante el período de ajuste de la cortina secundaria	96
Figura 50. Pin de cierre o apertura de la pantalla	97
Figura 51. Desgaste de los martillos y cambio	98

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Sistema primario bloque I	64
Tabla 2. Sistema Primario Bloque II	65
Tabla 3. Criterio de evaluación de frecuencia para sistemas en general	67
Tabla 4. Criterio de evaluación de severidad para un sistema en general	68
Tabla 5. Criterio de evaluación de detección para sistemas en general	69
Tabla 6. Métodos de detección	70
Tabla 7. Criterios prioridad de NPR	71
Tabla 8. Análisis ABC (Pareto)	73
Tabla 9. Análisis ABC (%) de participación	74
Tabla 10. Gráfico de tareas programadas	85
Tabla 11. Gráfico de tareas programadas	86
Tabla 12. Procedimientos de recubrimiento del rotor	101

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Análisis y efectos de falla FMEA	104

RESUMEN

TITULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PLANTA DE TRITURACION PORTATIL IMPACTOR (CEC 133 X 152) EMPRESA ASA CONSTRUCCIONES BARRANCABERMEJA.¹

AUTOR: MILTON JAIR ESCOBAR FIESCO**

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento, RCM, Confiabilidad, FMEA, Barrancabermeja, Impactor, Trituración.

DESCRIPCIÓN: La presente monografía plantea la necesidad de la empresa ASA Construcciones SAS. La cual consiste en realizar un planteamiento a los problemas registrados con su planta de trituración portátil CEC, ya que desde que se adquirió ha sufrido un desgaste prematuro en su estructura física y de funcionamiento dando a la empresa, pérdidas económicas por paradas inesperadas y también por reparaciones correctivas que lo que hace es el deterioro en el que ha alcanzado el equipo.

La empresa cuando adquirió este equipó no recibió un manual de instrucciones o de manejo de mantenimiento que debía ser el adecuado para la programación de su mantenimiento periódico y de cada una de las partes que componen la planta. El personal de la empresa que tiene como trabajo la realización de la mantenibilidad del equipo, ha pasado por alto muchas de las recomendaciones y necesidades prioritarias en sus rutinas de mantenimiento, por la omisión, por falta de conocimiento o por falta de un plan adecuado de procedimiento al momento de tomar decisiones importantes con respecto a este equipo.

Con la información recopilada, analizada y propuesta en este plan de mantenimiento, el cual se centra en la confiabilidad aplicando RCM y FMEA, podemos ayudar a tener otra perspectiva al momento de proceder en la mantenibilidad de la planta de trituración portátil Impactor, pues se contaría con una mejor guía y un beneficio en costos operacionales.

¹Monografía

^{**}Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director: Ing. Carlos Borrás Pinilla.

ABSTRACT

TITLE: PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN FOR PORTABLE IMPACTOR CRUSHING PLANT (CEC 133 X 152) COMPANY ASA CONSTRUCCIONES BARRANCABERMEJA.*

AUTHOR: MILTON JAIR ESCOBAR FIESCO**

KEY WORDS: Maintenance, RCM, Reliability, FMEA, Barrancabermeja, Impactor, Trituration.

SUMMARY: This monograph raises the need for the company ASA Construcciones SAS. Which consists in carrying out an approach to the problems registered with its CEC portable crushing plant, since it was acquired it has suffered premature wear and tear on its physical structure and operation, giving the company economic losses due to unexpected stops and also due to corrective repairs that what it does is the deterioration in which the equipment has reached.

The company when it acquired this equipment did not receive an instruction or maintenance manual that should be adequate for the programming of its periodic maintenance and for each of the parts that make up the plant. The personnel of the company whose job is the maintenance of the equipment, has overlooked many of the recommendations and priority needs in their maintenance routines, due to the omission, lack of knowledge or lack of an adequate plan of procedure when making important decisions regarding this equipment.

With the information collected, analyzed and proposed in this maintenance plan, which focuses on reliability by applying RCM and FMEA, we can help have another perspective when proceeding with the maintainability of the Impactor portable crushing plant, since it would be counted with better guidance and a benefit in operational costs.

*Monograph

**Physic Mechanical Faculty of Engineering, School of Mechanical Engineering, Director: Engr. Carlos Borrás Pinilla.

INTRODUCCIÓN

Se requiere implementar un plan de mantenimiento preventivo para un quipo impactor portátil CEC 133 X 152 marca canadiense, es un equipo de trituración para roca y clasificación portátil situado en la ciudad de Barrancabermeja. Este equipo que se adquirió hace cuatro años por la empresa ASA Construcciones SAS, y ha tenido un desgaste prematuro por sus horas de trabajo y también porque no se ha tenido un buen plan de mantenimiento adecuado que minimice este desgaste.

El equipo tiene una producción de 130 Ton/h, si trabaja en óptimas condiciones de 10 horas diarias trabajo, para una producción total por día aproximada de 1200Ton/día. en su mejor disponibilidad incluyendo las perdidas en el proceso, pero esto no ha sido posible en tener la planta en óptimas condiciones en su parte estructural y mecánica, ya que el desgaste después de cuatro años de trabajo es significativo como lo anuncie anteriormente y cada vez que surge una parada repentina por fallo o reparaciones menores, solo se centran en el correctivo del día para mitigar la falla, el inmediato pero no a prevenirla o contar con planes de choques efectivos para estos acontecimientos, que se han vuelto rutinarios en la empresa. La otra situación es que al adquirir la planta, esta no contaba con un manual partes ni procedimientos de mantenimiento que ayudara a guiar su mantenibilidad o instruir sus procedimientos según cada una de sus partes de trabajo, y solo se aplica una programación de compra de los repuestos consumibles de las diferentes partes de la planta con fechas periódicas y adicional se realiza una limpieza y lubricación de las partes móviles, acompañado de una revisión rutinaria del equipo que son efectuados todas las mañanas antes de encender el equipo y su profundización es según las horas de trabajo.

1. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO

Las expectativas de mantenimiento han evolucionado durante los últimos años. En la actualidad se apunta a mejorar la calidad del producto, aumentar la seguridad de los trabajadores, maximizar la vida útil de los equipos y optimizar los costos. Los diferentes programas mantenimiento que encontramos como herramientas esenciales de monitoreo y prevención en esencia, buscan reducir o eliminar las paradas en los procesos productivos y reducir la inversión destinada a la reparación de los equipos. La evolución que se ha producido en el concepto de mantenimiento, que era correctivo en una primera generación, ha propiciado la aparición de modelos más efectivos como el preventivo, predictivo y otros de más mayor alcance, que vienen a ser una herramienta para poder bajar los costos y mejorar la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos. Esto incluye la optimización en el diseño de las máquinas. Entre las técnicas para mejorar la gestión se recurre a los estudios de riesgo y al análisis de modo de fallas. Además, se empieza a trabajar en grupos multidisciplinarios, todo esto dentro de un contexto de aumento del nivel técnico del personal.

La elaboración de la estrategia de mantenimiento requiere participación de todos los niveles de la empresa y su elaboración debe ser muy cuidadosa porque se constituye como una parte estratégica del fracaso o suceso de la compañía. Básicamente, se compone de planes a futuro, que se anticipan a los cambios e inician las acciones para aprovechar las oportunidades. Entre los pasos para su elaboración se debe tener en cuenta el pronóstico productivo, la previsión de las mayores paradas de producción y del lanzamiento de nuevos productos y por último, los planes de contingencia en caso la paralización total de la planta.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GENERALES

Diseñar plan de mantenimiento preventivo para equipo portátil impactor CEC 133 X 152, garantizando su disponibilidad y confiabilidad, reduciendo sus paradas por fallas o desgaste prematuro.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Jerarquizar y clasificar los elementos mantenibles de la planta de Trituración impactor portátil CEC133X52, Usando análisis ABC (Pareto), aplicando criterios de consecuencia por falla y costos aplicados a las fallas incurridas.
- Realizar análisis de modos, causa y criticidad de fallas para los elementos mantenibles en la zona A, aplicando las metodologías de FMEA.
- Proponer plan maestro de mantenimiento preventivo basado en confiabilidad, a los equipos de mayor criticidad en la planta de trituración.

3. MARCO TEÓRICO

Casi todos los metales y algunos materiales inorgánicos explotados en minas están integrados en compuestos que forman la corteza terrestre. Los procesos que han conformado la superficie terrestre han ido concentrando estos minerales en cantidades muy diferentes. Cuando su concentración es suficientemente importante y permite que el mineral sea explotado y recuperado de forma rentable, el depósito se denomina yacimiento. Sin embargo, aun en este caso, los minerales no suelen encontrarse con la pureza necesaria para que su procesamiento sea inmediato y se pueda obtener el producto final deseado. En su obra sobre la minería en el siglo XVI, Agrícola afirmaba que: “La naturaleza normalmente crea metales en un estado impuro, mezclados con tierra, piedras y líquidos solidificados, por lo que resulta necesario separar al máximo el mineral de estas impurezas antes de fundirlos”.

Primero, hay que separar los minerales valiosos de los que no tienen valor comercial, que reciben el nombre de ganga. Por procesamiento del mineral se entiende este tratamiento inicial del material extraído con el fin de obtener un mineral concentrado de una calidad suficientemente alta para que pueda ser procesado satisfactoriamente hasta obtener el metal puro u otro producto final.

Las diferentes características de los minerales presentes permiten separarlos utilizando métodos físicos que no modifican, por lo general, la composición química del mineral, pero que pueden llevarlos a un tamaño, donde se pueden aprovechar para las diferentes aplicaciones en la industria de la construcción, Asfáltica y de productos.

Figura 1. Área de explotación



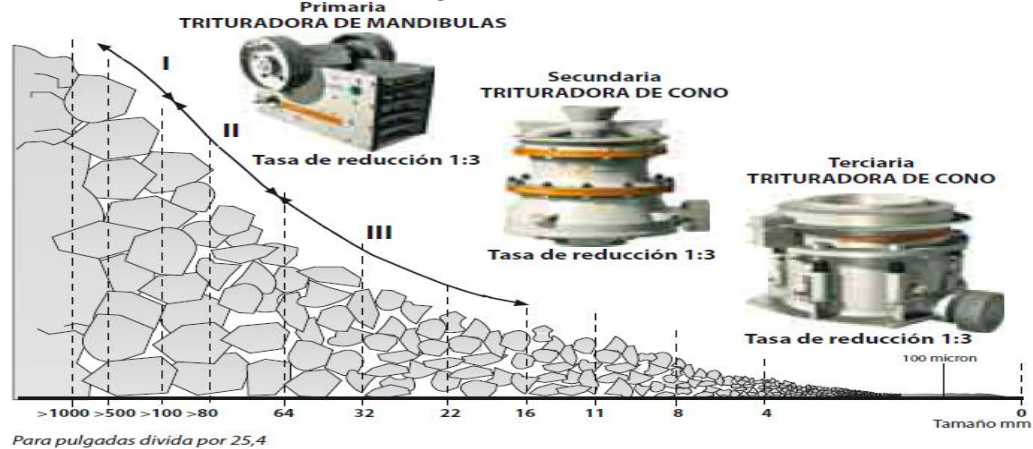
3.1 TRITURACIÓN Y MOLIENDA

El tamaño de partícula del material que llega a la planta de procesamiento dependerá del método utilizado y del tipo de mineral de que se trate, pero en cualquier caso siempre será relativamente grande. La conminución o reducción progresiva del tamaño de partícula del mineral se realiza por dos razones: para reducir el material a un tamaño más adecuado y para separar el componente valioso del material residual como primer paso hacia su recuperación efectiva. En la práctica, la conminución va seguida de la trituración del material en tambores giratorios de acero hasta obtener partículas más finas.

3.2 TRITURACIÓN

No es posible pasar de trozos muy grandes a partículas finas en una sola operación o utilizando una única máquina. La trituración es normalmente una operación en seco que se suele realizar en fases (primaria, secundaria y terciaria).

Figura 2. Proceso de reducción según el ciclo



Fuente: METZO MINERALS. Manual de trituración y cribado Metzo. Catalogo No. 2051-12-08-CBL/Tampere-Español. Finlandia: Metzo, 2008. p. 22

3.2.1 Trituración primaria. En la trituración primaria, la podemos clasificar en el primer proceso que interviene en la trituración y que es cuando el material es traído de la fuente o yacimiento y pasa a la trituradora, donde se reducen los trozos de mineral de 30" a 6" de reducción. Las máquinas, como las trituradoras de mandíbulas y las trituradoras giratorias, aplican una fuerza de fragmentación a las partículas de mayor tamaño que rompe el mineral por compresión.

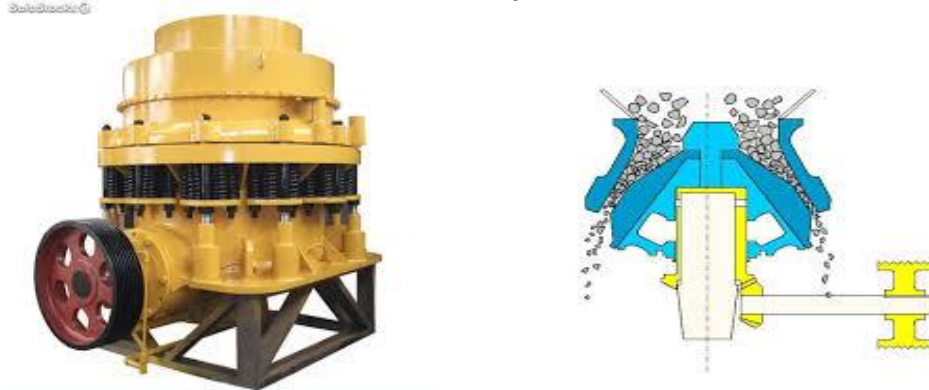
Trituradoras de Mandíbulas: En una trituradora de mandíbulas el mineral cae en un espacio en forma de cuña entre una placa fija y otra móvil. El material que entra se comprime hasta que se rompe. La operación se vuelve a repetir abriendo y cerrando las mandíbulas hasta que finalmente el material puede escapar por la abertura del fondo. Normalmente, esta máquina se utiliza en minas de gran capacidad de producción.

Figura 3. Trituradora primaria



3.2.2 Trituración secundaria. En la trituración secundaria se reduce el tamaño de las partículas hasta 5 - 20mm. Los principales tipos de trituradoras son la de conos, la de cilindros y la de martillos.

Figura 4. Trituradora de Cono secundaria y terciaria

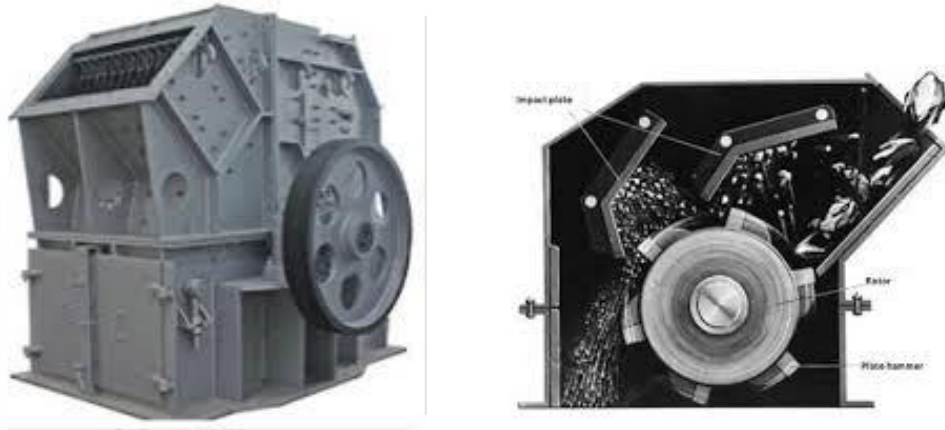


La trituradora de conos: Es una máquina giratoria con un vástago más corto que no está suspendido sino apoyado sobre un soporte debajo del cabezal. En la trituradora giratoria, un largo vástago soporta un elemento cónico de acero de gran peso que se mueve de forma excéntrica mediante un casquillo inferior de cojinete dentro de la cámara de la trituradora y que realiza la función de fragmentación. El

movimiento relativo de los planos de trituración se produce mediante el giro del cono excéntrico contra la cámara externa.

La Trituradora de Martillos: Se llama impacto porque al girar el rotor, con el martillo éste lanza la piedra contra las pantallas del mismo. Esta acción es repetida un número de veces, en forma continua. La reducción material es controlada por la fuerza de impacto que la piedra recibe, este que es gobernado por la velocidad de la máquina y depende en gran parte al tamaño de la alimentación del material.

Figura 5. Trituradora de impacto

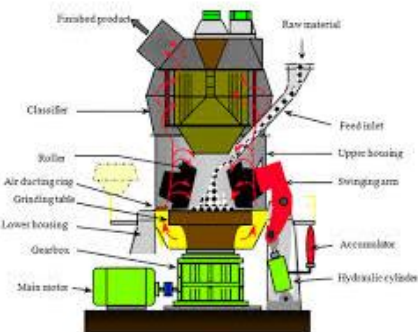


3.2.3 Molienda fina o terciaria. La molienda, última fase de la conminución, se realiza en recipientes giratorios cilíndricos de acero denominados tambores. Estos aparatos reducen las partículas de mineral a un tamaño de 10 mm a micro pulverización.

A los tambores se añade un agente de molienda, que pueden ser bolas de acero, varillas o trozos de mineral de tamaño prefijado y mucho más grandes que el material a granel alimentado, de forma que el mineral se va partiendo hasta alcanzar el tamaño deseado y en este caso el proceso recibe el nombre de molienda autógena. A veces se utiliza la molienda directa en lamina (ROM), que

es una forma de molienda autógena en la que el mineral pasa directamente de la mina al equipo de molienda sin realizar un trituración previo, pues los trozos grandes de mineral actúan como agente de molienda. El molino se carga, por lo general, hasta la mitad de su capacidad con mineral machacado y un agente de molienda. Estudios realizados han demostrado que este tipo de trituración es una combinación de sistemas de impacto y abrasión. En estos equipos se utilizan recubrimientos para evitar el desgaste de la cubeta, reducir el deslizamiento de los agentes de molienda y mejorar la relación entre la elevación y el impacto de la operación.

Figura 6. Trituradora terciaria cónica pulverizadora

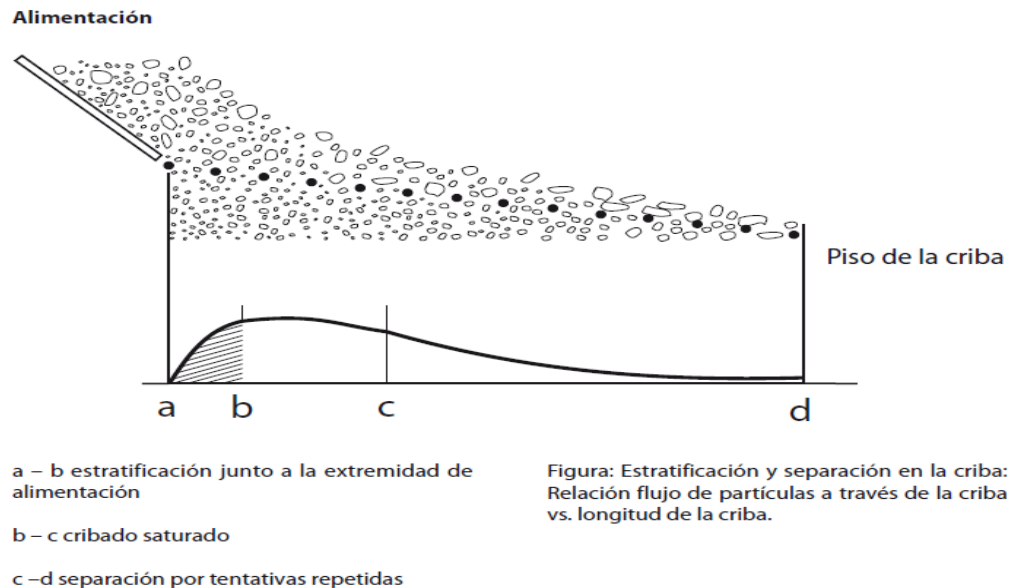


Existe un tamaño óptimo hasta el cual es necesario triturar el material para conseguir una separación y una recuperación efectiva del componente valioso, pues una trituración deficiente daría lugar a una liberación incompleta y a una recuperación baja, mientras que una molienda excesiva dificultaría la separación además de suponer un gasto excesivo de energía. Separación por tamaños Después de realizadas las operaciones de trituración y molienda, los productos se separan por tamaños con el fin de obtener un material de tamaño adecuado para su tratamiento posterior. El material demasiado grande se recicla hasta alcanzar una reducción mayor.

3.3 CLASIFICADORES

La clasificación es la separación de partículas de acuerdo con su velocidad de sedimentación en un fluido, para lo que se utilizan de forma efectiva las diferencias de densidad, tamaño y forma. Los clasificadores se utilizan para separar el material grueso del fino, obteniendo una gran distribución de tamaños. Los clasificadores se suelen emplear en operaciones de molienda de circuito cerrado. Aunque el objetivo principal es la separación por tamaños, normalmente se produce al mismo tiempo cierta separación por tipos de minerales a causa de la diferencia de densidad.

Figura 7. Diagrama de cuerpo libre según el desplazamiento de la partícula



Fuente: METZO MINERALS. Manual de trituración y cribado Metzo. Catalogo No. 2051-12-08-CBL/Tampere-Español. Finlandia: Metzo, 2008. p. 26

Equipo de clasificación tipo Criba de tres niveles y mallas según el material a tamizar.

Figura 8. Zaranda de clasificación de 3 niveles

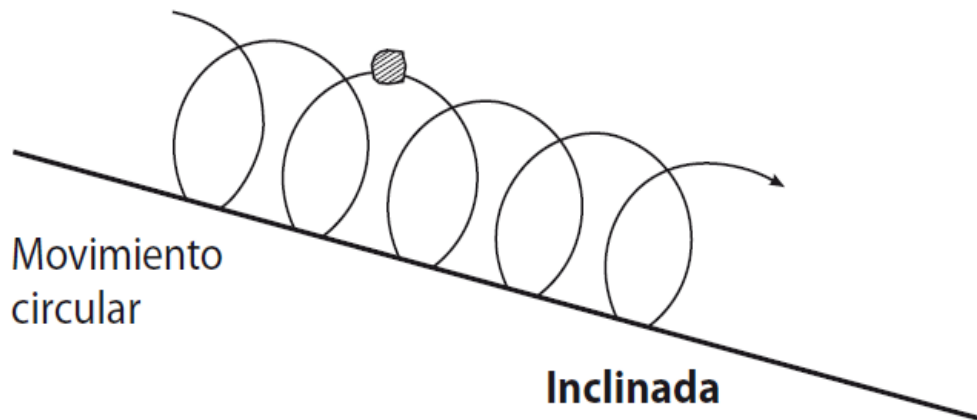


3.3.1 Movimiento de vibración. Generalmente, el movimiento de vibración se produce por medio de mecanismos vibrantes basados en masas excéntricas con amplitud de 1,5 a 5 mm operando dentro de un rango de 700 a 1.000 revoluciones por minuto. Para una buena calidad de separación, se necesita una buena relación entre amplitud y frecuencia. Es deseable que cuando el material se traslada sobre la criba, las partículas no caigan en la misma abertura al mismo tiempo y que no salten varias aberturas. Por eso, se debe tener en cuenta:

- Aberturas mayores: mayor amplitud – menor velocidad
- Aberturas menores: menor amplitud – mayor velocidad

En una criba inclinada la vibración se produce por un movimiento circular en un plano vertical. La vibración levanta el material produciendo estratificación y las partículas se trasladan sobre la superficie de la criba debido al movimiento vibratorio y a su inclinación.

Figura 9. Movimiento de partícula circular



Fuente: METZO MINERALS. Manual de trituración y cribado Metzo. Catalogo No. 2051-12-08-CBL/Tampere-Español. Finlandia: Metzo, 2008. p. 28

3.3.2 Clasificación según su inclinación. En cribas horizontales, el movimiento deberá ser capaz de transportar el material sin ayuda de la gravedad. Un movimiento rectilíneo con una inclinación de aproximadamente 45º, con relación a la horizontal, produce un componente vertical que permite la estratificación y un componente horizontal que permite el transporte.

Figura 10. Movimiento rectilíneo de la partícula



Fuente: METZO MINERALS. Manual de trituración y cribado Metzo. Catalogo No. 2051-12-08-CBL/Tampere-Español. Finlandia: Metzo, 2008. p. 30

3.3.3 Eficiencia del cribado. Una de las grandes preocupaciones en la clasificación es la eficiencia de cribado. Básicamente, la eficiencia es la calidad de separación obtenida por la criba. Una criba operando con baja eficiencia puede causar problemas graves, entre los que podemos mencionar:

- Sobrecarga del circuito cerrado de trituración– Una criba operando con baja eficiencia genera más carga recirculaste, ya que una parte del material que debería pasar por la criba retorna al circuito, reduciendo el rendimiento del triturador y sobrecargando a las cintas transportadoras y otros equipos auxiliares.
- Productos que no cumplen especificaciones. Una criba de clasificación final que opera con baja eficiencia puede generar productos contaminados con partículas de tamaños que no estén de acuerdo con las especificaciones.

La evaluación de los resultados del proceso de cribado se hace mediante la determinación de los factores de eficiencia y de la contaminación de las fracciones separadas.

Hay dos tipos de eficiencia que debemos tener en cuenta, dependiendo del producto considerado:

Eficiencia de remoción de material sub dimensionado: Cuando el producto considerado es el material retenido en la criba (sobredimensionado), es deseable tener un mínimo de material sub dimensionado. La eficiencia de remoción de sub dimensionado se calcula mediante la siguiente formula:

$$E_1 = 100 - b \text{ (1)}$$

Donde (b) = es el % sub dimensionado en el material

$$E_1 = \frac{\text{\% (o t/h) retenido en la alimentación}^*}{\text{\% (o t/h) alimentación realmente retenida}^{**}} \times 100 \quad (2)$$

- El valor obtenido mediante el análisis de alimentación
- Valor obtenido del material sub dimensionado y retenido en la criba

Eficiencia de recuperación sub dimensionado: Cuando el producto considerado es el material que pasa a través de la criba (sub dimensionado), es deseable recuperar el máximo posible de material sub dimensionado existente en la alimentación. La eficiencia de recuperación de sub dimensionado se calcula mediante la siguiente formula:

$$E_2 = \frac{\text{\% (o t/h) de alimentación que realmente pasa}^*}{\text{\% (o t/h) de alimentación que debería pasar}^{**}} \times 100 \quad (3)$$

- Valor obtenido del material retenido en la criba
- Valor obtenido mediante el análisis de laboratorio

$$E_2 = \frac{100 (a - b)}{a (100 - b)} \times 100 \quad (4)$$

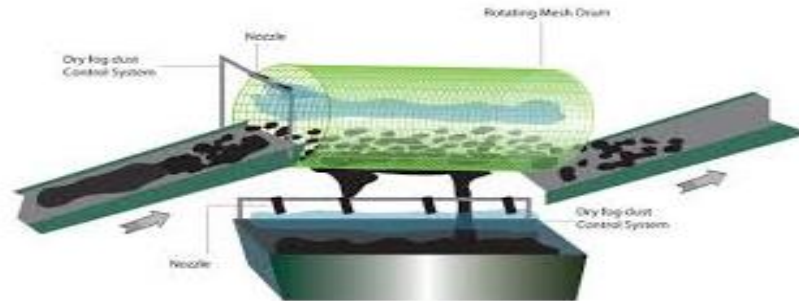
Dónde:

a= es el % en la alimentación como el % de alimentación

b= es % de sub dimensionado en el producto retenido como % de sub dimensionado

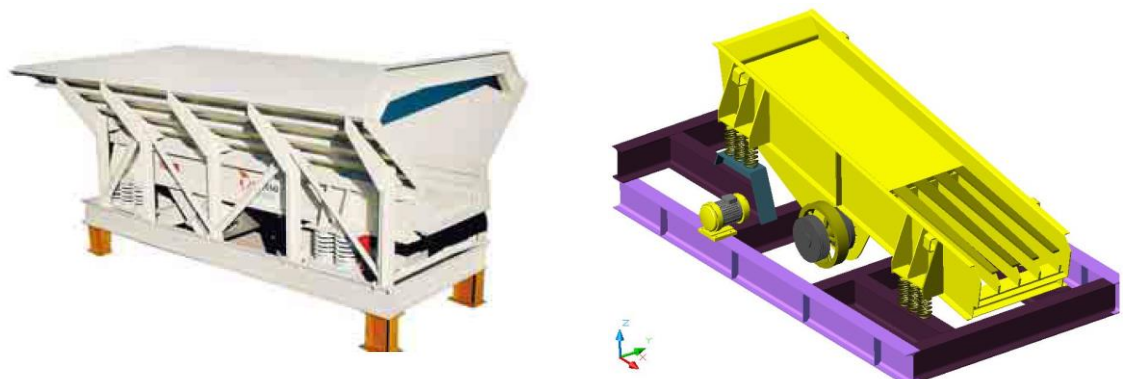
3.4 EQUIPO DE CLASIFICACIÓN TIPO TROMMEL, PARA CLASIFICADO DE FINOS Y LAVADO

Figura 11. Equipo de clasificación trommel



3.4.1 Alimentador. Principalmente es el encargado de alimentar a la trituradora primaria. Está construido robustamente para soportar la descarga de los camiones, o tolvas, o cargadores frontales. Existen varios tipos, pero el más usado en canteras de 50 a 500 ton/hora es el denominado VIBRATORIO. También cumple la función de alimentar continua y constantemente la línea de producción.

Figura 12. Equipo de alimentación tipo Grizzly



Fuente: METZO MINERALS. Manual de trituración y cribado Metzo. Catalogo No. 2051-12-08-CBL/Tampere-Español. Finlandia: Metzo, 2008. p. 36

3.4.2 Banda Transportadora. La función principal de la banda es soportar directamente el material a transportar y desplazarlo desde el punto de carga hasta el de descarga, razón por la cual se la puede considerar el componente principal de las cintas transportadoras. Las podemos clasificar en una planta de trituración, según su función principal.

Figura 13. Banda transportadora de apilado

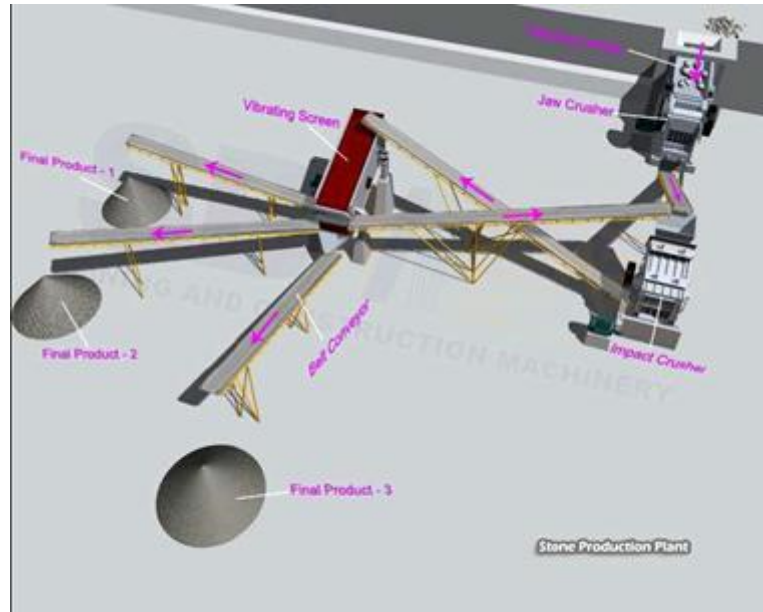


3.5 COMPOSICIÓN DE UNA LINEA DE PRODUCCIÓN

La molienda se realiza en varias etapas involucrando equipos primarios como las trituradoras primarias, molinos de barras, bolas, Es poco habitual moler el mineral en una sola etapa para obtener los rangos de tamaño necesarios en el proceso de concentración subsiguiente ya que los consumos energéticos resultan mucho más altos que cuando se reduce de tamaño en varias etapas.

- Circuito abierto: Cuando el mineral pasa a través de los molinos sin una etapa de clasificación paralela.
- Circuito cerrado: Cuando el molino trabaja con un clasificador cuyo producto grueso retorna de nuevo al molino, mientras que el fino pasa directamente a la etapa siguiente.

Figura 14. Diseño de Planta en circuito cerrado



4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

Desde el punto de vista de la ingeniería hay dos elementos que hacen el manejo de cualquier activo físico. Debe ser mantenido o modificado si se requiere. El RCM muestra que muchas de los conceptos del mantenimiento que se consideraban correctos son realmente equivocadas. En muchos casos, estos conceptos pueden ser hasta peligrosos. Por ejemplo, la idea de que la mayoría de las fallas se producen cuando el equipo envejece ha demostrado ser falsa para la gran mayoría de los equipos industriales. A continuación, se explican varios conceptos derivados del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, muchos de los cuales aún no son completamente entendidos por los profesionales del mantenimiento industrial.

En casi todos los campos de esfuerzos humanos organizados, RCM se está volviendo una herramienta fundamental para la custodia de los activos físicos de la misma manera que es la contabilidad de doble entrada para custodia responsable de los activos financieros. No existe ninguna otra técnica comparable para determinar la cantidad segura de tareas que se deben hacer para preservar las funciones de los activos físicos, especialmente en situaciones críticas o en riesgo. En creciente reconocimiento mundial del RCM, juega un papel fundamental de la administración de los activos físicos y la importancia de implementar esta herramienta correctamente.

Mantenimiento: asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga.

Mantenimiento centrado en confiabilidad: es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo que lo que los usuarios quieran que haga en su contexto operacional actual.

El proceso de RCM formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta revisar.

- ¿Cuáles son las funciones o parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones? (fallas funcionales)
- ¿Cuál es la causa de la falla funcional (Modos de falla)?
- ¿Qué sucede cuando ocurre la falla (Efectos de falla)?
- ¿En sentido es importante la falla (consecuencias de falla)?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla (tareas proactivas y Frecuencias)?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada (tareas por Omisión)?

4.1.1 Funciones y parámetros de funcionamiento. Antes de poder aplicar cualquier proceso para determinar que hacerse para que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que el usuario quiere que haga en su contexto operacional, es necesario hacer dos cosas:

- Determinar qué es lo que sus usuarios quieren que haga
- Asegurar que es capaz de realizar aquello que sus usuarios quieren que haga

Por esto en el proceso de implementación del RCM, es importante definir sus funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con sus parámetros de funcionamiento deseados, y estos se describen en dos categorías:

Funciones primarias: que en primera instancia resumen el porqué del activo. Esta categoría nos determina Velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad del producto y servicio al cliente.

Funciones secundarias: Las cuales reconoce que se espera del activo que haga más que simplemente cumplir con sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativa relacionadas con el área de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, cumplimientos de las regulaciones ambientales, y hasta apariencia del activo.

Los usuarios y los activos siempre están relacionados en cuanto sus contribuciones físicas y financieras hacen el activo para el bienestar de la organización como un todo. Para esto es importante que esté relacionado el RCM desde el comienzo. Si es hecho correctamente, este paso toma alrededor de un tercio la implementación que implica un análisis del RCM completo.

4.1.2 Fallas funcionales. Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas del funcionamiento asociados al activo en cuestión. Pero. ¿Cómo puede el mantenimiento alcanzar esos objetivos?

El único hecho que el activo no puede cumplir su función según la expectativa del usuario en una falla. Esto sugiere que el mantenimiento cumple sus objetivos al adoptar una política apropiada para el manejo de la falla. Primero debemos identificar que fallas pueden ocurrir. El proceso RCM lo hace en dos niveles:

- En primer lugar, identifica las circunstancias que la llevaron a la falla
- Luego se pregunta qué eventos pueden causar que el activo falle.

El mundo del RCM, los estados de falla son conocidos como fallas funcionales, por qué ocurre cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable. Sumado que la incapacidad total de funcionar esta definición abarca fallas parciales en las que el activo todavía funciona pero con un nivel de desempeño bajo o inaceptable (incluyendo las situaciones en las que el activo no puede mantener los niveles de calidad o precisión).

4.1.3 Modos de falla. Como se había hablado antes una vez que se identifique 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 denominan modos de falla. Los modos de falla “razonablemente posibles” incluyen aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares y que trabajan sobre el mismo parámetro, fallas que actualmente están siendo prevenidas sobre regímenes de mantenimiento existentes, así como fallas que aún no han ocurrido pero que son consideradas altamente posibles en el contexto en cuestión.

La mayoría de las listas tradicionales de modos de fallas nos referencia a las fallas causadas por deterioro o desgaste por uso normal. Para identificar e incluir la mayoría de fallas existentes se deben tener en cuenta también las fallas por errores humanos (por parte de los operarios de los equipos o por el personal de mantenimiento, errores de diseño) y también es importante identificar la causa de cada falla con el suficiente detalle para asegurarse de no perder el tiempo y esfuerzos en análisis de síntomas en lugar de causas reales.

4.1.4 Efectos de fallas. En 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 el modo

de falla. Esta descripción debería incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de la consecuencia de la falla, como tal:

- Que evidencia existe (si la hay) de que falla ha ocurrido
- De qué modo se presenta una amenaza para la seguridad o el medio ambiente
- Que daños físicos (si los hay) de que la falla ha ocurrido
- Que se debe hacer para reparar la falla

Hay que ser detallado en los efectos de falla para identificar la falla como tal y hacer mejoras en el proceso.

4.1.5 Consecuencias de la falla. Un análisis detallado de una empresa industrial promedio probablemente muestre muchos modos de fallas, y cada una de estas fallas afectan la organización de algún modo igual a los procesos de los equipos y en cada caso los efectos son diferentes y pueden afectar.

- Afectar operaciones
- Afectar calidad
- Afectar la seguridad y el medio ambiente

Todas estas para hacer reparadas tomaran tiempo y costarían dinero, es verdad que si la falla tiene grandes consecuencias se buscara el esfuerzo de intentar evitarlas, pero por otro lado si la falla es leve y no hay consecuencias graves, solo se buscara hacer un mantenimiento de rutina de limpieza y lubricación, que en muchos caso de las empresa mineras hace sin tener en cuenta que los desgasten son grandes y más adelante pasa de consecuencias leves a graves y genera un detrimento en el activo y un mayor costo en su mantenimiento o hasta reparación general.

El punto fuerte del RCM es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que las características técnicas. De hecho, reconoce que la única razón para hacer cualquier mantenimiento proactivo no es evitar la falla, sino evitar reducir consecuencias de las fallas y el proceso RCM, clasifica estas consecuencias en cuatro grupos, de la siguiente manera:

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, (la mayoría está asociadas a sistemas de protección sin seguridad inherente).

Consecuencias ambientales y para la seguridad: Una falla tiene consecuencias para la seguridad y es posible que cause daño o muerte a una persona, y puede afectar el medio ambiente si infringe alguna normativa o reglamento interno o regional.

Consecuencias operacionales: Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción, (cantidad, calidad del producto, atención al cliente o costos directos de reparación).

Consecuencias No-operacionales: las fallas que caen en esta categoría afectan la producción ni la seguridad, solo implican un costo directo de reparación.

Como vemos luego el RCM hace uso de estas categorías como base de su marco de trabajo estratégico para la toma de decisiones en el mantenimiento. Obligando a realizar una revisión de las consecuencias de cada modo de fallas en relación con las categorías antes mencionadas, donde se integra los objetivos operacionales, ambientales y de seguridad la función mantenimiento. Con esto integra las funciones seguridad y medio ambiente dentro las prioridades principales de la administración del mantenimiento.

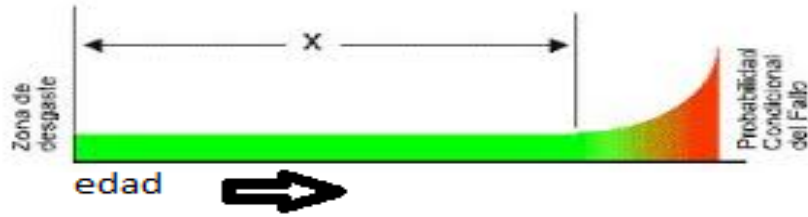
El proceso de evaluación de las consecuencias también cambia el panorama en cuanto la idea de que toda falla es negativa y debe ser prevenida. De esta manera se jerarquiza las fallas de mayor importancia sobre el desempeño de la organización, y resta importancia a las que no. También nos alienta de pensar de una manera más amplia acerca de diferentes maneras de cómo manejar una falla. Las técnicas de manejo de las fallas se dividen en dos categorías.

Tareas proactivas: estas son tareas que se realizan antes de que ocurra la falla, la que se previene que el ítem llegue al estado de falla. Y estas se conocen como tradicionalmente mantenimiento “preventivo” o “predictivo” aun que veremos que RCM, utiliza los términos reacondicionamiento cíclico, situación cíclica, y mantenimiento a condición.

Acciones a falta de: estas tratan directamente con el estado de la falla, y son elegidas cuando no es posible de identificar una tarea proactiva efectiva. Las acciones a falta incluyen búsqueda de falla, rediseño y mantenimiento a rotura.

4.1.6 Tareas proactivas. En años anteriores se creía que la mejor manera de optimizar la disponibilidad de la planta es hacer algún tipo de mantenimiento proactivo en la planta. El pensamiento de la segunda generación sugería grandes reparaciones, o reposición de componentes a intervalos fijos, la figura muestra la perspectiva de la falla a intervalos regulares.

Figura 15. Perspectiva tradicional de la falla

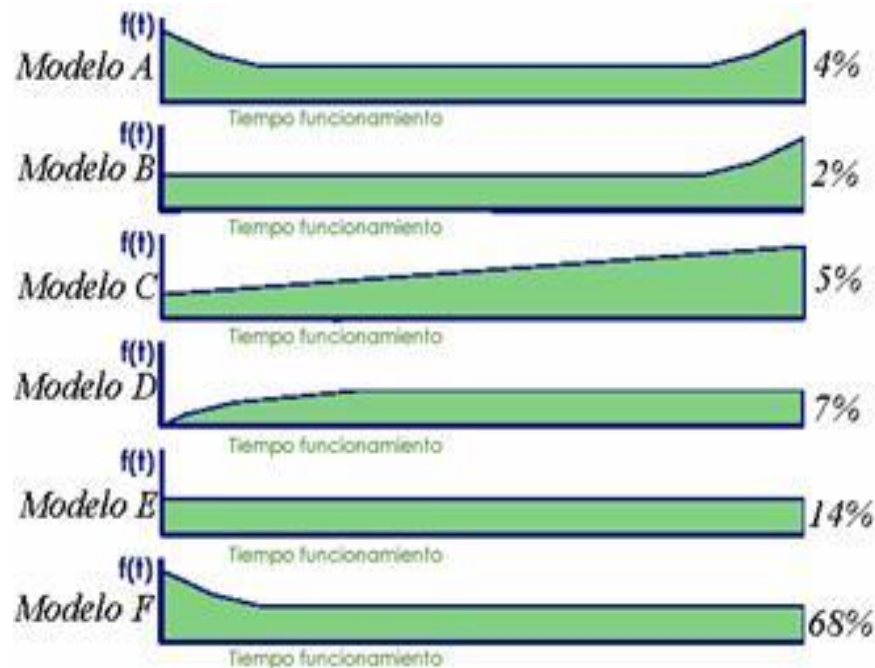


Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Edición en español, Aladon: LLC, 2004. p. 122

La figura se basa en la presunción de que la mayoría de equipos operan confiablemente por un periodo "X" y luego se desgastan. El pensamiento sugiere que extensivos de la falla, nos permiten determinar y planear acciones preventivas un tiempo antes de que ellas ocurran.

Este patrón es cierto en cuanto son algunos equipos simples y cierto ítem de complejos con modos de fallas dominantes. En características de desgaste que los equipos tienen contacto directo con el producto, como los quipos de trituración. Las fallas relacionadas con la edad frecuentemente van asociadas a la fatiga, corrosión, abrasión, y evaporación. Sin embargo, los equipos en general son mucho más complejos de los que eran hace 20 años atrás. Esto ha traído otro pensamiento en cuanto los patrones de fallas. Como lo muestra la figura.

Figura 16. Seis patrones de fallas



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Edición en español, Aladon: LLC, 2004. p. 126

Los gráficos muestran la probabilidad condicional de la falla con la relación a la edad operacional para una variedad de elementos mecánicos y eléctricos

El patrón A: es la ya conocida curva de la “bañera” Comienza con una gran incidencia de fallas (llamada mortalidad infantil) y se guía por un incremento constante o gradual de la circunstancia de la falla. Y por último la zona de desgaste.

El patrón B: muestra una probabilidad condicional de falla constante o de lento incremento. Y que termina en una zona de desgaste igual a la figura de perspectiva tradicional de falla.

El patrón C: muestra una probabilidad condicional de falla que crece lentamente, pero que no tiene una edad de desgaste claramente identificable.

El patrón D: muestra una baja probabilidad condicional de falla cuando el equipo es nuevo o recién salido de fábrica y luego en un veloz incremento a un nivel constante.

El patrón E: muestra una probabilidad condicional de falla constante en todas las edades es igual (falla al Azar)

El patrón F: comienza con una lata mortalidad infantil y finalmente cae en una probabilidad de falla constante o que asciende muy lentamente.

Estudios realizados en aeronaves demostraron que el 4% de los elementos correspondían al patrón A, un 2% al B, un 5% al C, un 7% al D, y un 14% al E y el resto que es un 68% al patrón F. El número de veces que esto ocurre en estas aeronaves no el mismo que en la industria, pero es claro que a menudo que los elementos se hacen más complejos, se encuentran más semejantes a los patrones E y F.

Estos hechos cada vez contradicen la creencia de que siempre hay conexión entre la confiabilidad y la edad operacional. Esta creencia dio origen en cuanto más seguido un ítem es reparado, menos posibilidades tiene de fallar. Actualmente esto es cierto en muy pocos casos. A menos que exista un modo de falla dominante relacionado con la edad. Los límites de edad tienen que ver poco o nada con la mejor confiabilidad de los componentes complejos. De hecho, las reparaciones pueden en realidad aumentar los promedios de fallas generales al introducir una mortalidad infantil en sistemas que de otra manera seria estables.

Muchas organizaciones han preferido en abandonar la aplicación del mantenimiento proactivo, y esto puede más acertado para las fallas menores. Pero cuando las consecuencias son importantes, algo se debe hacer para prevenir y mitigar esta falla, o al menos reducir las consecuencias. Y esto nos lleva nuevamente a las tareas proactivas, por eso RCM divide las tareas proactivas en tres categorías:

- Tareas de reacondicionamiento cíclicas
- Tareas de sustitución cíclicas
- Tareas a condición

Tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclicas: El reacondicionamiento cíclico implica refabricar un componente o reparar un conjunto antes de un límite de edad específico sin importar su condición en ese momento. De igual forma las tareas de sustitución cíclica implican sustituir un componente ante del límite de edad específico, más allá de su condición del momento.

Los conjuntos de estos dos tipos de tareas son conocidos generalmente como mantenimiento preventivo, solían ser los tipos de mantenimiento más utilizados, pero ahora por lo ya mencionado se usan mucho menos que hace 20 años atrás.

Tareas a condición: El crecimiento de nuevo tipos de tipos de manejo de falla se debe a la continua necesidad de prevenir ciertos tipos de falla, y la mayoría de nuevas técnicas se basan en el hecho que la falla da algún tipo de advertencia de los que va a ocurrir. Estas advertencias se llaman “fallas potenciales” y se definen como condiciones físicas identificables que indican que una falla funcional esta por ocurrir o está en proceso de ocurrir.

Las nuevas técnicas son utilizadas para detectar fallas funcionales y permitir actuar evitando si posibles consecuencias que surgirían si se transformara en

fallas funcionales. Esta función se llama tarea a condición porque los componentes se dejan en servicio a condición y que sigan cumpliendo su funcionamiento deseado, (el mantenimiento a condición incluye el mantenimiento predictivo, mantenimiento bajo condición y monitoreo de condición). Si son utilizados correctamente, las tareas a condición son muy buena manera de manejar las fallas, pero a la vez producen una pérdida de tiempo costoso. RCM permite tomar decisiones en esta área en certeza particular.

El RCM reconoce tres grandes categorías de acciones de falla de:

Búsqueda de fallas: las búsquedas de tarea de falla implican revisar periódicamente funciones ocultas para determinar si han fallado (mientras que la tarea basada en la condición implica revisar si algo está por fallar).

Rediseño: rediseñar implica hacer cambios de una sola vez a las capacidades de un sistema. Esto incluye modificaciones del equipo y también cubre los cambios de una sola vez de los procedimientos.

Ningún mantenimiento programado: como su nombre lo indica, aquí no se hace el esfuerzo alguno de tratar de anticipar o prevenir modos de falla y deja que simplemente la falla ocurra. Para luego repararla, esta tarea se llama mantenimiento bajo “rotura”.

4.2 EL PROCESO DE SELECCIÓN DE TAREAS DE RCM

El punto fuerte del RCM, es la manera en la que provee criterios simples, precisos y fáciles de entender, para decir cuáles de las tareas proactivas es técnicamente factible en el contexto operacional dado, (si es que existen) y para decir quien debería hacerlas y con qué frecuencia.

Si una tarea proactiva es técnicamente factible o no, está determinado por las “características técnicas de la tarea” y de la falla que pretende prevenir. Si es conveniente hacerlo o no se determina por la consecuencia de la falla. De no hallar una tarea proactiva que sea técnicamente factible y que valga la pena hacerse, entonces debe tomarse una acción a falta de la adecuada, la esencia del proceso de selección de la tarea es el siguiente:

Para fallas ocultas: la tarea proactiva vale la pena si reduce significativamente el riesgo de falla múltiple, asociado con esa función a un nivel tolerablemente bajo. Si esto es posible, se debe realizar una tarea de búsqueda de falla. De no hallarse una tarea de búsqueda de falla ósea adecuada, la decisión a falta de secundaria indicara que el componente debe ser rediseñado (dependiendo de la consecuencia de la falla múltiple).

Para fallas con consecuencias ambientales o para la seguridad: una tarea proactiva solo vale la pena si reduce el riesgo de falla a un nivel muy bajo, o directamente lo elimina. Si no se puede encontrar una tarea que haga esto entonces el componente debe ser rediseñado o cambiarse el proceso.

Si la falla tiene consecuencias operacionales: una tarea proactiva solo vale la pena si el costo total de realizarlo a lo largo de un cierto periodo de tiempo es menor al costo de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación en el mismo periodo de tiempo.

En pocas palabras se debe justificar con el valor económico, si no se justifica, la decisión falta de inicial es ningún mantenimiento programado. (Si esto ocurre las consecuencias operacionales siguen siendo inaceptables, entonces a pasar esto ninguna decisión a falta de secundaria es nuevamente a rediseño).

Si una falla tiene consecuencias no operacionales, solo vale la pena una tarea proactiva si el costo de la tarea a lo largo del periodo es menor al costo de reparación del mismo en el tiempo. Entonces estas tareas también deben tener justificación en el terreno económico. Si eso no se justifica, la decisión de a falta de inicial es también “ningún mantenimiento programado”, y si los costos son demasiados altos entonces la siguiente decisión a falta de secundario es nuevamente el rediseño.

El enfoque nos dice que las tareas proactivas solo son definidas por las fallas que realmente lo requieran, lo que de una vez lleva a las reducciones sustanciales a cargas de trabajo de rutina. Un menor trabajo de rutina significa también significa que es más probable que las tareas restantes sean realizadas correctamente. Esto sumado a la eliminación de tareas contraproducentes, lleva a un mantenimiento más efectivo.

Comparemos esto con el enfoque tradicional usado por el desarrollo de políticas de mantenimiento, antes se tenía en cuenta las características técnicas del equipo, más no su consecuencia de falla. El programa resultante es utilizado para todos los activos es igual, sin considerar que se aplican diferentes consecuencias en diferentes contextos operacionales. Eso tiene como consecuencia una pérdida de un gran número de programas desperdiciado, no porque estén mal en la parte técnica, sino porque no logran ningún resultado.

Debemos notar que el proceso RCM considerado como requerimientos de mantenimiento en cada activo antes de preguntarse si sería necesario el diseño. Esto es simplemente porque el ingeniero de mantenimiento que está a cargo hoy, debe tener el equipo como esta hoy, y no pensando que quizás más adelante en el futuro.

4.2.1 Aplicación del proceso de RCM. Antes de comenzar a analizar los requerimientos de mantenimiento de los activos físicos de cualquier organización, primero debemos saber que activos vamos a tratar y cuáles van a ser sometidos al proceso de revisión del RCM. Esto significa que debemos tener un registro de planta, si es que no existe actualmente. De hecho, la mayoría de las organizaciones poseen un registro de planta para este fin, con esto se define cuáles son los atributos más deseables para este registro.

4.2.2 Planteamiento. Si es aplicado correctamente, RCM logra grandes mejoras en la efectividad del mantenimiento, y a lo hace sorprendentemente rápido, sin embargo, la aplicación exitosa del RCM, depende del meticuloso planteamiento y preparación. Los elementos centrales del proceso de planteamiento son:

- Definir el campo de acción y los límites de cada proyecto.
- Decir cuales activos físicos se beneficiarán más con el proceso RCM, y exactamente de qué manera lo harán.
- Evaluar los recursos requeridos para aplicación del proceso de los activos seleccionados.
- En lo casos en que los beneficios justifican la inversión, decir detalladamente quien realizara y auditara cada análisis, cuando en donde y hacer los arreglos para que dichas personas reciban el entrenamiento adecuado.
- Asegurar que el contexto operacional de cada activo físico esté claramente comprometido.

4.2.3 Grupos de análisis. Se ha visto que en el proceso RCM enmarca siete preguntas ya anunciadas y que son básicas. En la práctica, el personal de mantenimiento no puede responder todas estas preguntas por si solos. Esto porque muchas de las preguntas casi la mayoría solo pueden ser dadas por personal de producción o de operaciones, esto se aplica especialmente a las

preguntas relacionadas con funciones, efectos de fallas, funcionamiento deseado, y consecuencias de falla.

Por esta razón la revisión de los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo debería ser llevado a cabo por pequeños grupos que incluyan por lo menos una persona de la función de mantenimiento, una de operaciones y otros que intervienen en la revisión. Para esto el personal encargado debe de conocer muy bien el activo y estar entrenado en RCM.

4.3 RELACIÓN DE RCM Y FMEA

El mantenimiento centrado de fiabilidad (RCM) es una herramienta de confiabilidad que se utiliza para asegurar la confiabilidad inherente diseñada de un proceso o pieza de equipo a través de la comprensión y descubrimiento de funciones de equipo, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla. Al realizar un análisis de RCM, el equipo de RCM utiliza un proceso de decisión estructurado para desarrollar tareas de mitigación para cada modo de fallo identificado durante el análisis. Al igual que los modos de fallo y análisis de efectos (FMEA), RCM se puede realizar en la fase de diseño de un proyecto. Es más comúnmente realizado en el equipo existente para desarrollar una estrategia completa de mantenimiento con la esperanza de mejorar y mantener la fiabilidad del activo. Mientras que a primera vista las dos herramientas pueden parecer similares, hay algunas diferencias muy distintas que resultarán en su esfuerzo que viene corto si usted utiliza uno en lugar del otro. Al abordar las funciones del equipo, es un requisito de RCM dirigir no sólo la función del activo, sino también los estándares de funcionamiento que debemos mantener. Las funciones de FMEA se escriben a menudo en un nivel más alto y no abordan los estándares de rendimiento.

Los modos de fallo del RCM se escriben a un nivel más detallado, abordando la parte, el problema y la causa específica del fallo (el cojinete del motor de la bomba de combustible incautado debido a la falta de lubricación). El detalle de los modos de fallo de RCM es necesario para descubrir la tarea de mitigación correcta. Los modos de fallo FMEA se escriben a un nivel mucho más alto (el motor de la bomba de combustible no funciona) y se escriben en este nivel porque el proceso FMEA fue diseñado para evaluar el riesgo en la fase de diseño.

RCM utiliza un proceso de decisión estructurado para determinar una tarea para eliminar, detectar, reducir la frecuencia de ocurrencia o reducir las consecuencias de cada modo de fallo específico. Al hacerlo, la salida del análisis RCM se convierte en una estrategia completa de mantenimiento que está diseñada para asegurar y mantener la confiabilidad inherente diseñada del activo. FMEA no fue diseñado para desarrollar tareas de mantenimiento; En su lugar, busca mitigar el riesgo de un modo de fallo a través de una acción recomendada que ocurriría en la fase de diseño del activo.

Un buen proceso de RCM también se ocupa de lo que se debe hacer si no hay una tarea de mantenimiento aplicable o efectiva o un rediseño para abordar cada modo de falla. Aquí buscamos reducir el tiempo medio de recuperación de fallas (MTTR) mediante la identificación e implementación de tareas de reducción de consecuencias (planes de trabajo detallados y evaluación de piezas de repuesto). Esto no se aborda como parte de FMEA.

RCM, fue diseñado para descubrir y evaluar todos los tipos de modos de fallo, incluyendo los modos de falla que consideran el contexto operativo y el entorno, así como los modos de fallo basados en procesos. Como resultado, es importante entender que los mejores facilitadores RCM están certificados en una metodología dada. Esta certificación asegura que el facilitador tiene tanto conocimiento como experiencia en el proceso de RCM y tiene el mismo nivel de comprensión y

experiencia en técnicas y métodos de mantenimiento (predictivo y preventivo). FMEA, por otra parte, es una herramienta de ingeniería diseñada para reducir el riesgo antes de instalar el activo.

4.4 FMEA - ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS

El mantenimiento centrado en fiabilidad (RCM) ha estado en uso durante muchos años, pero se utiliza con mayor frecuencia como un enfoque estructurado y programático para mejorar el programa de mantenimiento de una organización desde una perspectiva de confiabilidad. El reto es si este enfoque estructurado y programático es un partidario o un detractor a la plena implementación del enfoque de RCM.

En los últimos años, RCM se ha convertido en una palabra de moda. Todo el mundo quiere saltar en el carro y quieren hacer RCM. Muchos ejecutivos de gestión, que han oído el nombre de RCM, piensan RCM es una panacea para todos sus problemas de mantenimiento. Ellos creen que si hacen RCM, resolverá todos sus problemas y su equipo se convertirá automáticamente en más confiable. De hecho, varios estudios han indicado que la mayoría de los programas de RCM fallan, ya sea en la falta de implementación o en no lograr los beneficios esperados. No es que RCM es malo; Es cómo se implementa, incluyendo la compra necesaria no sólo de la administración sino, lo que es más importante, de la fuerza de trabajo.

Muchas organizaciones intentaron implementar RCM en los 80s y 90s y nunca verdaderamente éxito. Muchos encontraron que la percepción acerca de RCM fue uno de los mayores desafíos. RCM fue percibido e inapropiadamente retratado para ser una cura para todos los males de mantenimiento. Algunos de los expertos de la materia de RCM (PYMES) insistieron en hacer un FMEA completo, buscando

todos los modos de falla (hasta un solo tornillo no crítico), lo que obviamente lleva un poco de tiempo y recursos. En algunos casos, un análisis RCM no es un buen ajuste, ya que puede ser obvio lo que la estrategia de mantenimiento debe ser (sólo ejecutar al fracaso).

Otro reto de RCM es la percepción de que es simplemente otro programa. Con todos los programas a lo largo de los años - la gestión de la calidad total (TQM), muchas organizaciones no entendieron que RCM es un proceso vivo. En cambio, pensaron que era sólo otro programa del mes. Por lo tanto, le dieron uso y aplicación del servicio mientras lo hicieron, a medio camino implementado los cambios, y regresó a sus viejas maneras de hacer las cosas una vez que el asesor de RCM izquierda o el gerente de nivel superior se trasladaron a cosas más grandes y más brillantes. Puesto que muchas organizaciones promocionaron a RCM como un programa y lo funcionaron como uno, completo con un encargado del programa / de proyecto, RCM fue el camino de muchos.

Otras organizaciones han adoptado un enfoque diferente. Después de unos pocos fracasos y varios éxitos en la implementación de RCM, se enteró de que no se puede hacer cumplir a RCM en su sentido más puro o la forma clásica como recomienda algunos consultores. Lo que buscamos es mantener el equipo funcionando, manteniendo sus funciones a un costo óptimo. En su lugar, realizan esfuerzos optimizados de optimización de RCM o PM para mejorar el programa de mantenimiento. A veces, realizan FMEA en grupos de diferentes tipos de equipos para obtener la mayoría de reducción de costos. Y otros no lo llaman RCM (debido al mal gusto en la boca de algunas personas) y se centran en la parte FMEA del proceso RCM como una herramienta importante en el cambio de su programa de mantenimiento para mejor. Hacer estas cosas normalmente cuesta menos y muestran más beneficios para las organizaciones.

4.4.1 Los beneficios del FMEA. Los análisis de los modos de falla y los efectos han estado en uso durante muchos años en la comunidad de M & R debido a su efectividad y aplicación exhaustiva en muchas industrias, así como las fases de los ciclos de vida de producto, activo y facilidad.

El proceso básico involucra una serie de pasos importantes para completar un FMEA de valor agregado, independientemente del tipo o propósito de ese FMEA. Además, puede haber varios pasos menores dentro de cada uno de estos pasos principales. Una vez que se ha establecido un equipo FMEA, el primer paso es el alcance del esfuerzo FMEA, lo que proporciona una mayor probabilidad de completarlo con éxito. A continuación, el equipo define las interfaces del esfuerzo FMEA enfocado para que los efectos puedan ser identificados. A continuación, se definen los principales componentes del enfoque FMEA (y se desglosan según sea necesario), junto con cada uno de sus modos de fallo, las causas raíz, los indicadores de falla, las criticidades de fallo, las probabilidades de fallo y los efectos utilizando ambas experiencias de miembros del equipo con FMEA Así como cualquier historial de fallas disponible.

Algunos de los esfuerzos más tradicionales de FMEA se detienen aquí. Sin embargo, hemos visto que los esfuerzos FMEA más efectivos toman este análisis y agregan a él las tareas de mitigación y las frecuencias para cada uno de los candidatos característicos clave e identifican las tareas de mitigación seleccionadas para implementar, asegurando que las tareas de mitigación seleccionadas realmente proporcionen valor detectando fallas en El inicio de su modo de falla o evitar que se produzca un fallo en primer lugar. La clave del éxito de este proceso FMEA está en su aplicación: aplicar sólo el paso individual, así como el detalle de este paso, según sea necesario para el esfuerzo FMEA específico

Probablemente el uso más común de FMEA es para el desarrollo de la estrategia de mantenimiento para una pieza específica de equipo, línea de productos o instalación. Los pasos anteriores se utilizan para identificar los fallos más probables, no necesariamente todos los fallos. Por supuesto, el número de fallas dentro de este análisis depende de la importancia del enfoque FMEA. Una vez que se han seleccionado las tareas de mitigación adecuadas, la documentación formal de estas tareas ha demostrado ser un factor clave para una implementación exitosa de las tareas. Este documento formal es la base para un mantenimiento predictivo óptimo (PDM) y un plan de mantenimiento preventivo (PM). Este plan de mantenimiento óptimo debe identificar cualquier tarea de mantenimiento que se esté realizando actualmente, ya que esto afectará el plan de implementación.

Por último, este documento formal también debe incluir cualquier recambio o formación especializada necesaria para el personal (operaciones y mantenimiento) para ejecutar el plan de mantenimiento. Cuanto más formal sea este documento en su organización (por ejemplo, un documento de proceso certificado por ISO), más probable será que el documento se siga una vez implementado. Este documento debe convertirse en uno vivo, al igual que FMEA, para que el programa general de mantenimiento de esa organización tenga éxito.

4.4.2 Propósito de aplicación de FMEA. Mediante un estudio, lógico, sistemático y estructurado los principales propósitos de FMEA son:

- a) Examinar cada elemento o parte constitutiva de un sistema identificado, listando y evaluando posibles fuentes indeseadas de fallas de componentes.
- b) Determinar y evaluar el grado de severidad de los efectos o consecuencias locales, sobre la operación del sistema completo.
- c) Determinar las causas o mecanismos del origen de la falla

- d) Identificar acciones correctivas que podrían prevenir, eliminar o mitigar posibles fallas potenciales, aquellas fallas que tiene muy considerable probabilidad de ocurrencia.
- e) Identificar controles que mejoren la posibilidad de detectar fallas tempranas.
- f) Documentar todo el proceso desarrollado.

Una parte de FMEA también es analizar la criticidad, involucrando cual tan perjudicial son los efectos de modo de falla sobre la operación del sistema, la cual se estima con niveles de ocurrencia y severidad los diferentes efectos de falla.

Cuando la criticidad es considerada en un FMEA, el nombre es cambiado al análisis de modo de falla, efectos y criticidad FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis), y una adicional es añadida en el procedimiento de tabular del FMEA. Hoy en día, el FMEA es a menudo usado intercambiabilmente con el análisis de modos de fallas, efectos y criticidad FMECA, la distinción entre los dos términos ha sido empañada, en este documento, donde el termino FMEA abarca todo un general en cuanto FMEA y FMECA.

4.4.3 Características generales de FMEA.

Sistematización: El enfoque estructurado que sigue para la realización FMEA asegura prácticamente, todas las posibilidades de modos de fallo sean considerados.

Metodología inductiva (Bottom – Up): La lógica inductiva en la que se basa FMEA, permite generar forma de razonamientos generales a casos particulares, a diferencia del método educativo, (Top- Down) FTA, asume casos específicos sobre la falla, en la operación general del sistema.

Estandarizada: Tras su aparición en los años 50, s varias normas han sido desarrolladas para su correcta ejecución, de las cuales se destaca las normas MIL- STD 1629A, QS- 9000, SAE J-1739, entre otras.

Cualitativa y cuantitativa: En FMEA es una técnica que genera descripciones cualitativas de problemas potenciales de funcionamiento. (Modos de falla/ Causa Efecto), también como listas de recomendaciones para mitigar riesgos, además puede promover estimulaciones cuantitativas de frecuencia de fallas.

Carácter preventivo: El hecho de anticiparse a la ocurrencia de fallo en los productos, servicios, procesos, o sistemas permite actuar con carácter preventivo ante los posibles problemas.

Guía en la priorización: La metodología FMEA, permite priorizar las acciones necesarias para anticiparse a los problemas, dando criterios para resolver conflictos entre acciones con efecto contra opuesto.

Participación: La realización de un FMEA es un trabajo en equipos, que requiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas.

Aplicación: Es aplicable en todo sistema bien definido, actualmente es utilizado en las empresas que presenten seguridad critica debido en los altos riesgos en la operación de sistemas, cambios en procesos y principalmente en la prevención e identificación de los fallos de sistemas.

En los últimos años, las organizaciones han comenzado a incorporar FMEA como una parte integral de la inversión de capital y otros esfuerzos de diseño. Aunque el uso de FMEA en esta parte del enfoque general del ciclo de vida de los equipos e instalaciones ha estado ocurriendo por un corto período de tiempo, los frutos de una mirada FMEA en el equipo durante la fase de diseño ya están cosechando

beneficios y permitiendo activos a largo plazo Salud, especialmente en ambientes presupuestarios cada vez más reducidos. Los beneficios del FMEA se han visto no sólo en la reducción del potencial de fallas (reducción del número de componentes y partes móviles), sino también en la introducción de oportunidades de tecnología PDM (incluyendo la instalación de ventanas de infrarrojos en el diseño de equipos de control de motores) Del programa de mantenimiento (tanto PDM / PM como decisiones proactivas de funcionamiento a fallo). Al igual que con el desarrollo de la estrategia de mantenimiento, la elección del nivel correcto de FMEA para un diseño en particular es importante para tener un proceso de diseño rentable con un sabor de mantenimiento.

En el ámbito del mantenimiento, cualquiera sea la rama de la industria, es habitual encontrar abundancia de especialistas con sólidos conocimientos y experiencia en resolver diferentes problemas de campo. Sin embargo, sin embargo, se hace a veces si las herramientas adecuadas para orientar los recursos y esfuerzos necesarios en reducción de los costos y el riesgo. En general, no se reconoce en el mantenimiento la importancia de la medición de resultados, el registro de datos sistemáticos y ordenados bajo un único criterio como instrumento para administrarlo como un negocio. La falta de uso continuado de registros de los fallos o paradas repentinas del equipo, imposibilita establecer mecanismos adecuados de comparación de los indicadores con aquellos de clase mundial.

En muchas mucha de las compañías se percibe la falta de rigor en la recolección y registros de estos datos que permitan alimentar esos cálculos, elementos fundamentales para la administración y toma de decisiones. En el mercado hay diferentes softwares que permiten en teoría resolver conflictos, pero no planean lo básico y que es la administración de la información, como guardar la información, como clasificarla, y como relacionarlas una con otras. Y de estos se deriva que la obtención de los cálculos y análisis no se relacionen adecuadamente y el problema de interpretación y reproducibilidad no se manejen adecuadamente.

La falta de criterios estrictos y límites de adoptar, su uso e implementación en operación del mantenimiento y las circunstancias de que los índices no pueden ni deben ser aislados, sino que necesitan de otros que los complementen.

Las Normas ISO 14224, SAE 1739 / 1011 (RCM), son herramientas que pueden apoyar y cubrir en gran parte los puntos antes mencionados. La Norma ISO 14224 es una herramienta para registrar eventos y experiencias. Se llega a la conformación de una base de datos. Aplicando conceptos conocidos, con límites y jerarquías preestablecidos mediante un proceso estructurado en forma esencial y limitado en las posibilidades de calificación y ponderación de los eventos del mantenimiento. La norma ISO 14224, contiene en forma predefinida esta información, clasifica los equipos por jerarquías para saber: Clases/ Tipos/Sistemas/ Subsistemas/Componentes y son ítems Mantenible.

4.5 NORMA ISO 14224 SEGÚN OREDA

Esta norma internacional brinda una base para la recolección de datos de confiabilidad y mantenimiento en un formato estándar para las tareas de perforación, producción, refinación, transporte de petróleo y gas natural, con criterios que pueden extenderse a otras actividades de la industria y sus decisiones son tomadas del RCM.

Presenta los lineamientos para la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos que permitan (cuantificar la confiabilidad de equipos) y compararla con la de otros equipos de características similares.

Para los parámetros sobre confiabilidad pueden determinarse para el uso en las fases de (Diseño Montaje, Operación y Mantenimiento).

Los principales de la norma internacional son:

a) Especificar los datos que serán recolectados para el análisis de:

- Diseño y configuración del sistema
- Seguridad, confiabilidad y disponibilidad de los sistemas y plantas
- Costo de ciclo de vida
- Planteamiento, optimización y ejecución del mantenimiento

b) Especificar los datos en un formato normalizado a fin de:

- Permitir el intercambio de datos entre plantas
- Asegurar que los datos sean confiables y de calidad suficiente, para el análisis que se pretende realizar.

Si bien la norma está dirigida al registro de fallas, son de gran importancia las disponibilidades de aplicación que presenta para definir los datos y jerarquías de los equipos de operación. Como también la clasificación de la jerarquía de las fallas. Parte desde el modo de falla (pérdida de la función) hasta el detalle de la causa de la falla y el componente (ítem mantenible para la norma), que provoca el evento.

FMEA llega a los modos de fallas partiendo de la supuesta falla de un componente. Considerando que los componentes son perfectamente identificables, la supuesta falla total o parcial de cada uno nos lleva directamente a todos los modos de falla potenciales (pérdida de la función). Los responsables de las pérdidas de las funciones de los equipos (sistemas), son los componentes (ítems mantenibles para las ISO 14224).

Si se identifican desde un principio los modos de falla estándar para cada tipo de equipo, definidos bajo el parámetro netamente operacional, y se listan los sistemas y subsistemas, componentes (ítem mantenibles), causa de fallas y

descriptores de falla. Y se recorre en forma sistemática e esta secuencia ordenada, difícilmente puede quedar afuera una falla que afecte las funciones del equipo. La Norma ISO 14224 toma la maquina dividiéndola de mayor a menor jerarquía o grado de detalle:

- Clases
- Sistemas
- Subsistemas
- Ítem mantenible
- Componente de detalle (un grado ultimo de división, opcional)

Figura 17. Unidad de equipo, subunidad y parte mantenible

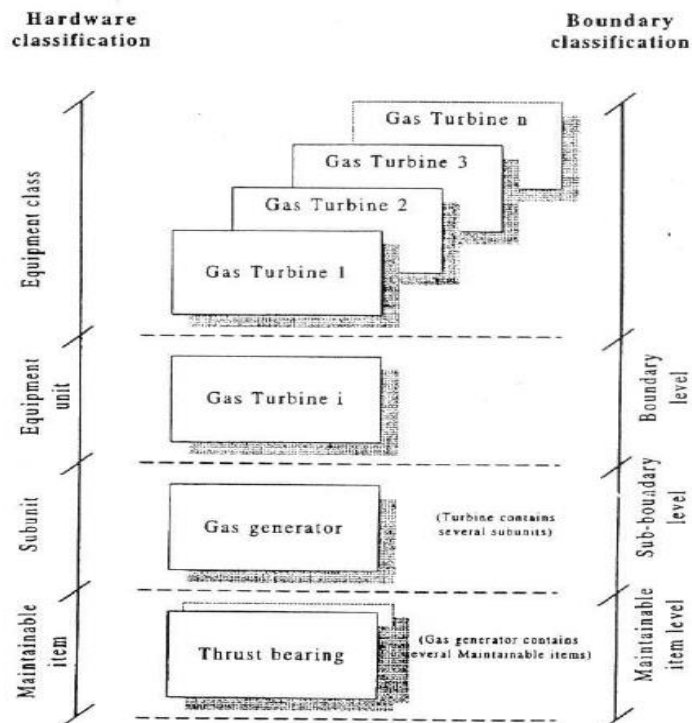


Figure 2 — Example of equipment hierarchy

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Edición en español, Aladon: LLC, 2004. p. 145

5. DESCRIPCION DE LA EMPRESA ASA CONSTRUCCIONES SAS

Asa Construcciones SAS, es una empresa con más de 4 años de experiencia en diversas construcciones, nuestro propósito es facilitar a nuestros clientes la realización de sus proyectos con la ayuda de nuestros profesionales a cargo.

Contamos con un grupo de trabajo comprometido y profesional en la ejecución de diversas construcciones, nos caracterizamos por manejar distintos tipos de materiales en diferentes superficies y ámbitos.

Nuestro sistema de contratación se efectúa con un acuerdo por escrito donde se detalla claramente punto por punto lo acordado, pero con flexibilidad y predisposición a cambiar o reinventar alguna idea. Nuestra evaluación en el mercado nos permite proponer un precio accesible y razonable de acuerdo al nivel de construcción a realizarse.

Construcción: Diseño, Proyecto o Construcción de cualquier tipo de Obras ya sean públicos o privados, mediante la utilización de cualquier sistema de construcción y de toda clase de materiales. Representaciones Nacionales e Internacionales consignaciones y mandatos. Realización de todo tipo de Obras viales, construcción de gasoductos, oleoductos, acueductos y tendido de redes.

5.1 MISIÓN

ASA CONSTRUCCIONES S.A.S. es una empresa dedicada a la CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES para el sector público y privado. Buscar generar desarrollo de la ciudad de Barrancabermeja y Departamento de Santander, a través del uso de mano de obra de la ciudad, comprando a

proveedores de la zona de influencia de la empresa, y manteniendo en buen estado la infraestructura administrativa y operativa de la empresa.

5.2 VISIÓN

ASA CONSTRUCCIONES S.A.S. a través del mejoramiento continuo, especialmente de su grupo humano e infraestructura, elevar permanentemente la calidad de su gestión para consolidarse para el año 2017 dentro del grupo de las cuatro mejores empresas Constructoras del Barrancabermeja en su ramo y para el 2020 ser reconocida a nivel nacional por la calidad de sus servicios y prevención de accidentes de trabajo, enfermedades profesionales y prevención de la contaminación

5.3 POLÍTICA CALIDAD ISO 9001:2008

ASFALTOS AGREGADOS Y CONSTRUCCIONES – ASA CONSTRUCCIONES SAS presta servicios de construcción de obras civiles. Estamos comprometidos con el cumplimiento de requisitos del cliente, legales y normativos, con la mejora continua de la eficacia del Sistema de Gestión Integral HSEQ, a través del uso de proveedores confiables, realizando las obras en el tiempo previsto, realizando el mantenimiento preventivo a los equipos de la organización, manteniendo un alto desempeño del personal contrato en la empresa. De esta manera lograr la viabilidad económica de la empresa y la participación en el mercado.

6. INFORMACIÓN TÉCNICA PLANTA DE TRITURACIÓN PORTÁTIL IMPACTOR (CEC 133 X 152)

La planta de doble impacto de la CEC es una planta de trituración para el operador móvil y la planta estacionaria. Esta planta trabaja diferentes materiales a triturar como son:

- Piedra caliza con una alimentación de menos de 24",
- Grava con una alimentación de Menos de 18"
- Basalto con una alimentación de 24 "menos.
- Reciclado de concreto con una alimentación de 36" x 24 "x 12". La relación de reducción es de un máximo de 25 a 1.
- La planta tritura 200 a 500 toneladas por hora dependiendo del producto de alimentación.

Figura 18. Planta portátil CEC (CEC 133 X 152)



Fuente: CONSTRUCTION EQUIPMENT Co. Dual-Unit-Track-Mobile-Impactor. Oregon: CEC, 2017. 3 p.

Esta planta tiene un alimentador vibrante de 52 " de ancho y 20 ' de largo con 6' de barras de grizzly y una segunda cubierta bajo la pantalla de rechazo de grizzly para exceso de finos. Con una tolva de 8 m3 en total para alimentación del molino

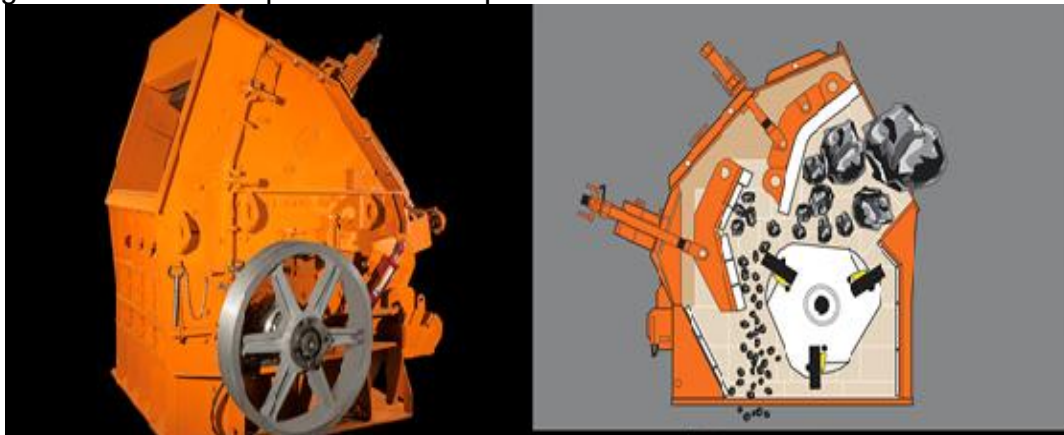
Figura 19. Grizzli alimentador Marca CEC



Fuente: CONSTRUCTION EQUIPMENT Co. Dual-Unit-Track-Mobile-Impactor. Oregon: CEC, 2017. 3 p.

El impacto tiene 60 " de ancho y tiene una abertura de alimentación de 30" x 60". Tomará una alimentación de hasta 24 "x 36" x 12 "en concreto sin ningún problema.

Figura 20. Molino Impactor CEC de pantallas



Fuente: CONSTRUCTION EQUIPMENT Co. Dual-Unit-Track-Mobile-Impactor. Oregon: CEC, 2017. 3 p.

- Impactor hidráulicamente abierto para servicio
- Rotor - rock & recycle style
- Cuatro segmentos de rotor
- Dos cortinas
- Hung gravity
- Ajuste de cortina fácil
- Limpieza hidráulica de la cortina
- Juego cierre bloqueado retenido

CEC recomienda el dimensionamiento de las barras de refuerzo de alimentación y recortado. Esto hará que sus trituradoras funcionen a una velocidad constante, incluso aplastante. Alimentación constante y uniforme produce un producto final superior. Los impactores de la marca CEC tienen barras de soplo extragrandes y un sistema de bloqueo patentado de la barra del golpe del cambio fácil. Las barras de golpe grande y pesado permiten una RPM más baja y reducen el desgaste de la trituradora.

Figura 21. Zaranda clasificadora de 3 niveles



Fuente: CONTRUCTION EQUIPMENT Co. Dual-Unit-Track-Mobile-Impactor. Oregon: CEC, 2017. 3 p.

CEC tiene compensación hidráulica para aliviar la longitud y el tamaño de taponamiento. El impactor está propulsado por un motor Cat. C-15 de 460 CV, utiliza un embrague hidráulico americano que se ajusta automáticamente y un sistema de acoplamiento que no le permitirá hacer funcionar el embrague por encima de las RPM recomendadas.

La planta de malla de CEC se construye con transportadores que cierran el impactor y la pantalla juntos en circuito cerrado.

6.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA

El Equipo Portátil CEC 133 X 152 Impacto, cuenta con una línea de trabajo que está montada en 2 chasises de 11 metros cada una y en cada sección, tiene una distribución de diferentes equipos que conforman el sistema primario de trituración y clasificación portátil. La distribución total la podemos determinar de la siguiente forma:

Tabla 1. Sistema primario bloque I

BLOQUE I	DESCRIPCION
CH0016	CHASIS No. 1
TV0016	TOLVA DE ALIMENTACION PARA CAPACIDAD 13 m3
AL0016	ALIMENTADOR VIBRATORIO 52" X 20' X 6´
MO0016	MOLINO IMPACTOR CEC
MT0016	MOTOR CAT DETROIT CUMMINS C-15 POWER 460 HP
BA0016	BANDA TRANSPORTADORA PRICIPAL SALIDA MOLINO DE 36"
BA0216	BANDA DE RETORNO DE 30" COMPLEMENTARIA
MT0216	MOTOR DE ALIMENTADOR SIEMENS 25 HP A 1800 rpm
MT0316	MOTOR BANDA PRICIPAL DE 36 " SIEMENS 20 HP A 1800 Rpm
MT0416	MOTOR BANDA DE RETORNO 30 " SIEMENS 20 HP A 1800 Rpm
SI0016	SISTEMA HIDRAULICO DE GRADUACION Y APERTURA MOLINO

Tabla 2. Sistema Primario Bloque II

BLOQUE II	DESCRIPCION
CH0216	CHASIS No. 2
ZD0016	ZARANDA CLASIFICADORA 2 NIVELES
BA0316	BANDA COMPLEMENTARIA SALIDA MOLINO 36"
BA0416	BANDA SALIDA ZARANDA 30"
BA0516	BANDA COMPLEMENTARIA DE RETONO 30"
BA0616	BANDA No.1 APILADORA RADIAL DE 24" material 3/4
BA0716	BANDA No.2 APILADORA RADIAL DE 24" material 1/2
MT0516	MOTOR SIEMENS ZARANDA 25 HP A 1800 Rpm
MT0616	MOTOR SIEMENS BANDA DE RETORNO 30 " A 20 HP Y 1800 Rpm
MT0716	MOTOR SIEMENS BANDA SALIDA ZARANDA 30 " A 20 HP 800 Rpm
MT0916	MOTOR SIEMENS BANDA APILADORA RADIAL 24" 15 HP1800 Rpm
MT0916	MOTOR SIEMENS BANDA APILADORA DE 24 " A 15 HP 1800 Rpm

7. DETERMINACION DEL GRADO DE SEVERIDAD, FRECUENCIA Y DETECTABILIDAD EN FMEA A ANALIZAR

7.1 EVALUACIÓN DEL GRADO DE FRECUENCIA (OCURRENCIA) DE FALLA

Una vez que los posibles mecanismo y causas de falla sobre los sistemas que han sido documentados y sobre todo que se logre establecer una secuencia de falla, que inicia desde el elemento FMEA hasta la causa de falla identificada, se necesita asignar un rango de evaluación de frecuencia u ocurrencia de la causa sobre la misión por cada modo de falla.

La evaluación de la frecuencia es un método para asignar subjetivamente a una tasa de fallos a un elemento o conjunto o equipo. Cada paso en la evaluación corresponderá a una tasa de fallos estimado basado en la experiencia del evaluador con equipos similar basado en ambientes similares.

Según lo antes mencionado, una tasa de fallos ocurrida puede ser una referencia cruzada a una evolución de la ocurrencia de tal forma que permite un análisis completo de un sistema que no tenga información de tasas y modo de fallos sobre cada dispositivo.

Cuando los datos de la tasa de fallo son conocidos y se utiliza este tipo de análisis, agregan no solo merito a la evaluación para el equipo como dato de falla, sino que agregan merito a las evaluaciones de la frecuencia de un equipo desconocido, proporcionando patrones de referencia dentro la escala de evaluación. Estos valores establecerán el nivel cualitativo de la probabilidad de la falla para la entrada de un formato de la hoja de trabajo de FMEA. Ajustar las tasas de fallas para que haya un uso particular, horas, días, ciclos, años. Este índice de frecuencia se puede determinar utilizando esta tabla.

Tabla 3. Criterio de evaluación de frecuencia para sistemas en general

VALOR	CRITERIOS DE EVALUACION DE FALLA
10	1/10 Tasa muy alta de falla. Casi seguro de causar problemas
9	1/20 Tasa muy alta de falla. Casi seguro de causar problemas
8	1/50 Tasa alta de falla. Similar al ultimo diseño teniendo fallas frecuentes que causaron problemas.
7	1/100 Tasa alta de falla. Similar al ultimo diseño teniendo fallas frecuentes que causaron problemas.
6	1/200 Tasa de fallas alta a moderada. Similar al ultimo diseño, teniendo tasas moderadas de falla para determinados volúmenes/cargas
5	1/500 Tasa de fallas alta a moderada. Similar al ultimo diseño, teniendo tasas moderadas de falla para determinados volúmenes/cargas
4	1/1000 Tasa ocasional de fallas. Similar al ultimo diseño que ha tenido tasa de fallas similares para determinado volumen/carga
3	1/2000 Tasa baja de falla basada sobre diseño similares para determinado volumen/carga
2	1/5000 Tasa muy baja de fallas. Similar al ultimo diseño que ha tenido tasas bajas de fallas para determinado volumen/cargas
1	1/10000 Probabilidad remota de ocurrencia: Irrazonable contar con la ocurrencias de fallas

7.2 EVALUACIÓN DEL GRADO DE SEVERIDAD DE EFECTOS DE FALLA

Después de todos los modos, causas de falla, sus correspondientes efectos sobre el sistema hayan sido documentados, ahora el equipo de FMEA necesita asignar rangos de evaluación de severidad del efecto de la misión de cada fallo.

Una clasificación de la severidad debe ser asignada a cada efecto nivel del sistema. una evaluación más baja indica un efecto menos severo de la falla. Una graduación más alta indica un efecto más severo en la falla. Las clasificaciones de severidad proporcionan una medida cualitativa las peores consecuencias potenciales resultado de la falla de un elemento.

Una clasificación de la severidad de la falla se asigna a cada artículo y a cada modo de la falla. Este índice de severidad puede estar estimado sobre esta tabla.

Tabla 4. Criterio de evaluación de severidad para un sistema en general

VALOR	CRITERIOS DE EVALUACION SEVERIDAD EFECTO DE FALLA
10	Peligro Potencial de seguridad, salud o cuestion ambiental. La falla podria ocurrir sin advertencia
9	Peligro Potencial de seguridad, salud o cuestion ambiental. La falla podria ocurrir sin advertencia
8	Muy Alto Alta interrupcion a la capacidad de la funcion. Toda la mision se pierde. Atraso significativo en restaurar la funcion
7	Alto Alta interrupcion a la capacidad de la funcion. Alguna parte de la mision se pierde. Atraso significativo en restaurar la funcion
6	Moderado Alto Moderada interrupcion a la capacidad de la funcion. Alguna parte de la mision se pierde. Atraso moderado en restaurar la funcion
5	Moderado Alto Moderada interrupcion a la capacidad de la funcion. 100% de la mision puede necesitar adaptarse o proceso de retraso
4	Bajo o Moderado Moderada interrupcion a la capacidad de la funcion. Alguna parte de la mision podria necesitar adaptarse o proceso retrasado
3	Bajo Menor interrupcion a la capacidad de la funcion. La reparacion de la falla puede ser mas larga que el reporte del problema pero no retrasa la mision
2	Muy Bajo Menor interrupcion a la capacidad de la funcion. la reparacion de la falla puede acabada durante el reporte del problema.
1	Ninguno No hay razon para prever que la falla tenga cualquier efecto sobre la seguridad, salud,el ambiente o la mision

7.3 EVALUACIÓN DEL GRADO DE DETECCIÓN DE FALLA

El concepto es esencial del FMEA, aunque como se ha dicho es novedoso en los sistemas simplificados de riesgo de accidente. Si durante el proceso se produce un fallo o cualquier “output” defectuoso, se trata de averiguar cuan probable es el que no lo “detectemos”, pasando las etapas anteriores, generando los consiguientes problemas y llegando al último término a afectar al cliente o usuario final. Cuando más difícil sea detectar el fallo existente y más se tarde en detectarlo, mas importantes pueden ser las consecuencias del mismo.

Se hace necesario aquí puntualizarlo que la detección significa control, pues puede controles muy eficaces, pero si finalmente una pieza defectuosa llega al cliente, ya sea por un error u omisión, la detección tendrá un valor alto. Aunque está claro que para reducir este índice solo se tiene dos opciones:

- Aumentar los controles. Esto puede aumentar los costos en una regla no prioritaria en los métodos de calidad de prevención.
- Cambiar el diseño para facilitar la detección

Una vez que todos los métodos de detección han sido documentados en el FMEA. Es necesario asignar un rango de evaluación de detectabilidad por cada modo de falla, esta tabla nos brinda un direccionamiento para tal evaluación.

Tabla 5. Criterio de evaluación de detección para sistemas en general

VALOR	CRITERIOS DE EVALUACION DETECCION DE FALLA
10	Casi Imposible Ningun Control(s) conocido disponible para detectar la falla
9	Muy Remoto Probabilidad muy lejana del control(s) actual detectara el modo de falla
8	Remoto Probabilidad alejada del control(s) actual detectara el modo de falla
7	Muy bajo Probabilidad muy baja del control(s) actual detectara el modo de falla
6	Bajo Probabilidad baja del control(s) actual detectara el modo de falla
5	Moderado Probabilidad moderada del control(s) actual detectara el modo de falla
4	Moderado Alto Probabilidad moderadamente alta del control(s) actual detectara el modo de falla
3	Alta Probabilidad alta del control(s) actual detectara el modo de falla
2	Muy Alta Probabilidad muy alta del control(s) actual detectara el modo de falla
1	Casi Segura Casi seguro que el control actual detecta el modo de fallo. Controles confiables son conocidos con procesos similares

7.4 IDENTIFICACIÓN DE MÉTODOS DE DETECCIÓN

Este método o actividad por la cual la falla es descubierta. Esta información es vitalmente importante cuando se evalúa el efecto de mantenimiento, por ejemplo, para distinguir entre fallas descubiertas por acciones simplificadas (inspección,

mantenimiento preventivo) o por acciones casuales. Cinco categorías de métodos de detección son identificadas en esta tabla:

Tabla 6. Métodos de detección

No.1	NOTACION	DESCRIPCION	ACTIVIDAD
1	Mantenimiento periodico	falla descubierta durante servidio preventivo remplazo u overhaul de un elemento cuando se ejecuta el programa de mantenimiento preventivo	programada
2	Prueba funcional Periodica	Falla descubierta de una funcion prevista durante la activacion y comparacion de la respuesta en base a parametros predefinidos. Este es uno de los metodos tipicos para detectar fallas ocultas	programada
3	Inspeccion	Falla descubierta durante inspeccion planificada. Entres estas inspeccion visual, pruebas no destructivas END	programada
4	Monitoreo periodico de condiciones	Fallas Relevadas durante el monitoreo planificado y programado de modos de falla predefinidos, bien sea manual o automaticamente. Entre estas: Termografia, analisis de vibraciones, analisis de aceites, revision de calibraciones y muestreos	Monitoreo
5	Monitoreo continuo de condiciones	Fallas relevadas duarente el monitoreo continuo de condiciones de un modo de fallo defenido previamente.	Monitoreo Continuo
6	interferencia de produccion	Falla descubierta por alteracion en la produccion, reduccion, Etc.	Monitoreo Continuo
7	Mantenimiento correctivo	Falla Observada durante el mantenimiento correctivo	Frecuencia casual
8	En tiempo real de funcionamien to	Falla descubierta duarente un intento de funcionamiento en tiempo real para activar una unidad de equipo	Frecuencia casual

7.5 NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO NPR

Es un valor de jerarquización de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, este provee la prioridad con la que debe atacarse cada modo de falla, identificados es ítems críticos.

$$\text{NPR} = \text{Grado de ocurrencia} * \text{Severidad} * \text{Detección}$$

Tabla 7. Criterios prioridad de NPR

VALOR	DESCRIPCION	COLOR DE IDENTIFICACION	IDENTIFICACION NIVEL DE CRITICIDAD
300 - 1000	Alto Riesgo de Falla		ALTA
81 - 299	Riesgo de Falla Medio		MEDIA
1 - 80	Riesgo de falla Bajo		BAJA

Se deben atacar los problemas con NPR alto y crítico, así como aquellos que tengan un alto grado de ocurrencia, no importando si NPR es alto o bajo.

7.6 ACCIONES A IMPLEMENTAR

Son acciones propuestas para reducir el NPR de los modos de fallo seleccionados. Evaluaciones de ingeniería para acciones correctivas deben ser directamente seleccionadas.

En general cuando se tiene un índice de gravedad “9” o “10”, se debe dar especial atención para asegurar que el riesgo es dirigido a través de controles existentes en el diseño o de acciones correctivas, sin importar el RPM. En todos los casos donde el efecto de un modo de falla potencial identificado podría ser un peligro al personal de manufactura/ ensamble, acciones correctivas/preventivas se deben tomar para evitar el modo de falla eliminando o controlando la causa(s) o la apropiada protección para el operador debe ser especificada.

Solo la revisión de un diseño puede dar a la reducción en la graduación en el índice de gravedad. Una reducción del índice de ocurrencia solamente quitando o controlando una o más causas/mecanismos de modo de fallo a través de una revisión de diseño dará lugar a una reducción en el índice de detección, por esta

acción es menos deseable de ingeniería puesto que no trata la gravedad de la ocurrencia del modo de fallo. Para las acciones correctoras es conveniente seguir un cierto orden de prioridad en su selección. El orden de preferencia en general es el siguiente:

- Cambio en el diseño del producto, servicio o proceso general
- Cambio en el proceso de fabricación
- Incremento en el control de la inspección

7.7 ACCIONES IMPLANTADAS

Son las acciones realmente implantadas que a veces se pueden o no coincidir con las acciones recomendadas/correctivas, debido a que esto el casillero destinado para dichas acciones puede ser o no llenados, de una gran utilidad recogerlo para facilitar el seguimiento y control de las soluciones adoptadas.

Responsable: Se indica que la organización o personas responsables de las acciones propuestas de preferencia dar fechas previstas de implementación de las mismas.

7.8 ÍNDICES REVISADOS

Son los resultados después de haber sido aplicadas las acciones preventivas/correctivas, se estima y se registra los nuevos índices de severidad, frecuencia y detección. Con estos nuevos índices deben ser revisados si fuera necesario. El objetivo de ser siempre la mejora continua.

8. ANALISIS ABC (PARETO) PARA EL ANALISIS DE NUESTROS EVENTOS REPORTADOS EN EL AÑO 2016

El Análisis ABC es un método de clasificación usado frecuentemente para diseñar la distribución más óptima en inventarios de almacenes. Su propósito es optimizar la organización de los productos de forma que los más demandados se obtengan de forma más rápida y así, reducir tiempos y mejorar la eficiencia de la gestión. Esta metodología se usa en distintos ámbitos como el sector logístico, tiendas, almacenes de stock, y como en nuestro caso, en el mantenimiento. Es resultante del Principio de Pareto (La Regla 80-20), el cual enunciaba que un 80 % de la población poseía el 20 % de las riquezas, mientras que el 20 % restante, poseía un 80 % de éstas. Así pues, la clasificación del Análisis ABC quedaría de la siguiente manera aplicado, en este caso, al ámbito de eventos o paradas reportadas en el año 2016 se comportaría así:

Tabla 8. Análisis ABC (Pareto)

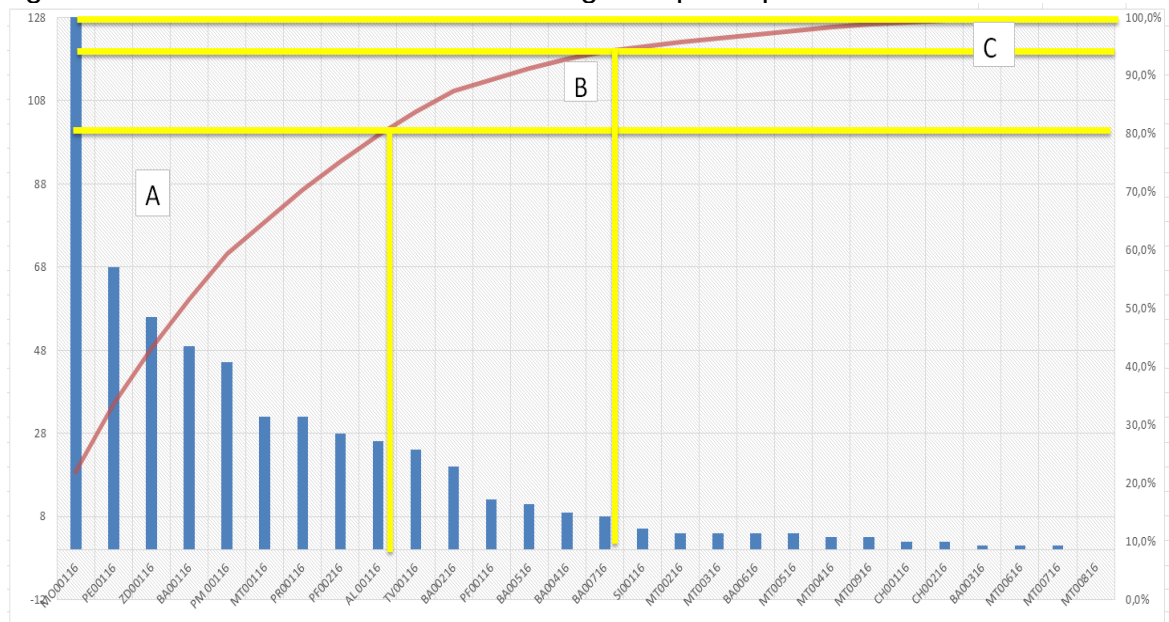
TABLA DE FALLAS REPORTADAS DE LA PLANTA CEC 2016																							
REF EQUIPO	DESCRIPCION EQUIPOS	Parte Física	Desgaste estructura	Vibraciones	lubricación	Sobre alimentación	Falla en los filtros y sellos	Falla de rodamientos	Falla en los ejes	Daño de Chumaceras	Daño estructural	Falla de Repuestos	Falla en correas y poleas	Daño sistema hidráulico	Paradas inesperadas	Mantenimientos correctivos	desgastes excesivos	cambio de repuestos	Falta de Material	# DE EVENTOS	% de las frecuencias	% de las frecuencias acumulada	CLASIFICACION
	DESCRIPCION DE LA FALLA																						
FALLAS INCURRIDAS Y PARADAS REPORTADAS	MO00116 MOLINO IMPACTOR CEC	6	6	2	4	0	0	1	1	0	3	11	2	1	23	32	9	24	3	138	22,0%	22,0%	A
	PE00116 PARADA POR FACTORES EXTERNOS A LA PLANTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	0	0	0	0	68	12,7%	34,7%	A
	ZD00116 ZARANDA CLASIFICADORA 2 NIVELES	3	0	0	4	0	3	2	0	3	2	8	4	0	8	12	4	0	3	56	9,6%	43,3%	A
	BA00116 BANDA TRANSPORTADORA PRINCIPAL SALIDA MOLINO DE 36"	2	1	3	6	3	5	5	0	3	0	3	3	0	6	6	0	3	0	49	8,6%	51,9%	A
	PM 00116 PARADA POR CAMBIO DE REPUESTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	45	7,7%	59,6%	A
	MT00116 MOTOR CAT DETROIT CUMMINS C-15 POWER 480 HP	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	12	3	0	12	0	32	5,5%	64,9%	A
	PR00116 PARADA POR FALTA DE REPUESTOS EN LA PLANTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	32	5,5%	70,4%	A
	PF00216 PARADA INESPERADA POR FALTA DE ACPM	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	4,8%	75,3%	A
	AL 00116 ALIMENTADOR VIBRATORIO 52" X 20" X 6"	0	2	0	3	6	2	0	0	0	2	0	2	0	4	3	2	0	0	26	4,5%	79,7%	A
	TV00116 TOLVA DE ALIMENTACION PARA CAPACIDAD 13 m3	4	2	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	2	0	3	24	4,2%	83,9%	B
	BA00216 BANDA DE RETORNO DE 30" COMPLEMENTARIA	1	1	0	3	0	0	0	0	0	2	2	0	0	2	2	1	3	3	20	3,6%	87,5%	B
	PF00116 PARADA POR FALTA DE MATERIAL DE LA MINA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	2,2%	89,7%	B	
	BA00516 BANDA COMPLEMENTARIA DE RETORNO 30"	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	2	0	2	0	11	1,9%	91,6%	B
	BA00416 BANDA SALIDA ZARANDA 30"	1	1	0	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	9	1,5%	93,1%	B
	SI00116 SISTEMA HIDRAULICO DE GRADUACION Y APERTURA MOLINO	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	2	2	0	0	8	1,4%	94,5%	B
	MT00216 MOTOR DE ALIMENTADOR SIEMENS 25 HP A 1800 rpm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	5	0,9%	95,4%	B
	MT00316 MOTOR BANDA PRINCIPAL DE 36" SIEMENS 30 HP A 1800 Rpm	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	4	0,7%	96,1%	C
	BA00916 BANDA No.1 APLADORA RADIAL DE 24" material 3/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	4	0,7%	97,0%	C
	MT00516 MOTOR SIEMENS ZARANDA 25 HP A 1800 Rpm	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	4	0,7%	97,7%	C
	MT00416 MOTOR BANDA DE RETORNO 30" SIEMENS 20 HP A 1800 Rpm	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0,5%	98,2%	C
	MT00916 MOTOR SIEMENS BANDA APLADORA DE 24" X 15 HP 1800 Rpm	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3	0,5%	98,7%	C
	CH00116 CHASSI No. 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0,3%	99,0%	C
	CH00216 CHASSI No. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0,3%	99,3%	C
	BA00316 BANDA COMPLEMENTARIA SALIDA MOLINO 36"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,2%	99,5%	C
	MT00616 MOTOR SIEMENS BANDA DE RETORNO 30" A 20 HP Y 1800 Rpm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,2%	99,7%	C
	MT00716 MOTOR SIEMENS BANDA SALIDA ZARANDA 30" A 20 HP 1800 Rpm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,2%	99,9%	C
	MT00816 MOTOR SIEMENS BANDA APLADORA RADIAL 24" X 15 HP 1800 Rpm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	100,0%	C
	TOTAL DE EVENTOS																				180		

Tabla 9. Análisis ABC (%) de participación

PARTICIPACION ESTIMADA	CLASIFICACION n	n	PARTICIPACION n	EVENTOS	PARTICIPACION EN LOS EVENTOS
0 % a 80%	A	9	32%	464	80%
81 % a 95%	B	8	29%	93	16%
96 % a 100%	C	11	39%	25	4%

Tenemos la tabla de participación de los eventos y según la influencia de los equipos según sus eventos durante el año.

Figura 22. Gráfico de curva incidencia según la participación %



8.1 ANÁLISIS DE ABC

Casos tipo A: representan los eventos de fallas y paradas, producidos con menos equipos pero que, sin embargo, son los de mayor participación, por ejemplo, nos da que, el 32% de la participación que son 9 equipos, (representan el 80 % de los eventos que son 464). Dichos eventos o fallos nos dan a entender que son los de mayor criticidad y requieren un plan de mantenimiento bajo condición y centrado en confiabilidad.

Caso tipo B: hace referencia a un grupo intermedio de eventos o fallos en el cual, sobre nuestro análisis que 29% de la participación que son 8 equipos, (representan el 16% de los eventos que son 93) y son de criticidad media y se puede generar un plan de mantenimiento periódico y monitoreo permanente.

Casos tipo C: son los casos de eventos que con menos frecuencia se producen. Representan un 39 % de la participación que son 11 equipos, (representan el 4% de los eventos que son 25) y son de criticidad baja y se puede generar un plan de seguimiento y monitoreo.

A parte del caso del mantenimiento, cómo se indica en el primer párrafo, se puede usar este método de análisis y reportes de paradas o fallas, con esto podemos determinar cuál es el equipo de la planta de mayor criticidad y así poder con este reporte y análisis pasar a pérdidas por paradas, Ton/h de producción y costo por fallos y paradas. A continuación, se muestra el registro fotográfico de la planta y de sus diferentes partes y los desgastes en el molino:

BLOQUE I:

Figura 23. Primera línea de trabajo de la plata (Tolva, alimentador, molino, banda)

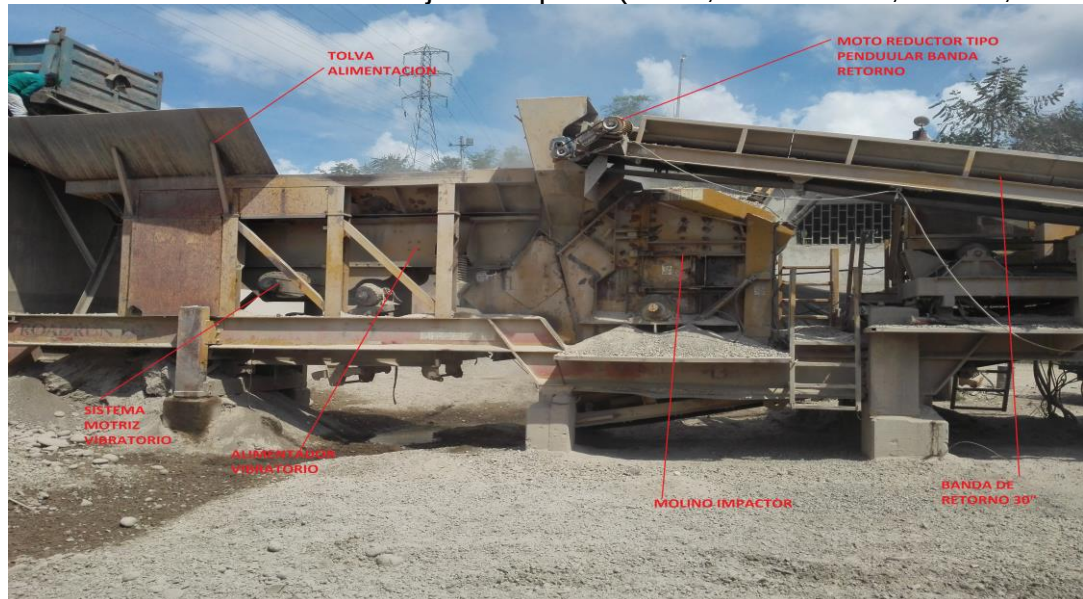


Figura 24. Parte central de la primera línea (Bandas, motor Cat. C-15, chasis)

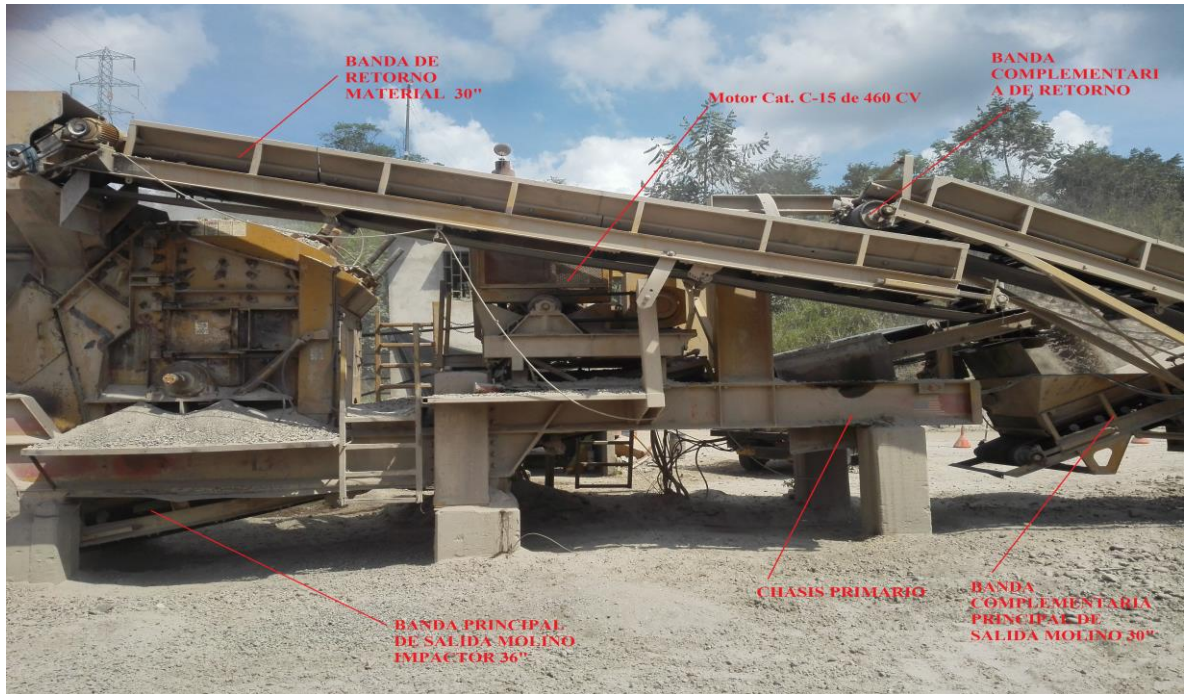


Figura 25. Parte motriz del molino, con su volante, protector correas e hidráulico



Figura 26. Sistema motriz polea motor CAT. C-15 260 HP A 1800 rpm



Figura 27. Conexión del Bloque I y el II. (Banda de salida del molino y complementaria)

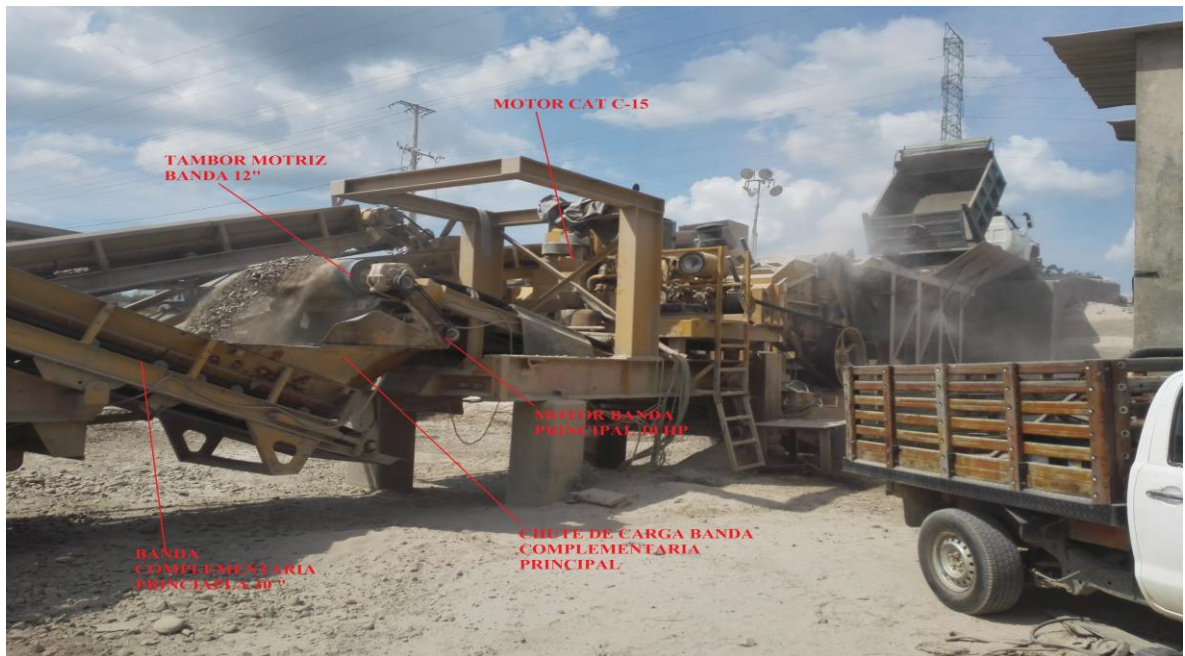


Figura 28. Conexión del Bloque I y el II con chasis No. 2



BLOQUE II

Figura 29. Chasis No. 2 banda completaría llegada a zaranda clasificación y chutes



Figura 30. Zaranda y chutes de descarga con banda de salida zaranda y descarga a banda



Figura 31. Zaranda con descarga a bandas de apilar



Figura 32. Bandas apiladoras de material $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$, apoyos



Inspección Molino Impactor – Desgaste Interno

Figura 33. Parte superior de descarga boca del molino, estructura superior y laterales

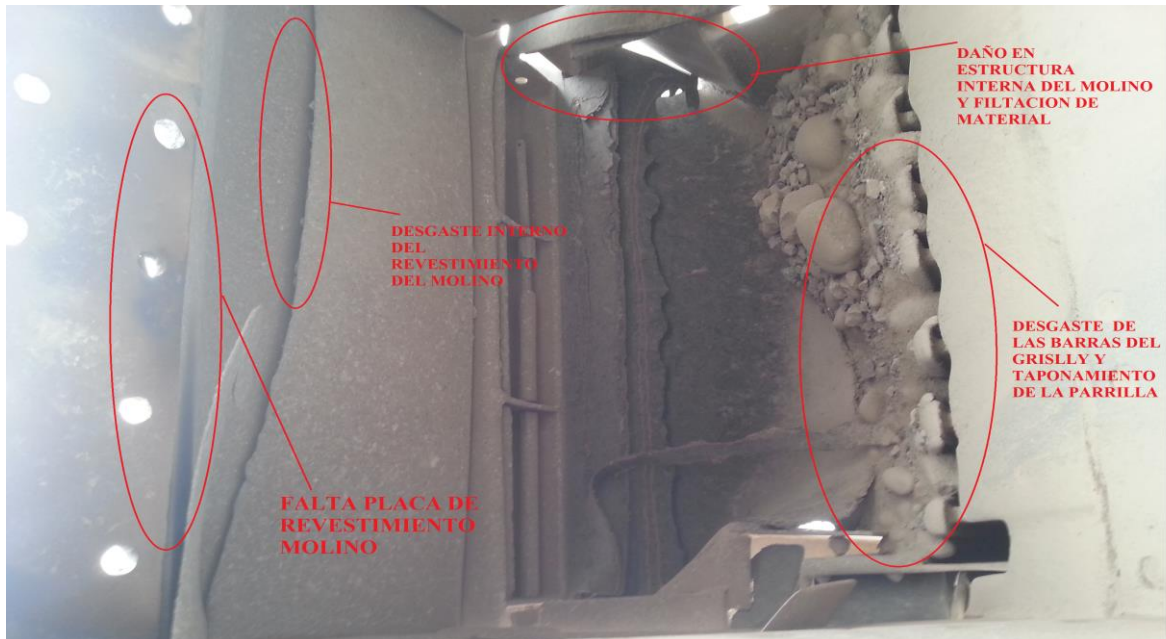


Figura 34. Placas compuerta y laterales molino



Figura 35. Rotor, cuñas y martillos

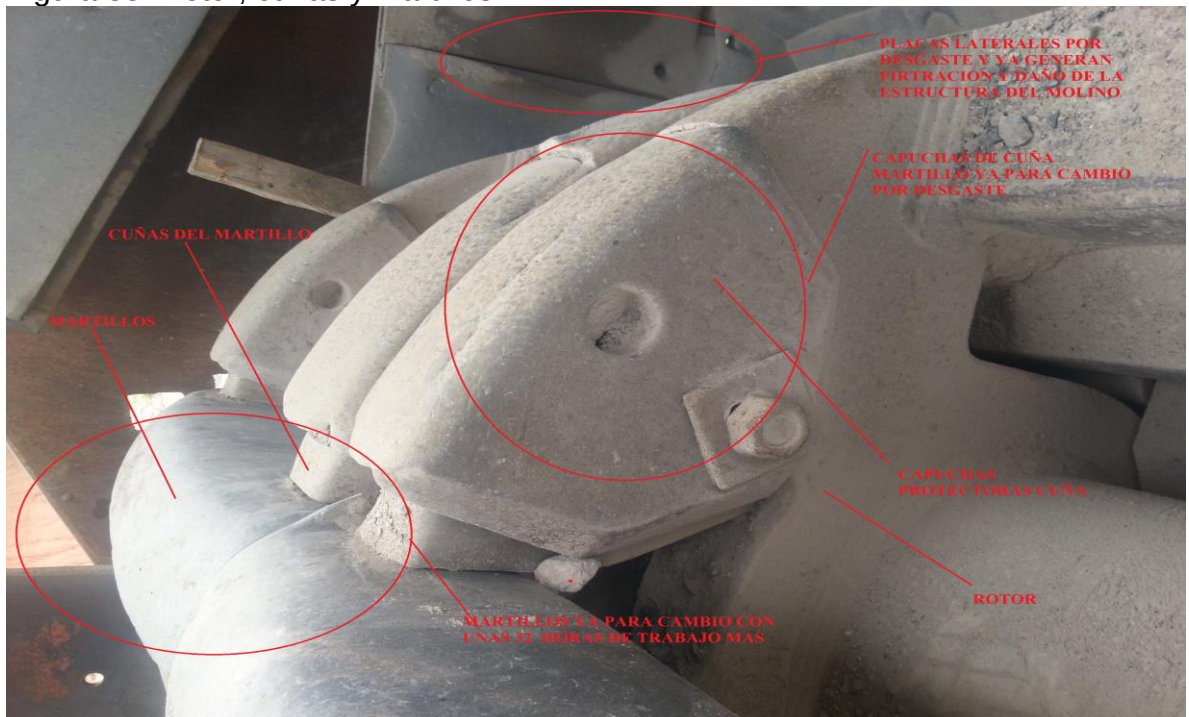


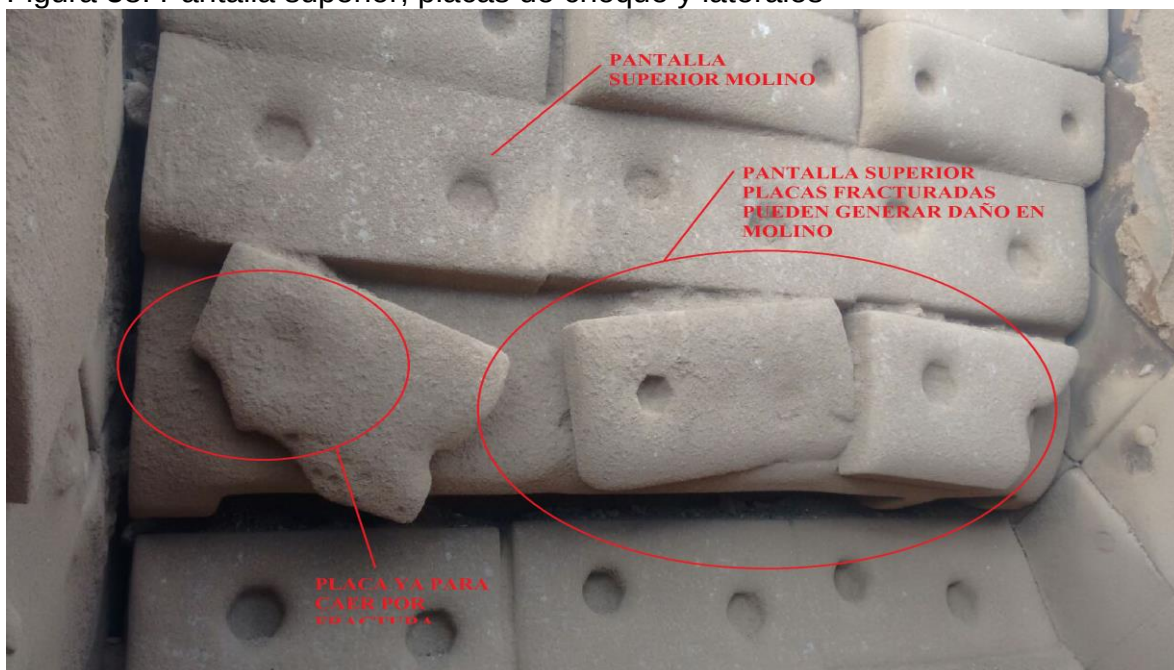
Figura 36. Compuerta inspección y laterales



Figura 37. Parte inferior molino de descarga a banda (salida del material triturado)



Figura 38. Pantalla superior, placas de choque y laterales



9. PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) COMO MANUAL DE MANTENIMIENTO Y PLANIFICACIÓN

Según la información recopilada y aplicada a la situación del molino podemos evidenciar el deterioro interno del Molino Impactor es progresiva y peligrosa, ya que este es el corazón del proceso donde se genera todo el trabajo de reducción e impacto del material a trabajar. Pero también donde la fuerza de torque de trabajo que genera en el rotor es alta y que una pieza metálica que este en un desgaste avanzado y no se cambie a tiempo. Esta puede caer al sistema y generar muchos daños internos en las otras piezas como lo son los martillos en alto Cromo, que son muy resistentes al desgaste, abrasión e impacto hasta ciertas durezas, pero una pieza metálica o un objeto extraño puede producir no solo daños importantes si no también paradas inoportunas de producción que se pueden convertir en gastos de producción.

Por esto una buena programación y aplicación de un plan de mantenimiento adecuado teniendo en cuenta las 7 preguntas del RCM, podremos determinar cuáles son las partes de mayor fallo y que pueden producir pérdidas económicas del activo o pérdida de la función por parras inesperadas.

El molino impactor horizontal es una combinación de trituradora Primaria / Secundaria configurado para ser adecuadas tanto para el reciclado total y aplicaciones. Es capaz de procesar una variedad de materiales de tamaño debido a la amplia gama de opciones de configuración para que sus cortinas primaria y secundaria se puedan ajustar. Las siguientes páginas resumen la información necesaria para manejar el impactor

Tabla 10. Gráfico de tareas programadas

Unidad de freno Rapido Servicio de Referencia Cronograma Pagina 1 de 3	Diario 10 horas	Cada 40 horas	Cada 80 horas	Cada 100 horas	Cada 150 horas	Cada 250 horas	Cada 300- 350 horas	Cada 300- 500 horas	Cada 6 meses	Cada 1 año	Cada 8300 horas	Cada 9500 horas	Cada 2 años	Cada 10000 horas	Cada 13000 horas
Motor Cummins															
Chequeo de aceite															
Cambio de aceite y filtro de aceite															
Inspeccion de filtro de aire															
Cambio de filtro de aire															
Chequeo de nivel de refrigerante															
Diesel additivo refrigerante															
Drenaje de condensado en tanque combustible															
Cambio de anticongelante															
Chequeo de batería															
Cambio de filtro de combustible															
Motor John Deere															
Chequeo de aceite															
Cambio de aceite y filtro de aceite															
Inspeccion de filtro de aire															
Cambio de filtro de aire															
Chequeo de nivel de refrigerante															
Diesel additivo refrigerante															
Drenaje de condensado en tanque combustible															
Cambio de anticongelante															
Chequeo de batería															
Cambio de filtro de combustible															
Motor Detroit															
Chequeo de aceite															
Cambio de aceite y filtro de aceite															
Inspeccion de filtro de aire															
Cambio de filtro de aire															
Chequeo de nivel de refrigerante															
Diesel additivo refrigerante															
Drenaje de condensado en tanque combustible															
Cambio de anticongelante															
Chequeo de batería															
Cambio de filtro de combustible															
Embrague, Doble disco															
Rodamiento secundario															
lubricante de rodamiento principal															
lubricante de eje transversal															
comprobacion del ajuste															
Rodamiento principal-limpieza de verificación															
Nota: Si su unidad particular debe tener un acoplamiento de fluido Voith, se refieren a las formas SV364 y SV365 en la parte de atrás de esta sección.															
Alimentador															
Chequeo de aceite															
Cambio de aceite															
Inspeccion de pernos sueltos															
Correas de transmision (todos sus componentes)															
Inspeccion de daños															
Cinta transportadora															
chequeo de daños															

Tabla 11. Gráfico de tareas programadas

Unidad de freno Rapido Servicio de Referencia Cronograma Pagina 2 de 3	Diario 10 horas	Cada 40 horas	Cada 80 horas	Cada 100 horas	Cada 150 horas	Cada 250 horas	Cada 300- 350 horas	Cada 300- 500 horas	Cada 6 meses	Cada 1 año	Cada 8300 horas	Cada 9500 horas	Cada 2 años	Cada 10000 horas	Cada 13000 horas
Reductores de engranajes															
Chequeo de aceite	Nota 4														
Cambio de aceite															
Impactor															
Grasa en Sello 1/2 Oz.															
Grasa en Rodamientos. 1 Oz.			Nota 1												
Inspeccion por Garantia del Rotor								Nota 9							
Inspeccion de placas de desgaste															
Apriete de pernos de cierre															
Chequeo de todas las conexiones de husillo cortinas / delantales.															
Unidad Hidraulica de Potencia															
Chequeo de aceite	Nota 8														
Cambio de aceite	Nota 8														
Trinquete y gatos															
Motores Electricos - Grasa															
Correa de la Planta															
Alimentacion del motor															
Apiladoras															
Unidad de trituradora															
Controles Electricos															
Apriete de todas las conexiones, panel, generador, variador de velocidad			inicialmente												
Iman															
Iman de correa de transmision (si aplica)															
Aceite de reductor de velocidad					Nota 13				Nota 13						
Aceite del iman															Nota 10
1 oz. De Grasa = 32 Bombasos (aproximadamente) le recomendamos que revise su pistola para inyectar la grasa															

Figura 39. Cronograma de actividades según equipo y horas de trabajo

NOTA: Actividades a realizar de acuerdo a las horas de trabajo

NOTA 1: La unidad Hidraulica de las pantallas de choque requieren 1 Oz De grasa cada 40 Horas

NOTA 2: Rodamientos principales del embrague: IBF 318 lubricar cada 10 Horas y 314 IBF lubricar cada 100 horas. Consulte la placa de embrague para las características específicas de su unidad

NOTA 3: Jhon Deere usa una entrada de aceite que debe ser cambiada despues de 100 Horas de funcionamiento

NOTA 4: Revision diaria en busqueda de indicios de fugas y roturas o agujeros en l ciente transportadora

NOTA 5: El alimnetador y la zaranda hay la necesidad de cambio de aceite

NOTA 6: Se recomienda cambiar el aceite del motor, del alimentador y de la zaranda

NOTA 7: Un primer ajuste del embrague a las 10 Horas. Diariamente poner atencion a la palanca del embrague. Se recomienda hacer ajustes según sea necesario: Ver manuel de ajustes

NOTA 8: El aceite del Motor, se debe revisar cada uso. Hay una entrada de aceite que hayque cambiar los intervalos cada (20 Horas)

NOTA 9: La revision del Rotor se debe realizar cada vez que hay cambio de martillos o inspeccion y el recubrimiento en soldadura antidesgaste

NOTA 10: El iman ha sido retirado, pero si lo intalan de nuevo hay que revisar el aceite y su cambio periodico

NOTA 11: se recomienda un control diario de los sellos: se recomienda el cambio de aceite a las 50,000 Horas. Y hacer impeccion del nivel del aceite

Sola aplica para zarandas
Inclinadas

NOTA 14: inspeccion visualmente de la tension de las correas y su busqueda de desmenbramiento o quiebre de tal por el uso, comprobar fisicamente la tension de cada correa y se recomienda cada 30 horas, cambio de acuerdo especificacion del proveedor

9.1 MANTENIMIENTO GENERAL (CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DIARIAS)

Las diversas partes de una planta de trituración deben ser mantenidas de acuerdo al siguiente cronograma:

9.1.1 Mantenimiento diario.

1. Revisión general de la planta empezando de atrás para adelante y teniendo en cuenta partes móviles y las piezas sueltas.
2. Monitoree las partes de la planta cada sistema por individual y sus componentes móviles y de desgaste.
3. Compruebe que los motores y sus conexiones como ejes o reductores estén acoplados o que no tengan elementos extraños, filtraciones de humedad o polvo.
4. Verifique la lubricación de los equipos y aplique si los es necesario, revisión de chumaceras, reductores, pitman, sistema motriz de la zaranda y chumacera molino
5. Verifique el nivel de aceite en los indicadores de vidrio situado en el vibrador del alimentador. Rellene según sea necesario.
6. Inspeccione visualmente todas las secciones de la planta, caminando alrededor de ella. Busque cualquier fuga de lubricante u otro líquido. Hacer cualquier reparación que sea necesaria en los dispositivos de retención.
7. Todas las cintas transportadoras deben ser inspeccionadas a diario, buscando desgarros, cortes y agujeros. Reparar según sea necesario.
8. Inspeccione en el interior del molino impactor, el desgaste de los martillos, cortinas y placas laterales. Reemplace cualquier placa excesivamente desgastada, rota o dañada, de inmediato para evitar daños. Compruebe todas las conexiones de los soportes de cortinas y sistemas de graduación.
9. Estar atento a escuchar cualquier sonido inusual que pueda indicar piezas sueltas, desgastadas o dañadas. Después de identificar un problema, apague la planta y realice las reparaciones necesarias.
10. Limpiar y eliminar cualquier acumulación de suciedad o material que se ha acumulado en las esquinas del alimentador y en las barras del grizzly. Utilice aire comprimido para limpiar los filtros de aire de motores diésel.

11. Al momento del encendido inicial en la mañana se debe primero desocupar las bandas de salida y después de esto se debe prender los equipos grandes, como lo son Trituradora, zaranda y Molino, ahí si después de que estos ya tomen su velocidad requerida se procede a encender de nuevo las bandas de salida y de ahí si las bandas internas.

Todo este procedimiento es importante:

- Permite identificar si hay elementos extraños en la planta y poderlos retirar del sistema ya que puede generar daños en los martillos o partes móviles.
- Se desocupan las bandas de salida para poder estas que al encender los equipos como la zaranda no se atasquen ya que tiene material en la banda del día anterior.
- Cuando se vuelve ahí si al encendido de los equipos grandes al principio es porque con esto evitar los picos de corriente si se ha encendido de los otros equipos como bandas, zaranda o Molino. Por lo general se enciende la trituradora y después el, molino o viceversa.
- Cuando se enciende cada equipo por separado se puede identificar ruidos extraños o movimientos no funcionales de los mismos equipos.

Formato de reportes de fallas o mantenimientos que sea necesario reportarlos:

Figura 40. Plantilla de reporte de solicitud de mantenimiento

SOLICITUD DE MANTENIMIENTO			
FECHA:		ELEMENTO/EQUIPO A REPARAR:	
LUGAR:		REQUERIDO POR:	
CODIGO DE MANTENIMIENTO:		SOLICITUD #:	
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA			
NOMBRE SOLICITANTE		FIRMA SOLICITANTE	
INSPECCIÓN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			
FECHA:			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	PREVENTIVO	TIPO DE PRIORIDAD:	ALTA
	CORRECTIVO		MEDIA
	TIPO DE PLAN		BAJA
CLASE DE MANTENIMIENTO:	ELECTRICO	REPARACIÓN EN:	PLANTA
	MECANICO		EXTERNA
	OTRO:		
NOMBRE DEL ASIGNADO PARA MANTENIMIENTO:			
# ORDEN DE TRABAJO:			
SEGUIMIENTO			
MANTENIMIENTO REALIZADO	☐		
MANTENIMIENTO EN PROCESO	☐		
MANTENIMIENTO PENDIENTE	☐		
OBSERVACIONES ADICIONALES:			
REALIZADO POR		VERIFICADO POR:	
F-MA-005		Revisión No. 3	
		Fecha Aprobación: 13/11/2015	

9.1.2 Descanso semanal (40 Horas) mantenimiento.

1. Todos los rodamientos de tambores de cola y motrices de los transportadores, deben ser lubricados con grasa.
2. Los laberintos de sello del molino impactor, son lubricado con grasa. Hay tres (3) laberinto de sello en el impactor. Una (1) gramo de grasa se debe bombear en cada laberinto de sello.

3. La zaranda vibratoria tiene dos (2) laberintos de sello, situados en ambos extremos, detrás de los volantes de inercia. Una (1) onza de grasa se debe bombear en cada sello.
4. Después de las primeras cuarenta (40) horas de funcionamiento, el aceite lubricante en el alimentador debe ser cambiado en su totalidad por pérdida de viscosidad. Esto permite que partículas metálicas contaminantes, generadas durante las primeras horas de operación, puedan ser eliminadas.
5. Inspeccione todas las correas en V para un buen ajuste. Revise el desgaste de las correas y ajuste o sustituya, según sea necesario.
6. Use aire comprimido para soplar el polvo acumulado y los materiales extraños en los radiadores de motores diésel, para evitar restricciones de flujo de aire, sobre las aletas de refrigeración del radiador.

9.1.3 Plan de verificación del molino CEC.

1. Compruebe el estado de los martillos. Comparar el patrón de desgaste con la tabla provista (en la figura 9). Asegúrese de seguir las directrices para convertir o reemplazar los martillos.
2. Compruebe cada cuña de bloqueo de los martillos para asegurar que estén debidamente sentadas y apretadas contra los martillos.
3. Revise la condición de desgaste de las cortinas primaria y secundaria. Los pernos de la cortina secundaria deben ser revisados más estrictamente las veces que sea necesario. La cortina secundaria debe sustituirse cuando el desgaste es $\frac{1}{2}$ " del espesor original.
4. Compruebe los ejes de soporte de las cortinas.
5. Se deben verificar el desgaste de las camisas. Los revestimientos laterales deben ser reemplazados cuando el desgaste es $\frac{1}{2}$ " del espesor original.
6. Inspeccionar las puertas del cuerpo superior del impactor, para constatar su debido buen cierre.
7. Hacer un control de fugas en el sistema hidráulico. Se debe apretar accesorios sueltos, y hacer control de daños en las mangueras.

9.2 CARACTERÍSTICAS DEL IMPACTOR

Los impactores CEC están predefinidos por fábrica a dimensiones medias. Estos valores pueden variar debido a las diferencias encontradas en cada aplicación. Condiciones tales como la dureza de los materiales, el tamaño de material de alimentación, contenido de humedad, el tamaño del producto +--deseado, etc., afectan el funcionamiento y la vida útil de piezas de desgaste del molino, así como tienen un efecto sobre la capacidad y la gradación. En general, la cortina secundaria debería ser fijada a una distancia del martillo igual al tamaño del producto final, y la cortina primaria debería ser fijada a una distancia del martillo de tres (3) veces la distancia de la cortina secundaria. Este ajuste puede ser más reducido, dependiendo de las especificaciones de funcionamiento y condiciones de calibrado.

PELIGRO - no intente abrir el impactor para hacer ajustes, cuando este en operación. Compruebe que el rotor del impactor no este girando, por comprobación visual del extremo del eje del impactor. Apague el motor diésel y eléctrico principales del panel, antes de la apertura del Impactor. Al abrir el cuerpo superior del impactor, esta debe ser abierta completamente y bloqueada, utilizando siempre las clavijas. El rotor del impactor también debe ser bloqueado siempre, mediante el uso de los pines de bloqueo.

Figura 41. Ajuste de las pantallas de choque superior e inferior



NOTA: Todas las distancias de las cortinas al martillo pueden modificarse para hacer inspecciones y mantenimientos al molino.

a) Ajuste pantalla superior o primaria: La cortina primaria "actúa por gravedad ", está colgada de un pasador y sostenida por ejes con rosca trapezoidal. Estos "ejes están situados en la parte superior del molino y están protegidos por elementos cubre polvo.

Figura 42. En primer lugar, afloje el cubre polvo con una llave



Nota: Para ayudar al procedimiento de ajuste, un puente que une los dos ejes roscados se ha prestado para que un gato u otro dispositivo de elevación "como una grúa", se pueda colocar entre el puente y el cuerpo superior del molino.

Debajo del puente, se encuentra la tuerca de ajuste. Para ajustar la tuerca, de a "la derecha" para abrir el ajuste de la cortina y "a la izquierda" para cerrar el ajuste de la cortina. La distancia de ajuste se mide desde el borde del martillo hasta la placa del borde inferior de la cortina. Una vez que se tenga la distancia deseada, se vuelve a colocar el puente y cubre polvo.

Nota: ambos ejes deben ajustarse a la misma tensión. ejemplo - si el eje izquierdo se le ha dado 3 giros completos, al eje derecho también debe dársele los 3 giros completos.

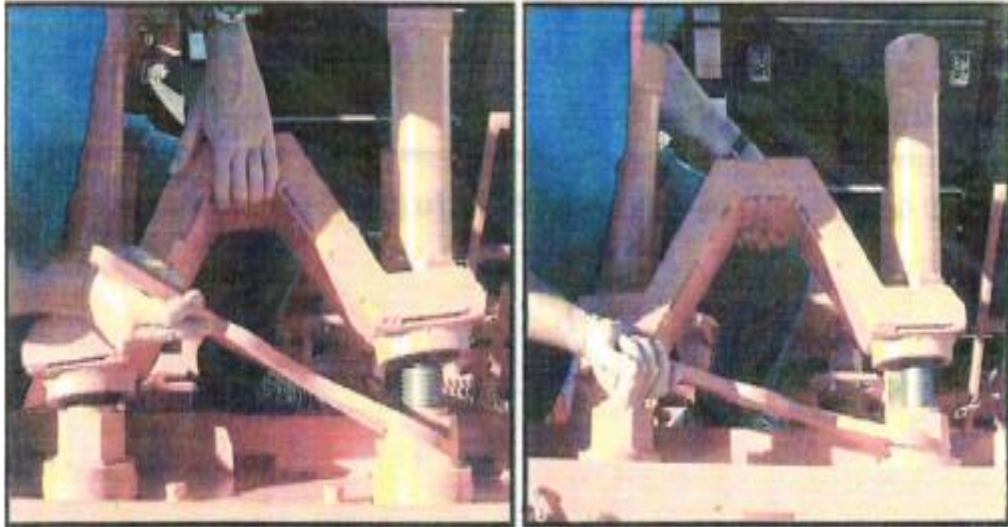
Figura 43. El cubre polvo debe estar suelto antes de ajustar la cortina primaria



Figura 44. Graduación de pantalla según recomendación

Configuración de Fabrica de Cortinas	
PANTALLA	SUPERIOR E INFERIOR
PRIMARIA	4 ½"
SECUNDARIA	1"
ESTA ES LA CONFIGURACIÓN QUE SE SUGIEREN, YA QUE ESTA VIENE DE FÁBRICA.	

Figura 45. Para ajustar cortina gire las tuercas de ajuste



En sentido de las agujas del reloj se abre la distancia; en sentido contrario a las agujas del reloj se cierra

b) Ajuste pantalla Inferior o secundaria:

Figura 46. Sistema hidráulico de graduación



La cortina secundaria es ajustada hidráulicamente, con una unidad hidráulica alimentada por una planta autocontenida. El montaje de láminas de ajuste se encuentra en la parte trasera del molino.

Figura 47. Cortina secundaria ajustable hidráulicamente



Figura 48. Cortina secundaria ajustable hidráulicamente (parte superior)



- Accionar el cilindro hidráulico hasta la línea de la horquilla.
- Inserte la clavija para mantener el pin de bloqueo en su lugar.
- Continúe accionando el cilindro hacia la parte de atrás -hasta que las láminas de ajuste estén sueltas.
- Para cerrar la distancia, eliminar el número deseado de láminas de ajuste del espacio trasero y colocar en el espacio delantero.

Figura 49. Durante el período de ajuste de la cortina secundaria



Fig. 7

— Espacio trasero

- Una vez que las láminas de ajuste de la parte trasera se han eliminado.
- Retirar el accionamiento del cilindro hidráulico para que el sistema tire hacia el rotor.

A continuación:

- Instalar láminas de ajuste previamente eliminadas del espacio de atrás, en el espacio delantero.

Figura 50. Pin de cierre o apertura de la pantalla



Fig. 8

Espacio delantero

-Por último, para hacer el proceso de ajuste más fácil, accionar el cilindro hidráulico de nuevo, abriéndolo, para que pueda sustituir las láminas "adicionales" que quitó del espacio de atrás.

-Para abrir la distancia invierta este procedimiento.

c) Cuando rotar o cambiar martillos:

El Impactor CEC utiliza los dos lados de su martillo. La máxima utilización del martillo se logra mediante el control de la cantidad de desgaste que puede tener este en su funcionamiento en la "primera posición". Este control permite al usuario aprovechar al máximo el martillo desde su cambio, hasta su segunda y última posición. Consulte el gráfico de la página siguiente para ver los perfiles de desgaste de la primera y segunda posición.

- Fig.9a: - Muestra un "nuevo" martillo en la primera posición.
- Fig.9b: - Muestra un martillo "medio usado" en la primera posición, listo para ser volteado.
- Fig.9c: - Muestra un martillo "medio usado" después de ser volteado.

- Fig.9d: - Muestra un martillo "desgastado" listo para su sustitución. Los martillos deben Sustituirse cuando la dimensión en la ubicación "B" es $\frac{1}{4}$ ".

NOTA: Cuando se realice la medición del martillo, se toma el punto de mayor desgaste como se muestra en la Figura.

Figura 51. Desgaste de los martillos y cambio

Fig. 9a: MARTILLO NUEVO "primera posicion"



Fig. 9b: MARTILLO MEDIO USADO "primera posicion" listo para ser volteado



Fig. 9c: MARTILLO MEDIO USADO " despues de ser volteado"



Fig. 9d: MARTILLO DESGASTADO "listo para sustitucion"



9.3 REQUISITOS DE INSPECCIÓN DEL ROTOR

9.3.1 Mantenimiento del rotor. El rotor del impactor CEC está diseñado para soportar las altas cargas y el impacto de la transformación del material en una serie de aplicaciones. Con el fin de preservar la funcionalidad de este y su durabilidad por deterioro.

9.3.2 Inspección del rotor. El rotor deberá ser inspeccionado en intervalos de cada tres (3) meses de funcionamiento. Debido a que hay la necesidad de retirar los martillos para realizar la inspección, se sugiere que el tiempo de inspección puede ir acompañado de la sustitución de los martillos. Se incluyen gráficos al final de esta sección acerca de la inspección del rotor para que se pueda entender mejor.

9.3.3 Procedimientos de inspección. Tras el apagar el impactor y de desconectar el suministro de energía, abra y cierre el cuerpo superior del impactor. Coloque el pasador de bloqueo en el rotor. Un 1/3 del cuerpo del rotor queda visible en cada posición de bloqueo. Un cepillo de alambre será necesario para quitar la suciedad de algunas zonas del rotor. Inspeccione el cuerpo del rotor en el siguiente orden:

- a) Inspeccionar la cara principal y el borde de cada disco del rotor en todo el ancho del rotor.
- b) Inspeccionar el estado de los materiales de revestimiento duro en cada uno de los discos del rotor y en los espacios donde van los martillos, anotando la cantidad de desgaste en él.
- c) Inspeccione los espacios donde van los martillos en toda la anchura del rotor, la parte inferior o base, y la cavidad donde va el eje de bloqueo del martillo.

- d) Repita este procedimiento en cada uno de los otros 2 puestos de bloqueo del rotor, el registro de los resultados sobre la inspección, sumado a los gráficos, regístrelos en un formulario de inspección o de chequeo de mantenimiento general.
- e) Comprobar el ajuste de los manguitos y de los platos de protección. Apriete los tornillos si es necesario.
- f) Si hay hendiduras en los discos del rotor en zonas distintas a las zonas duras surgidas, puede que sea necesario rellenar o crear la sangría con material de soldadura.

9.3.4 Renovación de la superficie dura del rotor. Si el material de revestimiento duro se desgasta, debe ser renovada mediante la aplicación de nuevos materiales de superficie dura en la parte superior de la zona desgastada. El material de superficie dura se aplica a través de la soldadura. La zona de sustitución debe ser precalentada a 121°C (250°F). La soldadura que se recomienda aplicar es Lincoln Electric, a través de la referencia Lincore 55. Un máximo de acumulación de dos capas está permitido. Las tres posiciones en las que se bloquea el rotor deben ser restauradas por igual.

Las hendiduras de llenado deben hacerse cuando hay un sangrado de cualquier tamaño en la zona del rotor. Una hendidura de más de ½" en las dos direcciones, debe ser rellenada. El procedimiento de soldadura para llenar es el siguiente:

- Precaliente el área a cubrir. A 149° C (300°F). Mantener esta temperatura durante todo el procedimiento de soldadura.
- Utilice un E70T1 o E70T9 para relleno de metal (alambre) o un equivalente en soldadura de electrodo. Utilice los sucesivos pases para llenar el sangrado a la configuración original.

- Se debe permitir que las soldaduras se enfríen a temperatura ambiente con aire fresco. NO use aire forzado o agua para el enfriamiento.
- Refiérase a la Sección 6 (referencia rápida), para Recomendaciones acerca de procedimientos de soldadura.

Tabla 12. Procedimientos de recubrimiento del rotor

Recubrimientos Duros en el Rotor y Superficies de Manganese del Molino Impactor Horizontal						
FABRICANTE	RELLENO CON ELECTRODO	REVERSIMIENTO CON ELECTRODO	REVERSITMIENTO CON ALAMBRE	PRECALEN TAMIENTO	TEMPERA TURA (°C)	ROTOR O MANGAN ESO
Lincoln	LH-70	Faceweld 1	Lincore 55	SI	121	Rotor
McKay	7018	Hardalloy 140				
Hobart	7018	38 o 35				
Stoody	7018	Stoody 1105	Stoody 106			
Crown	7018	Crown 8				
Lincoln	Mangjet	Faceweld 60	Lincore 55	SI	93	Pieza en Mangane so
McKay	Hardalloy 118	Hardalloy 55	Alloy 255-0			
Hobart	Hobart 150	Hobart 580	Hobart 38			
Stoody	Stoody 2110	Stoody 21	Stoody 131			
Crown	Royal 235	Royal 240	Royal 13-29FCO			
Airco	Mangjet		Cobalarc 630D			

10. CONCLUSIONES

- Se logró aplicar la metodología RCM en los en el equipo Impactor CEC, buscando mejorar la identificación de fallas ocultas y aplicación de procesos de mantenimiento preventivo y basados sobre confiabilidad. Por medio del análisis aplicado la metodología FMEA, se logró identificar los malos actores que estaban afectando la confiabilidad de la máquina.
- Identificando que factores afectan los desgastes progresivos del equipo, podemos resolver problemas de fondo y poder aplicar métodos efectivos en solución de un mantenimiento periódico y de control.
- Involucrar metodologías efectivas para asignar un mantenimiento centrado en confiabilidad, teniendo en cuenta los equipos de mayor criticidad y poder aplicar métodos y rutinas de mantenimiento preventivo, en desarrollo de nuevas estrategias del mejoramiento continuo.
- Con el desarrollo de esta propuesta basada en el mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, la empresa logro entender la importancia de un buen proceso de mantenimiento, que logre la identificación de fallas continuas, desgastes excesivos, tiempos de cambio de repuestos, rutinas diarias y periódicas.
- Se diseña manual de procedimientos, para ser aplicado en la planta y se socializa con el personal encargado del mantenimiento, para ejecutar un buen desarrollo en sus tareas diarias y rutinarias de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

CONSTRUCTION EQUIPMENT Co. Dual-Unit-Track-Mobile-Impactor. Oregon: CEC, 2017. 3 p.

DIAZ, Christian y QUIMBIURCO, Miguel. Automatización del análisis de fallas y efectos FMEA, en la ingeniería de mantenimiento aplicado para la industria ecuatoriana. Quito: Escuela politécnica nacional, 2008. 27 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Trabajos escritos, Presentación y referencias bibliográficas. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. 110 p. ISBN 978-958-9383-81-0.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO-14224. Industrias del petróleo, petroquímicas y del gas natural. Recogida e intercambio de datos de mantenimiento y fiabilidad de los equipos. AEN/CTN 62, 2006. 117 p.

METZO MINERALS. Manual de trituración y cribado Metzo. Catalogo No. 2051-12-08-CBL/Tampere-Español. Finlandia: Metzo, 2008. 322 p.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Explotación de materiales de construcción. Canteras y Materiales de arrastre. Bogotá: Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, 2013. 56 p.

MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Edición en español, Aladon: LLC, 2004. 433 p.

OREDA. Offshore Reliability Data. Norway: SINTEF, 2009. 835 p.

ANEXOS

Anexo A. Análisis y efectos de falla FMEA

ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE LA FALLA FMEA PLANTA DE TRITURACION PORTATIL IMPACTOR CEC															NUEVAS ACCIONES CON LOS RESULTADOS		
C O D	FUNCION DEL PROCESO	FUNCION	DESCRIPCION DE LA FUNCION	MODOS POTENCIAL DE FALLA	EFFECTOS POTENCIALES DE LA FALLA	S E V	POTENCIAL CAUSA DE LA FALLA	O C U	MODOS DE DETENCION DE LA FALLA	D E T	NPR	ACCIONES RECOMENDADAS	NOTACION	RESPONSABLES	S O D E C U T	NPR	
CH 00 11 16	CHASIS No. 1	SECUNDARIA	Estructura de la primera linea de la maquina, donde se encuentra montados los equipos	Fractura del chasis, deprendimiento de las partes, perdida de la rigidez, rotura de la soldadura,	desalineacion de los equipos montados en el chasis, daño en su estructura fisica, deterioro y corrosion de la base,	8	Falta de mantenimientos, pintura anticorrosiva, refuerzos si son requeridos en puntos clave, aplicar soldaduras en uniones para sus refuerzo.	4	revision periodica de la estructura mas en los puntos donde se encuentran los equipos de mayor peso, revision de las uniones y puntos de soldadura,	4	128	Falla descubierta durante inspeccion planificada. Entre estas inspeccion visual, pruebas no destructivas END	Inspeccion periodica	Tecnico Mecanico	*	*	**
T 00 11 16	TOLVA DE ALIMENTACION PARA CAPACIDAD 13 m3	PRIMARIA	La tolva de alimentacion es la que recibe el material como ingreso al sistema y dosifica su caída al alimentador vibratorio	rotura de su parte fisica, desgaste en la estructura por la friccion con el material, Abolladuras y hundimiento de la estructura	Filtracion de material al caer a la tolva, paradas no programadas por filtracion de material, el material no corre en el alimentador, atascamiento del material	6	Mantenimiento de la tolva, revision de las uniones y soportes, falta de lamina antideseaste, refuerzo periodico de las leines de soldadura	4	Revison semanal de la tolva, tener un encargado de la tolva para su revision y evaluacion periodica	5	120	falla descubierta durante servicio preventivo, remplazo u overhaul de un elemento cuando se ejecuta el programa de mantenimiento preventivo	Mantenimiento periodico	Tecnico Mecanico	*	*	**
AL 00 11 16	ALIMENTADOR VIBRATORIO 52" X 20" X 6"	PRIMARIA	Transportar el material del la tolva al molino, por medio de un sistema motriz vibratorio, que consta de: un eje excéntrico, contrapesas, motor, sistema transmisión polea y correa	Falta de lubricacion del sistema motriz, rotura de la parrilla tipo grizzly, atascamiento del material en la parrilla, taponamiento de la parrilla, no genera la suficiente fuerza excéntrica para desplazar el material, daño en los rodamientos, perdida de la funcion, daño el eje o laberintos	Parada de la produccion por falta de la alimentacion del material, no hay clasificacion de los finos en el grizzly por taponamiento y genera desgaste excesivo en el molino, recalentamiento en el motor por un mal funcionamiento y se fuerza el trabajo	7	Falta de revision periodica del alimentador, parte fisica y motriz. Analisis termografico de parte motriz y motor. Relajar limpieza del grizzly y rejillas, crear informe de lubricacion y revision periodica	6	revison periodica y generar informe de revision, lubricacion y reparaciones menores	6	252	falla descubierta durante servicio preventivo, remplazo u overhaul de un elemento cuando se ejecuta el programa de mantenimiento preventivo	Mantenimiento periodico	Tecnico Mecanico	*	*	**
MO 00 11 16	MOLINO IMPACTOR CEC	PRIMARIA	Es el corazon del equipo donde se produce el trabajo de trituracion de la piedra, esta es impactada hacia las pantallas produciendo la fractura de la piedra y asi la reduccion de esta para su proceso requerido	Desgaste de las partes internas del molino como son los revestimientos, los mantillos, las placas de choque. Fracturas de las placas internas por desgaste exectivo. Desprendimientos de estas por rotura, filtracion de material y daño en la estructura del molino, desgaste del rotor. desalineacion del eje por mal funcionamiento, daños en los rodamientos por recalentamiento daño de las chumaceras por sobrecargas, por falta de repuestos se puede producir desgastes y daños en el molino. baja produccion por una mala calibracion de las pantallas de choque	El desgaste excesivo en las pantallas pueden producir su desprendimiento y generar un bloqueo en el molino haciendo un daño mayor por una frenada inesperada. El desgaste de las placas internas del molino generar filtracion de material y puede producir una rotura de la estructura del molino. Los desgastes excesivos de las placas de choque y de los mantillos, bajan la produccion y generan muchos retornos que se convierten en costos. El desgaste excesivo de los mantillos generan el desgaste del rotor ya que este es que va a recibir la carga de trabajo. Un mal funcionamiento del molino como sobrecargas de material o frenadas inesperadas pueden producir daño en el eje, rodamientos o chamceras. Cualquier de estos daños pueden hacer perdida en produccion y paradas inesperadas que se convierten en cotos	9	Falta de un plan de mantenimiento de acuerdo a cada parte del molino, no se recurre a fechas programadas para el cambio de los mantillos, placas o laterales. se debe realizar una revision periodico por medio de las ventanas de inspeccion y hacer revision de la parte interna. Falta calibracion de las pantallas y ajustes de las placas sueltas o cambio si lo requieren. No se tiene una hoja de reportes de fallas o seguimientos de ellas. No se cuenta con un monitoreo del sistemas motriz por medio de un analisis de vibraciones del eje o un estudio termografico de los rodamientos. falta de progaramcion de solicitudes de repuestos y contar con us stop completo	8	Programar las solicitudes los respuestos adecuados y suficientes segun su requerimiento o llevar tablas de horas trabajadas para saber el cambio y la fecha. Tener un control de cada registro de fallas y su seguimientos. programar segun hora trabajos o por algun registro inesperado de mal trabajo del molino un analisis de Vibraciones y temografia para descartar desalineamiento del eje, recalentamiento de los rodamientos o algun daño. Instalar antes de la entrada del molino un sensor de metales para que no llegue alguna pieza extraña al molino o un iman tener sensor de recalentamientos en las chumaceras. Realizar hqj de vida del equipo	5	360	Mantenimiento preventivo basado en condiciones, generar reportes de fallas con monitoreo constante de la parte estructural. Instalacio de un horometro para la planta y saber las horas trabajos para determinar, solicitud de repuestos, cambios de los repuestos, rendimiento de los de estos repuestos vs las horas trabajadas y la produccion mensual.	Monitore permanente bajo condiciones	Jefe de planta ,area tecnica	6	5	180
MT 00 11 16	MOTOR CAT DETROIT CUMMINS C-15 POWER 460 HP	PRIMARIA	La planta generadora de 200 kw.cn un motor de 460 Hp a 1800 rpm. La planta de la la energia a todo el sistema del equipo y cuenta con embraque hidraulico y enciendico automatico	La planta no arranca, el motor no arranca, filtracion de humedad. Transferencia o recalentamiento en los cotactores o bobinas. Se genera oxidacion o una alta tension	parada de la planta generadora y parada de la produccion. Taponamiento de los filtros de aire y gasolina, taponamiento en la bomba de inyeccion. Daño en el alterador. Daño en el tablero de control. Daño en el encendido, revision de motor y generados y las baterias de carga	7	Falta de programacion de cambio de filtros. Tener un resguardo de la planta y no estar a la interperie por prevencion. Mantenimiento programado y revion general. Medicion de los voltajes y amperajes	6	Tener un plan de mantenimiento. Revision del aceite y filtros. Programacion de cambio de los filtros cada 300 horas. Trabaj de verificacion y revision de la calidad del aceite, filtraciones de humedad y tener hoja de vida del equipo y contar con personal tecnico para la revision periodica	9	378	Según la informacion recogida sobre los consumos de la planta y los cosumibles que esta genera para su funcionamiento. Se sugiere a la parte tecnica y gencia de la empresa, hacer un estudio de factibilidad y revisar la posibilidad de suspender esta planta generadora. Ya que este equipo en cuatro años no se ha moviso del punto de trabajo, se tiene las redes de energia y el transformador en el punto para poder susministrar la corriente necesaria a la planta portatil CEC. Y los consumos serian mas economicos y menos gastos en repuestos y mantenimiento. se hace el cambio y se compra un Motor Siemens de 200 HP a 1800 Rmp.	Suerencia solicitada al area tecnica y evaluacion por la gerencia Administrativa de la empresa	Gerencia Adinistrativa y jefe de Planta	5	4	80

B 40 01 16	BANDA TRANSPORTADORA PRICIPAL SALIDA MOLINO DE 36"	PRIMARIA	La Banda transportadora principal permite la recepcion del material ya triturado que sale del molino, y ser transportado hasta la clasificadora.	Frenado de la banda por atascamiento. Descarilamiento de la banda por falta de alienacion. Frenado de los rodillos, picado de la banda. Desgaste de la banda. Daño en el tambor motriz. Daño del chute de carga de la banda. Desgaste de los rodillos. daño en rodamientos y chumaceras por falta de lubricacion	La produccion se frena por atascamiento de la banda. La no alienacion del banda puede generar daño en la lona y un desgaste en esta. El frenado de los rodillos ocasiona el desgaste de estos y la friccion con la lona puede cortar la misma. Al no alinear la lona esta se puede decamilar o romper. puede haber atascamiento de la banda por no contar con autolimpiadores	5	falta de mantenimiento programado. Revision periodica de las partes móviles. Cambio de rodillos fernados o mantenimiento. Alienacion semanal de la banda y de los tensores de la banda. Tener sistemas de limpieza de la banda para que no generen atascamiento. revision del tambor de cola auto limpante para no permitir atascamientos. lubricacion adecuada de las chumaceras y rodamientos. Cambio de rodillos y su mantenimiento	6	tener pograma de mantenimiento adecuado para las bandas. Revision general de la banda y sus partes móviles. Tener repuestos como rodillos o chumaceras para su cambio. Lubricacion según lo requerido, revision de los pegues de la banda y su parte física.	4	120	falla descubierta durante servicio preventivo, remplazo u overhaul de un elemento cuando se ejecuta el programa de mantenimiento preventivo	Mantenimiento periodico	Tecnico Mecanico y Ayudantes de planta	*	*	**
B 40 02 16	BANDA DE RETORNO DE 30" COMPLEMENTARIA	SECUNDARIA	Banda de retorno de 30" es la encargada del retorno del material que no cumple el tamaño requeriendo y se necesita retomar al molino para de nuevo su proceso y es complementaria	Frenado de la banda por atascamiento. Descarilamiento de la banda por falta de alienacion. Frenado de los rodillos, picado de la banda. Desgaste de la banda. Daño en el tambor motriz. Daño del chute de carga de la banda. Desgaste de los rodillos. daño en rodamientos y chumaceras por falta de lubricacion	La produccion se frena por atascamiento de la banda. La no alienacion del banda puede generar daño en la lona y un desgaste en esta. El frenado de los rodillos ocasiona el desgaste de estos y la friccion con la lona puede cortar la misma. Al no alinear la lona esta se puede romper	4	falta de mantenimiento programado. Revision periodica de las partes móviles. Cambio de rodillos fernados o mantenimiento. Alienacion semanal de la banda y de los tensores de la banda. Tener sistemas de limpieza de la banda para que no generen atascamiento. revision del tambor de cola auto limpante para no permitir atascamientos. lubricacion adecuada de las chumaceras y rodamientos	6	tener pograma de mantenimiento adecuado para las bandas. Revision geneal de la banda y sus partes móviles. Tener repuestos como rodillos o chumaceras para su cambio. Lubricacion según lo requerido	4	96	falla descubierta durante servicio preventivo, remplazo u overhaul de un elemento cuando se ejecuta el programa de mantenimiento preventivo	Mantenimiento periodico	Auxiliar de planta y planero	*	*	**
M T 00 25 21	MOTOR DE ALIMENTADOR SIEMENS 25 HP A 1800 rpm	PRIMARIA	Motor de alimentador vibratorio	Picos altos al momento del arranque. Corto circuitos y fallas por filtracion de humedad. Sobrecalentamientos y rotores trabados	falla en la transmision de potencia. Perdida de la funcion. Se genera paradas inesperadas y atascamientos en los procesos	7	Revision periodica y mantenimiento	4	Monitoreo de voltajes, amperajes y continuidad. Tener arrancadores termicos para su proteccion. Mediciones periodicas de resistencias y bobinas, contar con un motor de cambio o repuesto	5	140	falla descubierta durante servicio preventivo, remplazo u overhaul de un elemento cuando se ejecuta el programa de mantenimiento preventivo	Mantenimiento periodico	Tecnico Electrico y Ayudantes de planta	*	*	**
M T 00 31 6	MOTOR BANDA PRICIPAL DE 36" SIEMENS 20 HP A 1800 Rpm	SECUNDARIA	Motor de la banda principal de 36" salida del molino	Picos altos al momento del arranque. Corto circuitos y fallas por filtracion de humedad. Sobrecalentamientos y rotores trabados	falla en la transmision de potencia. Perdida de la funcion. Se genera paradas inesperadas y atascamientos en los procesos	7	Revision periodica y mantenimiento	4	Monitoreo de voltajes, amperajes y continuidad. Tener arrancadores termicos para su proteccion. Mediciones periodicas de resistencias y bobinas	4	112	falla descubierta durante servicio preventivo, remplazo u overhaul de un elemento cuando se ejecuta el programa de mantenimiento preventivo	Mantenimiento periodico	Tecnico Electrico y Ayudantes de planta	*	*	**
M T 00 41 6	MOTOR BANDA DE RETORNO 30" SIEMENS 20 HP A 1800 Rpm	SECUNDARIA	Banda de retorno de 30" es la encargada del retorno del material que no cumple el tamaño requeriendo y se necesita retomar al molino para de nuevo su proceso	Picos altos al momento del arranque. Corto circuitos y fallas por filtracion de humedad. Sobrecalentamientos y rotores trabados	falla en la transmision de potencia. Perdida de la funcion. Se genera paradas inesperadas y atascamientos en los procesos	4	Revision periodica y mantenimiento	4	Monitoreo de voltajes, amperajes y continuidad. Tener arrancadores termicos para su proteccion. Mediciones periodicas de resistencias y bobinas	4	64	***	monitoreo periodico bajo condiciones	Tecnico Mecanico y Ayudantes de planta	*	*	**
SI 00 11 6	SISTEMA HIDRAULICO DE GRADUACION Y APERTURA MOLINO	SECUNDARIA	Sistema hidraulico de graduacion de las pantallas del molino y de apertura del molino	fallas en la bomb hidraulica, en las valvulas, perdida de la presion o presion alta, daño de los empaques, dañon el embolo de accionamiento	Al momento de requerir el trabajo de la apertura del molino no esta funcional. No hay graduacion de las pantallas y se puede afectar en la produccion	3	Falta de revision periodica y mantenimiento progrados	5	revision periodica y cambio de filtros o empaques. Monitoreo periodico	5	75	***	monitoreo periodico bajo condiciones	Tecnico Mecanico y Ayudantes de planta	*	*	**
C H 00 21 6	CHASIS No. 2	SECUNDARIA	Estructura de la primera linea de la maquina, donde se encuentra montados los equipos	Fractura del chasis, depredimiento de las partes, perdida de la rigidez, rotura de la soldadura,	desalineacion de los equipos montados en el chasis, daño en su estructura física, deterioro y corrosion de la base,	8	Falta de mantenimientos, pintura anticorrosiva, refuerzos si son requeridos en puntos clave, aplicar soldaduras en uniones para sus refuerzo.	4	revision periodica de la estructura mas en los puntos donde se encuentran los equipos de mayor peso, revision de las uniones y puntos de soldadura,	4	128	Revision periodica y visual de las bandas, pegues y desgaste de la banda. Preveer roturas o cristalizacion de la banda	monitoreo periodico bajo condiciones	Inspeccion periodica	*	*	**
Z D 00 11 6	ZARANDA CLASIFICADORA 2 NIVELES	PRIMARIA	La zaranda es parte principal del equipo de trituracion molino CEC, por que ahí se genera la clasificacion del material por medio de mallas y sus niveles de clasificacion	perdida de la funcion de clasificacion. No genera la vibracion para hacer el recorrido y clasificacion del material. Daño en la mallas o no clasifica. Las mallas estan destempladas y taponadas daño en rodamientos y chumaceras por falta de lubricacion, daño en los laberintos o eje.	La perdida de vibracion de la zaranda puede ocasionar atascamiento o mucho retornos al molino. El taponamiento de las mallas pueden no clasificar el material y contaminar otro material. La perdida en la funcion principal nos puede generar perdida en la produccion y cosostos adicionales.	8	la zaranda es uno de los equipos que debe tener un plan de mantenimiento definido y organizado. Tener los cambios de las mallas y la lubricacion adecuada. Realizar limpieza de las mallas. Revisar los resortes para medir su contraccion o alguna fractura	7	Se debe tener un plan de mantenimiento periodico y con formatos de procedimientos y informes de lo realizado durante la revision. Cambio de mallas y su revision. Hacer seguimiento y pruebas del recorrido del material y pruebas de pasa o no pasa	4	224	Aplicar un plan de monitoreo frecuente o periodico, para determinar fallas ocurentes y prevenirlas. Se debe tener las mallas de repuesto a disposicion, lubricacion, correas y resortes. Realizar pruebas de desplazamiento del material y tamizaje si es el adecuado, revisar si el recorrido del material es el adecuado, sensores y estructura física de la Zaranda	monitoreo periodico bajo condiciones	Tecnico Mecanico	*	*	**
B 40 03 16	BANDA COMPLEMENTARIA SALIDA MOLINO 36"	PRIMARIA	Banda complementaria de la banda principal para que esta tiene la descarga en el clasificador	Frenado de la banda por atascamiento. Descarilamiento de la banda por falta de alienacion. Frenado de los rodillos, picado de la banda. Desgaste de la banda. Daño en el tambor motriz. Daño del chute de carga de la banda. Desgaste de los rodillos. daño en rodamientos y chumaceras por falta de lubricacion	La produccion se frena por atascamiento de la banda. La no alienacion del banda puede generar daño en la lona y un desgaste en esta. El frenado de los rodillos ocasiona el desgaste de estos y la friccion con la lona puede cortar la misma. Al no alinear la lona esta se puede romper	5	falta de mantenimiento programado. Revision periodica de las partes móviles. Cambio de rodillos fernados o mantenimiento. Alienacion semanal de la banda y de los tensores de la banda. Tener sistemas de limpieza de la banda para que no generen atascamiento. revision del tambor de cola auto limpante para no permitir atascamientos. lubricacion adecuada de las chumaceras y rodamientos	5	tener pograma de mantenimiento adecuado para las bandas. Revision geneal de la banda y sus partes móviles. Tener repuestos como rodillos o chumaceras para su cambio. Lubricacion según lo requerido	4	100	Revision periodica y visual de las bandas, pegues y desgaste de la banda. Preveer roturas o cristalizacion de la banda	monitoreo periodico bajo condiciones	Tecnico Mecanico y Ayudantes de planta	*	*	**
B 40 04 16	BANDA SALIDA ZARANDA 30"	PRIMARIA	Esta banda tiene como funcion la salida por la parte del frente de la zaranda para caer a la banda aplidora No. 1	Frenado de la banda por atascamiento. Descarilamiento de la banda por falta de alienacion. Frenado de los rodillos, picado de la banda. Desgaste de la banda. Daño en el tambor motriz. Daño del chute de carga de la banda. Desgaste de los rodillos. daño en rodamientos y chumaceras por falta de lubricacion	La produccion se frena por atascamiento de la banda. La no alienacion del banda puede generar daño en la lona y un desgaste en esta. El frenado de los rodillos ocasiona el desgaste de estos y la friccion con la lona puede cortar la misma. Al no alinear la lona esta se puede romper	5	falta de mantenimiento programado. Revision periodica de las partes móviles. Cambio de rodillos fernados o mantenimiento. Alienacion semanal de la banda y de los tensores de la banda. Tener sistemas de limpieza de la banda para que no generen atascamiento. revision del tambor de cola auto limpante para no permitir atascamientos. lubricacion adecuada de las chumaceras y rodamientos	5	tener pograma de mantenimiento adecuado para las bandas. Revision geneal de la banda y sus partes móviles. Tener repuestos como rodillos o chumaceras para su cambio. Lubricacion según lo requerido	4	100	Revision periodica y visual de las bandas, pegues y desgaste de la banda. Preveer roturas o cristalizacion de la banda	monitoreo periodico bajo condiciones	Tecnico Mecanico y Ayudantes de planta	*	*	**

B AD 0624" 16	BANDA COMPLEMENTARIA DE RETORNO 30"	SECUNDARIA	la funcion principal de esta banda es el retorno del material que no cumple los tamaños requeridos, y es la complementaria que hace la descarga al molino para hacer de nuevo el ciclo	Frenado de la banda por atascamiento. Descamillamiento de la banda por falta de alienacion. Frenado de los rodillos, picado de la banda. Desgaste de la banda. Daño en el tambor motriz. Daño del chute de carga de la banda. Desgaste de los rodillos. daño en rodamientos y chumaceras por falta de lubricacion	La produccion se frena por atascamiento de la banda. La no alienacion del banda puede generar daño en la lona y un desgaste en esta. El frenado de los rodillos ocasiona el desgaste de estos y la friccion con la lona puede cortar la misma. Al no alinear la lona esta se puede romper	4 falta de mantenimiento programado. Revision periodica de las partes mobiles. Cambio de rodillos fernados o mantenimiento. Alienacion semaral de la banda y de los tensores de la banda. Tener sistemas de limpieza de la banda para que no generen atascamiento. revision del tambor de cola auto limpiante para no permitir atascamientos. lubricacion adecuada de las chumaceras y rodamientos	4 tener pograma de mantenimiento adecuado para las bandas. Revision geneal de la banda y sus partes moviles. Tener repuestos como rodillos o chumaceras para su cambio. Lubricacion según lo requerido	5 80	***	**	Tecnico Mecanico y Ayudantes de planta	*	*	*	**
B AD 0624" 16	BANDA No.1 APILADORA RADIAL DE material 3/8 y arenas	SECUNDARIA	La banda No. 1 es la principal de la salida del material y se llama apiladora por que esta es la que hace el aplaje en forma de conos para así su distribución. Maneja el material de mas fino	Frenado de la banda por atascamiento. Descamillamiento de la banda por falta de alienacion. Frenado de los rodillos, picado de la banda. Desgaste de la banda. Daño en el tambor motriz. Daño del chute de carga de la banda. Desgaste de los rodillos. daño en rodamientos y chumaceras por falta de lubricacion	La produccion se frena por atascamiento de la banda. La no alienacion del banda puede generar daño en la lona y un desgaste en esta. El frenado de los rodillos ocasiona el desgaste de estos y la friccion con la lona puede cortar la misma. Al no alinear la lona esta se puede romper	4 falta de mantenimiento programado. Revision periodica de las partes mobiles. Cambio de rodillos fernados o mantenimiento. Alienacion semaral de la banda y de los tensores de la banda. Tener sistemas de limpieza de la banda para que no generen atascamiento. revision del tambor de cola auto limpiante para no permitir atascamientos. lubricacion adecuada de las chumaceras y rodamientos	4 tener pograma de mantenimiento adecuado para las bandas. Revision geneal de la banda y sus partes moviles. Tener repuestos como rodillos o chumaceras para su cambio. Lubricacion según lo requerido	5 80	***	monitoreo periodico bajo condiciones	Tecnico Mecanico y Ayudantes de planta	*	*	*	**
B AD 0724" 16	BANDA No.2 APILADORA RADIAL DE material 1/2	SECUNDARIA	la funcion principal de esta banda es el apilar el material que sale clasificado de la zaranda y hacer los conos de aplaje	Frenado de la banda por atascamiento. Descamillamiento de la banda por falta de alienacion. Frenado de los rodillos, picado de la banda. Desgaste de la banda. Daño en el tambor motriz. Daño del chute de carga de la banda. Desgaste de los rodillos. daño en rodamientos y chumaceras por falta de lubricacion	La produccion se frena por atascamiento de la banda. La no alienacion del banda puede generar daño en la lona y un desgaste en esta. El frenado de los rodillos ocasiona el desgaste de estos y la friccion con la lona puede cortar la misma. Al no alinear la lona esta se puede romper	4 falta de mantenimiento programado. Revision periodica de las partes mobiles. Cambio de rodillos fernados o mantenimiento. Alienacion semaral de la banda y de los tensores de la banda. Tener sistemas de limpieza de la banda para que no generen atascamiento. revision del tambor de cola auto limpiante para no permitir atascamientos. lubricacion adecuada de las chumaceras y rodamientos	4 tener pograma de mantenimiento adecuado para las bandas. Revision geneal de la banda y sus partes moviles. Tener repuestos como rodillos o chumaceras para su cambio. Lubricacion según lo requerido	5 80	***	monitoreo periodico bajo condiciones	Tecnico Mecanico y Ayudantes de planta	*	*	*	**
M T 00 51 6	MOTOR SIEMENS ZARANDA 25 HP A 1800 Rpm	SECUNDARIA	Motor de la zaranda o clasificadora	Picos altos al momento del arranque. Corto circuitos y fallas por filtracion de humedad. Sobrecaletamientos y rotores trabados	falla en la transmision de potencia. Perdida de la funccion. Se genera paradas inesperadas y atascamientos en los procesos	6 Revision periodica y manatenimiento	7 Monitoreo de voltajes, amperajes y continuidad. Tener arrancadores termicos para su proteccion. Mediciones periodicas de resistencias y bobinas	3 126	Este motor es parte fundamiential del equipo por que una parada inesperada puede afectar toda la planta. Se sugiere hacer monitoreo del motor y sus complementarios, si es necesario tener un motor de apoyo	monitroo periodico bajo condicones	Tecnico Electrico y Ayudantes de planta	*	*	*	**
M T 00 51 6	MOTOR SIEMENS BANDA DE RETORNO 30" A 20 HP Y 1800 Rpm	SECUNDARIA	Motor de banda de Retorno de material	Picos altos al momento del arranque. Corto circuitos y fallas por filtracion de humedad. Sobrecaletamientos y rotores trabados	falla en la transmision de potencia. Perdida de la funccion. Se genera paradas inesperadas y atascamientos en los procesos	4 Revision periodica y manatenimiento	5 Monitoreo de voltajes, amperajes y continuidad. Tener arrancadores termicos para su proteccion. Mediciones periodicas de resistencias y bobinas	4 80	***	monitoreo periodico bajo condiciones	Tecnico Electrico y Ayudantes de planta	*	*	*	**
M T 00 71 6	MOTOR SIEMENS BANDA SALIDA ZARANDA 30" A 20 HP 1800 Rpm	SECUNDARIA	Motor de salida de la banda principal frontal	Picos altos al momento del arranque. Corto circuitos y fallas por filtracion de humedad. Sobrecaletamientos y rotores trabados	falla en la transmision de potencia. Perdida de la funccion. Se genera paradas inesperadas y atascamientos en los procesos	4 Revision periodica y manatenimiento	5 Monitoreo de voltajes, amperajes y continuidad. Tener arrancadores termicos para su proteccion. Mediciones periodicas de resistencias y bobinas	4 80	***	monitoreo periodico bajo condiciones	Tecnico Electrico y Ayudantes de planta	*	*	*	**
M T 00 81 6	MOTOR SIEMENS BANDA APILADORA RADIAL. 24" a 15 HP 1800 Rpm	SECUNDARIA	Motor de la banda apiladora radial	Picos altos al momento del arranque. Corto circuitos y fallas por filtracion de humedad. Sobrecaletamientos y rotores trabados	falla en la transmision de potencia. Perdida de la funccion. Se genera paradas inesperadas y atascamientos en los procesos	4 Revision periodica y manatenimiento	5 Monitoreo de voltajes, amperajes y continuidad. Tener arrancadores termicos para su proteccion. Mediciones periodicas de resistencias y bobinas	4 80	***	monitoreo periodico bajo condiciones	Tecnico Electrico y Ayudantes de planta	*	*	*	**
M T 00 91 6	MOTOR SIEMENS BANDA APILADORA DE 24" A 15 HP 1800 Rpm	SECUNDARIA	Motor banda apiladora de 24" material	Picos altos al momento del arranque. Corto circuitos y fallas por filtracion de humedad. Sobrecaletamientos y rotores trabados	falla en la transmision de potencia. Perdida de la funccion. Se genera paradas inesperadas y atascamientos en los procesos	4 Revision periodica y manatenimiento	5 Monitoreo de voltajes, amperajes y continuidad. Tener arrancadores termicos para su proteccion. Mediciones periodicas de resistencias y bobinas	4 80	***	monitoreo periodico bajo condiciones	Tecnico Electrico y Ayudantes de planta	*	*	*	**

