

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

**Para optar por el grado de Bachiller en Ingeniería
Industrial**

Propuesta de mejora de las rutinas preventivas
mecánicas cargadas en SAP del área de cemento en la
empresa LafargeHolcim (Costa Rica)

AUTOR

HENRY GUEVARA RODRÍGUEZ

TUTOR

ING. ALEJANDRO LEIVA

LECTOR

ING. ALLAN MORA VARGAS

SAN JOSÉ, DICIEMBRE, 2017

Dedicatoria

A mi Esposa e Hijos por ser el motor que me impulsa en la vida y a ellos les agradezco su amor y su apoyo.

Agradecimientos

" Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas." Josué 1:9

Quiero agradecer primero a Dios por darme la fortaleza y paciencia para alcanzar esta meta anhelada en mi vida.

A mis padres por ser los pilares en mi vida, por ser mis formadores y brindarme su apoyo incondicional para seguir adelante, siempre apoyándome para no dejar nunca de estudiar y por darme siempre la oportunidad del estudio.

A mis hermanos y hermanas por estar siempre pendiente de mí, apoyarme siempre para no desistir.

A mi esposa por darme su amor, su apoyo y la motivación suficiente que hace que me esfuerce al máximo para progresar y sacar adelante a nuestros hijos.

Tabla de contenido

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	17
GENERALIDADES DE LA EMPRESA	18
Reseña histórica	18
Productos	21
VALORES	22
FORTALEZA	22
DESEMPEÑO	22
PASIÓN	23
ALCANCES	23
LIMITACIONES	23
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
Problema	25
Justificación	25
Objetivo General	27
Objetivos Específicos.....	27
Indicadores de Mantenimiento.....	27
Antecedentes	29
Proyecciones	29
Organigrama de Mantenimiento	31
Descripción del Diagrama de Flujo del molino 5.....	33
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	35
Organigrama Organizacional.....	35
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	35
a. MEJORAS ENFOCADAS	36
b. MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	36
c. MANTENIMIENTO PLANIFICADO	37
d. MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD	37
e. PREVENCIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	37
f. AREAS ADMINISTRATIVAS.....	38

g. EDUCACIÓN Y ENTRENAMIENTO	38
h. SEGURIDAD Y MEDIOAMBIENTE	38
Indicadores	39
Confiabilidad.....	39
Diagrama de Flujo.....	40
Diagrama de Pareto.....	40
Proceso	41
Sistema de información.....	41
Demanda	42
Diagrama Causa – Efecto.....	42
El Diagrama de Ishikawa.....	42
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	43
Enfoque	43
Diseño / Método	43
Muestra de la Investigación	44
Variables o Unidades de Análisis.....	44
Instrumentos	48
Proceso para la Recolección de Datos.....	49
Método de Análisis.....	50
Presupuesto.....	50
Cronograma.....	51
CAPITULO IV ANALISIS DE LA SITUACIÓN (DIAGNOSTICO).....	52
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
CAPITULO VI: PROPUESTA (DISEÑO)	105
Costo-Beneficio	110
REFERENCIAS	112
APENDICES.....	112
Apéndice 1: Lista de Ordenes PM02 (período Enero-Setiembre 2017)	112
Apéndice 2: Texto VOSO	119
GLOSARIO TÉCNICO.....	139

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1: Fusión Lafarge-Holcim	19
Ilustración 2: Ubicación de la empresa	20
Ilustración 3: Vista de Planta de Cemento Cartago.....	20
Ilustración 4: Tipos de Cemento	21
Ilustración 5: Visión y Estrategia de la empresa.....	22
Ilustración 6: Molino de Cemento Horomill	24
Ilustración 7: Indicadores Molino 5	26
Ilustración 8: Cantidad de órdenes preventivas.....	30
Ilustración 9: Organigrama de Mantenimiento.....	32
Ilustración 10: Diagrama de Flujo.....	34
Ilustración 11: Pilares de Mantenimiento Productivo total	36
Ilustración 12: Estrategia del Marco Metodológico para el logro de Objetivos Específicos	44
Ilustración 13: Imagen de pantalla del Sistema SAP.....	48
Ilustración 14: Clasificación de Ordenes de Mantenimiento en SAP	50
Ilustración 15: Imagen de Pantalla del Programa TIS.....	50
Ilustración 16: Cronograma de Actividades.....	51
Ilustración 17: Foto representativa de un Filtro de Mangas.....	68
Ilustración 18: Diagrama de un Filtro de Mangas	69
Ilustración 19: Matriz de FMEA (Análisis de Modo de Falla de los Equipos)	70
Ilustración 20: FMEA Filtro de Mangas	71
Ilustración 21: Estrategia Balance de Cargas.....	83
Ilustración 22: Lista de Equipos incluidos en Balance de Cargas	84
Ilustración 23: Lista de Chequeo para Mantenimiento Autónomo	86
Ilustración 24: Lista de Chequeo para Mantenimiento Autónomo	88
Ilustración 25: Lista de Ordenes de Inspección de Filtro de Mangas.....	89
Ilustración 26: Pasos para desarrollar mejoras enfocadas	90
Ilustración 27: Cronograma de Paros Planificados	91
Ilustración 28: 5 Reglas de H&S	96
Ilustración 29: Manual de Fabricante	97
Ilustración 30: Diagrama de Flujo para creación de una orden	98
Ilustración 31: Esquema de Plataforma SAP para creación ordenes PM01	99
Ilustración 32: Diagrama de Flujo para creación de una orden PM02	102
Ilustración 33: Texto VOSO de un Filtro de Mangas.....	107
Ilustración 34: Texto VOSO para Bandas Pesadoras	108
Ilustración 35: Texto VOSO de bombas	109
Ilustración 36: Lista de Ordenes PM01.....	107

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de tesis se desarrolla en la empresa LafargeHolcim Costa Rica S.A ubicada en Agua Caliente, Cartago, esta empresa que se dedica a la fabricación de cemento para la construcción de casas, edificios, proyectos hidroeléctricos, carreteras, etc para contribuir con el desarrollo del país.

La tesis tiene como propósito el análisis y la actualización de las rutinas preventivas que salen en SAP, a los equipos del sistema de fabricación de cemento del molino horomill, se define este como el problema a solucionar ya que el gran número de rutinas preventivas que están subidos en el sistema, ocasiona que sea complicado lograr el indicador de cumplimiento de rutinas preventivas, ya que también hay que ejecutar los trabajos correctivos durante el mantenimiento programado para asegurar la correcta operación del molino.

Otro factor importante a considerar es que el personal con el que se cuenta actualmente para la ejecución de rutinas preventivas y de mantenimiento correctivo es solamente personal propio de la planta, anteriormente se contaba con el apoyo de mano de obra de alguna empresa contratista pero por la optimización de los recursos de la empresa así como reducción de costos ya no se cuenta con este apoyo.

Es por esta razón, que es necesario hacer este proyecto ya que con la actualización de las rutinas se puede cumplir con el indicador de ejecución de órdenes preventivas según la carga de trabajo.

La actualización debe ser analizada utilizando herramientas de Ingeniería Industrial como el Mantenimiento Productivo Total, Análisis de Pareto, Ishikawa, FMEA, para no afectar con los movimientos de las rutinas la confiabilidad del molino.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación que se realiza en la empresa Lafarge Holcim (Costa Rica) en el área de mantenimiento mecánico y en el cuál se pretende hacer el estudio necesario para lograr hacer una actualización de textos y frecuencias de las rutinas de mantenimiento preventivo del área de molienda de cemento, específicamente el área que corresponde al proceso del Molino Horomill o Molino 5.

El Molino Horomill es tecnología Europea, su casa matriz esta en Francia lo que hace que sea una tecnología nueva en el país.

La importancia de hacer esta actualización es que se requiere dar confiabilidad al Molino Horomill para evitar que los paros o fallas inesperadas comprometan la producción y la entrega del producto al cliente.

Además este molino es de vital importancia para la empresa ya que este produce el 90% del cemento que se vende al usuario.

Cabe destacar que la última actualización de las rutinas preventivas fue realizada en el año 2005 y con el pasar de los años algunas máquinas han sufrido modificaciones por lo que algunos textos no corresponden a lo que está instalado en los equipos o bien en algunos casos ante fallas ocurridas y posteriormente en el análisis de la falla, como plan de acción para evitar recurrencia se optaba por crear alguna rutina en el sistema lo que hizo que la carga de trabajo en el sistema creciera descontroladamente sin balancear la carga de trabajo por lo que el recurso de ejecución ya no era suficiente.

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Reseña histórica

En 1960 un grupo de emprendedores costarricenses presentó al gobierno un proyecto que pondría en marcha una gigantesca industria que brindaría enormes beneficios a Costa Rica. Este grupo se llamó Industria Nacional de Cemento Sociedad Anónima (INCSA)

Aquellos empresarios estaban motivados por la necesidad de que el país tuviera su propia fábrica de cemento, que era la actividad de mayor crecimiento en Centroamérica, y ya Guatemala, Nicaragua y El Salvador tenían su propia empresa mientras que Honduras estaba construyendo la suya. Por aquella época Costa Rica era el país de la región que consumía más cemento, pero como no teníamos una fábrica había que pagar más de un millón de dólares anuales por la importación del producto.

El 17 de abril de 1961 el gobierno decidió que la oferta presentada por INCSA era, en todo sentido muy conveniente para el país. Luego, el 29 de agosto se firmó el contrato entre el gobierno de la república y la Industria Nacional de Cemento, el cual fue ratificado por la Asamblea Legislativa el 14 de noviembre de ese mismo año.

Agua Caliente de Cartago fue el lugar escogido para la instalación de la fábrica, pues los estudios realizados mostraron que la zona ofrecía muchas ventajas, debido a sus grandes yacimientos de piedra caliza (materia prima básica para la fabricación de cemento) y su cercanía con el principal mercado, que era el valle central del país.

En 1962 se inició la construcción de la fábrica INCSA, sociedad formada por 2300 accionistas costarricenses. Dos años después, el 10 de agosto de 1964, arrancó la producción. A partir de ese momento, INCSA ha jugado un papel vital en el desarrollo socioeconómico de Costa Rica.

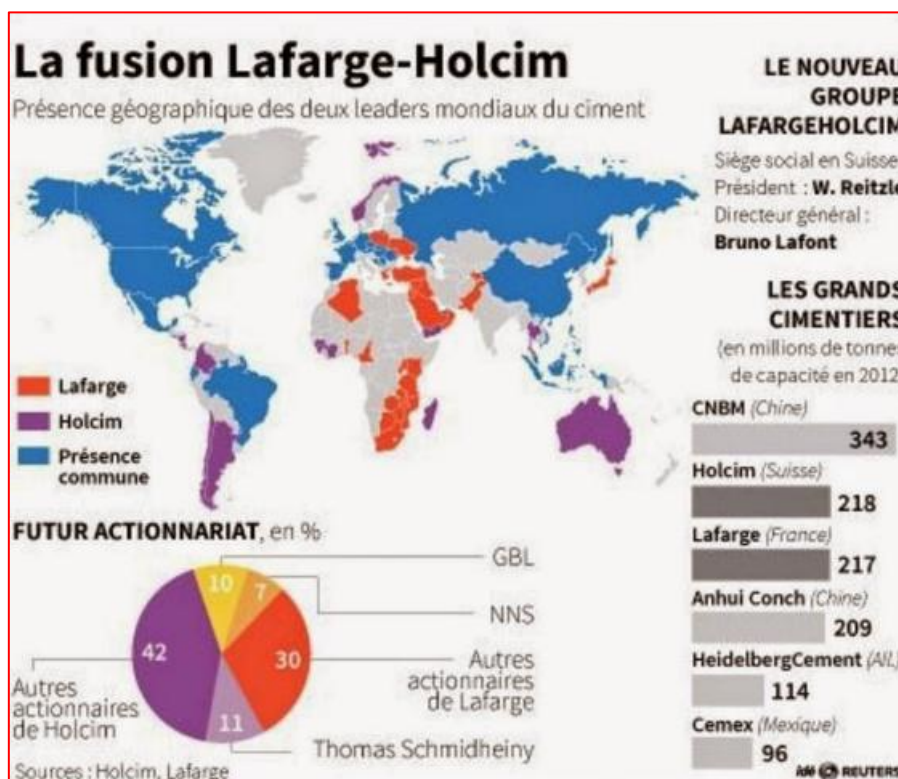
En el año 2004 se unió el grupo suizo Holderbank, hoy Holcim.

En julio 2015 se fusionó el grupo suizo Holcim que tiene más de 100 años en la fabricación de cemento a nivel mundial con el grupo Lafarge, quién es una compañía Francesa de fabricación de cemento con más de 150 años de antigüedad, a partir de ese momento la empresa pasa a llamarse Lafarge Holcim.

Actualmente Lafarge Holcim Costa Rica S.A produce más de 3.5 millones de toneladas de cemento y materiales relacionados cada año.

Cuenta con varias plantas y más de 500 distribuidores en todo el país. Tiene aproximadamente 300 colaboradores.

Ilustración 1: Fusión Lafarge-Holcim



Fuente: <http://www.capital.fr>, Abril 2014

La Planta de Cemento está ubicada en Lourdes de Agua Caliente de Cartago. Para llegar a la Planta de Cemento se debe tomar la calle 10, avenida 7, esquina sureste de los Tribunales de Justicia. Una vez ubicado allí debemos dirigirnos hacia el sur bajando 4 Km por la calle 10.

Productos

Actualmente la empresa Holcim Costa Rica, fabrica en su planta ubicada en Agua Caliente de Cartago, 6 tipos de cemento, cada uno con distintas características para el uso y satisfacción de sus clientes.

Se coloca una imagen donde se describe el tipo de cemento la descripción y la aplicación.

Ilustración 4: Tipos de Cemento



Fuente: www.holcim.cr, Setiembre 2017

MISIÓN

Ser la empresa más respetada y atractiva en nuestra industria, creando valor para todos nuestros grupos de relación.

VISION

Promover los cimientos de las sociedades futuras.

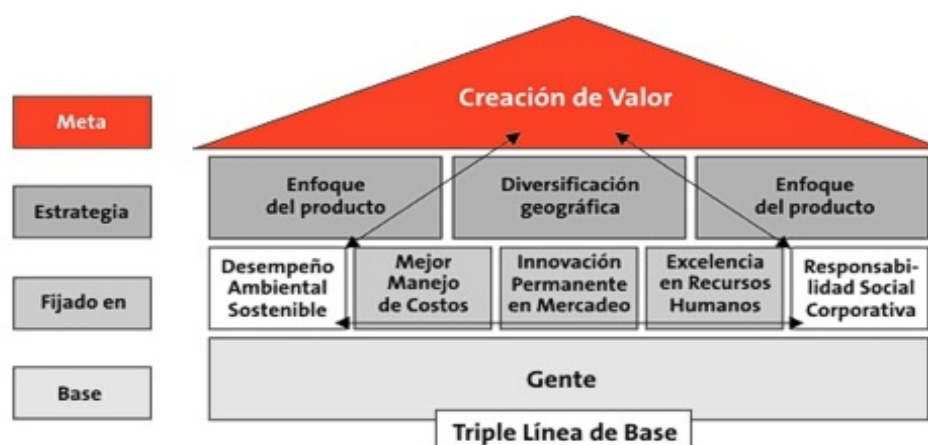
Ilustración 5: Visión y Estrategia de la empresa

Visión y Estrategia

Para alcanzar nuestros objetivos medioambientales, en Holcim (Costa Rica) estamos actuando sobre cuatro grandes líneas estratégicas:

1. Estableciendo políticas y sistemas de gestión medioambiental.
2. Evaluando y reduciendo los impactos de nuestras actividades.
3. Utilizando racionalmente los recursos, con especial atención al desarrollo de combustibles alternativos y adiciones al cemento.
4. Mejorando las relaciones con los interlocutores internos y externos.

Estas cuatro líneas estratégicas han inspirado nuestra política medioambiental y están orientando las actividades profesionales de nuestro personal, en consonancia con las líneas de actuación del Grupo Holcim al que pertenecemos.



La estrategia del Grupo Holcim y nuestro acercamiento a la creación de valor integra los impactos económicos, ambientales y sociales - tres elementos de la triple línea base.

Fuente: www.holcim.cr, Setiembre 2017

VALORES

La empresa Holcim Costa Rica tiene 3 valores que vive en el proceso de sus operaciones diarias, los valores son: Fortaleza, Desempeño y Pasión.

FORTALEZA

Se refiere a lo resistentes que son nuestros dos principales productos: el cemento y el concreto. También hace referencia a la calidad de nuestra gente y a la fuerza de nuestra organización, con años de conocimientos y experiencia.

DESEMPEÑO

Habla de nuestros logros pasados y de nuestros éxitos futuros, de las nuevas y valiosas soluciones que damos a nuestros clientes, así como nuestra eficiente acción financiera.

PASIÓN

Señala el espíritu y la vitalidad de nuestra empresa. Se refiere también a nuestra permanente pasión por aprender y a que ponemos el corazón en lo que hacemos, con el propósito de satisfacer a nuestros clientes.

ALCANCES

Alcance se considera todas aquellas situaciones que ayuden a identificar la problemática existente, también se considera toda la información que se pueda recopilar, los permisos que brinde la empresa entre otras situaciones que ayuden a la tesis.

Identificar la carga de trabajo actual en el sistema SAP de ordenes PM01 y ordenes PM02.

La tesis está enfocada únicamente en la reducción de carga de trabajo de rutinas PM02 del área de molienda.

Crear una propuesta de mejora por la actualización de órdenes de trabajo PM02 que impacten en la reducción de carga de trabajo, con el fin de ejecutar más trabajos correctivos que impacten en la confiabilidad del molino

LIMITACIONES

Debido a la gran cantidad de órdenes preventivas que tiene la planta se enfoca esta tesis en el equipo crítico que es el molino de cemento y su proceso productivo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las ordenes PM02 (preventivas) que actualmente están cargadas en el sistema SAP corresponden a las órdenes que se crearon y cargaron durante el Proyecto llamado “Taller de Mantenimiento Preventivo”.

Dicho Taller fue realizado en el 2005 con el apoyo de una empresa consultora mexicana, la cual ayudo a confeccionar las rutinas preventivas de la planta.

La condición de la planta y del mercado en esos años era muy distintos a los de la actualidad, ya que en aquel entonces los equipos fallaban constantemente debido a que era se estaba conociendo el equipo, la manera de operarlo y de darle mantenimiento, además, como la proyección del consumo de cemento era creciente en aquellos años, entonces, por ese motivo se buscó dar confiabilidad a la planta, creando las ordenes PM02 a todos los equipos del proceso productivo, revisando absolutamente todos los elementos de los equipos y con frecuencias reducidas con el propósito de tener control de la planta, evitar fallas o “sorpresas”

que ocasionen un atraso en la entrega del cemento al cliente y de esta manera poder cumplir con la demanda de cemento.

Después vino la crisis mundial en el año 2008, aunque ya habían mejorado la condición de los equipos de planta ya que no paraban tan a menudo como en los años anteriores, el mercado ya no era creciente, se habían estancado las ventas por lo que la planta empezó a tener paros por silos llenos, lo que equivale a paros por sobreproducción.

Desde entonces no se ha actualizado las órdenes de mantenimiento, hay equipos que en el transcurso del tiempo se han actualizado o cambiado elementos que hace que los textos de las órdenes no concuerden la realidad de los equipos.

También con la experiencia adquirida en este tiempo se ha notado que hay equipos que no es necesario inspeccionarlos con una frecuencia tan pequeña o también equipos que no amerita inspeccionarlos ya que hay una razón técnica que respaldan la decisión de inspeccionar o no la maquinaria.

Este molino es el que produce el 90% del total del cemento que vende la empresa, por lo que una falla en este equipo representa pérdidas millonarias para la empresa ya que el otro molino de cemento no tiene la capacidad de producción para afrontar el mercado costarricense.

Ilustración 6: Molino de Cemento Horomill



Fuente: Holcim (2014). Molino de Cemento

Problema

¿Cómo cumplir con el indicador de rutinas preventivas que deben estar en los planes de mantenimiento del molino 5 de la Empresa LafargeHolcim (Costa Rica) S.A mediante una propuesta de Mantenimiento Productivo Total para reducir la cantidad de ordenes PM02, (ver glosario técnico) sin afectar la confiabilidad del molino?

Justificación

Actualmente el indicador de ordenes preventivas semanales que se planean en SAP para la ejecución de los mantenimientos está en 47,14% esto promediándolo a 52 semanas, lo cual indica que cada semana el tiempo de planeación de mantenimiento el 47,14% son para ordenes preventivas ó PM02 y 52,86% son para ordenes correctivas ó PM01.

La empresa solicita a las plantas que el mantenimiento preventivo no sobrepase del 30% en los planes de trabajo, por lo cual se debe analizar la forma de reducir en un 17,14% que equivale a 21,59 horas de las órdenes preventivas que SAP carga al sistema sin poner en riesgo la confiabilidad del molino.

Como indicador clave para la gestión de mantenimiento está el factor de confiabilidad el cual se calcula con la siguiente fórmula:

Factor de Confiabilidad: (Hrs de marcha / Hrs de marcha + Horas de falla) X 100

Cabe destacar que este es un cálculo que se utiliza a nivel interno de la empresa.

Por medio de este indicador se mide parte de la gestión de mantenimiento de las diferentes plantas de la empresa Lafarge Holcim, lo cual es exigido que la empresa gestione las actividades necesarias para el cumplimiento y alcance de la meta de este indicador.

La meta solicitada por el Equipo Director de la empresa es de un 96% de cumplimiento en el factor de confiabilidad.

Como se puede analizar en la fórmula se indica un porcentaje del tiempo que el molino está trabajando, ya que en el denominador de la fórmula se suman las horas de falla del equipo lo cual implicaría que el molino no está disponible para producir.

Objetivo General

Cumplir con el indicador de rutinas preventivas que deben estar en los planes de mantenimiento del molino 5 de la Empresa LafargeHolcim (Costa Rica) S.A mediante una propuesta de Mantenimiento Productivo Total para reducir la cantidad de órdenes PM02 sin afectar la confiabilidad del molino.

Objetivos Específicos

- Analizar el contenido de las órdenes de Mantenimiento Preventivo en el sistema de información SAP usando el Pareto de Fallas y su repercusión en los indicadores de confiabilidad y disponibilidad del molino.
- Actualizar y analizar los pilares del TPM en el proceso de actualización de rutinas preventivas (Estructura del TPM)
- Examinar y analizar la lista de las órdenes PM02 que se ejecutan en los mantenimientos preventivos, (Balance de Cargas), nombre usado por la empresa.
- Evaluar el manual de los equipos principales instalados en el proceso productivo del Molino Horomill para verificar que las frecuencias de mantenimiento del equipo que están cargadas en SAP corresponda a las recomendadas por el fabricante.
- Analizar contenido de la lista de chequeo (VOSO) (ver glosario técnico), del Mantenimiento Autónomo, con el fin de valorar si parte de las rutinas PM02 que están cargadas en el sistema también están cargadas en el VOSO con el fin de evitar duplicidad que conlleve a un sobre mantenimiento.
- Crear nuevo listado de ordenes PM02 propuesto.

Indicadores de Mantenimiento

Uno de los pilares del Mantenimiento Productivo Total es el Mantenimiento Planificado, el cual se mide con una serie de indicadores con el fin de evaluar la gestión.

La gestión de Mantenimiento se rige por un sistema de gestión igual para todas las plantas del grupo, con el fin de poder dar seguimiento a la gestión y poder adoptar las buenas prácticas entre plantas.

- MTBF: Tiempo medio entre fallas. Este indicador mide la frecuencia de falla de un equipo.
- Disponibilidad Neta: este indicador muestra la cantidad de tiempo en porcentaje el cual el equipo está disponible para su utilización.

- % Cumplimiento del Plan: establece la relación entre las actividades de mantenimiento ejecutadas con respecto a las actividades de mantenimiento planificadas.
- % PMR: el porcentaje de rutinas de mantenimiento preventivo establece la relación entre las horas ejecutadas por medio de las rutinas de mantenimiento preventivo con respecto a las horas totales de los trabajos planeados.

Tabla 1: Indicadores de Mantenimiento

Marzo 2017

Puesto trabajo responsable	Indicador de gestión	52 Semanas	13 Semanas		10.2017	Meta LH	Meta SGI
Resultado total	(K4) Horas Preventivas completadas [%]	47.50%	43.31%		56.84%	<30%	<40%
	(K5) Eficiencia del preventivo [%]	27.5		FEB 2016	32.47	>50%	
	(K6) Cumplimiento del Plan [%]	87.89%	89.50%		93.60%	>87.5%	>80%
	(K7) Precisión en la Planificación [%]	98.90%	99.01%		97.67%	>90%	
	(S2) Carga de Trabajo (Outstanding)				14.37		
	(S3) Trabajos Atrasados (Overdue)				132.00	=0	
	(S4) Tasa de Programación	99.81%	105.86%		96.14%	>95%	
	(S5) Preventivo no realizado [%]	11.73		FEB 2016	7.91	<5%	
	(S7) Avisos sin tratar (+10 días) [#]				6.00	<5	
	(S8) Ordenes correctivas sin aviso [%]	0.38%	0.13%			<1%	
	(S9) Uso de reservas de materiales [%]	39.72%	48.85%		62.07%	>50%	
	(S12) Trabajos No Planeados	11.46%	9.01%		4.77%	<10%	
	Eficiencia de Mano de Obra	100.03%	99.89%		98.90%	100%	
	Utilización de Mano de Obra	96.76%	103.68%		90.82%		

Fuente: Holcim, Setiembre 2017

27/9/2017	LH	Indicador de gestión	52 Semanas	13 Semanas	Al mes	38.2017	37.2017	Meta LH
LATAM	Mandatorio	(K4) Horas Preventivas completadas [%]	47.14%	49.45%		62.14%	59.97%	<30%
LATAM	Mandatorio	(K5) Eficiencia del preventivo [%]	51.95%		AGO.2017	64.63%	64.63%	>35%
LATAM	Mandatorio	(K6) Cumplimiento del Plan [%]	86.40%	84.35%		83.63%	72.77%	>87.5%
	Mandatorio	(K7) Precisión en la Planificación [%]	98.42%	98.03%		100%	96.31%	>90%
		(S2) Carga de Trabajo (Outstanding)				14.22	19.18	
LATAM	Mandatorio	(S3) Trabajos Atrasados (Overdue)				123.00	89.00	=0
		(S4) Tasa de Programación	98.19%	91.48%		66.17%	90.37%	>95%
		(S5) Preventivo no realizado [%]	21.72%		AGO.2017	28.23%	28.23%	<5%
LATAM	Mandatorio	(S7) Avisos sin tratar (+10 días) [#]				9.00	38.00	<5.0
		(S8) Ordenes correctivas sin aviso [%]	0.21%			0.00%	0.00%	<1%
		(S9) Uso de reservas de materiales [%]	49.76%	51.46%		18.18%	68.42%	>50%
LATAM	Mandatorio	(S12) Trabajos No Planeados	11.52%	13.12%		17.43%	21.18%	<10%
		Eficiencia de Mano de Obra	100.06%	98.54%		102.88%	100.97%	100%
		Utilización de Mano de Obra	94.49%	89.18%		61.27%	83.42%	
Últ.actual.pantalla		26/09/2017 7:40:12						

Fuente: Holcim, Setiembre 2017

En este cuadro se puede observar la cantidad de horas preventivas asociadas a los planes de mantenimiento de la planta.

La meta de la planta es que se invierta menos de un 30% del tiempo disponible de la mano de obra en la ejecución de rutinas preventivas, pero actualmente tenemos 47,1% del tiempo que se destina a la ejecución de rutinas preventivas lo cual para la compañía es un porcentaje muy alto pero como se ha mencionado anteriormente la alta carga de trabajo de rutinas PM02 que son las rutinas que en el sistema SAP se utilizan para mantenimiento preventivo, (ver glosario técnico) de la planta evitan que este porcentaje sea menor ya que es

necesario programar las ordenes que lanza el sistema para no afectar otros indicadores de la gestión de mantenimiento.

Antecedentes

Al equipo al cuál se está realizando este estudio de la actualización de rutinas preventivas es el proceso productivo de molienda de cemento ya que es donde está la mayor carga de trabajo de mantenimiento preventivo y correctivo.

La carga de trabajo de rutinas preventivas que están cargadas en el sistema, corresponde al trabajo realizado durante el proyecto de “Mantenimiento Preventivo” en el 2005.

La confección de estas órdenes se fue realizada con el apoyo de unos consultores de México y El Salvador, también se tomó como apoyo al personal de mayor experiencia de mantenimiento que reunía con las aptitudes necesarias para la ejecución de este proyecto, así como los manuales de los equipos los cuales son el respaldo técnico de las máquinas por ser la recomendación final del fabricante.

Pero a lo largo de este período y hasta la fecha se han aumentado la cantidad de órdenes preventivas que arroja el sistema a los equipos.

Este incremento en algunos casos fue generado por acuerdos adquiridos entre colaboradores responsables del equipo ya que durante el análisis de alguna falla ocurrida en el molino se tomó como acuerdo la creación de una rutina que tenía que ver con la falla analizada con el fin de evitar recurrencia.

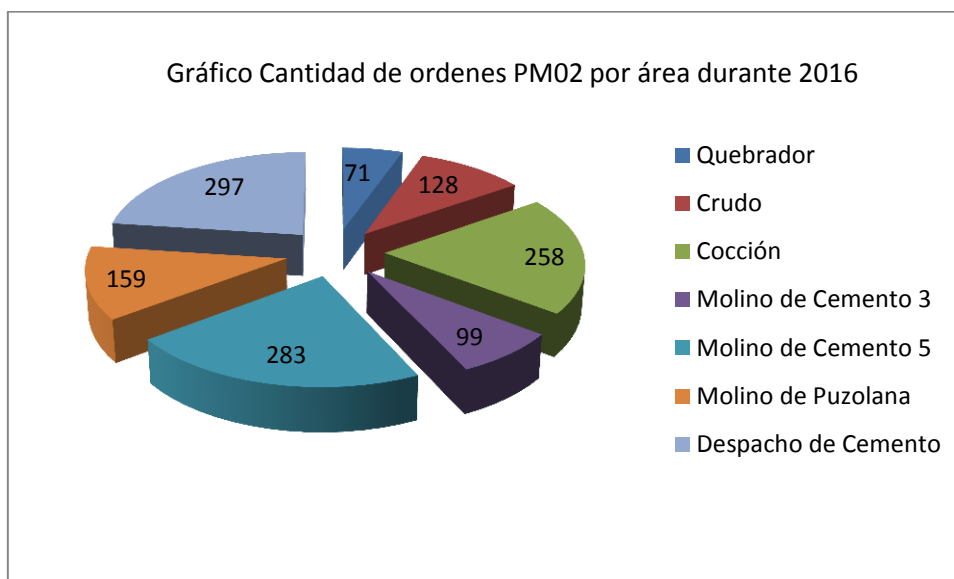
En la empresa LafargeHolcim la herramienta SOLVE (ver glosario técnico) es la autorizada para analizar las fallas, en el cual participan un grupo interdisciplinario de profesionales, todos enfocados en encontrar la causa raíz de la falla para tratar de generar las acciones necesarias que permitan evitar la recurrencia.

Proyecciones

El molino 5 se detiene cada 15 días para mantenimientos programados por un periodo de 9 horas, en este tiempo se deben ejecutar los trabajos más importantes para garantizar la correcta operación de los equipos que conforman la línea de producción del molino 5.

En este gráfico se puede observar que durante el año 2016 en el molino 5, el sistema SAP lanzó 283 órdenes PM02 que son las órdenes preventivas.

Ilustración 8: Cantidad de órdenes preventivas



Fuente: Sistema SAP, Setiembre 2017

Para conocer un poco sobre la magnitud del problema que esta cantidad de órdenes genera se debe conocer que actualmente al molino se le realizan mantenimientos quincenales de 9 horas para ejecución de rutinas PM01 correctivas y PM02 preventivas.

Es decir, en el año se cuentan con 24 mantenimientos, en este tiempo se deben ejecutar 251 órdenes preventivas (se restaron las inspecciones VOSO) ya que estas se realizan con equipo en marcha y el resto de ordenes PM02 que lanzó el sistema se deben hacer con equipo en paro.

De este modo, al dividir 251 órdenes en 24 paros, el resultado es que 10,4 órdenes en promedio por mantenimiento programados deben ser ejecutadas, solo en ordenes preventivas sin contar con los trabajos correctivos necesarios a ejecutar para garantizar la operación óptima del molino.

Mano de Obra disponible para la ejecución de los mantenimientos

Mano de obra de mantenimiento mecánico disponible para ejecución de Rutinas PM01 y PM02 de planta de cemento.

En total la planta de cemento cuenta con 14 mecánicos disponibles para la ejecución de las órdenes de trabajo.

El horario de trabajo es de lunes a viernes de 7 am a 5 pm por lo que esto equivale a 126 horas hombre por día para la ejecución de las actividades de mantenimiento.

Cabe destacar que la capacidad total del personal disponible para mantenimiento se reduce normalmente debido a que algunos mecánicos pueden estar de vacaciones, incapacitados, en capacitaciones o atendiendo emergencia de planta de las otras áreas.

Por lo que de 14 personas, normalmente se cuenta con 9 a 10 mecánicos para mantenimiento, lo que equivale a 90 horas hombre disponible para el mantenimiento del equipo.

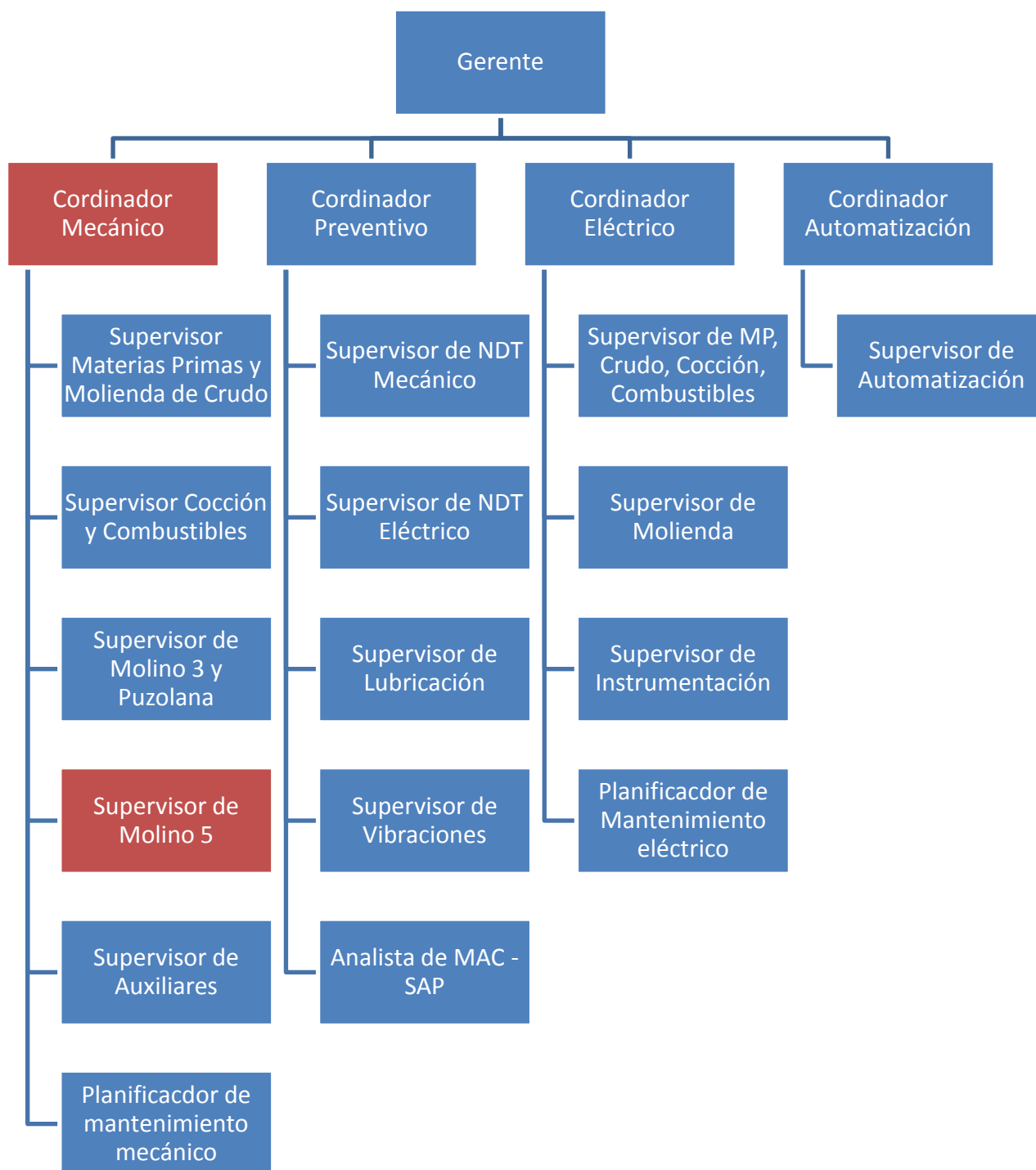
Al final de este proyecto se pretende evidenciar que con la actualización de las frecuencias y textos de las rutinas preventivas y predictivas del área del Molino Horomill el personal mecánico con el que cuenta la empresa pueda tener el tiempo de ejecutar las ordenes que pide el sistema y también disponer del personal que pueda ejecutar las reparaciones que el equipo requiere.

Organigrama de Mantenimiento

Estructura Organizacional del departamento de mantenimiento de la empresa LafargeHolcim Costa Rica.

El organigrama completo de la organización de la planta de cemento es tipo piramidal donde está a la cabeza un director al cual le reportan gerentes de cada departamento a los cuales les reportan coordinadores de las unidades y ellos tienen a su vez supervisores que son los responsables de la correcta ejecución de las labores que ejecuta el personal operativo

Ilustración 9: Organigrama de Mantenimiento



Fuente: Planta de Cemento Cartago, Marzo 2017

Las zonas pintadas de rojo corresponden a las zonas de impacto.

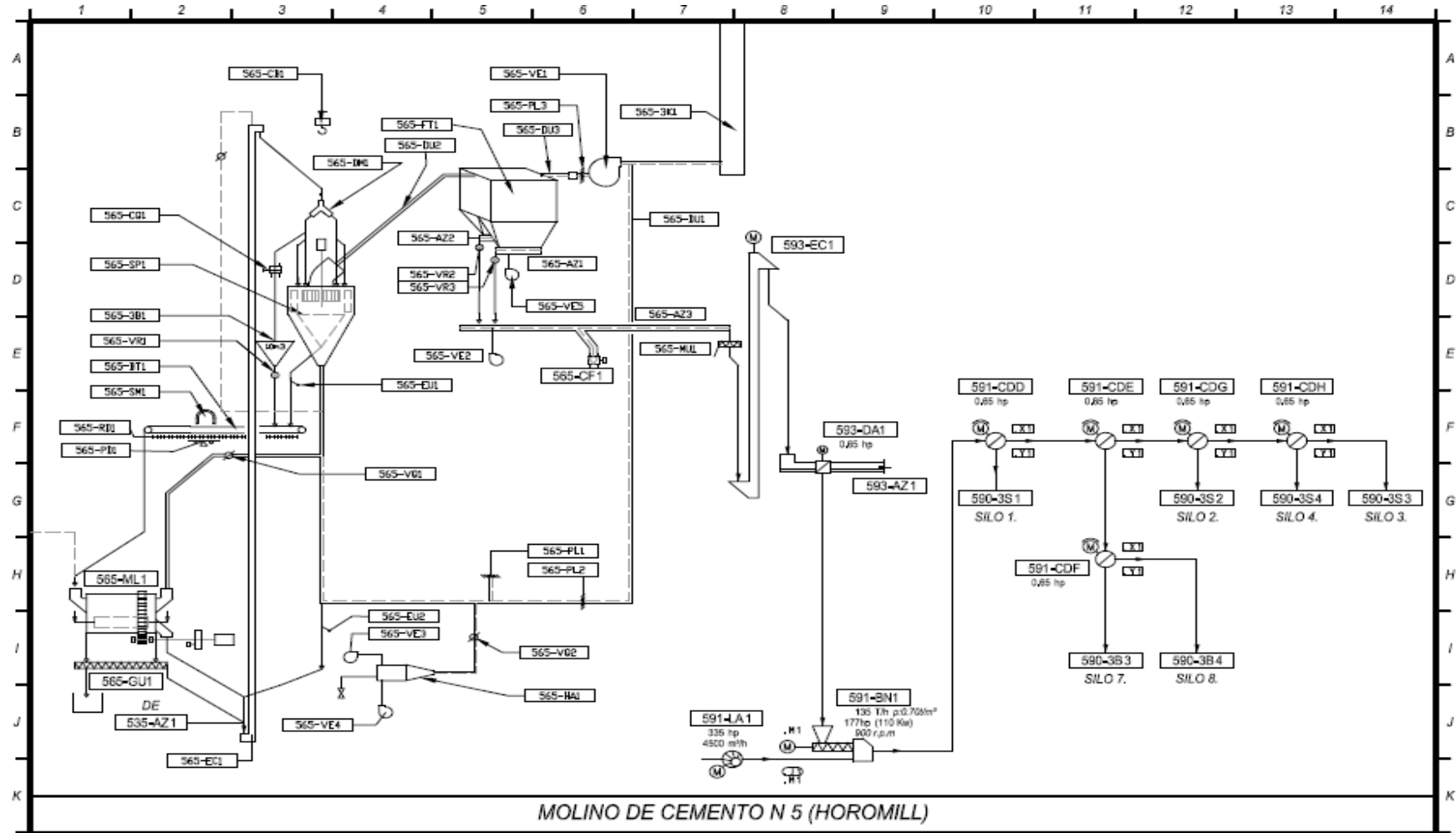
Descripción del Diagrama de Flujo del molino 5

En este diagrama se puede observar parte de las maquinas que intervienen en el proceso de fabricación del cemento y a las cuales se les debe dar mantenimiento en los paros programados.

El molino como equipo principal, es de marca FCB tipo Horomill 3800, que realiza el trabajo de molienda con un único rodillo que actúa con la presión que ejerce 2 pistones hidráulicos, el cual aplasta el material contra la virola giratoria.

El material se adhiere a la virola gracias al efecto de centrifugación que ofrece el molino al girar la virola y el material es despegado de la virola gracias a un rascador y a una mampara que direcciona el material a que vaya saliendo, del molino, conforme para el material bajo el rodillo este es molido hasta ser polvo de cemento el cual es transportado por medio del flujo de aire del ventilador hacia el separador y este al filtro lo cual lo transporta por sistema neumático, aerodeslizadores y mecánico, elevador de cangilones, hasta los silos de cemento.

Ilustración 10: Diagrama de Flujo



Fuente: Diagrama de Flujo Planta de Cemento, Mayo 2014

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este apartado se da a conocer los conceptos y teorías propuestas por autores más relevantes, realizando una descripción detallada de cada uno de los elementos esenciales de la teoría por emplear para el desarrollo de la presente tesis, de tal manera que la formulación del problema y su solución sean una deducción lógica del estudio realizado.

Por lo tanto, para la correcta comprensión de la investigación se expone a continuación aspectos claves que facilitan el entendimiento del desarrollo del tema a tratar.

Organigrama Organizacional

Es una representación gráfica de las relaciones de autoridad formal y división de trabajo que permite articular las distintas funciones, destacar los distintos puestos y posiciones, establecer cuáles son las líneas de comunicación formales y conexiones entre puestos, ver de forma inmediata y resumida la manera en que se estructura la empresa. (Rosenzweig, 1987)

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Son las estrategias fundamentales para desarrollar el programa de mantenimiento, Se dividen en pilares los cuales sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados por el JIPM como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son ocho a saber.

Ilustración 11: Pilares de Mantenimiento Productivo total



Fuente: (Ingeniería Industrial Online, 2017)

a. MEJORAS ENFOCADAS

Son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto maximizar la Efectividad Global de Equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e interfuncionales que emplean metodología específica y centran su atención en la eliminación de cualquiera de las 16 pérdidas existentes en las plantas industriales.

b. MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Una de las actividades del sistema TPM es la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento. Este es uno de los procesos de mayor impacto en la mejora de la productividad. Su propósito es involucrar al operador en el cuidado del equipamiento a través de un alto grado de formación y preparación profesional, respeto de las condiciones de operación, conservación de las áreas de trabajo libres de contaminación, suciedad y desorden.

El mantenimiento autónomo se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipamiento, esto es, mecanismos, aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo, averías, etc. Con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de

trabajos de mantenimiento liviano en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas.

c. MANTENIMIENTO PLANIFICADO

El objetivo del mantenimiento planificado es el de eliminar los problemas del equipamiento a través de acciones de mejora, prevención y predicción. Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento es necesario contar con bases de información, obtención de conocimiento a partir de los datos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.

d. MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD

Esta clase de mantenimiento tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad, mediante el control de las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen directo impacto en las características de calidad del producto. Frecuentemente se entiende en el entorno industrial que los equipos producen problemas cuando fallan y se detienen, sin embargo, se pueden presentar averías que no detienen el funcionamiento del equipo pero producen pérdidas debido al cambio de las características de calidad del producto final. El mantenimiento de la calidad es una clase de mantenimiento preventivo orientado al cuidado de las condiciones del producto resultante.

e. PREVENCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Son aquellas actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, con el objeto de reducir los costes de mantenimiento durante su explotación. Una empresa que pretende adquirir nuevos equipos puede hacer uso del historial del comportamiento de la maquinaria que posee, con el objeto de identificar posibles mejoras en el diseño y reducir drásticamente las causas de averías desde el mismo momento en que se negocia un nuevo equipo. Las técnicas de prevención de mantenimiento se fundamentan en la teoría de la fiabilidad, esto exige contar con buenas bases de datos sobre frecuencia de averías y reparaciones.

f. AREAS ADMINISTRATIVAS

Esta clase de actividades no involucra el equipo productivo. Departamentos como planificación, desarrollo y administración no producen un valor directo como producción, pero facilitan y ofrecen el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente, con los menores costes, oportunidad solicitada y con la más alta calidad. Su apoyo normalmente es ofrecido a través de un proceso que produce información. Allí también las pérdidas potenciales a ser recuperadas son enormes.

g. EDUCACIÓN Y ENTRENAMIENTO

Las habilidades tienen que ver con la correcta forma de interpretar y actuar de acuerdo a las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. Es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo. El TPM requiere de un personal que haya desarrollado habilidades para el desempeño de las siguientes actividades:

Habilidad para identificar y detectar problemas en los equipos.

Comprender el funcionamiento de los equipos.

Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto.

Poder de analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos.

Capacidad para conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros.

Habilidad para trabajar y cooperar con áreas relacionadas con los procesos industriales.

h. SEGURIDAD Y MEDIOAMBIENTE

El número de accidentes crece en proporción al número de pequeñas paradas. Por ese motivo el desarrollo del Mantenimiento Autónomo y una efectiva implementación de las 5S son la base de la seguridad. El Kobetsu Kaizen es el instrumento para eliminar riesgos en los equipos. La formación en habilidades de percepción es la base de la identificación de riesgos ya que el personal formado profundamente en el equipo asume mayor responsabilidad por su salud y su seguridad.

La práctica de los procesos TPM crea responsabilidad por el cumplimiento de los reglamentos y estándares lo que disminuye las pérdidas y mejora la productividad.

Indicadores

Es una estadística simple o compuesta que refleja un rasgo importante de un Sistema dentro de un contexto de interpretación. En una relación cuantitativa entre dos cantidades que correspondan a un mismo proceso o procesos diferentes. Por si solos no son relevantes, pues solo adquieren importancia cuando se les compra con otros de la misma naturaleza. Un indicador pretende caracterizar el éxito la eficacia de un sistema, programa u organización, pues sirve como medida aproximada de algún componente o relación entre los mismos.

Los cual permite hacer comparaciones, elaborar juicios, analizar tendencias y predecir cambios, permitiendo medir el desempeño de un individuo como el de un sistema, sus niveles, el comportamiento de un contexto, el costo, la calidad de los insumos, la eficacia, la relevancia de los bienes y servicios producidos en relación con necesidades específicas, además de la organización como tal. (Franklin, 2007).

Confiabilidad

La ingeniería de Confiabilidad también llamada Ingeniería de Mantenimiento, asume el rol cada vez más relevante en el proceso de cambio de cómo deben hacer el mantenimiento los mantenedores, de cómo deben concebir los ingenieros de proyecto la seguridad operacional de los sistemas y de cómo deben entender la gestión y el mantenimiento de los activos los managers de la empresa.

A nivel descentralizado la Ingeniería de Confiabilidad opera como factor de:

- Integración entre la producción y Mantenimiento orientado al mejoramiento de desempeño de los equipos y las instalaciones en beneficio del negocio.
- Incorporación y aplicación de métodos de ingeniería para el mejoramiento del mantenimiento.
- Identificación de las oportunidades de mejoras, considerando el comportamiento de los equipos y las competencias profesionales disponibles en las unidades operativas. (Arata, 2009).

Diagrama de Flujo

Es una representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos gráficos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso.

El diagrama de flujo ofrece una descripción visual de las actividades implicadas en un proceso mostrando la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás, el flujo de la información y los materiales, las ramas en el proceso, la existencia de bucles repetitivos, el número de pasos del proceso, las operaciones de interdepartamentales. Facilita también la selección de indicadores de proceso.

Algunos beneficios de este diagrama es que permite definir los límites de un proceso. A veces estos límites no son tan evidentes, no estando definidos los distintos proveedores y clientes (internos y externos) involucrados, además facilita la identificación de los clientes, es más sencillo determinar sus necesidades y ajustar el proceso hacia la satisfacción de sus necesidades y expectativas y estimula el pensamiento analítico en el momento de estudiar un proceso, haciendo más factible generar alternativas útiles.

Diagrama de Pareto

El principio de este diagrama enfatiza el concepto de lo vital contra lo trivial, es decir el 20% de las variables causan el 80% de los efectos (resultados), lo que significa que hay unas cuantas variables vitales y muchas variables triviales.

Las ventajas de usar esta herramienta en el análisis de procesos son:

- Nos indica cuál(es) problema(s) debemos resolver primero.
- Representa en forma ordenada la ocurrencia del mayor al menor impacto de los problemas o áreas de oportunidad de mejora.
- Es el primer paso para la realización de mejoras.
- Facilita el proceso de toma de decisiones porque cuantifica la información que permite efectuar comparaciones basadas en hechos verdaderos.

Proceso

Basado en (Daniel Sipper y Robert L. Bulfin, 1998) El alma de cualquier sistema de producción es el proceso de manufactura, un proceso de flujo con dos componentes importantes: materiales e información. El flujo físico de los materiales se puede ver, pero el flujo de información es intangible y más difícil de rastrear. Siempre han existido ambos tipos de flujo, pero en el pasado, se daba poca importancia al flujo de información. Como se mencionó, la nueva tecnología de la información ha dado otra forma a los sistemas de producción, de tal manera que el flujo de información es crítico. La meta de los sistemas de producción es fabricar y distribuir productos. La actividad más portante para cumplir con esta meta es el proceso de manufactura, en el cual tiene lugar la conversión material de transformar materia prima en un producto. El proceso de manufactura se puede ver como un proceso que agrega valor. En cada etapa la conversión realizada (a un costo) agrega valor a la materia prima. Cuando este proceso de agregar valor termina, el producto está listo.

Para ser competitivo, la meta debe ser que la conversión de materiales cumpla, de manera simultánea, los siguientes objetivos:

- Calidad: el producto debe tener una calidad superior (igual o mejor que la competencia).
- Costo: el costo del producto debe ser menor que el de la competencia.
- Tiempo: el producto debe entregarse a tiempo al cliente, siempre.

Sistema de información

Un Sistema es un conjunto de componentes que interactúan entre sí para lograr un objetivo común. Aunque existen una gran variedad de Sistemas, la mayoría de ellos pueden representarse a través de un modelo formado por cinco bloques básicos, elementos de entrada, elementos de salida, sección de transformación, mecanismos de control y objetivos. Los recursos acceden al sistema a través de los elementos de entrada para ser modificados en la sección de transformación. Este proceso es controlado por el mecanismo de control con el fin de lograr el objetivo marcado. Una vez que se ha llevado a cabo la transformación, el resultado sale del Sistema a través de los elementos de salida. (Alarcón, 2006)

Demanda

Desde la teoría económica, la demanda señala las cantidades de un bien o servicio que un consumidor está dispuesto a adquirir a un precio determinado. Por lo tanto, esta implica una relación inversa entre cantidades y precios: a mayor precio, menor será la cantidad de la demandada. Entonces, la demanda por cualquier bien o servicio surge del ingreso de los consumidores tienen disponible para gastar, de los precios que deben pagar y de sus deseos, expresadas en función de utilidad. (Wiedemann, 2001)

Diagrama Causa – Efecto

Diagrama de causa efecto se construye para cada una de las características prioritarias seleccionadas por el Pareto grama, como el nombre lo indica, el objetivo es buscar las causas que provocan y los efectos provocados por la falla de las características críticas. (Acuña J., 2012)

El Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado, es un medio de recolectar la información sobre todas las características de calidad generada en la fabricación del producto asociadas a un proceso o aun producto y ordenarlas en categorías. (Acuña J. A., Control de Calidad, 2012)

Consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha.

Es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. El Diagrama que se efectúe debe tener muy claramente escrito el nombre del problema analizado, la fecha de ejecución, el área de la empresa a la cual pertenece el problema y se puede inclusive colocar información complementaria como puede ser el nombre de quienes lo hayan ejecutado, entre otros puntos.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Enfoque

En el área de metodología de la información. Borda et al. (2013), explica que la fuente primaria está constituida por los objetos de investigación de los que se toman de manera directa los datos. En este tipo de fuente, el investigador tiene mayor control sobre los posibles errores en la recolección ya que diseña o adapta los instrumentos que va a emplear y puede controlar mejor los errores a nivel del observador, del método de observación y de observado; de esta manera se aumentan la exactitud y la veracidad de los datos que son oportunos y actuales.

El desarrollo de este documento muestra la metodología que se utilizó para analizar, proponer e implantar soluciones al problema que se tiene en este proyecto, así mismo, en este capítulo se representa la forma en que se lleva a cabo la investigación.

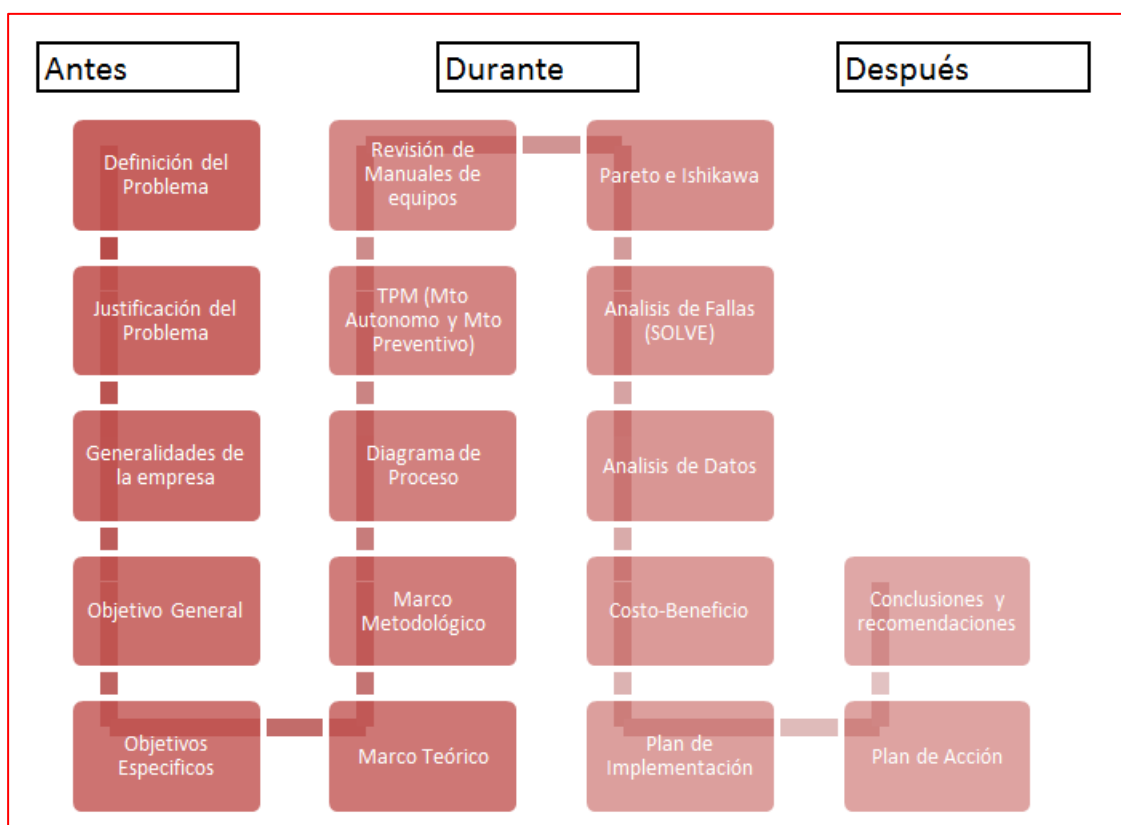
El enfoque utilizado es cuantitativo ya que brinda una explicación de los hechos que se estudian en el objeto de investigación, es decir, dar respuesta al porqué de los fenómenos o causas de los eventos en el estudio.

Diseño / Método

Las herramientas de la Ingeniería Industrial que serán utilizadas para poder dar forma al proyecto, empezando por la identificación del problema, obtener su magnitud, generar los objetivos del proyecto y su alcance. Dentro de las herramientas que serán utilizadas se pueden mencionar el diagrama de Pareto, Ishikawa, Diagrama de Proceso, Análisis de Fallas SOLVE, Mantenimiento Productivo Total y FMEA.

Con la Estrategia del Marco Metodológico se indican los pasos a seguir en el proyecto de tesis. En esta estrategia se muestran las fases de investigación utilizadas, antes, durante y después con el fin de dar un enfoque sistemático para el alcance de los objetivos.

Ilustración 12: Estrategia del Marco Metodológico para el logro de Objetivos Específicos



Fuente: Guevara H. Setiembre 2017

Muestra de la Investigación

Esta tesis se desarrolla en el Departamento de Mantenimiento Mecánico en el área de Molienda de Cemento, Molino 5, debido a que es un área que tiene alta carga de trabajo y los indicadores de gestión están por debajo de las metas solicitadas por la Dirección de Mantenimiento.

Variables o Unidades de Análisis

En esta tesis se van a utilizar las variables de tiempo, costo y cantidad, ya que las ordenes de mantenimiento en SAP deben ser ejecutadas por personas con las competencias necesarias según el puesto de trabajo, en este caso mecánicos industriales, dichas órdenes están ligadas a una duración de ejecución lo cual se debe evaluar si el tiempo es correcto o se

puede reducir, la variable de cantidad aplica debido a que si al analizar las ordenes se observa que pueden ser ejecutadas por personal operativo (Mantenimiento Autónomo), entonces estamos reduciendo la cantidad de las órdenes del sistema y costo debido a que debemos analizar con ayuda de herramientas de ingeniería como FMEA, Paretos, Ishikawa, la manera de prevenir las fallas ocurridas mediante el mantenimiento planificado que es otro pilar del Mantenimiento Productivo Total, por lo tanto, el costo se verá impactando.

Tabla 1. Funcionamiento de las Variables

Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Sistema de información para el control y gestión de las ordenes preventivas en el plan de mantenimiento	SAP ERP significa la planificación de recursos empresariales que permite la integración de las operaciones de una empresa que tiene que ver con la producción que se dividen en tres áreas que son, la logística, el inventario, los envíos y la contabilidad porque funciona como un sistema integrado, (https://www.significados.com/sistema-sap/)	Es un sistema de información que permite visualizar en tiempo real los costos de la empresa, en mantenimiento nos permite mantener un histórico de los equipos con el fin de tener trazabilidad de los mismos. Indicador: Manejo de Información <i>% Cumplimiento del Plan</i>	Plan de trabajo semanal en el que se planifican las ordenes de mantenimiento
Información de órdenes de mantenimiento	Una orden de trabajo es un documento donde se detallan por escrito las instrucciones para realizar algún tipo de trabajo o encargo. Se trata de una herramienta básica en multitud de negocios, (https://definicion.mx/orden-trabajo/)	Documento oficial que indica al operario el detalle de la actividad a realizar <i>% Ordenes preventivas</i>	Retroalimentación de las órdenes de trabajo en el sistema.
Sistema de Información de fallas de los	Se entiende por fallo de una maquina cualquier cambio en la misma que impida que ésta realice la función para la que fue diseñada,	Basado en la información recopilada por el operador se hace la investigación	No se lleva el Diagrama de Pareto con el cuál

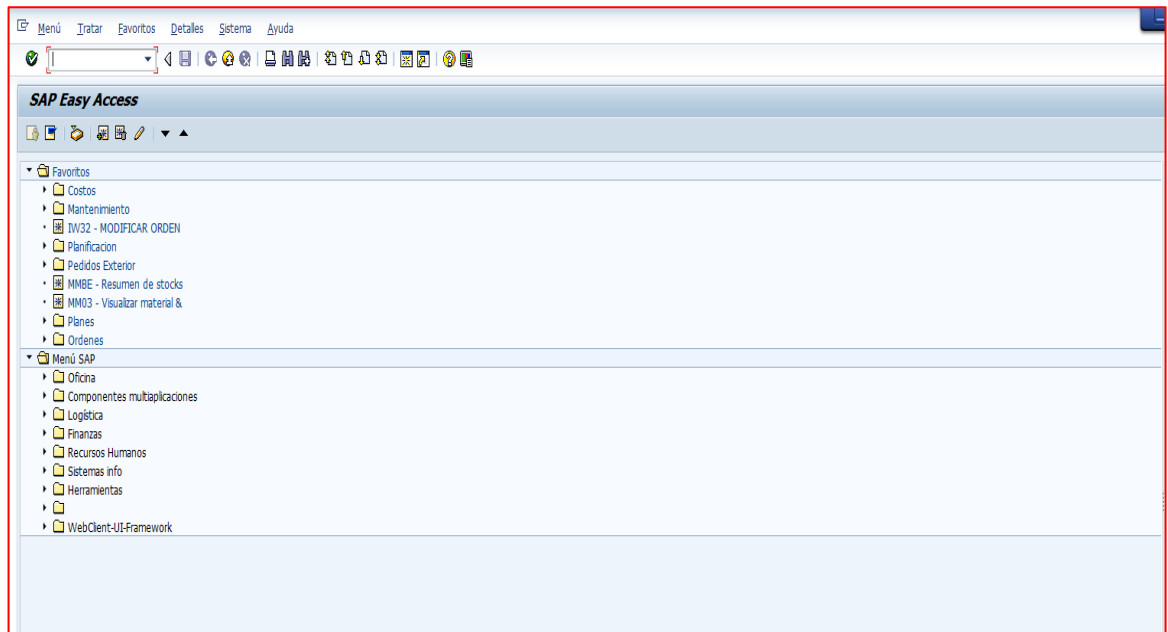
equipos	(www.mantenimientomundial.com/sites/libro/torres/parte1.pdf)	mediante un análisis de la falla, en la empresa se utiliza el análisis SOLVE MTBF: Horas de Marcha/#fallas	se puede identificar las fallas que más impacto tienen en el equipo.
---------	--	---	--

Nota: Henry Guevara

Instrumentos

Para recolectar la información se utiliza como instrumento de apoyo el sistema SAP ya que en el módulo de mantenimiento, se contiene toda la información necesaria para dar trazabilidad a la cantidad de órdenes y así demostrar el problema planteado.

Ilustración 13: Imagen de pantalla del Sistema SAP



Fuente: Sistema SAP, Holcim CR

En la tabla 2 se detallan algunos de los indicadores con los cuales miden la gestión de mantenimiento a nivel de todas las plantas del grupo Lafarge Holcim.

Para confeccionar la tabla se utilizó una columna la cual indica el indicador a analizar, seguidamente de la herramienta utilizada o el medio por el cual se consigue la información que contiene el seguimiento del indicador.

En la parte de Recursos Requeridos se utilizaron materiales como hojas, tablas, lapiceros que apoyan con las anotaciones necesarias para el análisis de los datos extraídos de la computadora.

Finalmente como beneficio esperado con la información obtenida se crea un reporte el cual sirve como un elemento de entrada para la toma de decisiones.

Tabla 2. Instrumentos

Indicador	Herramienta	Recurso Requerido	Beneficio Esperado
<p>Disponibilidad:</p> $\left(\frac{\text{Tiempo Marcha} + \text{Tiempo Ocioso}}{\text{Tiempo Calendario}} \right) \times 100$	<p>Sistemas de Información SAP y TIS ya que mantienen el histórico guardado.</p>	<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hojas • Tabla • Lapicero <p>Equipo: Computadora</p> <ul style="list-style-type: none"> • Computadora 	<p>Determinar si el manejo de la información se realiza de forma eficiente mediante los informes que se están realizando.</p>
<p>Tiempo Medio Entre Fallas:</p> $\left(\frac{\text{horas de Marcha}}{\# \text{ de falla}} \right)$	<p>Sistemas de Información SAP y TIS ya que mantienen el histórico guardado.</p>	<p>Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hojas • Tabla • Lapicero <p>Equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Computadora <p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de Pareto 	<p>Identificar fallas que generan el mayor impacto en el indicador.</p>
<p>Factor de Confiabilidad:</p> $\left(\frac{\text{Hrs de Marcha}}{\text{Hrs de Marcha} + \text{Horas de Falla}} \right) \times 100$	<p>Sistemas de Información SAP y TIS ya que mantienen el histórico guardado.</p>	<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • FMEA • Pareto • SOLVE <p>Equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Computadora 	<p>Conocer la causa raíz de la falla y generar un plan de acción para evitar recurrencia.</p>

Nota: Henry Guevara

Proceso para la Recolección de Datos

El proceso de recolección de datos iniciará analizando la cantidad de órdenes preventivas de la planta por área lanzadas en el último año, seguidamente analizar la cantidad de órdenes que genera el sistema por mantenimiento programado con el fin de evaluar si la carga que se genera esta balanceada, posteriormente se ingresa a otro sistema de información integrado TIS (ver glosario técnico) en donde se puede obtener información de producción

para elaborar el diagrama de Pareto de al menos los últimos tres años con el fin de revisar las fallas repetitivas y así poder observar si hay alguna tendencia en dichas fallas.

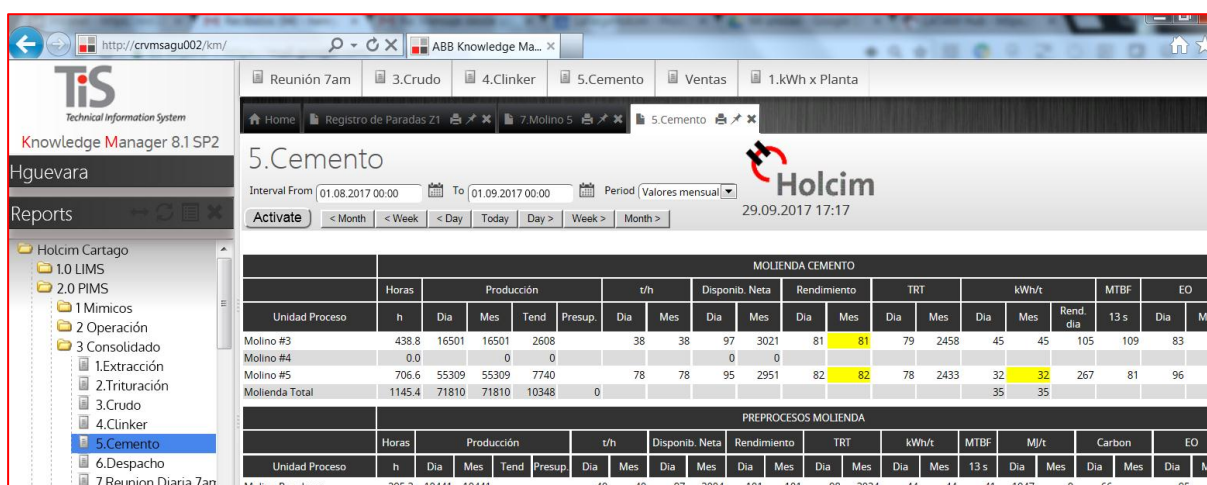
Las órdenes a analizar son las PM02 que son las rutinas preventivas del módulo de mantenimiento.

Ilustración 14: Clasificación de Ordenes de Mantenimiento en SAP

Ty...	Name
PM01	Corrective (Maintenance order)
PM02	Preventive (Maintenance order)
PM04	Refurbishment order
PM06	Investment order (Capex Order)

Fuente: Manual de SAP/Holcim CR

Ilustración 15: Imagen de Pantalla del Programa TIS



Fuente: Sistema TIS, Holcim CR

Método de Análisis

El método de análisis se ejecutará recolectando y posteriormente analizando los datos desde la computadora ya que en los sistemas de información SAP y TIS, está la información requerida para desarrollar la tesis.

Presupuesto

Para ejecutar este estudio no se requiere cargar con un costo adicional ya que al ser colaborador de la empresa, tenemos todas las competencias necesarias y accesos a bases de datos para completar el análisis.

Cronograma

Este proyecto de tesis tendrá una duración de 15 semanas por lo que se va a crear un cronograma de actividades en Excel donde se pueda tener un seguimiento más cercano a los hitos del proyecto para poder conocer y corregir las desviaciones que se puedan presentar.

Ilustración 16: Cronograma de Actividades

Proyecto de Tesis de Graduación para Bachiller de Ingeniería Industrial													Nombre: Henry Guevara Rodríguez		
													UIA		
Tarea	08/09/2017	15/09/2017	22/09/2017	29/09/2017	06/10/2017	13/10/2017	20/10/2017	27/10/2017	03/11/2017	10/11/2017	17/11/2017	24/11/2017	01/12/2017	08/12/2017	15/12/2017
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15
Planteamiento de Objetivos	■														
Planteamiento del Problema	■														
Ejecución del Marco Teórico		■													
Ejecución del Marco Metodológico			■	■											
Entrega del I Avance				■											
Ejecución del Diagnostico					■	■	■	■	■						
Recopilación de Datos (SAP, TIS)					■										
Análisis de Datos					■										
Ejecución de Pareto de Falla						■									
Ejecución de Ishikawa						■									
Análisis de Fallas Solve							■								
Ejecución de FMEA							■								
Revisión de textos VOSO (Mto Autonomo)								■							
Revisión de textos PM02 SAP vrs manuales								■							
Ejecución del Diagrama de Proceso								■							
Análisis Costo Beneficio									■						
Conclusiones									■						
Recomendaciones									■						
Propuesta										■	■				
Entrega de la Tesis											■				

Nota: Henry Guevara

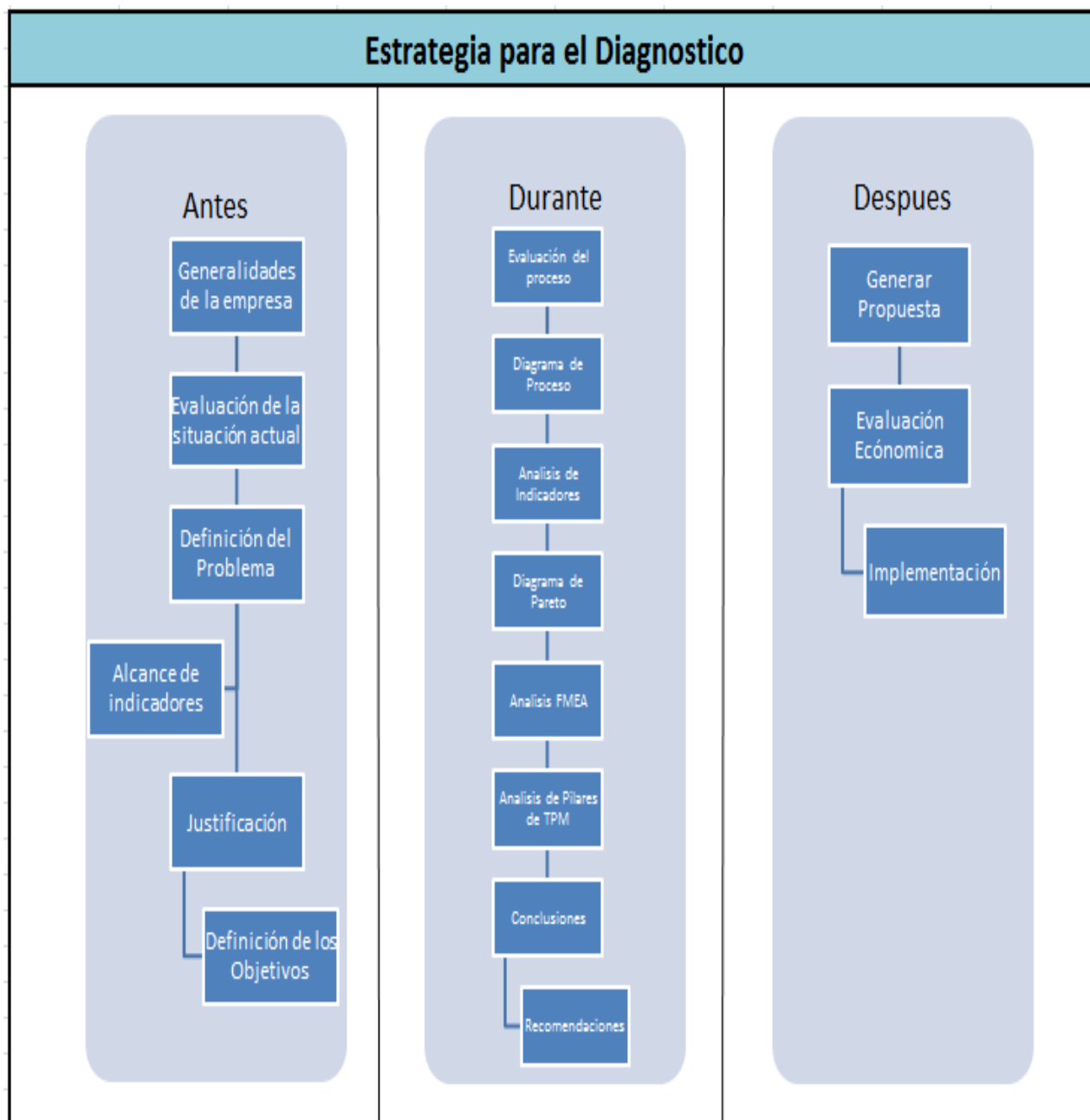
La fecha de entrega de la tesis es el la semana 10 por lo que el siguiente cronograma se ajusta al cumplimiento de los objetivos semanales con el fin de entregar la tesis en el tiempo establecido.

También permite conocer las desviaciones que se pueden presentar a lo largo de la tesis con el fin de poder hacer los ajustes necesarios y así evitar atrasos en la entrega del proyecto final o bien para terminar el proyecto ya que por la premura se puede ver afectada la calidad.

CAPITULO IV ANALISIS DE LA SITUACIÓN (DIAGNOSTICO)

En este capítulo de la tesis se muestra la estrategia a seguir para el alcance de los objetivos propuestos en la solución del problema.

Con el diagnostico se analiza la situación actual de la empresa lo cual es parte vital del proyecto ya que a partir de esta información analizada se toman las decisiones que permitan solucionar el problema.



Nota: Henry Guevara

Indicadores

Como se mencionó en el capítulo anterior (Marco Metodológico), la gestión de mantenimiento se mide por el cumplimiento de los indicadores. Dos de los indicadores más importantes con los que miden la gestión es el Factor de Confiabilidad y la Disponibilidad del Molino 5.

Los datos suministrados para el estudio son compilados desde el 01 de enero del 2016 hasta el Setiembre 2017 esto con el fin de mostrar la situación actual del problema planteado en esta tesis.

Factor de Confiabilidad

El Factor de Confiabilidad es un porcentaje que mide la eficiencia del Mantenimiento ya que este indicador castiga el tiempo que el molino estuvo detenido por alguna falla por lo que no está disponible para producir.

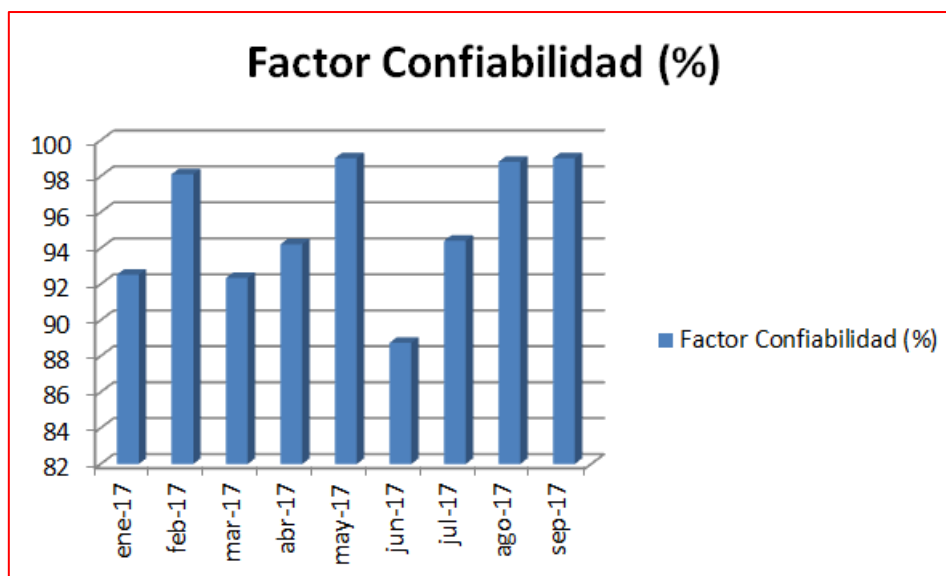
El valor meta para las empresas de Lafarge Holcim, es que el factor de confiabilidad para sus equipos principales sea mínimo 96%.

Con este gráfico se puede observar que los únicos meses del año que lograron alcanzar el factor de confiabilidad fueron febrero, mayo y agosto, el restante de meses estuvo por debajo de la meta, es decir estos meses el molino se detuvo por varias horas producto a fallas que ocasionaron la imposibilidad de operación del molino.

Meta: 96%

29.09.2017 (Promedio): 94,77%

Grafico 1: Tendencia de Factor de Confiabilidad 2017



Fuente: Guevara H. (2017)

Disponibilidad

El indicador de Disponibilidad muestra la cantidad de tiempo en porcentaje el cual el equipo está disponible para su utilización.

La meta para las empresas de Lafarge Holcim es un valor mínimo de 90% de disponibilidad de los equipos principales de la planta.

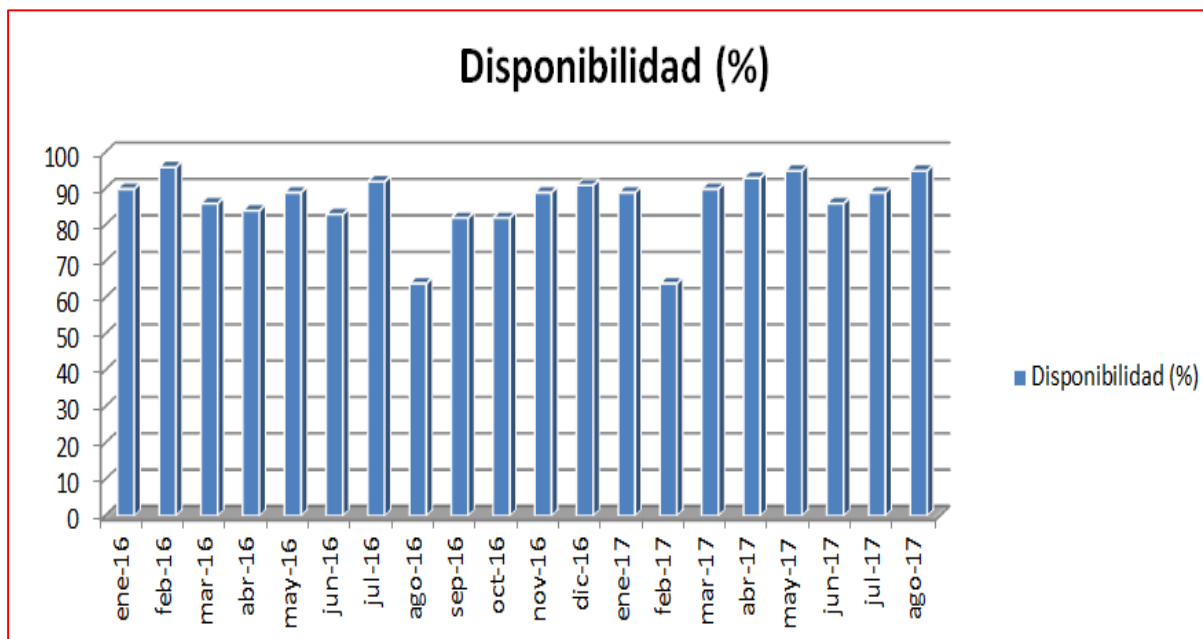
Los datos para el análisis de este gráfico se sacaron desde el 01.01.2016 hasta el 29.09.2017.

Los valores promedio de disponibilidad en el año 2016 fue de 85,6% y en el 2017 (hasta el 29.09.2017), el valor de disponibilidad esta en 87,6%

Es decir, en ninguno de los 2 años se está cumpliendo con el indicador que pide la empresa.

Como se puede ver en este gráfico solamente durante los meses de abril, mayo y agosto se alcanzó la meta del 90%, en meses restantes este valor no fue alcanzado y la causa es la misma que la del indicador del Factor de Confiabilidad, que son las fallas en el equipo.

Gráfico 2: Tendencia del factor de Disponibilidad del 2016 y 2017

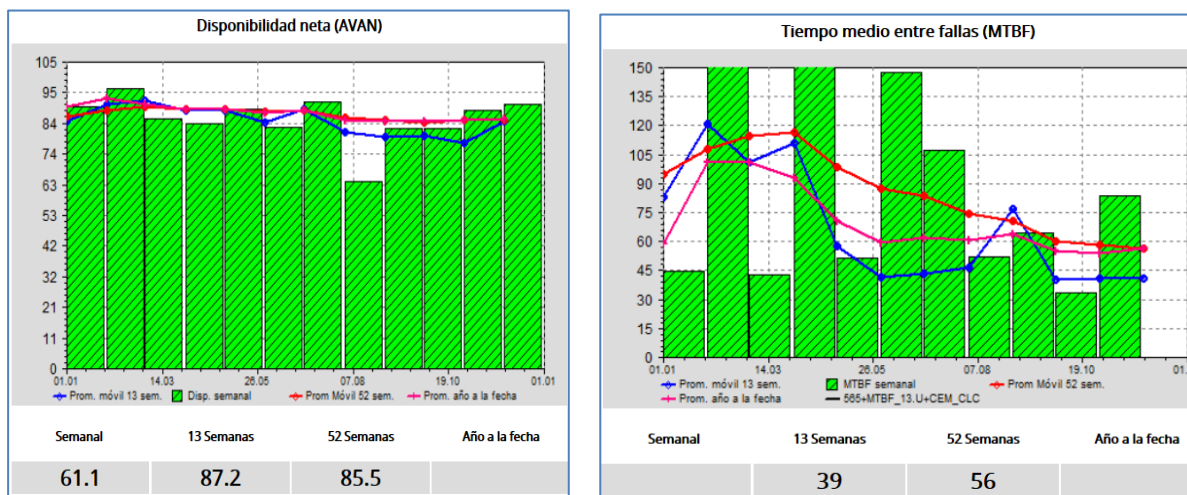


Fuente: Guevara H. (2017)

Seguidamente se muestran los gráficos de Disponibilidad y Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) que se obtienen desde el sistema TIS (ver glosario técnico).

Estos valores son únicamente durante el año 2016.

Gráfico 3: Tendencias de Disponibilidad y MTBF Año 2016



Fuente: Sistema TIS, Setiembre 2017

Tiempo Medio Entre Fallas

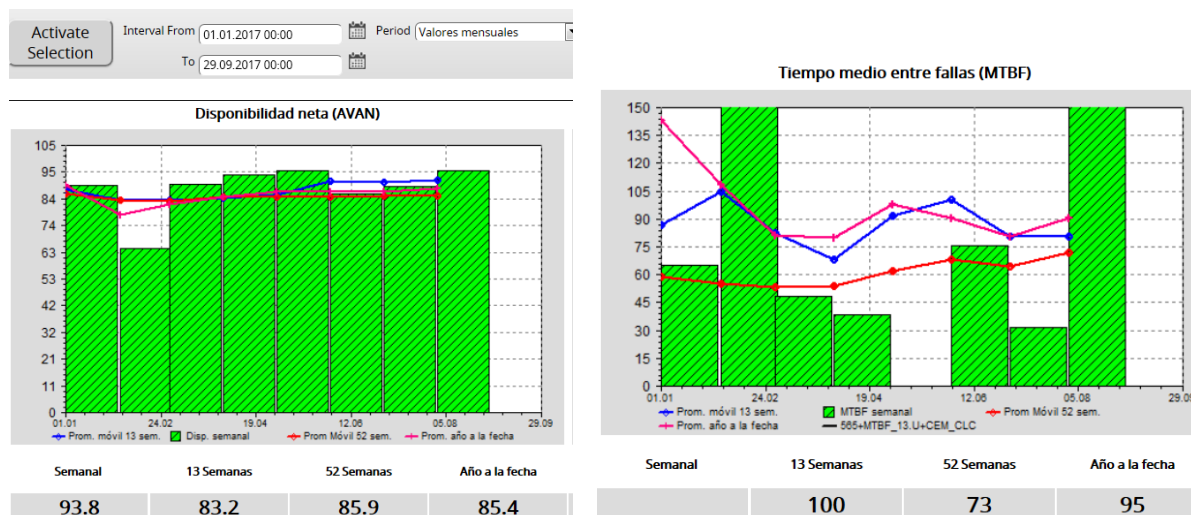
El indicador de MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas) indica cada cuanto tiempo se detiene el equipo por alguna falla, es decir se mide en horas y la meta para las empresa de Lafarge Holcim es que sus molinos alcancen mínimo un valor de 110 horas de MTBF y como se puede observar en el gráfico obtenido de TIS (ver glosario técnico), el valor alcanzado fue de 56 horas, por lo tanto este indicador tampoco se cumple.

Año a la Fecha Registrado al 29.09.2017

Para el año 2017 la tendencia se mantiene, los indicadores están por debajo de la meta que solicita la empresa.

En el mes de Setiembre el valor de Disponibilidad en lo que respecta año a la fecha alcanza un valor de 85,4%, la meta es 90% y en MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas) el valor es de 95 horas, la meta es de 110 horas.

Gráfico 4: Tendencias de Disponibilidad y MTBF Año 2017



Fuente: Sistema TIS, Setiembre 2017




Lista de Ordenes de Trabajo PM02

Período Enero a Setiembre 2017

Como se mencionó en las proyecciones del proyecto, el molino tiene mantenimientos programados cada 15 días por un espacio de 9 horas con el fin de ejecutar las ordenes PM01 (correctivas) y PM02 (preventivas), que le permita al equipo operar confiablemente hasta el próximo mantenimiento.

Ilustración 17: Indicador de Horas Preventivas (%)

Indicador de gestión	52 Semanas	13 Semanas	Al mes	41.2017	40.2017	Meta LH
(K4) Horas Preventivas completadas [%]	46.82%	48.29%		63.31%	36.14%	<30%

(K4) PMR %	
Definition	The PMR% is an indicator to measure the quantity of completed PMR's compared with all the maintenance work performed.
Purpose	Monitor the level of preventive maintenance being planned and completed.
Calculation	
EN15341:2007 norm. # O18	
PMR (%)	$= \frac{\text{actual labor hours on final confirmed operation from PM02 Work Orders} \times 100}{\text{Total maintenance work performed}}$
Actual Labor on completed PMR	Completed PMR work orders are those work order operations that have been finally confirmed.
Total maintenance work performed	Total labor hours confirmed on all maintenance work order including overtime and sub contracted work. Vacation, sick, training or non direct maintenance hours are excluded
Frequency (Reporting / Reviewing)	This KPI must be computed and reviewed on weekly base by the preventive maintenance engineer. The report should trend the weekly value on a 12 months rolling average.
Target / Reference Value / Range	
	Range between 15% to 30%.
	Between 30% and 50 % or between 10% and 15%
	> 50%. Or < 10%

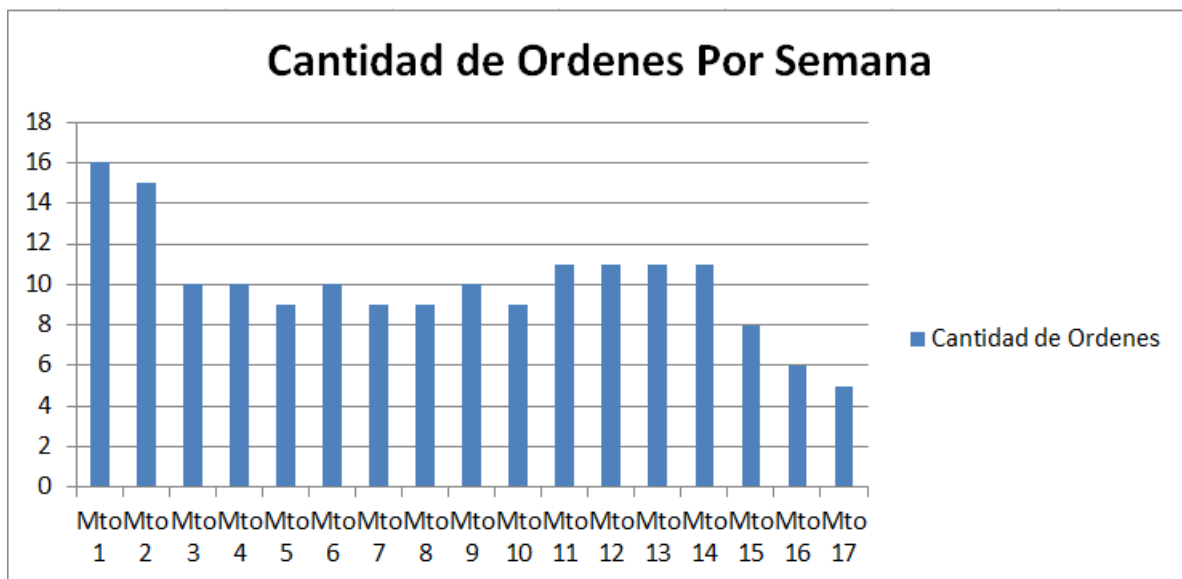
Fuente: Holcim Costa Rica

En la siguiente tabla se muestran las ordenes PM02 que deben ser ejecutadas en cada uno de los mantenimientos. En base a esta información obtenida del sistema SAP, se concluye que el sistema no está balanceado correctamente ya que el número de órdenes que se deben ejecutar por mantenimiento es variable, debido a que hay semanas que se deben ejecutar hasta 19 órdenes y hay otras semanas en las que sólo se deben ejecutar 2 órdenes.

En total el sistema SAP ha generado 170 órdenes preventivas en el período que corresponde desde enero hasta setiembre del año 2017. Si el sistema estuviera bien balanceado obtendríamos que por mantenimiento se deban ejecutar 10 órdenes preventivas, lo cual es un número muy alto ya que una de las metas del mantenimiento de la empresa es cumplir con el indicador de cumplimiento de rutinas preventivas mediante el indicador de horas preventivas completadas (%), el cual se tiene como meta que sea menor a un 30% y actualmente se tiene un 47,14% calculado a 52 semanas, lo cual está fuera de la meta solicitada por la empresa.

Gráfico 5: Cantidad de órdenes PM02 (Enero-Setiembre 2017)

Enero- Setiembre 2017	
Cantidad de Ordenes PM02	
# Mantenimie	Cantidad de O
Mto 1	16
Mto 2	15
Mto 3	10
Mto 4	10
Mto 5	9
Mto 6	10
Mto 7	9
Mto 8	9
Mto 9	10
Mto 10	9
Mto 11	11
Mto 12	11
Mto 13	11
Mto 14	11
Mto 15	8
Mto 16	6
Mto 17	5
Total	170
Promedio	10,00



Fuente: Holcim Costa Rica.

Pareto de Fallas

Para realizar el análisis de los Pareto de Fallas se hicieron dos tipos de Pareto para clasificar las fallas los cuales se hizo uno por tiempo y el otro por repetición.

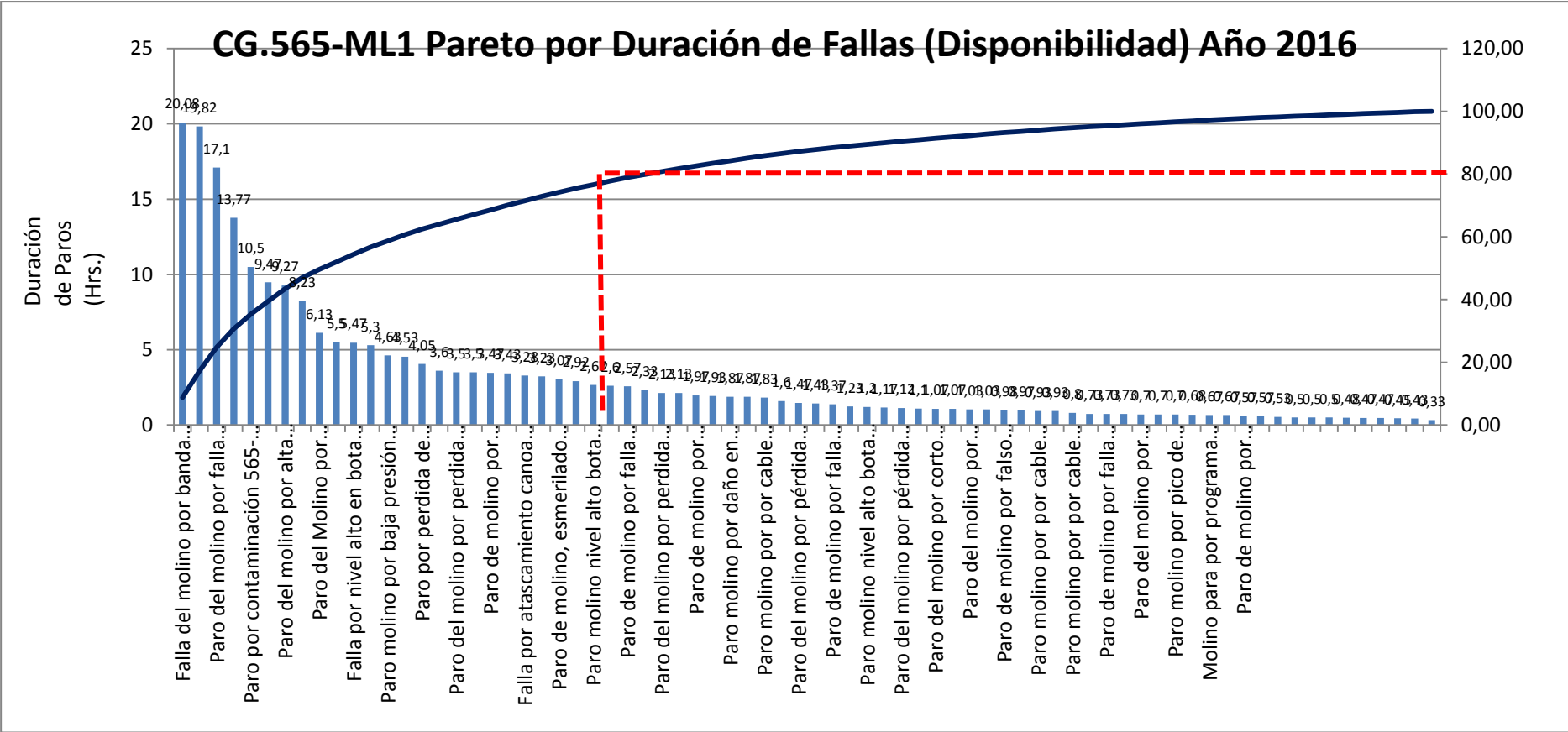
El de tiempo afecta mayormente al indicador de disponibilidad del equipo ya que nos indica cuantas horas duró la falla, es decir de la falla que tuvo más duración a la falla de menor duración.

El Pareto de Repetición nos indica el número de fallas por la misma causa que ocurrieron en algún equipo.

El análisis se inicia con los Paretos del 2016 los cuales en las fallas por disponibilidad la que más impacto fue la falla en la banda de transporte con una duración de 20 horas y en el Pareto por repetición de fallas, la falla que más impacto tuvo fueron las pérdidas de centrifugación de material dentro del molino, lo cual amerita el paro del equipo por contaminación de cemento y por motivo de que el molino se llena en exceso lo cual no permite la operación del equipo.

Pareto de Fallas 2016

Gráfico 6: Pareto de Fallas Disponibilidad (Año 2016)



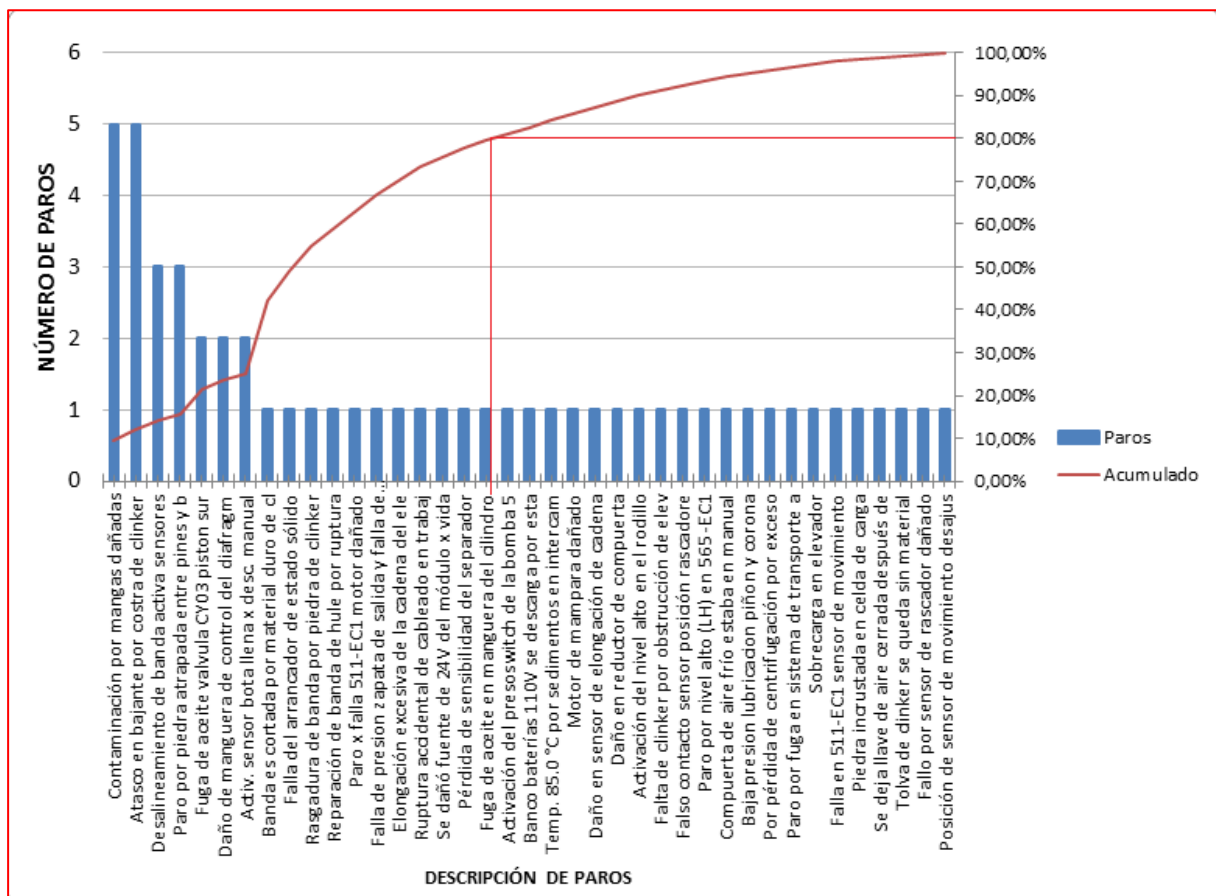
Fuente: Holcim Costa Rica

Pareto de Fallas 2017 (Primera Clasificación ABC)

El siguiente Pareto representa el número de fallas que detuvieron la producción del molino horomill en el período correspondiente al año 2017, los datos para el análisis se obtuvieron de los programas SAP y TIS (ver glosario técnico) y las fallas ocurridas durante los meses de enero a setiembre.

Como se puede apreciar en el Pareto de Fallas hay dos equipos con el mayor número de fallas que son el filtro del proceso y la banda pesadora con 5 fallas cada una, por lo que la intención de este Pareto es analizar las fallas ocurridas que afectaron la producción y los indicadores de gestión de mantenimiento.

Gráfico 8: Pareto de Fallas MTBF (Año 2017)



HAC	Descripción	Paros	Tiempo tot	Relativo	Acumulado	Clasificación ABC
CG.565-FT1	Contaminación por mangas dañadas	5	26,26	9,49%	9,49%	A
CG.535-BP1	Atasco en bajante por costra de clinker	5	6,54	2,36%	11,85%	A
CG.565-BT1	Desalineamiento de banda activa sensores	3	7	2,53%	14,38%	A
CG.535-3B1	Paro por piedra atrapada entre pines y b	3	3,78	1,37%	15,75%	A
CG.565-ML1	Fuga de aceite valvula CY03 piston sur	2	15,53	5,61%	21,36%	A
CG.565-FT1	Daño de manguera de control del diafragn	2	5,93	2,14%	23,50%	A
CG.593-EC2	Activ. sensor bota llena x desc. manual	2	4,68	1,69%	25,19%	A
CG.511-BT2	Banda es cortada por material duro de cl	1	47,38	17,12%	42,31%	A
CG.511-EC1	Falla del arrancador de estado sólido	1	18,95	6,85%	49,15%	A
CG.535-BP1	Rasgadura de banda por piedra de clinker	1	16,00	5,78%	54,93%	A
CG.565-BT1	Reparación de banda de hule por ruptura	1	11,43	4,13%	59,06%	A
CG.511-EC1	Paro x falla 511-EC1 motor dañado	1	10,87	3,93%	62,99%	A
CG.565-UH1	Falla de presion zapata de salida y falla de	1	10,35	3,74%	66,73%	A
CG.565-EC1	Elongación excesiva de la cadena del ele	1	9,53	3,44%	70,17%	A
CG.5P5-1W1	Ruptura accidental de cableado en trabaj	1	8,90	3,22%	73,38%	A
CG.593-DA1	Se dañó fuente de 24V del módulo x vida	1	6,18	2,23%	75,62%	A
CG.535-SM1	Pérdida de sensibilidad del separador	1	6,03	2,18%	77,79%	A
CG.565-ML1	Fuga de aceite en manguera del cilindro	1	4,58	1,65%	79,45%	A
CG.533-DY1	Activación del presoswitch de la bomba 5	1	4,42	1,60%	81,05%	B
CG.5P5-1W1	Banco baterías 110V se descarga por esta	1	4,33	1,56%	82,61%	B
CG.565-ML1	Temp. 85.0 °C por sedimentos en intercan	1	4,23	1,53%	84,14%	B
CG.565-ML1	Motor de mampara dañado	1	4,17	1,51%	85,64%	B
CG.511-EC1	Daño en sensor de elongación de cadena	1	4,17	1,51%	87,15%	B
CG.535-DM1	Daño en reductor de compuerta	1	4,00	1,44%	88,60%	B
CG.565-ML1	Activación del nivel alto en el rodillo	1	3,75	1,35%	89,95%	B
CG.511-EC1	Falta de clinker por obstrucción de elev	1	3,40	1,23%	91,18%	B
CG.565-ML1	Falso contacto sensor posición rascadore	1	3,30	1,19%	92,37%	B
CG.565-EC1	Paro por nivel alto (LH) en 565 -EC1	1	2,83	1,02%	93,39%	B
CG.565-SP1	Compuerta de aire frío estaba en manual	1	2,68	0,97%	94,36%	B
CG.565-ML1	Baja presion lubricacion piñon y corona	1	2,38	0,86%	95,22%	B
CG.565-ML1	Por pérdida de centrifugación por exceso	1	2,37	0,86%	96,08%	C
CG.591-BN1	Paro por fuga en sistema de transporte a	1	2,00	0,72%	96,80%	C
CG.593-EC2	Sobrecarga en elevador	1	1,65	0,60%	97,40%	C
CG.511-EC1	Falla en 511-EC1 sensor de movimiento	1	1,55	0,56%	97,96%	C
CG.535-BP1	Piedra incrustada en celda de carga	1	1,40	0,51%	98,46%	C
CG.565-FT1	Se deja llave de aire cerrada después de	1	1,32	0,48%	98,94%	C
CG.535-3B1	Tolva de clinker se queda sin material	1	1,15	0,42%	99,35%	C
CG.565-ML1	Fallo por sensor de rascador dañado	1	0,97	0,35%	99,70%	C
CG.535-BT1	Posición de sensor de movimiento desajus	1	0,83	0,30%	100,00%	C
			276,82			

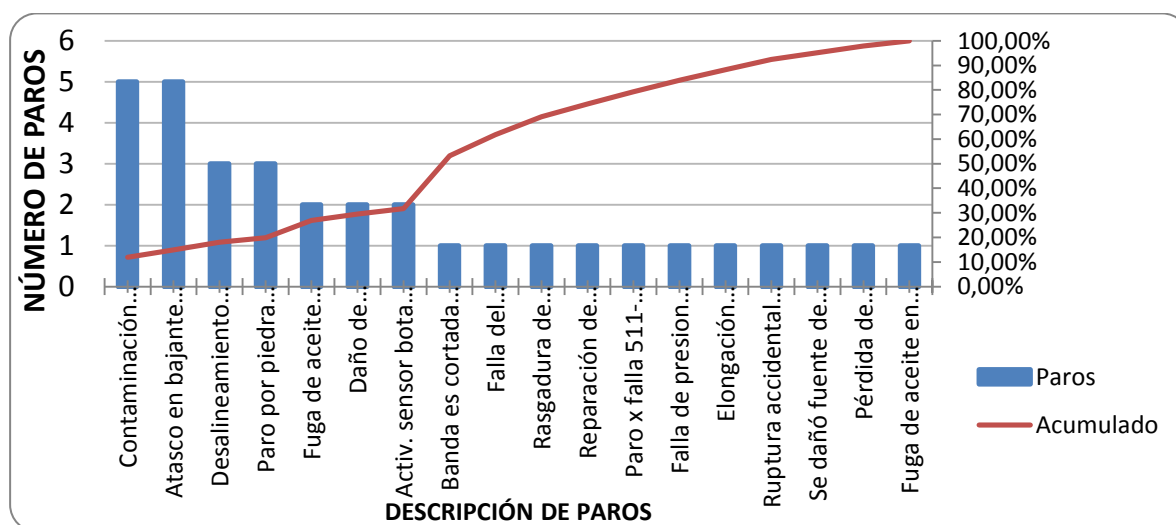
Fuente: Holcim Costa Rica.

Pareto de Falla (Segunda Clasificación ABC)

Por motivo de que el Pareto de Fallas del molino 5 del periodo que corresponde de Enero a Setiembre 2017 tiene registrados 54 paros, de los cuáles 33 fallas son clasificados dentro del 80% en el gráfico de Pareto, por lo tanto son clasificados como tipo A. De los 33 paros que hay en total, en este periodo y al juntar los paros que son por la misma causa, entonces, el valor se reduce a 18 tipos distintos de fallas, pero aún de este modo se tiene la obligación de hacer otro ABC sobre los tipo A ya identificados, debido al tiempo de análisis de la tesis, con el fin de encontrar el mínimo de fallas representativas que ayuden a la empresa a mejorar sus indicadores.

En la segunda clasificación se obtuvieron 12 tipos diferentes de fallas que analizar.

Gráfico 9: Pareto de Fallas, 2da Clasificación ABC.



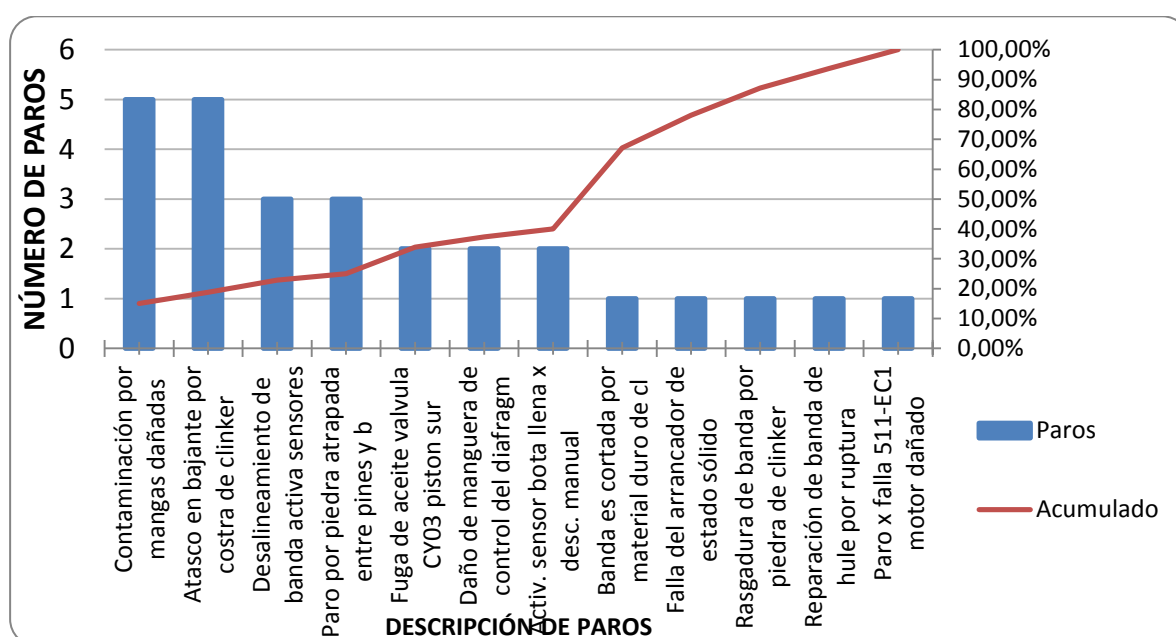
HAC	Descripción	Paros	Tiempo to	Relativo	Acumulado	Clasificación ABC
CG.565-FT1	Contaminación por mangas dañadas	5	26,26	11,94%	11,94%	A
CG.535-BP1	Atasco en bajante por costra de clinker	5	6,54	2,97%	14,91%	A
CG.565-BT1	Desalineamiento de banda activa sensor	3	7	3,18%	18,10%	A
CG.535-3B1	Paro por piedra atrapada entre pines y b	3	3,78	1,72%	19,82%	A
CG.565-ML1	Fuga de aceite valvula CY03 piston sur	2	15,53	7,06%	26,88%	A
CG.565-FT1	Daño de manguera de control del diafra	2	5,93	2,70%	29,57%	A
CG.593-EC2	Activ. sensor bota llena x desc. manual	2	4,68	2,13%	31,70%	A
CG.511-BT2	Banda es cortada por material duro de c	1	47,38	21,54%	53,25%	A
CG.511-EC1	Falla del arrancador de estado sólido	1	18,95	8,62%	61,86%	A
CG.535-BP1	Rasgadura de banda por piedra de clink	1	16,00	7,28%	69,14%	A
CG.565-BT1	Reparación de banda de hule por ruptur	1	11,43	5,20%	74,34%	A
CG.511-EC1	Paro x falla 511-EC1 motor dañado	1	10,87	4,94%	79,28%	A
CG.565-UH1	Falla de presion zapata de salida y falla	1	10,35	4,71%	83,99%	B
CG.565-EC1	Elongación excesiva de la cadena del ele	1	9,53	4,33%	88,32%	B
CG.5P5-1W1	Ruptura accidental de cableado en traba	1	8,90	4,05%	92,37%	B
CG.593-DA1	Se dañó fuente de 24V del módulo x vid.	1	6,18	2,81%	95,18%	B
CG.535-SM1	Pérdida de sensibilidad del separador	1	6,03	2,74%	97,92%	C
CG.565-ML1	Fuga de aceite en manguera del cilindro	1	4,58	2,08%	100,00%	C
			219,92			

Fuente: Holcim Costa Rica, 2017

Pareto de Fallas (Tercera Clasificación ABC)

En la tercera clasificación de ABC se logra reducir los fallas tipo A que pasaron de 18 a 9 paros diferentes, pero aun así siguen siendo demasiados para el análisis por lo que se continua con la clasificación de los A ya identificados para hacer un cuarto filtrado ABC.

Gráfico 10: Pareto de Fallas, 3ra Clasificación ABC.



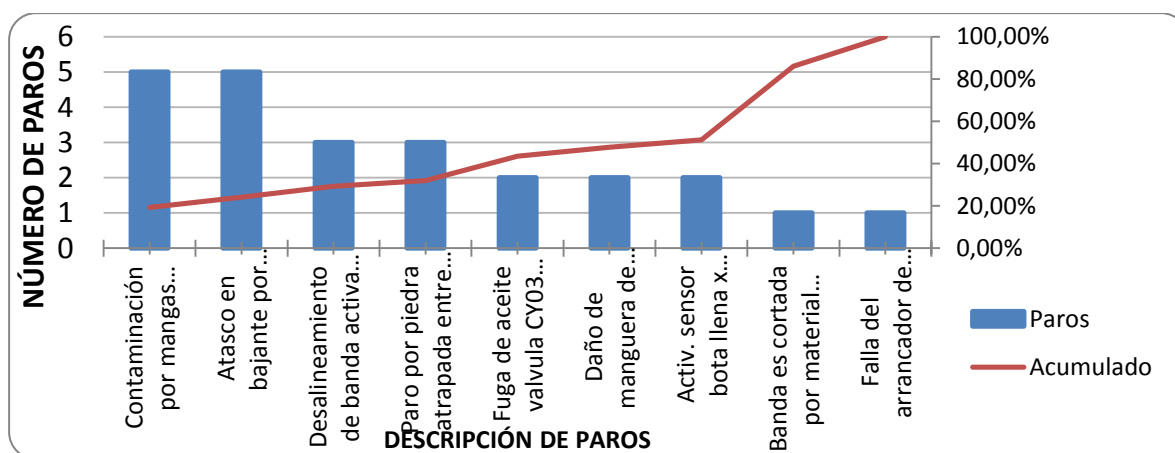
HAC	Descripción	Paros	Tiempo tot	Relativo	Acumulado	Clasificación ABC
CG.565-FT1	Contaminación por mangas dañadas	5	26,26	15,06%	15,06%	A
CG.535-BP1	Atasco en bajante por costra de clinker	5	6,54	3,75%	18,81%	A
CG.565-BT1	Desalineamiento de banda activa sensores	3	7	4,01%	22,83%	A
CG.535-3B1	Paro por piedra atrapada entre pines y b	3	3,78	2,17%	25,00%	A
CG.565-ML1	Fuga de aceite valvula CY03 piston sur	2	15,53	8,91%	33,90%	A
CG.565-FT1	Daño de manguera de control del diafragn	2	5,93	3,40%	37,30%	A
CG.593-EC2	Activ. sensor bota llena x desc. manual	2	4,68	2,68%	39,99%	A
CG.511-BT2	Banda es cortada por material duro de cl	1	47,38	27,18%	67,16%	A
CG.511-EC1	Falla del arrancador de estado sólido	1	18,95	10,87%	78,03%	A
CG.535-BP1	Rasgadura de banda por piedra de clinker	1	16,00	9,18%	87,21%	B
CG.565-BT1	Reparación de banda de hule por ruptura	1	11,43	6,56%	93,77%	B
CG.511-EC1	Paro x falla 511-EC1 motor dañado	1	10,87	6,23%	100,00%	C
			174,35			

Fuente: Holcim Costa Rica, 2017

Pareto de Fallas (Cuarta Clasificación ABC)

De los 9 tipos diferentes de paros de la clasificación ABC anterior, ahora se obtienen 7 tipos de fallas los cuales se realizará un quinto ABC para reducir la cantidad de paros a analizar.

Gráfico 11: Pareto de Fallas, 4ta Clasificación ABC.



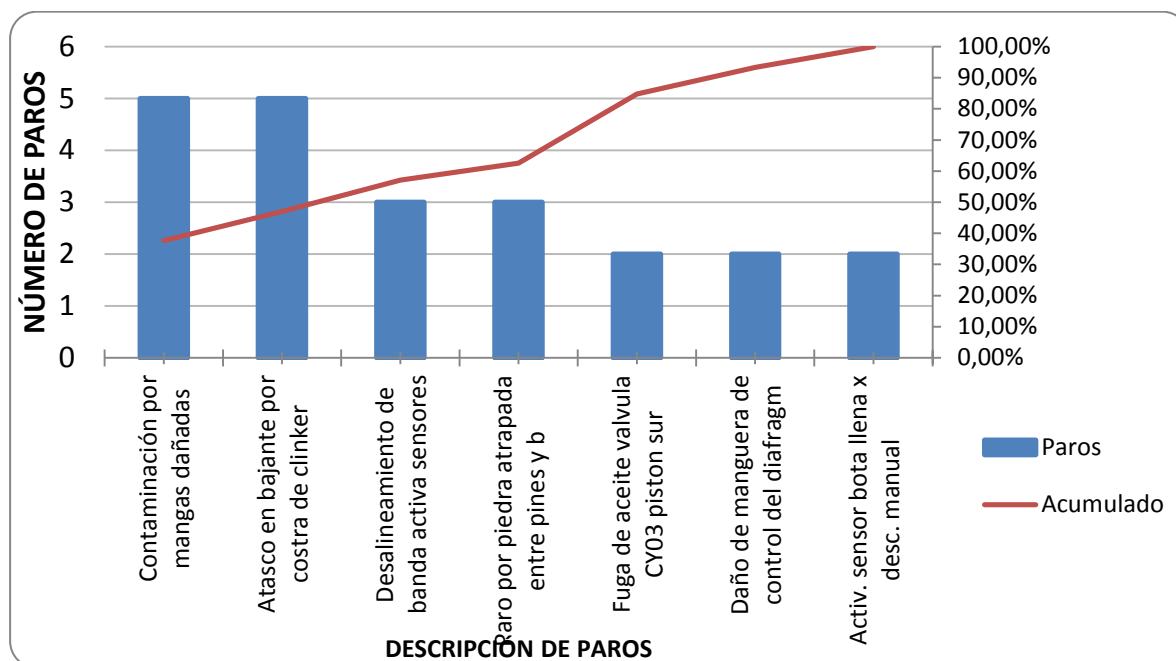
HAC	Descripción	Paros	Tiempo tot	Relativo	Acumulado	Clasificación ABC
CG.565-FT1	Contaminación por mangas dañadas	5	26,26	19,30%	19,30%	A
CG.535-BP1	Atasco en bajante por costra de clinker	5	6,54	4,81%	24,11%	A
CG.565-BT1	Desalineamiento de banda activa sensores	3	7	5,15%	29,25%	A
CG.535-3B1	Paro por piedra atrapada entre pines y b	3	3,78	2,78%	32,03%	A
CG.565-ML1	Fuga de aceite valvula CY03 piston sur	2	15,53	11,41%	43,45%	A
CG.565-FT1	Daño de manguera de control del diafragn	2	5,93	4,36%	47,81%	A
CG.593-EC2	Activ. sensor bota llena x desc. manual	2	4,68	3,44%	51,25%	A
CG.511-BT2	Banda es cortada por material duro de cl	1	47,38	34,83%	86,07%	B
CG.511-EC1	Falla del arrancador de estado sólido	1	18,95	13,93%	100,00%	C
			136,05			

Fuente: Holcim Costa Rica, 2017

Pareto de Fallas (Quinta Clasificación ABC)

En esta quinta clasificación ABC ahora se logró reducir de 9 tipos de fallas a 4, por lo que el análisis del proyecto se va a realizar con estas fallas ya identificadas.

Gráfico 12: Pareto de Fallas, 5ta Clasificación ABC.



HAC	Descripción	Paros	Tiempo tot	Relativo	Acumulado	Clasificación ABC
CG.565-FT1	Contaminación por mangas dañadas	5	26,26	37,66%	37,66%	A
CG.535-BP1	Atasco en bajante por costra de clinker	5	6,54	9,38%	47,05%	A
CG.565-BT1	Desalineamiento de banda activa sensores	3	7	10,04%	57,09%	A
CG.535-3B1	Paro por piedra atrapada entre pines y b	3	3,78	5,42%	62,51%	A
CG.565-ML1	Fuga de aceite valvula CY03 piston sur	2	15,53	22,27%	84,78%	B
CG.565-FT1	Daño de manguera de control del diafragm	2	5,93	8,51%	93,29%	B
CG.593-EC2	Activ. sensor bota llena x desc. manual	2	4,68	6,71%	100,00%	C
			69,72			

Fuente: Holcim Costa Rica, 2017

Análisis de Paros

Falla 1

Paros del Molino Horomill por contaminación del filtro principal 565-FT1

¿Qué Ocurrió?

- Se detiene el molino por contaminación por la chimenea del filtro principal 565-FT1
- Al mes de setiembre del 2017 el molino ha parado ya 5 veces por la misma falla.
- La suma del tiempo total de la falla es de 26,26 horas lo que se convierte por horas y cantidad de paros en la falla más significativa y la que más impacta a los indicadores de mantenimiento.

Impacto

El paro del molino por las 5 fallas ha ocasionado que por 26,26 horas no este disponible para que producción lo pueda operar.

- Duración de los paros: 26,26 horas
- Toneladas de cemento no producidas:
- $100 \text{ (Ton/hr)} * 26,26 \text{ hrs} * 0,90 = 2.363,4 \text{ Ton}$
- Costo de cemento no producido:

$$2.363,4 \text{ ton} * \$139,8 = \$330.403,32$$

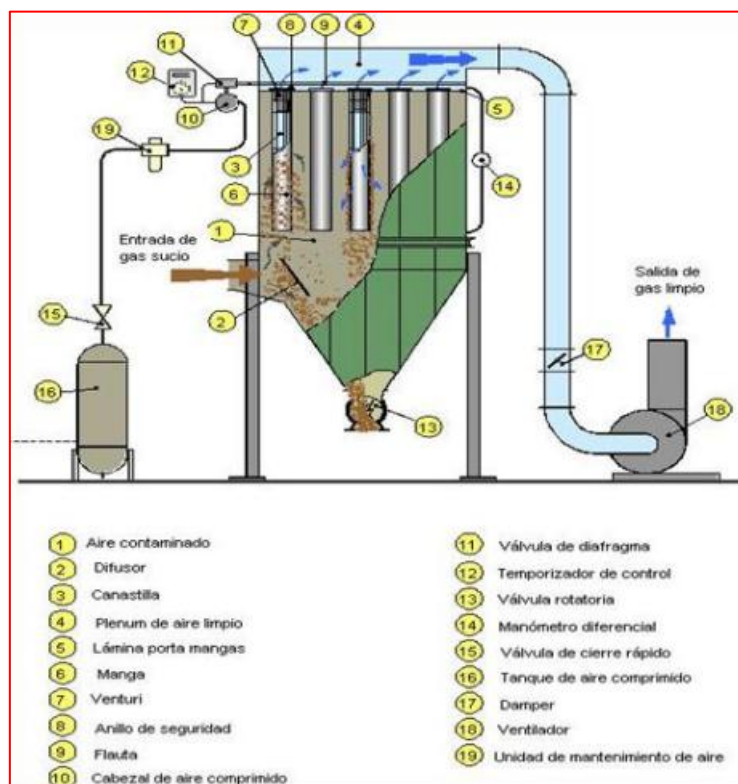
- Costo de cemento * EBIDTA
- $\text{USD } \$330.403,32 * 0.32 = \text{USD } \$ 105.729,06$
- Costo de las fallas: \$105.729,06

Ilustración 17: Foto representativa de un Filtro de Mangas



Fuente: <http://www.monografias.com>

Ilustración 18: Diagrama de un Filtro de Mangas



Fuente: <http://www.monografias.com>

FMEA (Modos de Falla y Análisis de Efectos)

Según Amaya et al. (2014, pág. 26), FMEA permite describir las técnicas, investigar las fallas de revestimiento de un sistema, componente y niveles de proceso relacionados con la toma de decisiones, el nivel de conocimiento de los fallos y la fragmentación de la industria. El FMEA es una técnica que se encarga de:

- Evaluar los efectos potenciales de la falla en los procesos relacionados con el producto.
- Identificar modos de falla potenciales del proceso relacionado con el producto.
- Detectar causas potenciales de manufactura o ensamble.
- Identificar variables importantes del proceso.
- Establecer acciones para mejorar el proceso.
- Enfocar controles para prevención o detección de las condiciones de falla.

Ilustración 19: Matriz de FMEA (Análisis de Modo de Falla de los Equipos)

MATRIZ DE RIESGOS PARA OPERACIONES - (MOLINO 5)					
PROBABILIDAD	I Frecuente (cada semana)				H
	II Moderado (entre 1 semana y 1 mes)	N			
	III Ocasional (entre 1 mes y 6 meses)		M		
	IV Remoto (entre 6 meses y 1 año)		M		
	V Improbable (entre 1 y 5 años)				
	VI Imposible (en mas de 5 años)	L			D
		4 Insignificante (Fallas del proceso menor a 8 horas.)	3 Marginal (Fallas del proceso entre 8 horas y 1 día.)	2 Crítico (Fallas del proceso entre 1 día y 5 días.)	1 Catastrófico (Fallas del proceso mayor a 5 días.)
		SEVERIDAD			

Clasificación de las Zonas	
H	Alta probabilidad con consecuencias inadmisibles
L	Baja severidad y frecuencia
M	Consecuencias aceptables
N	Alta frecuencia con consecuencias insignificantes
D	Catastrófico y altamente improbable

Fuente: Holcim Costa Rica.

Ilustración 20: FMEA Filtro de Mangas

Función		Falla Funcional		Modos de Falla		Causa Raíz	Consecuencias	P	S	
A	Separar partículas finas (polvo de cemento) de un flujo de gas por medio de una tela filtrante a una razón de 350-400 m ³ /h para el 565-ML1 a una temperatura de 100 grados °C	1	No separa partículas finas (polvo de cemento) del flujo de gas por medio de una tela filtrante	A	Paro del filtro por falla en ventilador de tiro	1	Referirse a FMEA del ventilador CG.565-VE1			
				B	Paro del filtro por falla de sistema de suministro de aire comprimido	1	Referirse a FMEA de compresores D31			
						2	Referirse a FMEA de secadores de aire D31			
						3	Fuga de aire por tuberías de aire comprimido	Paro de filtro de 5h entre 1 y 5 años	V	4
						4	Cierre de válvula de suministro de aire comprimido en la	Paro de filtro de 5h entre 1 y 5 años	V	4
						5	Fuga de aire por válvula de suministro de aire comprimido	Paro de filtro de 5h entre 1 y 5 años	V	4
				C	Paro del filtro por falla en medición de presión del reservorio de aire comprimido	1	Presostato descalibrado	Paro de filtro de 5h entre 1 y 5 años	V	4
						2	Presostato quemado	Paro de filtro de 5h entre 1 y 5 años	V	4
						3	Válvula de suministro de aire al presostato cerrada	Paro de filtro de 5h entre 1 y 5 años	V	4
						4	Fugas de aire por la válvula de suministro de aire al presostato	Paro de filtro de 5h entre 1 y 5 años	V	4
						5	Fugas por tubería de aire comprimido al presostato	Paro de filtro de 5h entre 1 y 5 años	V	4
						6	Fuga de aire por el manómetro del reservorio	Paro de filtro de 5h entre 1 y 5 años	V	4
				D	Paro del filtro por exceso de contaminación al ambiente	1	Desgaste normal de mangas de colector de polvo	Paro de filtro de 5h entre 1 y 5 años	V	4

					2	Inapropiada instalación de mangas de colector de polvo	Paro de filtro de 5h entre 1 y 5 años	V	4
					3	Desgaste de canastillas porta mangas	Paro de filtro de 5h entre 1 y 6 meses	III	4
					4	Inapropiada instalación de canastillas porta mangas	Paro de filtro de 5h entre 1 y 6 meses	III	4
					5	Desajuste en empaquetadura de magazin	Paro de filtro de 3h entre 1 y 5 años	V	4
					6	Mangas dañadas por sobretemperatura	Paro de filtro de 12h entre 6 meses y 1 año	IV	3
					7	Desgaste de lámina de cuerpo de filtro	Paro de filtro de 6h entre 1 y 5 años	V	4
					8	Fisuras o agujeros en espejo divisor entre cámara limpia y sucia	Paro de filtro de 12h entre 1 y 5 años	V	3
					9	Deformaciones de agujeros de espejo	Paro de filtro de 24h entre 1 y 5 años	V	3
			E	Paro del filtro por sobrellenado	1	Falla en el ventilador 565-VE2. Referirse a FMEA del ventilador.			
					2	Falla en el ventilador 565-VE5 (Soplador). Referirse a FMEA del soplador.			
					3	Falla en la válvula rotatoria 565-VR1 y VR2. Referirse a FMEA de la válvula.			
					4	Tarjeta de PLC del disparador quemado	Paro de filtro de 10d en de 1 a 5 años	V	1
					5	Falla niveles de Diapasón (Endress Hauser Ftm 31)	Paro de filtro de 2h mas de 1 a 5 años	V	4
					6	Falla transmisor de presión (Foxboro)	Paro de filtro de 3h mas de 1 a 5 años	V	4
					7	Electroválvulas en corto circuito(Goyen)	Paro de filtro de 2h mas de 1 a 5 años	V	4
					8	Valvula de diafragma con diafragma roto	Paro de filtro de 2h mas de 6 meses a 1 año	IV	4
					9	Valvula piloto agrietada	Paro de filtro de 2h mas de 6 meses a 1 año	IV	4
					10	Diafragma de valvula agrietada	Paro de filtro de 2h mas de 6 meses a 1 año	IV	4
					11	Fuga de aire en la entrada o salida de la válvula de diafragma	Paro de filtro de 2h mas de 6 meses a 1 año	IV	4

					12	Desgaste normal del regulador de presión de la válvula de diafragma	Paro de filtro de 2h mas de 6 meses a 1 año	IV	4
					13	Desgaste normal de tuberías de limpieza de aire comprimido de la válvula de diafragma	Paro de filtro de 2h mas de 6 meses a 1 año	IV	4
					14	Rotura de tuberías de limpieza con aire comprimido de las válvulas de diafragma	Paro de filtro de 2h mas de 6 meses a 1 año	IV	4
					15	Desgaste normal de venturi de la válvula de diafragma	Paro de filtro de 2h mas de 6 meses a 1 año	IV	4
					16	Vida útil de mangas excedida	Paro de filtro de 12h mas de 6 meses a 1 año	IV	3
					17	Mangas dañadas por canasta deformada	Paro de filtro de 12h mas de 6 meses a 1 año	IV	3
					18	Manga dañada por condensación debido a entrada de aire falso	Paro de filtro de 12h mas de 6 meses a 1 año	IV	3
					19	Desgaste normal de tubo de disparo de aire comprimido	Paro de filtro de 12h por 5h entre 1 y 5 años	V	3
			F	Paro del filtro por falla eléctrica	1	Cableado de control cortado o quemado	Paro de molino horomill por 5h entre 1 y 5 años	V	4
					2	Cableado de potencia cortado o quemado	Paro de molino horomill por 5h entre 1 y 5 años	V	4
					3	Cableado de instrumentación cortado o quemado	Paro de molino horomill por 5h entre 1 y 5 años	V	4
					4	Fin vida útil de temporizador para ciclo de limpieza (SFX Arsefran)	Paro de filtro de 10 días entre 1 y 5 años	V	1
					5	Breaker o fusible de circuito de control para transmisor de presión diferencial quemado	Paro de filtro de 3h entre 1 y 5 años	V	4
					6	Contactador de control quemado	Paro de filtro de 3h entre 1 y 5 años	V	4
					7	Falla en diferencial de presión (MDPP100 Arsfran)	Paro de filtro de 4h entre 1 y 5 años	V	4

Falla 2

Paros del Molino Horomill por atasco en bajante por costra de clinker

¿Qué Ocurrió?

- Se detiene el molino por atasco en el bajante de descarga de la banda pesadora CG.535-BP1 con costra de Clinker que imposibilita la evacuación del material.
- Al mes de setiembre del 2017 el molino ha parado ya 5 veces por la misma falla.
- La suma del tiempo total de la falla es de 6,54 horas.

Impacto

El paro del molino por las 5 fallas ha impactado en la producción de cemento.

- Duración de los paros: 6,54 horas
- Toneladas de cemento no producidas:
- $100 \text{ (Ton/hr)} * 6,54 \text{ hrs} * 0,90 = 588,6 \text{ Ton}$
- Costo de cemento no producido:

$$588,6 \text{ ton} * \$139,8 = \$82.286,28$$

- Costo de cemento * EBIDTA
- **USD \$82.286,28 * 0.32 = USD \$ 26.331,60**
- Costo de las fallas: \$26.331,60

Falla 3

Paros del Molino Horomill por banda desalineada 565-BT1

¿Qué Ocurrió?

- Se detiene el molino por des alineamiento de la banda 565-BT1
- Al mes de setiembre del 2017 el molino ha parado ya 3 veces por la misma falla.
- La suma del tiempo total de la falla es de 7 horas.

Impacto

El paro del molino por las 3 fallas ha impactado en la producción de cemento.

- Duración de los paros: 7 horas
- Toneladas de cemento no producidas:
- $100 \text{ (Ton/hr)} * 7 \text{ hrs} * 0,90 = 630 \text{ Ton}$
- Costo de cemento no producido:

$$630 \text{ ton} * \$139,8 = \$88.074$$

- Costo de cemento * EBIDTA
- $\text{USD } \$88.074 * 0.32 = \text{USD } \$ 28.183,68$
- Costo de las fallas: \$28.183,68

Falla 4

Paros del Molino Horomill por atasco de piedras en salida de silo de caliza

¿Qué Ocurrió?

- Se detiene el molino por atasco de material de caliza en la salida del silo 535-3B1
- Al mes de setiembre del 2017 el molino ha parado ya 3 veces por la misma falla.
- La suma del tiempo total de la falla es de 3,78 horas.

Impacto

El paro del molino por las 3 fallas ha impactado en la producción de cemento.

- Duración de los paros: 3,78 horas
- Toneladas de cemento no producidas:
- $100 \text{ (Ton/hr)} * 3,78 \text{ hrs} * 0,90 = 340,2 \text{ Ton}$
- Costo de cemento no producido:

$$340,2 \text{ ton} * \$139,8 = \$47.559,96$$

- Costo de cemento * EBIDTA
- $\text{USD } \$47.559,96 * 0,32 = \text{USD } \$ 15.219,18$
- Costo de las fallas: \$15.219,18

Resumen del costo por las fallas analizadas

- Los valores para el cálculo de los costos fueron suministrados por la empresa.
- En total por las cuatro fallas analizadas, se dejó de percibir \$175.463,52.
- Este monto fue calculado por el cemento no producido, lo que equivale a un cemento no vendido.
- En el cálculo del cemento no producido se multiplico por el factor de 0,90 lo cual se refiere a la disponibilidad del molino.

- El porcentaje del EBITDA 32% fue suministrado por la empresa como el porcentaje de ganancia por la producción de la tonelada de cemento.

HAC	Descripción	Paros	Tiempo total	Costo (\$)
CG.565-FT1	Contaminación por mangas dañadas	5	26,26	105.729,06
CG.535-BP1	Atasco en bajante por costra de clinker	5	6,54	26.331,60
CG.565-BT1	Desalineamiento de banda activa sensores	3	7	28.183,68
CG.535-3B1	Paro por piedra atrapada entre pines y b	3	3,78	15.219,18
			Total	175.463,52

Diagrama de Causa y Efecto

Según Smith (2016, pág. 4), El Diagrama de Ishikawa es una herramienta gráfica, utilizada en empresas, que ofrece una visión global de las causas que han generado un problema y los efectos correspondientes.

Como las causas están jerarquizadas, es posible identificar de manera concreta las fuentes del problema.

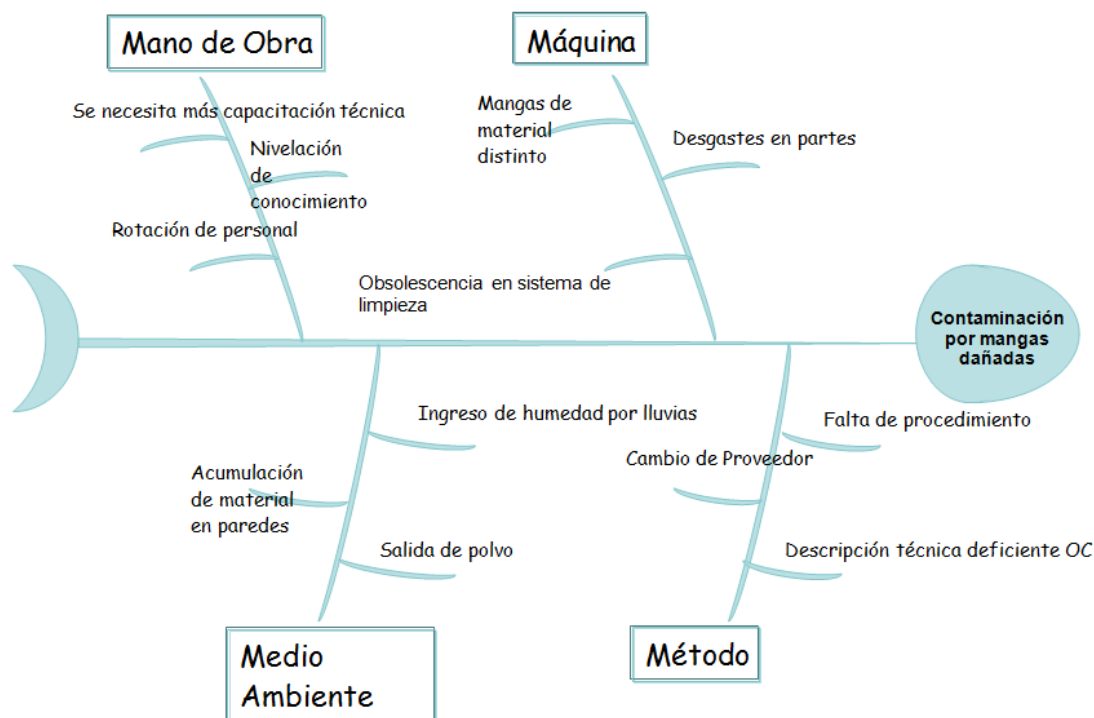
En la fábrica de cemento la herramienta usada para el análisis de la fallas es el SOLVE, la cual es la herramienta oficial de las empresas de Lafarge Holcim a nivel mundial.

En dicha herramienta se plantea el problema, seguidamente se realiza la lluvia de ideas para describir las posibles causas y por último un plan de acción con el fin de solucionar el problema y también para evitar recurrencia de las fallas.

Para el análisis de la tesis, a cada una de las fallas planteadas se realizó el Diagrama de Ishikawa como herramienta de solución de causa del problema.

Diagrama de Causa y Efecto 1

Falla: Contaminación por mangas dañadas.



Nota: Henry Guevara

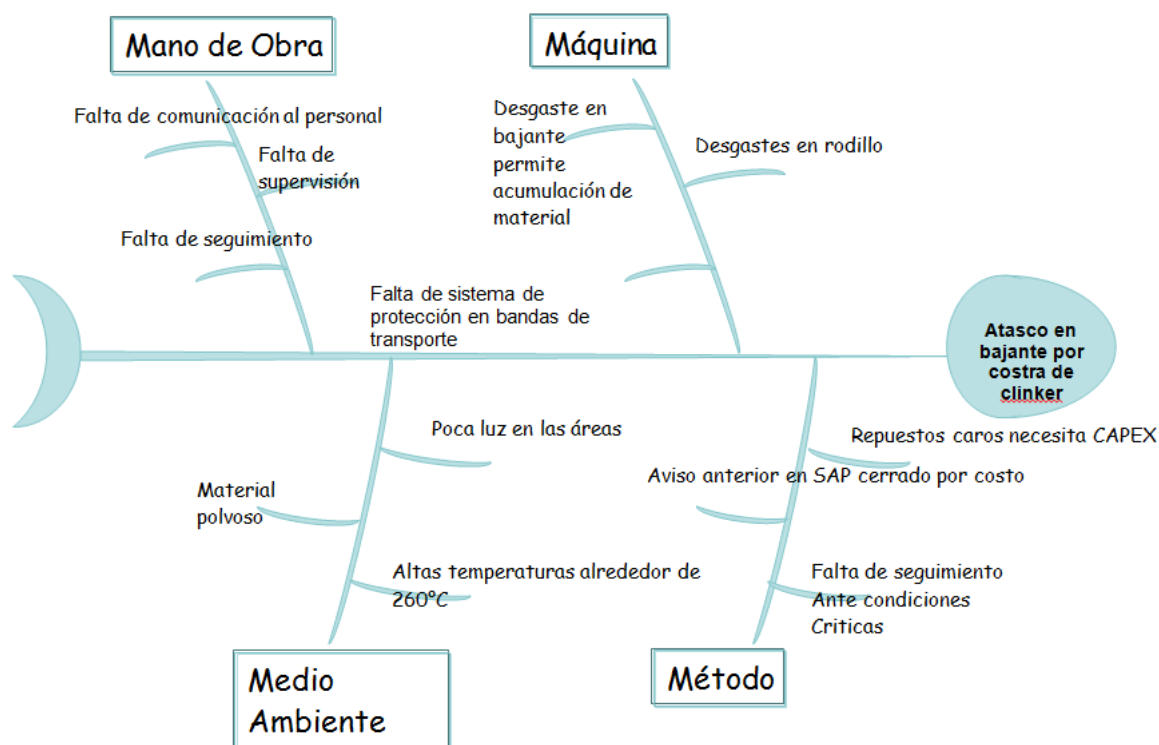
Según el análisis de la falla realizado con el Diagrama Causa y Efecto, se obtiene que en cada uno de los elementos haya factores que contribuyen al problema.

En la Mano de Obra se planteó en la lluvia de ideas deficiencias en conocimiento del equipo ya que recientemente un técnico especialista en el filtro renunció a la empresa, por lo que el período de conocimiento en el equipo del nuevo técnico contratado demorará tiempo.

La máquina también tiene elementos contribuyentes al problema ya que las mangas instaladas son de menor calidad a las que el fabricante recomienda en el equipo y esto fue causado por un cambio de proveedor en la última compra de todas las mangas causado por falta de información en la descripción del código del repuesto cargado en SAP y el cuál se utiliza como elemento base para confeccionar la solicitud de pedido.

Diagrama de Causa y Efecto 2

Falla: Atasco en Bajante por Costra de Clinker



Nota: Henry Guevara

En este análisis del problema, se identifica que una de las causas que ocasionan los problemas de atasco en el bajante de descarga de la banda CG.535-BP1 con costra de Clinker, es ocasionado por desgaste en el rodillo central del triturador de Clinker en la descarga del enfriador, este equipo forma parte del sistema de proceso anterior, es decir, no corresponde a la zona de molienda de cemento, sino que es de la zona de fabricación de Clinker.

El desgaste de este rodillo lo sufre el bajante, ya que si el rodillo no estuviera desgastado, entonces este no permitiría que la costra de Clinker pase al siguiente proceso.

Este desgaste se había identificado anteriormente pero el trabajo no se ha podido realizar por falta de presupuesto ya que los repuestos son de alto costo, lo que se necesita ejecutarlo mediante un CAPEX ya que su valor sobrepasa los 20 mil dólares.

Diagrama de Causa y Efecto 3

Falla: Banda desalineada CG.565-BT1



Nota: Henry Guevara

En el análisis de esta falla, que uno de los elementos importantes que provocaron múltiples paros en el equipo, fue la falta de seguimiento ante el cambio de partes a los equipos en el arranque después del cambio, ya que los paros fueron momento después de la puesta en marcha.

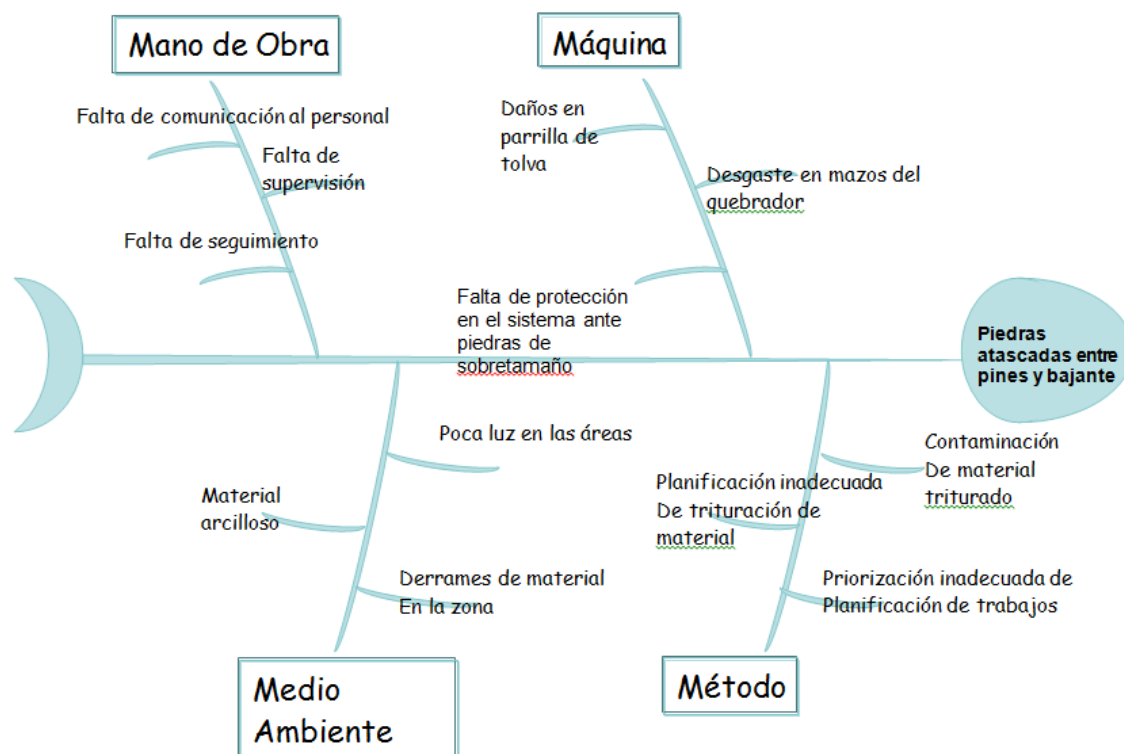
Una banda nueva amerita atención ya que la temperatura y el material hacen que la banda se estire y se desalinee por falta de tensión.

Como este trabajo fue realizado en un paro mayor del equipo, entonces en esos días se tenían otros frentes de trabajo, lo que provocaba que la atención estuviera en otras máquinas de mayor criticidad a las cuales se intervinieron y se descuidó este equipo.

También afecta que esta zona la iluminación es deficiente, lo que imposibilita observar el centrado de las bandas en los tambores de la banda.

Diagrama de Causa y Efecto 4

Falla: Atasco de piedras entre pines y bajante de la banda de caliza.



En el análisis de esta falla se obtiene que el problema del sobre tamaño de las piedras es ocasionado en parte por el daño en los barrotes de la parrilla de la tolva de caliza, la cual permite que las piedras de gran tamaño entren en el proceso.

Pero también el material no debe llegar a la tolva, y la razón es que según la planificación de trituración del quebrador, el último material al ser triturado es la caliza de azul la cual es triturada cuando están los mazos con mayor desgaste, lo cual la granulometría del material es la más alta.

Otro motivo del sobre tamaño de las piedras es que el almacenaje en el patio de pre homogenización de material, la caliza triturada y sin triturar, están una junto a la otra, por lo que no se descarta que el operador del cargador en algún momento con la pala del equipo tome material triturado y sin triturar.

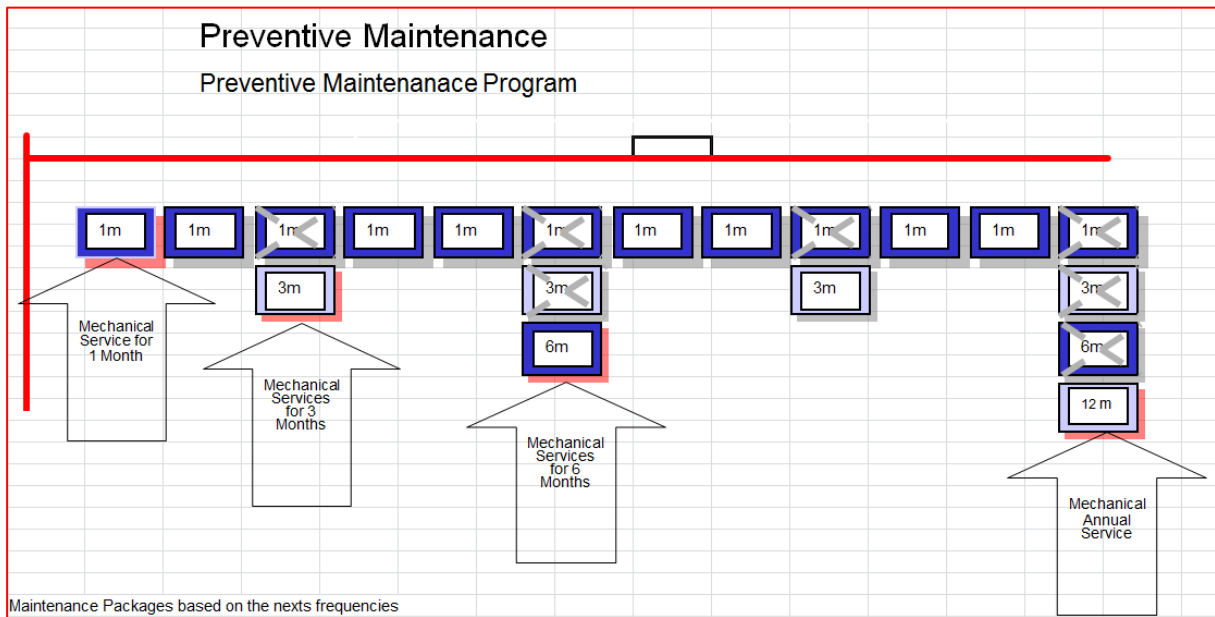
Balance de Cargas (Lista de Ordenes de Mantenimiento PM02 que genera el sistema SAP)

Según González (2004, pág 135.) indica que uno de los síntomas que claramente identifica si realmente nosotros controlamos la actividad, y por lo tanto la carga de trabajo, o es esta la que nos controla a nosotros, es justamente esta pregunta. En diversos sitios hemos apuntado la conveniencia de tener siempre una cierta sobreocupación, de forma que nuestros trabajadores siempre estén ocupados en actividades preventivas, correctivas o modificativas, de forma absolutamente controlada y priorizada. Para ello debemos saber las horas/hombre planificadas, pendientes y las que tenemos en curso y podremos abordar. Sin esta información no tenemos criterios claros y rigurosos para justificar externalizaciones, horas extras, aumento de planilla, etc.

Las órdenes preventivas cargadas en el sistema SAP, se hicieron basadas en una estrategia la cual se explica en la ilustración 21. De esta manera se visualiza que las órdenes cargadas en el sistema obedecen un criterio de frecuencia de inspección cargadas según la necesidad o recomendación del fabricante de los equipos.

La estrategia de inspección de los equipos están regidos por frecuencias mensuales, trimestrales, semestrales y anuales según sea la necesidad del equipo tal y como se explicó en el párrafo anterior y la intención de esta estrategia es que si un equipo tiene una inspección mensual por ejemplo, y además tiene frecuencia de inspección trimestral y anual, entonces que la revisión trimestral contenga la mensual y además se agregue la parte que se debe revisar trimestralmente todo en la misma orden y que la orden anual contenga en el texto las actividades mensuales y trimestrales, de este modo cuando sale la orden anual, entonces el sistema no genere la orden mensual ni trimestral.

Ilustración 21: Estrategia Balance de Cargas



Maintenance Packages based on the nexts frequencies

7 Days	1 Week	1W
28 Days	1 Month	1M
84 Days	3 Months	3M
168 Days	6 Monts	6M
336 Days	1 Year	1Y

No.	Cycl.length	Unit	Maintenance cycle text	C...	Hi...	Hi...	Offset	Of...	Inib...	Su...
1	7 DAY	1 Week	1W	1	1			0	0	
2	28 DAY	1 Month	1M	2	2			0	0	
3	84 DAY	3 Month	3M	3	3			0	0	
4	168 DAY	6 Month	6M	4	4			0	0	
5	336 DAY	1 Year	1Y	5	5			0	0	

Fuente: Holcim Costa Rica

En la ilustración 22 se observan la lista de los equipos que originalmente fueron cargados en el sistema SAP y con las frecuencias de inspección de cada uno de ellos.

Ilustración 22: Lista de Equipos incluidos en Balance de Cargas

Preventive Maintenance Starting Date		04/12/2006 ←		Please type the date in this cell		Information for the confirmation package (due)							Information for the Next package			
Strategy	Functional Location	Equipment	Description	Task List Group	Counter	Maintenance Item	Maintenance Plan	Programar el Plan	Complete confirmation date	# of due package	Package type	# of the cycle	# of next package	Planned date	Package to be due	
ZPM020	CG.511-BT1	10073186	BANDA TRANSPORTADORA	22547	9	85763	CG511BT1M01	ok	02-ene-09	6	VI	6	168	12	26-jun-09	VI
ZPM020	CG.511-BT2	10073189	BANDA TRANSPORTADORA	22550	9	85764	CG511BT2M01	ok	22-may-09	6	VI	6	168	12	12-mar-10	VI
ZPM020	CG.511-EC1	10073201	ELEVADOR DE CANGILONES	22641	12	85638	CG511EC1M01	ok	09-ene-09	3	III	3	84	6	21-ago-09	III
ZPM020	CG511-FT3	10073180	FILTRO DE MANGAS	28288	1	85639	CG511FT3M01	ok	10-abr-09	6	VI	6	168	12	11-dic-09	VI
ZPM020	CG511-VE3	10073176	VENTILADOR	22955	9	85640	CG511VE3M01	ok	23-ene-09	6	VI	6	168	12	23-ene-09	VI
ZPM020	CG.525-BT1	10073316	BANDA TRANSPORTADORA	28289	1	85784	CG525BT1M01	ok	23-ene-09	6	VI	6	168	12	23-ene-09	VI
ZPM020	CG.525-FT3	10073329	FILTRO DE MANGAS	28305	1	85785	CG525FT3M01	ok	13-feb-09	6	VI	6	168	12	25-sep-09	VI
ZPM020	CG.525-FT4	10073339	FILTRO DE MANGAS	28290	1	85786	CG525FT4M01	ok	06-feb-09	6	VI	6	168	12	18-sep-09	VI
ZPM020	CG.525-VE3	10073323	VENTILADOR	28291	1	85791	CG525VE3M01	ok	20-feb-09	6	VI	6	168	12	02-oct-09	VI
ZPM020	CG.525-VE4	10073325	VENTILADOR	28292	1	85792	CG525VE4M01	ok	20-mar-09	6	VI	6	168	12	30-oct-09	VI
ZPM020	CG.535-AZ1	10073392	AERODESLIZADOR	28299	1	85793	CG535AZ1M01	ok	06-mar-09	3	III	3	84	6	13-nov-09	III
ZPM020	CG.535-BP1	10073351	BASCULA DOSIFICADORA	22525	10	85794	CG535BP1M01	ok	20-mar-09	6	VI	6	168	12	27-nov-09	VI
ZPM020	CG.535-BP2	10073354	BASCULA DOSIFICADORA	22527	10	85796	CG535BP2M01	ok	01-may-09	6	VI	6	168	12	27-nov-09	VI
ZPM020	CG.535-BP3	10073357	BASCULA DOSIFICADORA	22529	10	85798	CG535BP3M01	ok	24-abr-09	6	VI	6	168	12	13-nov-09	VI
ZPM020	CG.535-BT1	10073367	BANDA TRANSPORTADORA	22565	9	85800	CG535BT1M01	ok	24-abr-09	6	VI	6	168	12	13-nov-09	VI
ZPM020	CG.535-EC1	10073378	ELEVADOR DE CANGILONES	22647	12	85801	CG535EC1M01	ok	27-feb-09	3	III	3	84	6	11-dic-09	III
ZPM020	CG.535-MS1	10073389	MEDIDOR FLUJOMA GRANEL	22749	7	85803	CG535MS1M01	ok	12-jun-09	6	VI	6	168	12	12-jun-09	VI
ZPM020	CG.565-AZ1	10073523	AERODESLIZADOR	22507	4	85804	CG565AZ1M01	ok	03-abr-09	3	III	3	84	6	03-abr-09	III
ZPM020	CG.565-AZ2	10073524	AERODESLIZADOR	28293	1	85806	CG565AZ2M01	ok	13-feb-09	3	III	3	84	6	13-feb-09	III
ZPM020	CG.565-AZ3	10073525	AERODESLIZADOR	28294	1	85647	CG565AZ3M01	ok	30-ene-09	3	III	3	84	6	24-abr-09	III
ZPM020	CG.565-BT1	10073491	BANDA TRANSPORTADORA	22568	10	85648	CG565BT1M01	ok	19-jun-09	6	VI	6	168	12	19-jun-09	VI
ZPM020	CG.565-EC1	10073466	ELEVADOR DE CANGILONES	22656	12	85649	CG565EC1M01	ok	16-ene-09	3	III	3	84	6	16-ene-09	III
ZPM020	CG.565-FT1	10073518	FILTRO DE MANGAS	22718	11	85650	CG565FT1M01	ok	08-may-09	6	III	6	168	12	08-may-09	VI
ZPM020	CG.593-AZ1	10073543	AERODESLIZADOR	22510	4	85651	CG593AZ1M01	ok	20-mar-09	3	III	3	84	6	12-jun-09	III
ZPM020	CG.593-AZ2	10073544	AERODESLIZADOR	28295	1	85652	CG593AZ2M01	ok	06-feb-09	3	III	3	84	6	08-may-09	III
ZPM020	CG.593-AZ3	10073545	AERODESLIZADOR	28296	1	85653	CG593AZ3M01	ok	23-ene-09	3	III	3	84	6	17-abr-09	III
ZPM020	CG.593-AZ4	10073546	AERODESLIZADOR	28297	1	85654	CG593AZ4M01	ok	03-abr-09	3	III	3	84	6	26-jun-09	III
ZPM020	CG.593-AZ5	10073547	AERODESLIZADOR	28298	1	85655	CG593AZ5M01	ok	20-feb-09	3	III	3	84	6	15-may-09	III
ZPM020	CG.565-ML1	10073460	MOLINO HOROMIL	22745	24	85656	CG565ML1M01	ok	06-feb-09	1	I	1	28	3	01-may-09	I
ZPM020	CG.565-SP1	10073476	SEPARADOR	22852	14	85657	CG565SP1M01	ok	27-feb-09	3	III	3	84	6	22-may-09	III
ZPM020	CG.565-VE1	10073507	VENTILADOR	24070	3	85658	CG565VE1M01	ok	23-ene-09	1	I	1	28	3	20-feb-09	I
ZPM020	CG.593-EC1	10073533	ELEVADOR DE CANGILONES	22659	12	85659	CG593EC1M01	ok	20-feb-09	3	III	3	84	6	07-ago-09	III
ZPM020	CG.593-EC2	10073538	ELEVADOR DE CANGILONES	28313	1	85660	CG593EC2M01	ok	06-mar-09	3	III	3	84	6	29-may-09	III
ZPM020	CG.593-FT1	10073622	FILTRO DE MANGAS	24081	3	85821	CG593FT1M01	ok	26-jun-09	6	VI	6	168	12	05-mar-10	VI
ZPM020	CG.593- FT2	10073623	FILTRO DE MANGAS	28307	1	85822	CG593FT2M01	ok	17-jul-09	6	VI	6	168	12	05-feb-10	VI
ZPM020	CG.593- VE3	10073552	VENTILADOR	28308	1	85823	CG593VE3M01	ok	20-mar-09	6	VI	6	168	12	09-abr-10	VI
ZPM020	CG.593-FT3	10073624	FILTRO DE MANGAS	28309	1	85824	CG593FT3M01	ok	17-jul-09	6	VI	6	168	12	07-may-10	VI
ZPM020	CG.593- VE5	10073556	VENTILADOR	28310	1	85825	CG593VE5M01	ok	31-jul-09	6	VI	6	168	12	31-jul-09	VI
ZPM020	CG.593- FT5	10073626	FILTRO DE MANGAS	28311	1	85826	CG593 FT5M01	ok	24-abr-09	6	VI	6	168	12	02-abr-10	VI
ZPM020	CG.593-FT4	10073625	FILTRO DE MANGAS	28312	1	85827	CG593FT4M01	ok	08-may-09	6	VI	6	168	12	05-feb-10	VI
ZPM020	CG.593-VE4	10073554	VENTILADOR	23017	7	85828	CG593VE4M01	ok	17-abr-09	6	VI	6	168	12	11-jun-10	VI
ZPM020	CG.593-VE6	10073558	VENTILADOR	23021	7	85829	CG593VE6M01	ok	15-may-09	6	VI	6	168	12	05-feb-10	VI
ZPM020	CG.511-VE2	10073174	VENTILADOR	29189	1	89501	CG511VE2L01									6m
ZPM020	CG.511-EC1	10073201	ELEVADOR DE CANGILONES	22641	14	89502	CG511EC1L01									1a
ZPM020	CG.511-BT2	10073189	BANDA TRANSPORTADORA	22550	12	89503	CG511BT2L01									1a
ZPM020	CG.565-AZ3	10073525	AERODESLIZADOR	28294	2	92140	CG565AZ3M02									
ZPM020	CG.591-CDC	10047813	COMPUERTA DISTRIBUIDORA NEUMA	32680	1	106548	CG591CDCM01									
ZPM020	CG.591-CDF	10118043	COMPUERTA DISTRIBUIDORA NEUMA	32680	1	106548	CG591CDFM01									

Fuente: Holcim Costa Rica

Pilares del Mantenimiento Productivo Total

Mantenimiento Autónomo

En el proyecto de tesis con el Mantenimiento Autónomo se pretende revisar las actividades del VOSO y las órdenes de SAP con el fin de evaluar aquellas actividades que se puedan ejecutar desde el Mantenimiento Autónomo y de esta manera reducir las órdenes de Mantenimiento PM02 que están cargadas en el sistema SAP.

En la empresa se tiene implementado la inspección VOSO (ver glosario técnico), el cual corresponde a un tipo de Mantenimiento Autónomo, este VOSO es una Lista de Chequeo que el operario utiliza para hacer las inspecciones a los equipos.

En la ilustración 23 se muestra la lista de chequeo que realiza el técnico de mantenimiento mecánico la cual consta de 4 columnas ya que esta lista se aprovecha para hacerla durante un mes, es decir, cada columna corresponde a una semana de inspección a los equipos.

565-FT1 Filtro de mangas									
No haya fugas de aire membranas, mangueras									
La secuencia se cumplan (102).									
La presión de aire sea aprox. 6 bar.									
565-EC1 Elevador de cangilones									
Motor									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
revisar acoples									
revisar estructuralmente la base motor reductor									
Acople Hidráulico									
No haya fugas de aceite.									
No haya ruidos anormales.									
535-BP1									
Tolva de Alimentación									
Sin deformación de láminas, reventaduras y fugas.									
Sin reventaduras en las soldaduras desgastes									
Tambor de retorno									
Estado hule de revestimiento del tambor.									
Sin material atrapado en el tambor.									
Muñoneras sin ruido, temp o fugas de lubricante.									
Tornillos tensores de la banda en buen estado.									
Cinta Transportadora									
Banda sin cortes, rajaduras, desgaste en sus capas.									
Pega de la banda									
Rodillos de carga y retorno giren libremente.									
Limpiadores									
Revise el estado del limpiador en V									
Revise que el limpiador este libre de material.									
Limpiador de la superficie de carga sin desgaste.									
Motoreductor									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
Sin fugas de aceite.									
Tambor de tracción									
Hule del tambor este en buen estado.									

Fuente: Holcim Costa Rica

En la ilustración 24, esta anotado el texto que aparece en la lista de chequeo que ejecuta el inspector de mantenimiento al filtro de mangas durante el mantenimiento autónomo.

Cómo revisando el Pareto de Fallas los filtros auxiliares no han provocado paros en el molino, entonces es conveniente eliminar las ordenes PM02 del sistema SAP que se ejecutan durante el mantenimiento preventivo de los equipos y a su vez la inspección quede a cargo de la ruta que hace el inspector durante el mantenimiento autónomo.

De esta manera estaríamos eliminando 4 órdenes anuales del sistema SAP ya que este equipo tiene frecuencia trimestral, por lo que la reducción de órdenes de filtros ayudaría a mejorar el indicador de % de órdenes preventivas de planta.

Si esta estrategia la replicamos a los siguientes filtros del sistema de transporte entonces estaríamos reduciendo en 48 órdenes al año que actualmente salen en el sistema SAP.

La lista de filtros que se eliminarían las órdenes de SAP son:

CG.511-FT2	CG.565-FT1
CG.511-FT3	CG.565-FT2
CG.525-FT1	CG.593-FT1
CG.525-FT2	CG.593-FT2
CG.535-FT1	CG.593-FT3
CG.535-FT2	CG.593-FT4

Ilustración 24: Lista de Chequeo para Mantenimiento Autónomo

593-FT1 Filtro									
Presión de aire para limpieza sea mayor a 0,5 Mpa									
Secuencia de limpieza ok									
Sin fugas de aire por alguna de las 4 válvulas.									
Sin polvo por la salida del ventilador.									
593-VE1									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
revisar purgas automáticas de aire (agua)									
593-DA1									
Parte inferior 565-FT1									
Las puertas-inspección estén selladas (aire falso)									
565-AZ1 Aerodeslizador									
La canoa este caliente-Fluido.									
Tuberías-aireación tengan llave abierta.									
Las tapas de inspección no tengan fuga.									
565-AZ2 Aerodeslizador									
La canoa este caliente-Fluido.									
Tuberías-aireación tengan llave abierta.									
Las tapas de inspección no tengan fuga.									
Juntas de expansión en buen estado.									

Fuente: Holcim Costa Rica

En la ilustración 25 se reflejan las ordenes que el sistema SAP lanza durante el año con frecuencia trimestral. Se hace un listado de razones por las cuales inspeccionar un filtro en órdenes preventivas no asegura la confiabilidad del equipo.

- Al abrir un filtro para inspeccionarlo se pueden dañar los sellos de las puertas provocando el ingreso de humedad del ambiente, lo cual afecta al funcionamiento del equipo.

- El filtro internamente tiene las mangas saturadas con polvo de cemento lo cual imposibilita poder observar el estado de las mangas.
- Por recomendación del fabricante de las mangas, la vida útil de las mismas es de 2 años por lo que la inspección antes es innecesaria.
- La manera más recomendable para inspeccionar el filtro es revisando el sistema de barridos y verificando el Delta P del filtro lo cual esto lo hace el mantenimiento autónomo mediante la lista de chequeo.

Ilustración 25: Lista de Ordenes de Inspección de Filtro de Mangas

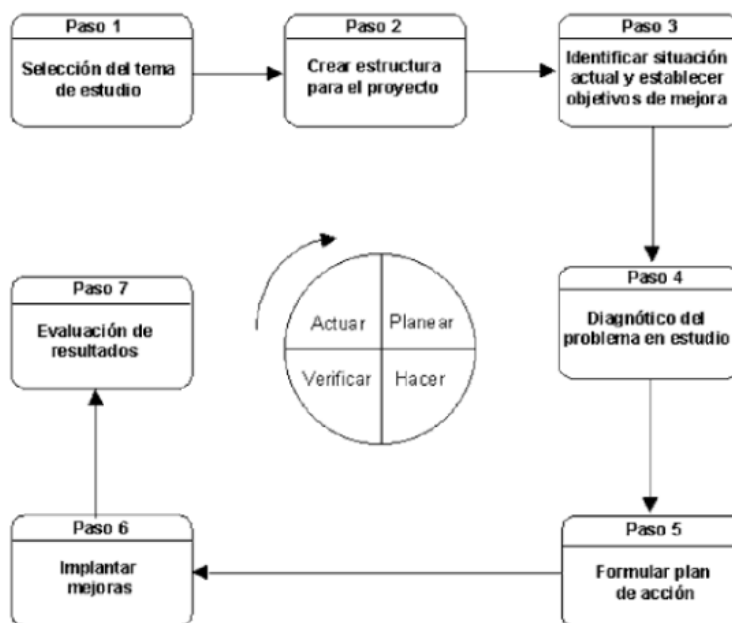
CG.593-FT1	56126024	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	16/02/2017	PM02
CG.593-FT1	56129271	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	20/06/2017	PM02
CG.593-FT1	56216691	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	01/08/2017	PM02
CG.593-FT1	55710163	REVISAR FILTRO DE MANGAS	14/11/2016	PM02
CG.593-FT1	55911820	REVISAR FILTRO DE MANGAS	04/11/2016	PM02
CG.593-FT1	56109237	REVISAR FILTRO DE MANGAS	10/04/2017	PM02

Fuente: Holcim Costa Rica

Mejoras Enfocadas

Según Gómez (pág 53.) las mejoras enfocadas son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas con el proceso productivo, con el objeto de maximizar la actividad global de equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos interfuncionales, empleando metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en plantas industriales.

Ilustración 26: Pasos para desarrollar mejoras enfocadas



Nota: Gómez (2015)

En la planta de cemento se utiliza el sistema de CAPEX para cambios o mejoras en los equipos que están instalados lo cual aplica como Mejoras Enfocadas, ya que los CAPEX para aprobación entran en análisis por parte de un grupo interdisciplinario de profesionales los cuales analizan la situación actual y el costo - beneficio de la inversión en el equipo que lo requiera.

Mantenimiento Planificado

Según Suzuki (2017), En el TPM, el Mantenimiento Planificado se basa en dos pilares: por una parte el mantenimiento autónomo del departamento de producción y por otra en el especializado del departamento de mantenimiento. En un sistema de Mantenimiento Planificado, el personal de mantenimiento realiza dos actividades:

- Actividades que mejoran el equipo.
- Actividades que mejoran la tecnología y capacidad de mantenimiento.

En la empresa se cuenta con una matriz de mantenimientos a los equipos los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

Ilustración 27: Cronograma de Paros Planificados

Reprogramación de Paros	Setiembre									
	1/8	4/9	11/9	18/9	25/9					
	S35	S36	S37	S38	S39					
No Mantto			L							
565-ML1			K							
211-TS1			M							
Comb. Sólidos/Despacho l.			J							
Molino 3(mensual)			V							
Bahía Líquidos (mensual)				L						
K33-MR1				K						
361-MR1				M						
L62-MR1				J						
No Mantto				V						
No Mantto								L		
565-ML1								K		
211-TS1								M		
Comb. Sólidos/Despacho l.								J		
Molino 3(mensual)								V		
No Mantto		L								
K33-MR1		K								
361-MR1		M								
L62-MR1		J								
No Mantto		V								

Fuente: Holcim Costa Rica, 2017

Al Molino Horomill el mantenimiento planificado se hace cada 15 días con una duración de 8 a 12 horas dependiendo de las actividades de mantenimiento.

Educación y Entrenamiento

La metodología TPM requiere de la participación activa de todo el personal, un personal capacitado y polivalente. El pilar de educación y entrenamiento se enfoca en garantizar el desarrollo de las competencias del personal, teniendo en cuenta los objetivos de la organización.

El pilar de educación y entrenamiento tiene como prioridades los siguientes objetivos:

- Desarrollo de personas competentes en términos de equipamiento: Actividades analíticas avanzadas de mantenimiento; establecimiento de centros de entrenamiento en actividades de mantenimiento, promoción de especialistas.
- Desarrollo de personas competentes en términos de gestión: Líderes de programas de mantenimiento autónomo, alistamiento, predicción, prevención, TPM.

- Desarrollo de habilidades y participación: Creación de una cultura colaborativa en relación con TPM.

Fuente: (Ingeniería Industrial Online, 2017)

Para alcanzar los objetivos propuestos es necesario plantearse la estrategia de conservar, adquirir, crear, transferir y utilizar conocimiento.

La empresa Lafarge Holcim capacita a todo su personal con el fin de que la gestión sea más eficiente, la empresa busca que el conocimiento de las máquinas este con el personal de la empresa para poder corregir las fallas oportunamente y así evitar incurrir en gastos excesivos o adicionales por la necesidad de tener que contratar a un técnico que apoye con los trabajos.

Prevención del Mantenimiento

Son aquellas actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, con el objeto de reducir los costes de mantenimiento durante su explotación. Una empresa que pretende adquirir nuevos equipos puede hacer uso del historial del comportamiento de la maquinaria que posee, con el objeto de identificar posibles mejoras en el diseño y reducir drásticamente las causas de averías desde el mismo momento en que se negocia un nuevo equipo. Las técnicas de prevención de mantenimiento se fundamentan en la teoría de la fiabilidad, esto exige contar con buenas bases de datos sobre frecuencia de averías y reparaciones.

Fuente: (Ingeniería Industrial Online, 2017)

En este pilar del Mantenimiento Productivo Total, se toma en cuenta por parte del Departamento de Ingeniería, al adquirir las máquinas mediante los CAPEX de analizar si el equipo a comprar es el que mejor trabaje a nuestro proceso productivo.

Si se desconoce sobre la eficiencia del equipo entonces se consulta con otras plantas para saber si ellos tienen alguna experiencia en el equipo mencionado.

Áreas Administrativas

Esta clase de actividades no involucra el equipo productivo. Departamentos como planificación, desarrollo y administración no producen un valor directo como producción, pero facilitan y ofrecen el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente, con los menores costes, oportunidad solicitada y con la más alta calidad. Su apoyo normalmente es ofrecido a través de un proceso que produce información. Allí también las pérdidas potenciales a ser recuperadas son enormes.

Fuente: **(Ingeniería Industrial Online, 2017)**

En la empresa tal y como se explicó en el organigrama de mantenimiento, existe un área administrativa llamada Planificación, los cuáles son los responsables de analizar a detalle los trabajos con el fin de que se puedan tener todos los repuestos, materiales y personal necesarios, en el momento en que se requiera.

Ellos manejan el costo de mantenimiento por lo que la información que administran es de gran utilidad para la toma de decisiones.

Mantenimiento de la calidad

El mantenimiento de calidad es uno de los pilares del TPM y tiene como principal objetivo mejorar y mantener las condiciones de los equipos y las instalaciones en un punto óptimo donde sea posible alcanzar la meta de "cero defectos", es decir "cero no conformidades de calidad".

El mantenimiento de calidad tiene una serie de principios sistemáticos que lo fundamentan, estos son:

Clasificación de defectos e identificación del contexto, frecuencia, causas, efectos, y relaciones con las condiciones de los equipos.

Análisis de mantenimiento preventivo para identificar los factores del equipo que pueden generar defectos de calidad.

Establecer rangos estándar para los factores del equipo que pueden generar defectos de calidad, y determinar sus respectivos procesos de medición.

Establecer un programa de inspección periódico de los factores críticos.

Preparar matrices de mantenimiento y mejora. Además de valorar periódicamente los estándares.

En el mantenimiento de calidad es muy importante contar con herramientas y tecnología adecuada, que van desde técnicas de control de calidad, hasta instrumentos precisos de medición y predicción.

El Japan Institute of Plant Maintenance propone nueve etapas para el desarrollo del mantenimiento de calidad, estas son:

Etapas 1: Identificación de la situación actual del equipo.

Etapas 2: Investigación de la forma como se generan los defectos.

Etapas 3: Identificación, análisis y reporte de causas y efectos en materiales, máquinas y mano de obra (3M).

Etapas 4: Estudiar las acciones correctivas para la eliminación de "fuguis".

Etapas 5: Estudiar las condiciones del equipo para unidades no defectuosas.

Etapas 6: Realizar eventos de mejora enfocada aplicada a las 3M.

Etapas 7: Definir estándares de las 3M.

Etapas 8: Reforzar los métodos de inspección.

Etapas 9: Valorar los estándares utilizados.

Fuente: **(Ingeniería Industrial Online, 2017)**

Seguridad y Medio Ambiente

La seguridad y el medio ambiente son un pilar transversal en TPM, es necesario preservar la integridad de las personas y disminuir el impacto ambiental en cada operación, equipo o instalación de la organización. El propósito de este pilar consiste en crear un sistema de gestión integral de seguridad y medio ambiente con el objetivo de lograr "cero accidentes" y "cero contaminación", llevando los principios del sistema de gestión a todos los niveles de la organización. La integridad de las personas y el impacto ambiental son objetivos que contribuyen al mejoramiento de la productividad, un sitio de trabajo seguro, un entorno agradable, son escenarios ideales para la búsqueda de operaciones eficientes.

El pilar de seguridad y medio ambiente tiene una serie de principios que lo fundamentan:

- Un equipo en deterioro y con defectos es una fuente expresa de riesgos.
- El desarrollo del mantenimiento autónomo y las 5's son la base de la identificación de condiciones inseguras.

- La metodología utilizada para la mejora enfocada es el procedimiento para eliminar riesgos en los equipos, y para hallar medidas de contención.
- El personal capacitado y polivalente asume con actitud crítica las condiciones de seguridad de su entorno.
- El Japan Institute of Plant Maintenance propone nueve etapas para el desarrollo del pilar de seguridad y medio ambiente, estas son:
 - Seguridad en la limpieza inicial en el mantenimiento autónomo (MA).
 - Mejoramiento de los factores del equipo para evitar condiciones que producen trabajos inseguros.
 - Estandarización de rutinas de seguridad.
 - Formación de personas competentes para la inspección general del equipo en materia de seguridad.
 - Inspección general del proceso y el entorno.
 - Sistematización del mantenimiento autónomo de seguridad.

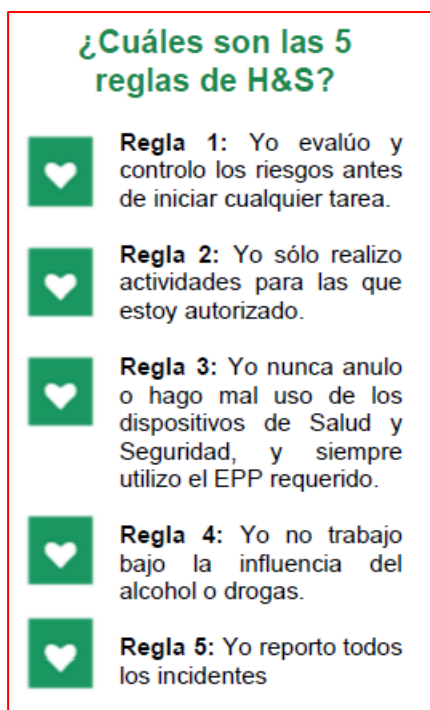
Fuente: **(Ingeniería Industrial Online, 2017)**

La empresa Lafarge Holcim promueve la filosofía a sus empleados del “cero daño” y la “seguridad es primero”, es decir, la seguridad está por encima de la producción ya que no se quiere que por evitar una falla en los equipos o por solucionar una falla a uno de los colaboradores les ocurra un accidente.

De allí que la empresa como requisito de empleo capacita a sus empleados en temas de seguridad y le da una serie de herramientas que le permitan evitar tener algún daño mientras ejecutan las tareas.

Las reglas de seguridad que deben acatar los empleados y que son condición de empleo son las siguientes:

Ilustración 28: 5 Reglas de H&S



Fuente: Holcim Costa Rica, 2017)

Manuales de Mantenimiento (Recomendaciones del Fabricante)

Inspección del Filtro de Mangas

El fabricante sugiere hacer una lista de chequeo para dar mantenimiento a los filtros de mangas en vez de abrir el filtro para inspeccionarlo internamente y el motivo de esta recomendación es que un filtro de mangas es como su palabra lo indica un colector de polvo que evita que el polvo de cemento salga al ambiente, por lo que inspeccionarlo es muy complicado ya que en su interior se encuentra totalmente lleno de material.

Tal y como se puede observar en la ilustración 29, el check list de inspección del filtro, las tareas indican que son actividades con equipo en funcionamiento en donde se puede notar alguna anomalía en el equipo.

Ilustración 29: Manual de Fabricante



CHECK-LIST PARA INSPECCIÓN	
Componente	Inspeccionar y observar
Mecanismo de sacudida ("Bag-house")	Funcionamiento justo sin doblar demasiado la manga. Cojinetes. Soportes. Mandos. Lubricación.
Mangas	Desgaste por abrasión o envejecimiento. Condensación. Tensión errónea. Mangas sin elasticidad. Roturas...
Manómetros	Marcha normal del Δp . Control diario.
Instalación de evacuación de polvos	Cojinetes. Soportes. Partes deformadas. Mecanismos de mando destruidos o deformados. Lubricación.
Estructura del filtro y tolvas	Pernos deformados. Roturas de las soldaduras. Pintura desconchada. Corrosiones...
Tuberías y conductos	Corrosiones. Orificios. Daños externos. Sujeciones con pernos. Soldaduras. Incrustaciones de polvo.
Válvulas pulsantes ("Pulse-jet")	Se debe oír el estallido del aire comprimido.

Proceso de Creación de Ordenes de Trabajo PM01

En el siguiente diagrama se observa el proceso de creación de una orden PM01, la cual es la herramienta de SAP que se usa en mantenimiento para gestionar y dar trazabilidad a los equipos de la empresa, así como para dar seguimiento a los costos incurridos lo cual es vital para la toma de decisiones en la compañía.

Después del diagrama se explica paso a paso las tareas que conllevan a la creación de la orden PM01.

Proceso de Creación de Ordenes de Trabajo PM01

Ilustración 30: Diagrama de Flujo para creación de una orden



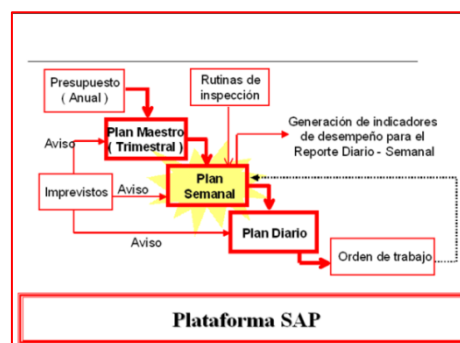
Nota: Henry Guevara

Lista de tareas a ejecutar

1. Revisión de la ruta a realizar por parte del inspector de mantenimiento.
2. Visita al campo por parte del técnico inspector de mantenimiento a los equipos en marcha.
3. Revisión de los equipos, realizando un VOSO (Ver, Oler, Sentir, Oír)
4. Detección de condición anormal en el equipo inspeccionado.
5. Continúa la ruta inspeccionando el resto de equipos que tenía programados a visitar durante el día.
6. Finaliza el recorrido
7. Ingresa en SAP el aviso de trabajo de la condición anormal detectada a los equipos inspeccionados. Se reporta por ejemplo: fuga de aceite o material, temperatura anormal, ruido anormal, vibración anormal, etc además también se reporta cualquier condición anormal de seguridad por ejemplo: guardas de seguridad, pasarelas, pasamanos, etc.
8. El supervisor del área responsable revisa el aviso y lo valida en campo.
9. Una vez aceptado el aviso entonces se crea la orden de trabajo.
10. La orden de trabajo se programa en el tiempo para la corrección definitiva durante el día de mantenimiento.
11. La orden de trabajo se ejecutará de acuerdo a la criticidad que tenga dicha anomalía y que atente contra la operación del equipo.
12. Una vez ejecutada la orden de trabajo entonces se da el cierre a la orden y al aviso.
13. El visitador valida la reparación de lo contrario crea otro aviso reportando la condición del equipo.
14. Se repite el ciclo de trabajo.

Esquema de la plataforma SAP para creación de órdenes de trabajo.

Ilustración 31: Esquema de Plataforma SAP para creación ordenes PM01



Nota: Henry Guevara

Flujograma Analítico

	DESCRIPCION	Oper.	Transp.	Dem.	Inspec.	Almac.	Observaciones
		○	⇒	D	□	▽	
1	Revisión de la ruta a realizar por parte del inspector de mantenimiento.				□		
2	Visita al campo por parte del técnico inspector de mantenimiento a los equipos en marcha.		⇒				
3	Revisión de los equipos, realizando un VOSO (Ver, Oler, Sentir, Oír)				□		
4	Detección de condición anormal en el equipo inspeccionado.	○					
5	Continúa la ruta inspeccionando el resto de equipos que tenía programados a visitar durante el día		⇒				
6	Finaliza el recorrido	○					
7	Ingresa en SAP el aviso de trabajo de la condición anormal detectada a los equipos inspeccionados. Se reporta por ejemplo: fuga de aceite o material, temperatura anormal, ruido anormal, vibración anormal, etc además también se reporta cualquier condición anormal de seguridad por ejemplo: guardas de seguridad, pasarelas, pasamanos, etc.	○					
8	El supervisor del área responsable revisa el aviso y lo valida en campo.			D	□		El supervisor tiene como procedimiento de la empresa un plazo de 10 días hábiles para convertir el aviso en orden de trabajo
9	Una vez aceptado el aviso entonces se crea la orden de trabajo.	○					
10	La orden de trabajo se programa en el tiempo para la corrección definitiva durante el día de mantenimiento.					▽	
11	La orden de trabajo se ejecutará de acuerdo a la criticidad que tenga dicha anomalía y que atente contra la operación del equipo.	○					
12	Una vez ejecutada la orden de trabajo entonces se da el cierre a la orden y al aviso.	○					
13	El visitador valida la reparación de lo contrario crea otro aviso reportando la condición del equipo.				□		
	Totales:	6	2	1	4	1	

Nota: Henry Guevara

EL Flujo grama o Diagrama de Flujo, consiste en representar gráficamente hechos, situaciones, movimientos o relaciones de todo tipo, por medio de símbolos. El flujograma, es un diagrama que expresa gráficamente las distintas operaciones que componen un procedimiento o parte de este, estableciendo su secuencia cronológica. Según su formato o propósito, puede contener información adicional sobre el método de ejecución de las operaciones, el itinerario de las personas, las formas, la distancia recorrida el tiempo empleado, etc.

Según Chiavenato Idalberto. Año 1.993; El Flujograma o Diagrama de Flujo, es una gráfica que representa el flujo o la secuencia de rutinas simples. Tiene la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades involucradas y los responsables de su ejecución.

Según Gómez Rondón Francisco. Año 1.995; El Flujograma o Diagrama de Flujo, es la representación simbólica o pictórica de un procedimiento administrativo.

Importancia:

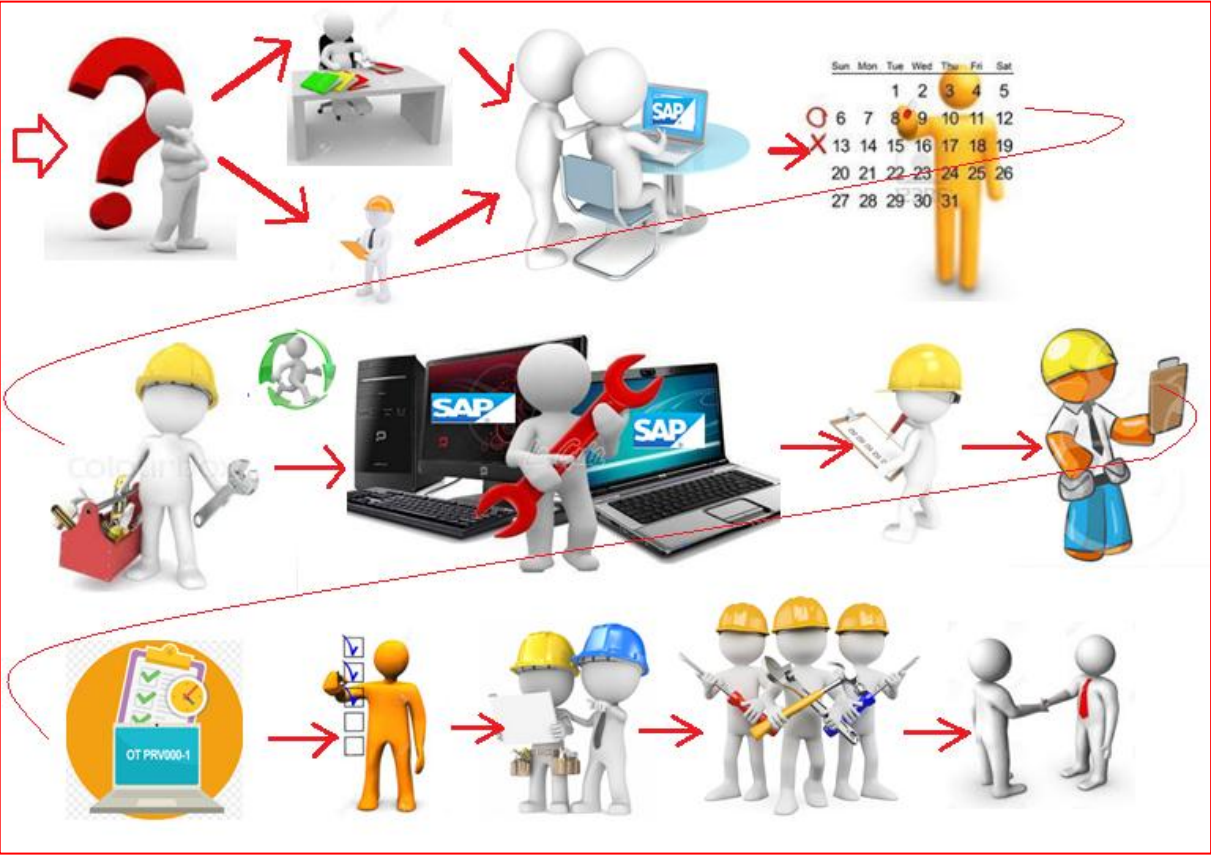
Según Gómez Cejas, Guillermo. Año 1.997; es importante ya que ayuda a designar cualquier representación gráfica de un procedimiento o parte de este , El flujograma de conocimiento o diagrama de flujo, como su nombre lo indica, representa el flujo de información de un procedimiento.

En la actualidad los flujogramas son considerados en las mayorías de las empresas o departamentos de sistemas como uno de los principales instrumentos en la realización de cualquier método y sistema.

Según Chiavenato, Idalberto. Año 1993; es importante los flujogramas en toda organización y departamento, ya que este permite la visualización de las actividades innecesarias y verifica si la distribución del trabajo está equilibrada, o sea, bien distribuida en las personas, sin sobrecargo para algunas mientras otros trabajan con mucha holgura.

Según Gómez Rondón, Francisco. Año 1995; los flujogramas o diagramas de flujo son importantes para el diseñador porque le ayudan en la definición formulación, análisis y solución del problema. El diagrama de flujo ayuda al analista a comprender el sistema de información de acuerdo con las operaciones de procedimientos incluidas, le ayudará a analizar esas etapas, con el fin tanto de mejorarlas como de incrementar la existencia de sistemas de información para la administración.

Ilustración 32: Diagrama de Flujo para creación de una orden PM02



Nota: Henry Guevara

Proceso de Creación de Ordenes de Trabajo PM02 en el sistema SAP

1. Se ingresan al sistema por dos motivos:
 - Recomendación del fabricante, esto se encuentra en los manuales de los equipos
 - Recomendación de algún técnico de la empresa ante alguna falla ocurrida, (voz de experto).
2. Se define la frecuencia de la orden de trabajo y esto se hace por dos motivos:
 - Recomendación del fabricante, esto se encuentra en los manuales de los equipos
 - Recomendación de algún técnico de la empresa ante alguna falla ocurrida, (voz de experto).
3. Una vez subidas al sistema, SAP se encarga de lanzarlas automáticamente según la estrategia o frecuencia establecida.
4. Se ejecuta la orden por parte del personal de mantenimiento.
5. De encontrarse alguna desviación en el equipo se reporta la condición mediante un aviso de trabajo en SAP
6. Se cierra la orden de trabajo.
7. El supervisor del área responsable revisa el aviso y lo valida en campo.
8. Una vez aceptado el aviso entonces se crea la orden de trabajo.
9. La orden de trabajo se programa en el tiempo para la corrección definitiva durante el día de mantenimiento.
10. La orden de trabajo se ejecutará de acuerdo a la criticidad que tenga dicha anomalía y que atente contra la operación del equipo.
11. Una vez ejecutada la orden de trabajo entonces se da el cierre a la orden y al aviso.
12. El visitador valida la reparación de lo contrario crea otro aviso reportando la condición del equipo.
13. Se repite el ciclo de trabajo.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Existen muchas ordenes (170 en total) cargadas en el sistema SAP para inspección de los equipos del área del molino horomill.
- El 50,6% de las rutinas que actualmente salen en el sistema se pueden ejecutar por medio del mantenimiento autónomo, según las recomendaciones técnicas de los equipos.
- Las fallas tipo A que se determinaron mediante el Pareto de Fallas, no era posible evitarlas con un orden preventiva PM02, pero si mediante una rutina de Mantenimiento Autónomo.
- Las fallas analizadas le costaron a la empresa alrededor de los \$175 mil por concepto de cemento que no fue producido, por lo que no hubo ganancia sobre ese producto.
- La cantidad de órdenes es irregular, las cuales lanza el sistema en cada mantenimiento programado, es decir no es constante el número de ordenes PM02 lo cual dificulta conocer la cantidad de personal necesario que se requiere para hacer el mantenimiento del molino.
- Ya no se cuenta con personal tercero en los mantenimientos programados de los equipos, en la actualidad dichos mantenimientos son ejecutados por personal propio.
- Con la ayuda del Ishikawa se observan otras posibles causas que contribuyen a la que la falla ocurriera ya que en el SOLVE en la lluvia de ideas en general no se toma en cuenta el factor humano y el método los cuales son más fácil de identificarlos con el Ishikawa.
- Dar seguimiento al plan de Acción Obtenido del FMEA con el fin de estar preparado o buscar la forma de tener un plan de contingencia ante alguna eventual falla.
- Eliminar del sistema SAP las rutinas PM02 repetidas ya que se ejecutan con el Mantenimiento Autónomo.
- Confiar en el seguimiento a los equipos que se realiza mediante el Mantenimiento Autónomo ya que es el medio por el cual se detectan la mayor cantidad de defectos en una industria como la cementera.

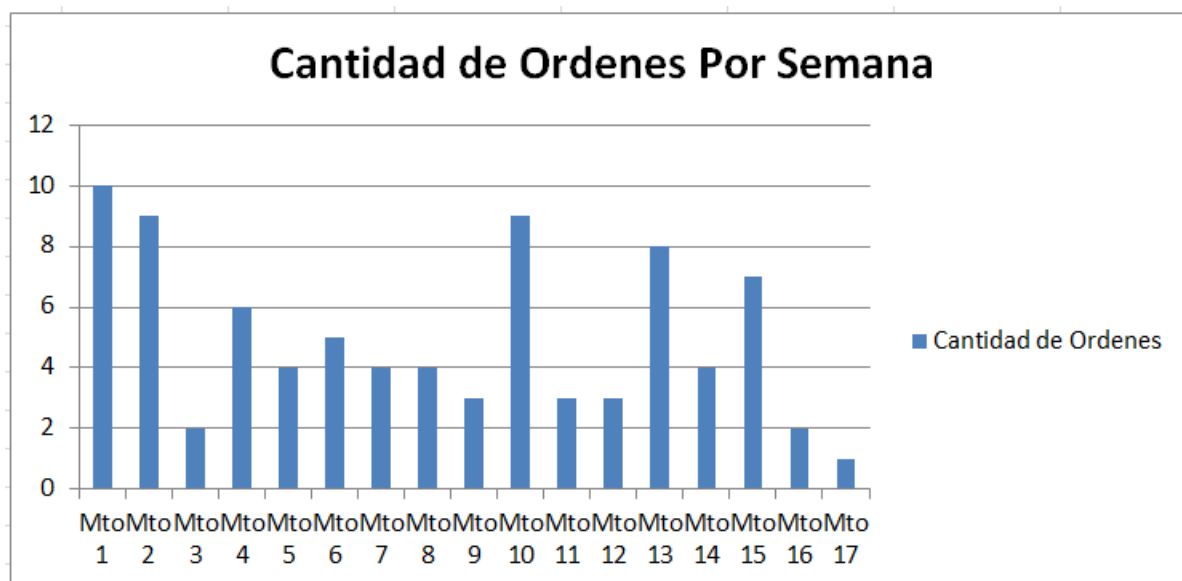
CAPITULO VI: PROPUESTA (DISEÑO)

Tal y como se ha analizado en el diagnostico la gran cantidad de órdenes de trabajo PM02 son un problema para la empresa, debido a que para ejecutar estas rutinas en los mantenimientos programados, se debe utilizar el personal de mantenimiento mecánico los cuales por la necesidad de ejecutar estas inspecciones preventivas se ven forzados a no ejecutar trabajos correctivos u órdenes PM01, que a la postre eran importantes de ejecutar para garantizar la confiabilidad del molino hasta el siguiente paro programado.

Por este motivo para reducir la cantidad de órdenes preventivas se plantean las siguientes propuestas y se analiza cada una de ellas.

- Eliminar las órdenes preventivas de los Filtros de Mangas.
- Cambiar frecuencia de inspección en las ordenes de las bandas pesadoras, actualmente tienen frecuencia 3M a 6M.
- Eliminar las rutinas de inspección del sistema de lubricación de cada una de las bombas de aceite.
- Eliminar las rutinas de toma de presiones y temperaturas que salen actualmente en el sistema SAP con frecuencia Mensual.

Enero- Setiembre 2017	
Cantidad de Ordenes PM02	
# Mantenimie	Cantidad de Or
Mto 1	10
Mto 2	9
Mto 3	2
Mto 4	6
Mto 5	4
Mto 6	5
Mto 7	4
Mto 8	4
Mto 9	3
Mto 10	9
Mto 11	3
Mto 12	3
Mto 13	8
Mto 14	4
Mto 15	7
Mto 16	2
Mto 17	1
Total	84
Promedio	4,94



Nota: Henry Guevara

Con estas propuestas la cantidad de órdenes preventivas pasan de 170 a 84 lo cual representa en un 50,6% menos con relación a la cantidad que actualmente se generan en el sistema.

El promedio actual de órdenes a ejecutar por mantenimiento también se reduce ya que actualmente se ejecutan alrededor de 10 órdenes por mantenimiento y con estas recomendaciones y con el sistema balanceado la cantidad de órdenes a ejecutar es de 5.

El beneficio también se verá reflejado en el indicador de % de órdenes preventivas que actualmente salen en el sistema ya que del 47,14% actual que tenemos en los planes de mantenimiento y al eliminar de SAP el 50,6% de órdenes que actualmente salen en el sistema entonces el nuevo indicador estaría en 23,8% lo cual está por debajo del máximo permitido que es el 30% que pide la empresa LafargeHolcim.

Seguidamente se explican las razones de cada una de las recomendaciones planteadas con el fin de reforzar la decisión de eliminarlas del sistema:

Propuesta de Diseño 1

Propuesta de Diseño para eliminar las órdenes preventivas de los Filtros de Mangas.

Esta propuesta, es factible por las siguientes razones:

- El Mantenimiento Autónomo revisa el filtro en operación, se revisan elementos como presiones, fugas de aire, entradas de aire falso, sistema de barridos, todos son elementos indispensables para la correcta operación del filtro.
- La inspección con equipo de detenido PM02, no garantiza la confiabilidad del equipo ya que al abrir el filtro para inspeccionarlo se corre el riesgo de que se dañen los empagues de las puertas provocando ingreso de aire falso.
- Las mangas las cuales son elementos filtrantes están recubiertas de polvo por lo que no es posible conocer mediante una inspección con equipo detenido el estado real de las mangas.
- El fabricante del filtro y mangas recomiendan que el cambio total de mangas se efectúen cada 3 años por vida útil, ya que después de este tiempo las mangas empiezan a romperse ocasionando contaminación al ambiente por fuga de polvo por la chimenea.
- Las chimeneas de la planta tienen en su interior instrumentos de medición de opacidad, los cuales miden en tiempo real que al ambiente no salga polvo al ambiente, de salir polvo entonces esto indica que hay una manga dañada.
- Es por esto que se recomienda que la inspección de los filtros se realicen por medio del mantenimiento autónomo y por medio del operador de producción que está en la sala de control operando el molino, el cuál puede indicar inmediatamente algún cambio en la opacidad de la chimenea para hacer la intervención del filtro.
- Con esta propuesta se eliminarían 59 órdenes que han salido para ejecución en el periodo de enero a setiembre 2017.
- Las órdenes de los filtros representan el 34,7% del total de órdenes que actualmente salen en el sistema.

Ilustración 33: Texto VOSO de un Filtro de Mangas

P.M. VOSOA Mol Horomill (LUNES) Versión 7										
SEGURIDAD, LISTA DE INSPECCIONES PLANEADAS										
Lista de Chequeo modificado por Gbrenesn 06-07-2015										
AREAS A INSPECCIONAR HOROMILL Y MAT PRIMAS										
Ejecutado por:		Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		
Mes:		Estado		Estado		Estado		Estado		
fecha		OK	No Ok	OK	No Ok	OK	No Ok	OK	No Ok	Comentarios
Barandas, escaleras, rodapiés										
No haya corrosión, reventaduras en soldaduras o estructuras, soldura										
Puntos de anclaje fijos										
Verificar estado de soldaduras, corrosión, reventaduras, soldura										
SILO # 10 PARTE SUPERIOR										
593-FT4 Filtro										
Presión de aire para limpieza sea mayor a 0,5 Mpa										
Secuencia de limpieza ok										
Sin fugas de aire por alguna de las 12 válvulas.										
Sin polvo por la salida del ventilador.										
no existan entradas de aire falso										

Nota: Henry Guevara

Propuesta de Diseño 2

Propuesta de Diseño para cambiar frecuencia de inspección en las órdenes de las bandas pesadoras, actualmente tienen frecuencia 3M a 6M.

Esto debido a que en la inspección de las bandas pesadoras el correcto funcionamiento se observa en la lista de chequeo ya que allí se observa el estado de la banda y los rodillos.

Ilustración 34: Texto VOSO para Bandas Pesadoras

535-BP1										
Tolva de Alimentación										
Sin deformación de láminas, reventaduras y fugas.										
Sin reventaduras en las soldaduras desgastes										
Tambor de retorno										
Estado hule de revestimiento del tambor.										
Sin material atrapado en el tambor.										
Muñoneras sin ruido, temp o fugas de lubricante.										
Tornillos tensores de la banda en buen estado.										
Cinta Transportadora										
Banda sin cortes, rajaduras, desgaste en sus capas.										
Pega de la banda										
Rodillos de carga y retorno giren libremente.										
Limpiadores										
Revise el estado del limpiador en V										
Revise que el limpiador este libre de material.										
Limpiador de la superficie de carga sin desgaste.										
Motoreductor										
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos										
Sin fugas de aceite.										
Tambor de tracción										
Hule del tambor este en buen estado.										
Sin material atrapado en el tambor.										
Soportes de rodamiento sin ruido, temp o fugas										
Estado tornillos tensores de la banda										

Fuente: Lafarge Holcim (2017)

Propuesta de Diseño 3 y 4 (Estas se analizan juntas por ser del mismo equipo)

Propuesta de diseño para eliminar las rutinas de inspección del sistema de lubricación de cada una de las bombas de aceite.

Propuesta de Diseño para eliminar las rutinas de toma de presiones y temperaturas que salen actualmente en el sistema SAP con frecuencia Mensual.

Esta propuesta es viable debido a que el monitoreo realizado a este sistema permite eliminar las rutinas de las bombas por las siguientes razones:

- Las bombas tienen monitoreo de mantenimiento predictivo por medio de medición de vibraciones el cual permite conocer más detalladamente el estado de la bomba y los elementos de acoplamiento.
- Con el mantenimiento autónomo se toman las mediciones de presiones y temperaturas lo cual permite conocer el estado del equipo.

Ilustración 35: Texto VOSO de bombas

Bomba (M4)									
Temp. del motor no exceda los 50°C.									
Sin vibraciones o ruidos anormales.									
revisar saturación filtros gemelos y verticales. (111)									
Presión de línea sea aprox.5 bar.item(105,106)									
Temp aceite entrada intercamb calor 56C,salida 42C									
Caudal item 120, no menos de 350 L/m.									
Bomba (M3)									
Temp. del motor no exceda los 50°C.									
Sin vibraciones o ruidos anormales.									
saturación filtros gemelos 100 micrones no activado									
Presión línea de 5bar item 205,206									
Temp aceite entrada intercamb calor 50C,salida 40C									
Caudal item 215, no menos de 350 L/m.									
Bomba (M5)									
Temp. del motor no exceda los 50°C.									
Sin vibraciones o ruidos anormales.									
Indicador de filtro sin alarma iten (408)									
Presión de línea sea aprox.4 bar.item(404)									
Caudal línea LP3 item 411, no menos de 30 L/m.									
Caudal línea LP4 item 411, no menos de 30 L/m.									

Nota: Henry Guevara

Costo-Beneficio

Para hacer el análisis del Costo – Beneficio se toma en consideración los costos totales de las fallas que se obtuvieron mediante el ABC del Pareto de Fallas.

En este último Pareto encontramos que hay cuatro fallas principales que debemos tratar ya que el impacto en los costos y la operación revelan que estas fallas producen pérdidas significativas para la empresa.

Tal y como se refleja en el siguiente listado de ordenes PM01 (trabajos correctivos) realizados al filtro de mangas, se observan los costos incurridos por mantenimiento en la reparación del equipo para poder ponerlo nuevamente en funcionamiento.

En el transcurso del año 2017 el filtro de mangas ha parado 5 veces al molino horomill, evitando de esta manera que se continúe con la producción de cemento. Estas fallas ocurrieron por motivo del daño de algunas mangas del filtro lo que produce salida de polvo al exterior y al ser una empresa responsable con el ambiente entonces se debe detener el proceso ya que no es posible que continúe trabajando de esta manera.

Las 5 fallas al filtro a mantenimiento le han costado \$5.000 en materiales, esto se puede ver reflejado en la ilustración 36 de costos de las ordenes PM01.

Ilustración 36: Lista de ordenes PM01

Ubic.técn.	Orden	Cl.orden	Texto breve	Cst.tot.reales	Fecha ref.	PtoTrbRes
CG.565-FT1	56107007	PM01	CAMBIAR REGULADOR DE AIRE A ENTRADA DE F	169,825.32	02.02.2017	MMARIN
CG.565-FT1	56193934	PM01	CAMBIAR MANGAS POR CONTAMINACIÓN DE FILT	1,320,693.92	17.03.2017	MMARIN
CG.565-FT1	56210642	PM01	Revisar disparos del filtro	82,899.59	03.04.2017	LCHINCHI
CG.565-FT1	56249029	PM01	CAMBIAR MANGAS POR CONTAMINACIÓN DE FIL	349,485.79	22.04.2017	MMARIN
CG.565-FT1	56255804	PM01	CAMBIAR MANGAS POR CONTAMINACIÓN DE FIL	138,008.10	28.04.2017	MMARIN
CG.565-FT1	56272777	PM01	SOLDAR TAPA DE INSPECCIÓN DE TOLVA DE CO	50,671.92	06.06.2017	MMARIN
CG.565-FT1	56280606	PM01	Reemplazar presoswitch del filtro	67,562.56	15.06.2017	LCHINCHI
CG.565-FT1	56280649	PM01	CAMBIAR DIAFRAGMAS EN MAL ESTADO	221,849.04	23.05.2017	MMARIN
CG.565-FT1	56288516	PM01	REPARAR CURVAS DE FLAUTAS DE BARRIDOS DE	1,422,964.87	06.06.2017	MMARIN
CG.565-FT1	56341270	PM01	Modificar sistema alimentación aire barr	9,241,439.64	21.08.2017	WBRYAN
CG.565-FT1	56373740	PM01	CAMBIAR MANGAS POR CONTAMINACIÓN DE FILT	307,470.68	24.07.2017	MMARIN
CG.565-FT1	56380799	PM01	Cambiar diafragma de válvula #33	60,722.30	03.08.2017	RROJAS
CG.565-FT1	56440820	PM01	Reparar junta de expansión salida filtro	147,766.02	07.09.2017	RROJAS
CG.565-FT1	56458429	PM01	Cambiar bobina del filtro.	102,526.69	25.09.2017	LCHINCHI
CG.565-FT1	56466150	PM01	Reemplazar transmisor de presión.	63,387.28	24.10.2017	JCALDER...
CG.565-FT1	56466972	PM01	CAMBIAR MANGAS POR CONTAMINACION DE FILT	633,085.48	28.09.2017	MMARIN
CG.565-FT1	56467750	PM01	REVISAR BARRIDOS Y PARED DE TOLVA DEL CO	164,749.20	11.10.2017	MMARIN

Fuente: Sistema Sap (Lafarge Holcim, 2017).

Continuando con el análisis de costos totales de las fallas, contemplando los costos por pérdida de producción, costos por materiales y costos por mano de obra empleada en la reparación y puesta en marcha de las fallas, se obtiene un total de 181.106,05 dólares.

Tabla Resumen de Costos de Fallas

Hac	Descripción	# Paros	Horas de Paro	Costo por Pérdida de Producción (\$)	Costo de Mantenimiento (\$)	Cantidad de Personas	Mano de Obra (\$)
CG.565-FT1	Contaminación por Mangas Dañadas	5	26,26	105.729,06	5.000,00	4	483,184
CG.535-BP1	Atasco en bajante por costra de clinker	5	6,54	26.331,60	0	2	60,168
CG.565-BT1	Desalineamiento de banda activa sensores	3	7	28.183,68	0	2	64,4
CG.535-3B1	Paro por piedra atrapada entre pines y bajante	3	3,78	15.219,18	0	2	34,776
				175.463,52	5.000,00		642,53
Mano Obra (\$/hr)	4,6			Costo Total (\$)	181.106,05		

Nota: Henry Guevara

Analizando las fallas y buscando la manera de evitar que estos paros ocurran es necesario encontrar las causas que ocasionan que las mangas se dañen o que se atasquen los bajantes o que se produzca desalineamiento de las bandas, es por esto que para solucionar estos problemas actualmente se encuentran en dos soluciones.

Una solución es prevenir que ocurran mediante inspecciones que se realizan en el check list que se realiza durante el mantenimiento autónomo, lo cual la inversión es mínima ya que se trata de que estas inspecciones de equipo en marcha sean realizadas por el personal que actualmente labora para la empresa y que desempeña esta función, por lo que solamente se contempla el salario del técnico que ejecuta la tarea.

La otra solución consiste en invertir dinero en corregir y cambiar las partes defectuosas que están ocasionando que estas fallas ocurran.

Tabla de costos por cambio de piezas defectuosas que están provocando fallas

Hac	Descripción	# Paros	Materiales	Precio Unitario (\$)	Costo Total (\$)
CG.565-FT1	Contaminación por Mangas Dañadas	5	Mangas (ud)	60	18.000
			Visolite	100	400
			Consumibles	40	40
			EPP	20	80
CG.535-BP1	Atasco en bajante por costra de clinker	5	Rodillos	1000	20.000
			Consumibles	150	150
CG.565-BT1	Desalineamiento de banda activa sensores	3	Banda (mt)	150	7500
			Consumibles	300	300
			Kit Vulcanización	1500	1500
CG.535-3B1	Paro por piedra atrapada entre pines y bajante	3	Hierro C	300	1800
			Soldadura 7018 (kg)	11	220
				Total (\$)	49.990

Nota: Henry Guevara

En esta tabla de costos por cambio de piezas defectuosas, se observa que la inversión a realizar en materiales es de 49.990 dólares, si a este precio le agregamos un conto de 5.000 dólares en mano de obra aproximadamente, el costo ascendería a 54.990 dólares el cual es un valor bajo si lo comparamos contra el costo de las fallas que fue de 181.106,05 dólares por lo que si hay un beneficio para la empresa si se aplican las dos soluciones planteadas.

El VAN y TIR no se aplica el cálculo debido a que para el problema planteado en la tesis no es relevante conocer este retorno de inversión ya que el análisis está enfocado en buscar la manera de reducir la cantidad de ordenes PM02 del sistema SAP y no en hacer inversiones con cambio de partes desgastadas.

REFERENCIAS

- Amaya Leal, J., Santander Mercado, A., & Vilorio Núñez, C. (2014). *Diseño de cadena de suministros resilientes*. Barranquilla: Uninorte.
- Borda Pérez, M., Tuesca Molina, R., & Navarro Lechuga, E. (2013). *Métodos Cuantitativos*. Barranquilla: Uninorte.
- Cuatrecasas Arbós, L. (2012). *Mantenimiento de los Equipos Productivos*. Madrid: Diaz de Santos.
- Gómez Santos, C. M. (2011). *Mantenimiento Productivo Total*. Recopilación Primera Edición .
- Ingeniería Industrial Online. (Abril de 2017). *Mantenimiento Productivo Total*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com>
- Smith, A. (2016). *El Diagrama Ishikawa*. Madrid: en50minutos.
- Tokutaro, S. (2017). *TPM en Industrias de Proceso*. Madrid: Productivity Press

APENDICES

En esta sección se coloca la lista de órdenes que actualmente salen en el sistema SAP con las fechas de los mantenimientos a los cuales se ejecutaron en el año.

Las órdenes marcadas de color rojo en el listado indican las órdenes que se recomienda eliminar.

Las órdenes marcadas de color amarillas son las órdenes a las cuales se les sugiere cambiar la frecuencia actual, es decir, son las órdenes que actualmente salen con frecuencia trimestral y la recomendación es ejecutarlas con frecuencia semestral.

Apéndice 1: Lista de Ordenes PM02 (período Enero-Setiembre 2017)

Ubicac.técnica	Orden	Texto breve	Fe.inic.extrema	Clase de orden	Pto.tbjo.resp.	Real
CG.565-VR2	56007990	VALVULA ROTATORIA	16/01/2017	PM02	RROJAS	Mto 1
CG.592-AZ1	55584689	Revisión desgastes en aerodeslizador	16/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.592-CQ1	55641707	Revisión Compuertas de Cierre	16/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.511-DM1	55968002	Revisión deflector de material	16/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.535-EC1	55972389	REVISAR ELEVADOR DE CANGILONES	16/01/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-ML1	55972463	Revisión del sistema de lubricación	16/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-ML1	55694108	Revisión sistema lubricación M9	16/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.592-BT2	55993221	REVISAR BANDA TRANSPORTADORA	16/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-ML1	56274891	6M REVISION Y LIMPIEZA INTERCAMBIADORES	16/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.535-BP1	56315321	REVISAR BASCULA DOSIFICADORA	16/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.535-BP2	56333097	REVISAR BASCULA DOSIFICADORA	16/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-GU1	56315422	Revisión desgaste rosca transportadora	16/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-ML1	55993216	REVISAR MOLINO HOROMILL	17/01/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-ML1	56008007	Rutina Mensual Horomill	17/01/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.535-FT2	56124731	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	18/01/2017	PM02	MMARIN	
CG.535-FT1	56124730	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	18/01/2017	PM02	MMARIN	
CG.535-BP3	55957931	REVISAR BASCULA DOSIFICADORA	30/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.535-BT1	56005017	REVISAR BANDA TRANSPORTADORA	30/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-DM1	56007761	Revisión deflector de material	30/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.591-CDC	56018906	Revisión Compuerta de Cierre	30/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.591-CDE	56018897	Revisión Compuerta de Cierre	30/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.591-CDF	56018899	Revisión Compuerta de Cierre	30/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.591-CDG	56018900	Revisión Compuerta de Cierre	30/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.591-CDH	56018898	Revisión Compuerta de Cierre	30/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.591-CDI	56018896	Revisión Compuerta de Cierre	30/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-ML1	55896260	Revisión del sistema de lubricación	30/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-ML1	56022471	Revisión del sistema de lubricación	30/01/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-ML1	55696341	Revisión sistema lubricación M8	30/01/2017	PM02	RROJAS	

CG.592-FT1	56124746	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	30/01/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-ML1	56149421	Medición de presiones y temperaturas	30/01/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-FT1	56124742	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	31/01/2017	PM02	MMARIN	
CG.535-BP1	56022381	REVISAR BASCULA DOSIFICADORA	02/02/2017	PM02	RROJAS	Mto 3
CG.535-BP2	55743630	REVISAR BASCULA DOSIFICADORA	02/02/2017	PM02	RROJAS	
CG.535-BP3	55766977	REVISAR BASCULA DOSIFICADORA	02/02/2017	PM02	RROJAS	
CG.593-BN1	55827780	Revisión de bomba neumática	02/02/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.591-FT2	56124768	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	02/02/2017	PM02	MMARIN	
CG.591-FT3	56124769	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	03/02/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-ML1	56022460	Med. de Líquidos Penetrantes	14/02/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-FT2	56126018	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	16/02/2017	PM02	MMARIN	
CG.593-FT1	56126024	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	16/02/2017	PM02	MMARIN	
CG.593-FT2	56126025	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	16/02/2017	PM02	MMARIN	
CG.591-FT1	56124767	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	20/02/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-ML1	56007901	7MPRESIONES CONTACTO DE DIENTES MOLINO 5	20/02/2017	PM02	HGUEVARA	Mto 4
CG.565-ML1	56129020	1M MEDICIÓN DE PRESIÓN-TEMPERATURA	24/02/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.593-FT3	56126633	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	28/02/2017	PM02	MMARIN	
CG.593-FT6	56129023	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	28/02/2017	PM02	MMARIN	
CG.591-CN2	56001529	REVISAR COMPRESOR DE TORNILLO No 2	28/02/2017	PM02	MMARIN	
CG.525-BT1	56055100	REVISAR BANDA TRANSPORTADORA	01/03/2017	PM02	RROJAS	
CG.535-VE2	55957799	Revisión de ventilador de colector	01/03/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-VR3	56035696	Revisión válvula rotativa	01/03/2017	PM02	RROJAS	
CG.593-BN2	55225685	Revisión de bomba neumática	01/03/2017	PM02	RROJAS	
CG.591-CN1	56055109	REVISAR COMPRESOR DE TORNILLO No 1	07/03/2017	PM02	MMARIN	Mto 5
CG.565-ML1	56129277	1M MEDICIÓN DE PRESIÓN-TEMPERATURA	10/03/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.592-VT1	55706086	Revisión de ventilador de colector	13/03/2017	PM02	MMARIN	
CG.593-VE8	55696330	Revisión de ventilador	14/03/2017	PM02	RROJAS	
CG.535-BP3	56055101	REVISAR BASCULA DOSIFICADORA	14/03/2017	PM02	RROJAS	
CG.593-EC1	55972392	REVISAR ELEVADOR DE CANGILONES	14/03/2017	PM02	HGUEVARA	

CG.593-EC1	56067581	REVISAR ELEVADOR DE CANGILONES	14/03/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.511-FT3	56126672	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	15/03/2017	PM02	MMARIN	
CG.511-FT2	56126624	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	17/03/2017	PM02	MMARIN	
CG.525-FT2	56126631	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	20/03/2017	PM02	MMARIN	
CG.593-BN2	55996403	Revisión de bomba neumática	20/03/2017	PM02	HGUEVARA	Mto 6
CG.593-BN2	56001632	Revisión de desgaste bomba neumática	20/03/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.525-FT4	56126680	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	24/03/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-ML1	56129278	1M MEDICIÓN DE PRESIÓN-TEMPERATURA	27/03/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.535-FT2	56126637	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	04/04/2017	PM02	MMARIN	
CG.593-FT2	56129272	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	04/04/2017	PM02	MMARIN	
CG.535-EC1	56067578	REVISAR ELEVADOR DE CANGILONES	06/04/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-ML1	56067661	3M INSPECCION ULTRASONIDO CORONA NDT	06/04/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-ML1	56083624	Rutina Bimestras Rotulas Horomill	06/04/2017	PM02	HGUEVARA	Mto 7
CG.525-FT3	56126679	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	10/04/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-ML1	56067642	Rutina Trimestral Babbit Horomill	22/04/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-ML1	56152012	6S MEDICIÓN PRESIÓN DE NITRÓGENO IMPRESIONES CONTACTO DE DIENTES MOLINO	02/05/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-ML1	56109239	5	02/05/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-ML1	56109339	Rutina Mensual Horomill	02/05/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.535-FT1	56126625	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	02/05/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-ML1	56145479	1M MEDICIÓN DE PRESIÓN-TEMPERATURA	12/05/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.592-FS1	56076352	Revisión de mangas limpieza del colector	12/05/2017	PM02	MMARIN	
CG.591-FT4	56137597	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	12/05/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-BT1	56122893	REVISAR BANDA TRANSPORTADORA	23/05/2017	PM02	RROJAS	Mto 8
CG.565-FT1	56126629	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	23/05/2017	PM02	MMARIN	
CG.511-EC1	56152169	REVISAR ELEVADOR DE CANGILONES	23/05/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.535-BP1	56122892	REVISAR BASCULA DOSIFICADORA	23/05/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-ML1	56122955	Med. de Líquidos Penetrantes	23/05/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-ML1	56208461	Revisión del sistema de lubricación	23/05/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-ML1	56169408	Rutina Bimestras Rotulas Horomill	23/05/2017	PM02	HGUEVARA	

CG.593-FT3	56142649	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	23/05/2017	PM02	MMARIN	Mto 9
CG.565-ML1	56176455	1M MEDICIÓN DE PRESIÓN-TEMPERATURA	29/05/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-ML1	56064528	6M Revisión del sistema lubricación M3	05/06/2017	PM02	RROJAS	
CG.511-FT2	56152278	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	05/06/2017	PM02	MMARIN	
CG.535-BP2	56137504	REVISAR BASCULA DOSIFICADORA	06/06/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-GU1	56122980	Revisión desgaste rosca transportadora	06/06/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-VE1	56161152	LIQUIDOS PENETRANTES 565-VE1	06/06/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.593-EC2	56083557	REVISAR ELEVADOR DE CANGILONES	06/06/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.511-FT3	56152287	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	07/06/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-ML1	56169395	Revisión del sistema de lubricación	19/06/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-FT2	56129270	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	20/06/2017	PM02	MMARIN	Mto 10
CG.593-FT1	56129271	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	20/06/2017	PM02	MMARIN	
CG.591-FS1	56126621	6M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	26/06/2017	PM02	MMARIN	
CG.535-FT1	56191902	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	27/06/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-EC1	56152173	REVISAR ELEVADOR DE CANGILONES	29/06/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.591-CDI	56210097	Revisión Compuerta de Cierre	30/06/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-ML1	56055235	6M Revisión del sistema lubricación M4	30/06/2017	PM02	RROJAS	
CG.511-BT2	56169321	REVISAR BANDA TRANSPORTADORA	30/06/2017	PM02	RROJAS	
CG.535-BP3	56152172	REVISAR BASCULA DOSIFICADORA	30/06/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-ML1	56145171	1A Revisión de sistema de lubricación M3	30/06/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-ML1	56206876	1M MEDICIÓN DE PRESIÓN-TEMPERATURA	30/06/2017	PM02	HGUEVARA	Mto 11
CG.525-FT4	56169428	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	03/07/2017	PM02	MMARIN	
CG.525-FT2	56176450	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	04/07/2017	PM02	MMARIN	
CG.535-FT2	56191903	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	04/07/2017	PM02	MMARIN	
CG.525-FT3	56169427	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	06/07/2017	PM02	MMARIN	
CG.592-FT1	56212949	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	07/07/2017	PM02	MMARIN	
CG.591-CDF	56210100	Revisión Compuerta de Cierre	10/07/2017	PM02	RROJAS	
CG.591-CDG	56210101	Revisión Compuerta de Cierre	10/07/2017	PM02	RROJAS	
CG.591-CDH	56210099	Revisión Compuerta de Cierre	10/07/2017	PM02	RROJAS	
CG.591-FT3	56212948	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	10/07/2017	PM02	MMARIN	

CG.591-FT1	56212945	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	12/07/2017	PM02	MMARIN	Mto 12
CG.592-FS1	56126636	6M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	14/07/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-ML1	56129258	Rutina Semestral Acoples Horomill	17/07/2017	PM02	RROJAS	
CG.535-DY1	56137591	6M Revisar Dosificador Pfister 535-DY1	17/07/2017	PM02	RROJAS	
CG.535-EC1	56169322	REVISAR ELEVADOR DE CANGILONES	17/07/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-BT1	56173333	6M Medición de dureza de bandas	17/07/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-ML1	56220064	6S MEDICIÓN PRESIÓN DE NITRÓGENO	17/07/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.593-EC1	56169324	REVISAR ELEVADOR DE CANGILONES	17/07/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.593-FT6	56142671	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	17/07/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-FT1	56199063	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	18/07/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-ML1	56212894	Med. de Líquidos Penetrantes	18/07/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.593-FT4	56145475	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	18/07/2017	PM02	MMARIN	
CG.521-TP1	56161032	Revisión desgastes elementos	19/07/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.591-FT2	56126632	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	21/07/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-ML1	56169407	Rutina Trimestral Babbit Horomill	22/07/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.591-CN2	56191782	REVISAR COMPRESOR DE TORNILLO No 2	24/07/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-ML1	56233755	1M MEDICIÓN DE PRESIÓN-TEMPERATURA	29/07/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.521-TP2	56116564	1A Revisión de Transportador de Placas	31/07/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-ML1	56185174	REVISAR MOLINO HOROMILL	01/08/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-ML1	56226768	Rutina Mensual Horomill	01/08/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-FT2	56216690	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	01/08/2017	PM02	MMARIN	
CG.593-FT1	56216691	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	01/08/2017	PM02	MMARIN	
CG.593-FT2	56216692	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	01/08/2017	PM02	MMARIN	
CG.593-BN2	56191896	Revisión de desgaste bomba neumática	04/08/2017	PM02	HGUEVARA	Mto 14
CG.591-CN1	56242464	REVISAR COMPRESOR DE TORNILLO No 1	14/08/2017	PM02	MMARIN	
CG.535-BT1	56195401	REVISAR BANDA TRANSPORTADORA	14/08/2017	PM02	RROJAS	
CG.565-ML1	56212909	Rutina Bimestras Rotulas Horomill	18/08/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.593-FT3	56242584	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	18/08/2017	PM02	MMARIN	
CG.593-FT4	56233751	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	18/08/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-ML1	56271410	REVISAR MOLINO HOROMILL	28/08/2017	PM02	HGUEVARA	

CG.565-ML1	56264991	1M MEDICIÓN DE PRESIÓN-TEMPERATURA	29/08/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.511-FT3	56257287	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	30/08/2017	PM02	MMARIN	
CG.525-FT2	56264986	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	30/08/2017	PM02	MMARIN	
CG.511-FT2	56257281	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	01/09/2017	PM02	MMARIN	
CG.591-FT2	56315428	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	01/09/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-ML1	56264985	6S MEDICIÓN PRESIÓN DE NITRÓGENO	05/09/2017	PM02	HGUEVARA	Mto 15
CG.591-BN1	56216655	Revisión de desgaste de bomba neumática	05/09/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-ML1	55985480	ULTRASONIDO MOLINO 5	07/09/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.535-EC1	56257197	REVISAR ELEVADOR DE CANGILONES	08/09/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.593-EC2	56271411	REVISAR ELEVADOR DE CANGILONES	08/09/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.525-FT4	56271530	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	08/09/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-EC1	56242457	REVISAR ELEVADOR DE CANGILONES	09/09/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.565-ML1	56257270	Rutina Trimestral Babbit Horomill	10/09/2017	PM02	HGUEVARA	Mto 16
CG.565-FT1	56315427	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	11/09/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-VE1	56242458	REVISAR VENTILADOR	11/09/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.593-EC1	56257199	REVISAR ELEVADOR DE CANGILONES	11/09/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.535-FT1	56278536	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	13/09/2017	PM02	MMARIN	
CG.535-FT2	56278540	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	13/09/2017	PM02	MMARIN	Mto 17
CG.525-FT3	56271529	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	14/09/2017	PM02	MMARIN	
CG.565-ML1	56306262	1M MEDICIÓN DE PRESIÓN-TEMPERATURA	21/09/2017	PM02	HGUEVARA	
CG.511-EC1	56242453	REVISAR ELEVADOR DE CANGILONES	22/09/2017	PM02	HGUEVARA	Mto 17
CG.592-FT1	56315438	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	25/09/2017	PM02	MMARIN	
CG.591-FT1	56315429	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	27/09/2017	PM02	MMARIN	
CG.591-FT3	56315436	3M SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO	28/09/2017	PM02	MMARIN	

Tapas de inspección no tengan fugas de material									
<u>593-FT6 Ventilador</u>									
<u>Motor</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
Juntas de expansión no rotas y con las dos gasas.									
Filtro de succión no este saturado de polvo.									
Presión en manómetro de salida aprox.60-70 mbar.									
<u>593-VEF Ventilador</u>									
<u>Motor</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
Juntas de expansión no rotas y con las dos gasas.									
Filtro de succión no este saturado de polvo.									
<u>SILO # 9</u>									
<u>591-VE3 Ventilador</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
Juntas de expansión no rotas y con las dos gasas.									
Filtro de succión no este saturado de polvo.									
<u>591-FT2 Filtro</u>									
Presión de aire para limpieza sea mayor a 0,5 Mpa									
Secuencia de limpieza ok									
Sin fugas de aire por alguna de las 4 válvulas.									
Sin polvo por la salida del ventilador.									
<u>593-VEE Ventilador</u>									
<u>Motor</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
Juntas de expansión no rotas y con las dos gasas.									
Filtro de succión no este saturado de polvo.									
Presión en manómetro de salida aprox.60-70 mbar.									
<u>593-EC2 – BOTA</u>									
Puertas inspección bien cerradas sin entrada aire falso.									
Sin fugas de material, ni desgaste en el bajante.									
Brazos de balancín posición 90° aprox									
<u>593-BS1 Bomba Sumergible</u>									
Cobertor de seguridad de fosa este en su sitio y bueno.									
Fosa sin material o barro que atasque la bomba.									
Codos, tuberías, uniones en buen estado.									
Boya de bomba este ajustada.									
<u>593-VEA Ventilador</u>									
<u>Motor</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
Juntas de expansión no rotas y con las dos gasas.									
Filtro de succión no este saturado de polvo.									
Presión en manómetro de salida aprox.60-70 mbar.									
<u>593-FT3 Filtro</u>									
Presión de aire para limpieza sea mayor a 0,5 Mpa									
Secuencia de limpieza ok									

Sin fugas de aire por alguna de las 4 válvulas.									
Sin polvo por la salida del ventilador.									
Tapas de inspección cerradas y sin entrada de aire falso.									
<u>593-VE3 Ventilador</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
Juntas de expansión no rotas y con las dos gasas.									
<u>593-VE8 Ventilador</u>									
<u>Motor</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
Juntas de expansión no rotas y con las dos gasas.									
Filtro de succión no este saturado de polvo.									
Presión en manómetro de salida aprox.60-70 mbar.									
<u>593-VE9 Ventilador</u>									
<u>Motor</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
Juntas de expansión no rotas y con las dos gasas.									
Filtro de succión no este saturado de polvo.									
Presión en manómetro de salida aprox.60-70 mbar.									
<u>593-FT2 Filtro</u>									
Presión de aire para limpieza sea mayor a 0,5 Mpa									
Secuencia de limpieza ok									
Sin fugas de aire por alguna de las 4 válvulas.									
Sin polvo por la salida del ventilador.									
<u>593-VE2 Ventilador</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
revisar purgas automaticas de aire (agua)									
<u>593-AZ1 Aerodeslizador</u>									
Canoa caliente para que fluye el material									
Tuberías que entran a cámaras tengan llave abierta									
Tapas de inspección no tengan fugas de material									
<u>593-VE7 Ventilador</u>									
<u>Motor</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
Juntas de expansión no rotas y con las dos gasas.									
Filtro de succión no este saturado de polvo.									
Presión en manómetro de salida aprox.60-70 mbar.									
<u>593-VE6 Ventilador</u>									
<u>Motor</u>									
Temp del motor no exceda los 45°C.									
Juntas de expansión no rotas y con las dos gasas.									
Filtro de succión no este saturado de polvo.									
4 tornillos del soporte estén socados.									
Sin vibración excesiva o ruidos									
4 tornillos que sujetan ventilador a base socados									
Presión en manómetro de salida aprox.60-70 mbar.									
<u>593-FT1 Filtro</u>									

<u>Reductor</u>							
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos							
Sin fugas de aceite en el reductor.							
revisar el nivel de aceite							
<u>Muñoneras(SKF520)</u>							
Sin ruido y fugas de grasa.							
Temp no exceda los 50°C.							
<u>Cuerpo del elevador</u>							
Elevador sin alta vibración o ruidos extraños.							
Sin fugas de material ni entradas de aire falso							
<u>Parte superior del silo de Puzolana</u>							
Revise estado de las juntas de expansión							
Revise que los ductos no esten obstruídos							
Revise el estado físico del silo							
<u>565-FT1 Filtro de mangas</u>							
No haya fugas de aire membranas, mangueras							
La secuencia se cumplan (102).							
La presión de aire sea aprox. 6 bar.							
<u>565-EC1 Elevador de cangilones</u>							
<u>Motor</u>							
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos							
revisar acoples							
revisar estructuralmente la base motor reductor							
<u>Acople Hidráulico</u>							
No haya fugas de aceite.							
No haya ruidos anormales.							
<u>Reductor</u>							
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos							
revisar nivel de aceite							
No hayan fugas de aceite.							
<u>Muñoneras</u>							
No tengan ruido y fugas de grasa.							
La temperatura no sea excesiva.							
Los sellos estén en buen estado.							
<u>Cuerpo-elevador</u>							
No presente golpes ruidos extraños							
No exista fuga de material ni entradas de aire falso							
<u>593-EC1-BOTA</u>							
Revise el nivel de aceite muñoneras							
revisar el estado del balancín brazos a 90°							
<u>565-VR3 Válvula rotatoria</u>							
La temperatura-accionamiento no excesiva.							
motoreductor sin fugas de aceite							
No haya vibración excesiva, ruidos anormales.							
soportes del eje en buen estado							
El prensa estopas esta en buen estado.							

565-VR2 Válvula rotatoria							
La temperatura-accionamiento no excesiva.							
motoreductor sin fugas de aceite							
No haya vibración excesiva, ruidos anormales.							
soportes del eje en buen estado							
El prensa estopas esta en buen estado.							
565-AZ3 Aerodeslizador							
La canoa este caliente-Fluido.							
Tuberías-aireacion tengan llave abierta.							
Las tapas de inspección no tengan fuga.							
Las juntas esten en buen estado.							
565-MU1 Muestreador							
Motoreductor							
La temperatura no sea excesiva							
No hayan ruidos anormales o vibración.							
No hayan fugas de aceite.							
Muestreador							
El muestreador esté sacando la muestra.							
No haya fuga de aire por mangueras, pistón o válvula.							
No hayan fugas de material.							
565-PL1 PERCIANA							
Verificar la sujeción de los brazos de accionamiento							
Verificar el estado del cerbomotor							
565-VE2 Ventilador							
temperatura y vibración no sea excesiva							
La junta de expansión no este rota							
El filtro de succión no este saturado.							
565-VR1 Válvula Rotatoria							
La temperatura-accionamiento no excesiva.							
motoreductor sin fugas de aceite							
No haya vibración excesiva, ruidos anormales.							
soportes del eje en buen estado							
El prensa estopas esta en buen estado.							
565-EU1 ESCLUSA							
No haya vibración excesiva, ruidos anormales.							
soportes del eje y contrapezas en buen estado							
El prensa estopas esta en buen estado.							
565-DU1 Conducto de Gas (lado norte del edificio)							
Verifique que							
junta de expansión sin rotura, tornilleria completa							
no existan entradas de aire falso							
535-VE1							
Motor							
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos							
revisar el estado de las fajas de transmición							
Soporte de los rodamientos (SKF510)							

Temp del soporte no exceda los 55° C.									
Sin vibración excesiva o ruidos									
<u>Cuerpo del Ventilador</u>									
Sin deformaciones, reventaduras, láminas ok									
Sin fugas, entradas de aire falso por puerta									
Sin vibración excesiva o ruidos									
Junta no rota, sujeción en buen estado									
<u>535-FT1 Filtro</u>									
Presión de aire para limpieza sea mayor a 0,5 Mpa									
Secuencia de limpieza ok									
Sin fugas de aire por alguna de las 6 válvulas.									
Sin polvo por la salida del ventilador.									
Tapas de inspección bien cerradas y sin entrada de aire									
<u>565-BT1 Banda Transportadora</u>									
<u>Tambor-Retorno</u>									
No haya material atrapado.									
Los soportes no presenten ruido anormal.									
<u>Limpiadores en V</u>									
Trabaja correctamente									
Este libre de material.									
<u>Laterales</u>									
No haya fuga de material.									
El ajuste del hule sea adecuado.									
El cortinero este ajustado y sin fugas.									
<u>Cinta Transportadora</u>									
La banda esta en buen estado.									
La pega este en buen estado.									
La banda trabaje centrada.									
Los rodillos de carga y retorno giren libremente.									
<u>565-PD1</u>									
<u>Verifique que</u>									
La estructura este bien sujeta.									
La barra de calibración se encuentre en su lugar.									
No haya material depositado en el soporte.									
La rueda del tacómetro se mueva libremente.									
<u>Tambor de Accionamiento/Tracción(565-BT1)</u>									
El hule de revestimiento este bien.									
No haya material atrapado.									
Los soportes no presenten ruido anormal.									
El limpiador no este gastado.									
<u>Bajante-Descarga</u>									
material dentro del bajante no accione sensor de altura									
No haya fugas de material.									
<u>Accionamiento</u>									
No haya vibración excesiva.									
La temperatura no sea excesiva									

<u>Tambor de tracción</u>								
Hule del tambor este en buen estado.								
Sin material atrapado en el tambor.								
Soportes de rodamiento sin ruido, temp o fugas								
Estado tornillos tensores de la banda								
535-BP2								
<u>Tolva de Alimentación</u>								
Sin deformación de láminas, reventaduras y fugas.								
Sin reventaduras en las soldaduras o desgastes								
<u>Tambor de retorno</u>								
Estado hule de revestimiento del tambor.								
Sin material atrapado en el tambor.								
Muñoneras sin ruido, temp o fugas de lubricante.								
Tornillos tensores de la banda en buen estado.								
<u>Cinta Transportadora</u>								
Banda sin cortes, rajaduras, desgaste en sus capas.								
Pega de la banda								
Rodillos de carga y retorno giren libremente.								
<u>Limpiadores</u>								
Revise el estado del limpiador en V								
Revise que el limpiador este libre de material.								
Limpiador de la superficie de carga sin desgaste.								
<u>Motoreductor</u>								
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos								
Sin fugas de aceite.								
<u>Tambor de tracción</u>								
Hule del tambor este en buen estado.								
Sin material atrapado en el tambor.								
Soportes de rodamiento sin ruido, temp o fugas								
Estado tornillos tensores de la banda								
535-BP3								
<u>Tolva de Alimentación</u>								
Sin deformación de láminas, reventaduras y fugas.								
Sin reventaduras en las soldaduras o desgastes								
<u>Tambor de retorno</u>								
Estado hule de revestimiento del tambor.								
Sin material atrapado en el tambor.								
Muñoneras sin ruido, temp o fugas de lubricante.								
Tornillos tensores de la banda en buen estado.								
<u>Cinta Transportadora</u>								
Banda sin cortes, rajaduras, desgaste en sus capas.								
Pega de la banda								
Rodillos de carga y retorno giren libremente.								
<u>Limpiadores</u>								
Revise el estado del limpiador en V								
Revise que el limpiador este libre de material.								

Limpiador de la superficie de carga sin desgaste.									
<u>Motoreductor</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
Sin fugas de aceite.									
<u>Tambor de tracción</u>									
Hule del tambor este en buen estado.									
Sin material atrapado en el tambor.									
Soportes de rodamiento sin ruido, temp o fugas									
Estado tornillos tensores de la banda									
<u>535-SM1 IMAN CON BANDA</u>									
Revisar el estado y alineamiento de la banda									
revisar estado de muñoneras									
sin fugas de aceite en reductor									
revisar la sujeción de los tensores									
<u>535-BT1</u>									
<u>Tambor de Retorno</u>									
Sin material atrapado en el tambor.									
Muñoneras (SKF516)sin ruido anormal, temp, fuga									
<u>Limpiadores</u>									
Estado del limpiador V sin desgaste y material atrapado									
Limpiador de superficie de carga sin desgaste.									
<u>Cinta Transportadora</u>									
Banda sin cortes, rajaduras, desgaste en sus capas.									
Pega de la banda									
Observe que los rodillos giran libremente.									
limpieza de rodillos de retorno y carga.									
<u>Laterales</u>									
Sin fuga de material.									
Ajuste de laterales, así como pletinas y tornillería.									
<u>565-ML1.MD Compuerta Desviadora de Material Retorno.</u>									
<u>Reductor y Servomotor</u>									
Sin ruidos anormales, fugas de aceite o vibración.									
Moto reductor bien sujeto a la base por los tornillos									
Buen estado del brazo de transmisión									
Acoples del brazo, sujeción y cobertores									
<u>565-ML1 Molino Horomill</u>									
<u>Parte Superior de la carcaza</u>									
Puerta de inspección cerrada y sin fugas de aceite.									
Superficie de la carcaza limpia									
Tubería de regadera de aceite sujeta, tornillos de flanger.									
<u>Lado Sur parte superior (Entrada de Material)</u>									
Sin exceso de grasa, tornillería de sello laberinto.									
Sin ruidos en sello al girar virola.									
Que no se filtre polvo o aceite.									
Sello de hule virola, sin fugas de material.									
Junta exp. ducto succión, sin fugas, tornillos.									

Sello de hule entre eje rodillo y virola ok, sin fugas									
Platinas que sostienen sello tengan tornillos									
2 ventanas de corona cerradas y sin fugas aceite									
Puerta inspección oeste cerrada, sin fugas.									
Revisión general: tornillos, placas, vibración, ruido									
<u>Lado Norte parte superior (Salida de Material)</u>									
Sin exceso de grasa, tornillería de sello laberinto.									
Sin ruidos en sello al girar virola.									
Que no se filtre polvo o aceite.									
Sello de hule virola, sin fugas de material.									
Junta exp. ducto succión, sin fugas, tornillos.									
Sello de hule entre eje rodillo y virola ok, sin fugas									
Platinas que sostienen sello tengan tornillos									
2 ventanas de corona cerradas y sin fugas aceite									
Puerta inspección oeste cerrada, sin fugas.									
Revisión general: tornillos, placas, vibración, ruido									
<u>Lado Norte parte inferior (Salida de Material)</u>									
Cojinete rodillo sin fuga									
Gasas de rodillo socadas, ruido.									
Sello de hule virola, sin fugas de material.									
Sello de hule entre eje rodillo y virola ok, sin fugas									
Tolva de residuos hacia la rosca libre de material									
<u>PISTON LADO NORTE</u>									
<u>Horquilla superior</u>									
Sin exceso de temp, vibración, ruido en rótula.									
Sin exceso de grasa rotula.									
Tornillos anillo sujeción de rótula									
Calzas de teflón en la rotula sujetas y sin desgaste.									
<u>Cuerpo del pistón</u>									
Cobertor flexible del eje del pistón sujeto, limpio.									
Manguera de alimentación sello de aire sin fugas.									
Cuerpo de pistón que no tenga aceite, sellos.									
Sensor de proximidad bien soportado a la base.									
Conexiones block distribuidor, tornillería, sin fugas									
Temp en pistones no exceda los 80°C.									
Sin material acumulado alrededor del cilindro.									
<u>565-GU1 Tornillo Transportador</u>									
Temp del motoreductor no exceda los 50°C									
Tornillos de sujeción del reductor.									
2 muñoneras de rosca sin fuga de grasa por sellos									
Sin fuga de material por el prensa estopas.									
Buen estado del acople									
Bajante de rosca al elevador limpio y sin fugas									
<u>565-ML1.M1 Motor Accionamiento principal</u>									
Que no exista chisporroteo en porta cabones									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									

Los tornillos del soporte estén socados.									
El filtro no este saturado.									
La ventilación auxiliar este funcionando.									
Tuberías de engrase-rodamientos esten colocadas.									
<u>565-ML1.M1 Reductor Accionamiento principal</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
No hayan fugas de aceite									
Los cimientos no presenten grietas.									
El nivel de aceite adecuado									
<u>565-ML1.M9 Bomba de lubricación Reductor</u>									
<u>Motor bomba</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
No hayan fugas de aceite									
<u>Enfriador-aceite</u>									
Las tuberías entrada-salida no tengan fugas .									
La presión del agua no sea menor a 50 lbs.									
La presión de aceite sea de 2.5 bar.									
<u>565-ML1.M2 Accionamiento auxiliar</u>									
<u>Motor</u>									
<u>Reductor</u>									
No hayan fugas de aceite									
Accionamiento mecánico para acoplarlo este bien.									
La estrella de hule se encuentre en buen estado.									
<u>AMORTIGUADORES salida</u>									
No existan fugas de aceite en las conexiones.									
Verifique la presión aprox. Entre 200 y 220 bar.									
Temp de los acumuladores sea homogénea.									
<u>ENGRANE PIÑÓN-CORONA</u>									
Los sellos-rodamientos del piñón no tengan fuga.									
No haya vibración excesiva ni alta Temp.									
Las tuberías de aceite estén bien conectadas.									
La presión en la tubería cojinetes aprox.10 psi.									
<u>CARTER LADO ESTE</u>									
No existan fugas de aceite en puertas-carcaza.									
Las ventanas de inspección estén bien cerradas.									
Tuberías en carcaza del molino sin fugas de aceite									
<u>AMORTIGUADORES Entrada</u>									
No existan fugas de aceite en las conexiones.									
Verifique la presión aprox. Entre 200 y 220 bar.									
Temp de los acumuladores sea homogénea.									
<u>Lado Sur parte inferior (Entrada de Material)</u>									
No se fugue el aceite por el sello de cojinetes.									
Sello de hule de virola bien y sin fugas de material.									
Sello de hule entre eje de rodillo y virola sin fugas.									
Gasas que sostienen el rodillo socadas.									
Tolva de residuos a rosca sin exceso de material.									

<u>PISTON LADO SUR</u>							
<u>Horquilla superior</u>							
Sin exceso de temp, vibración, ruido en rótula.							
Sin exceso de grasa rotula.							
Tornillos anillo sujeción de rótula							
Calzas de teflón en la rotula sujetas y sin desgaste.							
<u>Cuerpo-pistón Verifique que</u>							
Cobertor flexible del eje del pistón sujeto, limpio.							
Cuerpo del pistón sin aceite.							
Sensor de proximidad bien soportado a la base.							
Conexiones block distribuidor, tornillería, sin fugas							
<u>Orquilla sur del brazo del rodillo</u>							
Alta temp, vibración o ruidos en rotula							
Rótula sin exceso de grasa acumulada.							
Anillo de sujeción de rotula con brazo con tornillos.							
Estado de sensores de vibración vertical y horizontal							
<u>Barra de torsión.</u>							
12 tornillos unión barra de torsión con brazo de rodillo							
Mov. de pivoteo, sin luz entre flanger barra/brazo.							
Observe que la barra no presente fisuras							
<u>CARTER LADO OESTE</u>							
No existan fugas de aceite en puertas-carcaza.							
Las ventanas de inspección estén bien cerradas.							
Tuberías en carcaza del molino sin fugas de aceite							
<u>Horquilla norte del brazo del rodillo</u>							
Sin exceso de temp, vibración, ruido							
No halla exceso de grasa acumulada alrededor.							
Anillo de sujeción de rotula y brazo con tornillos.							
Calzas de teflón bien sujetas y sin desgaste.							
<u>Barra de torsión.</u>							
<u>Verifique que</u>							
12 tornillos unión barra torsión/brazo socados.							
Mov. pivoteo sea uno solo entre la barra y el brazo.							
Observe que la barra no tenga fisuras							
<u>535-PT1 Compuerta Roterio</u>							
Sin fugas de aire en pistón, mangueras y electro válvula.							
Tornillos que sujetan pistón a estructura estén socados.							
Contratuerca de la horquilla este socada.							
Alimentación de aire y filtro separador sin agua							
Sin fugas de polvo.							
Guillotina este bien sujeta al eje del pistón.							
<u>535-DY1 Pfister alimentación de Puzolana hacia horomill</u>							
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos							
junta expansión sin fugas en descarga del fister							
<u>535-AZ1 Aerodeslizador</u>							
Canoa caliente para que fluye el material							

Tuberías que entran a cámaras tengan llave abierta									
Tapas de inspección no tengan fugas de material									
535-VE2 Ventilador									
<u>Motor</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
Juntas de expansión no rotas y con las dos gasas.									
Filtro de succión no saturado									
Presión en manómetro de salida aprox.60-70 mbar.									
<u>Horquilla inferior (lado norte)</u>									
<u>Verifique que</u>									
Sin exceso de temp, vibración, ruido									
No halla exceso de grasa acumulada alrededor.									
Anillo de sujeción de rotula y brazo con tornillos.									
Calzas de teflón bien sujetas y sin desgaste.									
<u>Unidad hidráulica de presión</u>									
<u>Motor Verifique que</u>									
La temperatura no sea excesiva.									
No hayan vibraciones o ruidos anormales.									
Los 4 tacos-amortiguadores no estén dañados.									
<u>Bomba</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
4 tornillos que unen bomba y motor estén socados.									
Sin fugas de aceite en la conexión bomba-tanque.									
<u>Unidad Hidráulica presión</u>									
El tanque no tenga deformaciones o corrosión.									
Las tuberías,válvulas no tengan fugas.									
Cable acero de seguridad-mangueras bien sujeto									
El nivel de aceite del tanque sea adecuado.									
La presión de los tres filtros PU13, PU14, PU44									
La temperatura en el tanque no exceda 46°C.									
Temp acumuladores-reserva sea homogénea.									
Temp de pequeños acumuladores sea semejante.									
Presión del circuito en punto PU69 aprox. 260-300Bar									
Presión acumuladores-reserva en punto PU53 aprox. 240-280Bar									
Presión de bomba en punto PU43 aprox. (0-300Bar).									
Pres de pistones en punto AC06 aprox.salida 200Bar									
<u>Unidad Hidráulica de Lubricación</u>									
Nivel de aceite y sin espuma									
Tanque sin deformaciones o corrosión.									
Conexiones de tuberías sin fugas									
Fugas en medidores, válvulas, llaves, filtros									
Que no se observe presencia de agua en el aceite									
<u>Bomba (M4)</u>									
Temp. del motor no exceda los 50°C.									
Sin vibraciones o ruidos anormales.									
revisar saturación filtros gemelos y verticales. (111)									

Presión de línea sea aprox.5 bar.item(105,106)							
Temp aceite entrada intercamb calor 56C,salida 42C							
Caudal item 120, no menos de 350 L/m.							
<u>Bomba (M3)</u>							
Temp. del motor no exceda los 50°C.							
Sin vibraciones o ruidos anormales.							
saturación filtros gemelos 100 micrones no activado							
Presión línea de 5bar item 205,206							
Temp aceite entrada intercamb calor 50C,salida 40C							
Caudal item 215, no menos de 350 L/m.							
<u>Bomba (M5)</u>							
Temp. del motor no exceda los 50°C.							
Sin vibraciones o ruidos anormales.							
Indicador de filtro sin alarma iten (408)							
Presión de línea sea aprox.4 bar.item(404)							
Caudal línea LP3 item 411, no menos de 30 L/m.							
Caudal línea LP4 item 411, no menos de 30 L/m.							
<u>Nota: Bombas M7 Y M8</u>							
Verifique el buen estado de las bombas.							
Sin fugas de aceite en tuberías y accesorios							
<u>Mediciones unidad de Lubricación</u>							
<u>M04 - Gear & Cooling</u>							
Press (104)							
Press (106)							
Press (119)							
Press (114)							
Flow (120)							
<u>M03 - Ertalon tanks</u>							
Press (206)							
Press (210)							
Press (214)							
Flow (215)							
<u>M05 - Roller Bearings</u>							
Press (406)							
Press (410)							
Flow (E) (411)							
Flow (S) (411)							
PRESS (E) (412)							
PRESS (S) (412)							
<u>M07 - inlet MP Pump</u>							
Press (304)							
Press (313)							
Press (CCR)							
<u>M08 - Outlet MP Pump</u>							
Press (304)							

Press (313)									
Press (CCR)									
<u>Temperatures</u>									
Tank									
After Cooler M03 Salida)	(Entrada /								
After Cooler M04 Salida)	(Entrada /								
<u>MEDICIONES TEMPERATURA</u>									
<u>RADIAL SWIVELS</u>									
<u>Inlet</u>									
Chair (Sillín)									
Jack Top (Superior)									
Jack Bottom (Inferior)									
<u>Outlet</u>									
Chair (Sillín)									
Jack Top (Superior)									
Jack Bottom (Inferior)									
<u>HYD. JACKS INLET</u>									
Inlet									
Return									
<u>HYD. JACKS OUTLET</u>									
Inlet									
Return									
<u>PINION</u>									
Inlet Bearing Cover									
Outlet Bearing Cover									
<u>ROLLER BEARINGS</u>									
<u>Inlet</u>									
In									
Out									
<u>Outlet</u>									
In									
Out									
<u>ACCUMULATORS T° TOP/BOTTOM</u>									
<u>Reserve</u>									
1	(Superior / Inferior)								
2	(Superior / Inferior)								
3	(Superior / Inferior)								
4	(Superior / Inferior)								
<u>Acumuladores Pequeños</u>									
Entrada	(Superior / Inferior)								
Salida	(Superior / Inferior)								
<u>Inlet Jack</u>									
1	(Superior / Inferior)								
2	(Superior / Inferior)								
3	(Superior / Inferior)								

4	(Superior / Inferior)								
5	(Superior / Inferior)								
6	(Superior / Inferior)								
<u>Outlet Jack</u>									
1	(Superior / Inferior)								
2	(Superior / Inferior)								
3	(Superior / Inferior)								
4	(Superior / Inferior)								
5	(Superior / Inferior)								
6	(Superior / Inferior)								
<u>535-EC1 Parte inferior del elevador</u>									
Puertas de inspección bien cerradas.									
revisar el nivel aceite muñoneras									
Sin fugas de material, ni entradas de aire falso									
revisar balancin, brazos a 90°									
<u>535-SR1 Soplante</u>									
<u>Soplador</u>									
Temperatura menor a 70 °C adelante y atrás									
Nivel de aceite en mirillas esté por la mitad, sin fugas									
Juntas de expansión no estén rotas ni deformadas.									
<u>Filtro</u>									
Elementos filtrantes no saturados y sujetos									
Estado de estructura soporte de filtros y sin corrosión									
<u>Motor</u>									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
revisar poleas y las dos fajas (desgastes)									
Junta de expansión sin fugas y roturas									
<u>Ventilador de enfriamiento</u>									
Tornillos que soportan ventilador bien sujetos									
Sin alta vibración o temp en motor del ventilador.									
<u>565-EC1 Parte inferior del elevador</u>									
Las puertas de inspección estén cerradas.									
No existan fugas de material.									
Barras que sujetan rodillo conducido estén limpias									
Los brazos del balancín tengan una posición de 90°									
<u>565-VE1 (Ventilador)</u>									
Disco de aluminio gire libremente.									
Sensores temp sujetos y en buen estado.									
Sin vibración excesiva, temperatura o ruidos									
Funcionamiento ventilador trasero del motor.									
Las tuberías de engrase-rodamientos estén bien									
Que no exista entradas de aire falso									
Los tensores superiores se encuentren bien sujetos.									
<u>565-MB1/MB2 Bombas de agua</u>									
Codos, tuberías estén en buen estado, sin fugas.									
La llave de salida de la bomba abiertas									

El motor y bomba no tengan vibración excesiva.									
La temperatura del motor no exceda los 50°C.									
Las tapas del tanque estén bien puestas.									
El tanque no tenga grietas o fugas de agua.									
591-BN1 Bomba neumática									
Presión del sello 0.02-0.2 bar.									
caja de salida de bomba, 0,2-0,3 bar sobre retorno									
retorno, contrapresión en tubería de transporte 1 bar.									
Estado de conexiones y mangueras.									
Sin ruidos extraños y vibración.									
Manómetros golpeados o rotos.									
Temp de bomba menor a 50-60 °C.									
Sin fugas de grasas.									
Sin fugas de polvo por el sello.									
Compresor 591-CN1									
Gabinete aislante de ruido									
Con todas las tapas puestas									
Sin deformaciones en estructura									
Espumas aislantes de ruido completas y sin daños.									
Tapas de inspección puestas.									
Panel de control									
No hay alarmas intermitentes.									
Si existiera falla identifique donde se localiza.									
Identifique la descripción de la falla.									
Limpieza de pantalla del panel de control.									
Temperatura de descarga entre 100 -160 °C									
Temperatura de aceite 50-70 °C									
Presión de descarga entre 18 - 25 Psi									
Presión aceite entre 20 - 50 psi									
Nota: cualquier anomalía en parametros llamar a FONT									
Motor									
Temp no exceda los 50°C.									
Sin ruidos o vibración.									
Limpieza de carcasa y rejillas del ventilador.									
4 tornillos del soporte socados.									
Unidad de compresor									
Temp no exceda los 65°C.									
Sin ruidos o vibración.									
Limpieza de carcasa y sin fugas de aceite por tapas.									
4 tornillos del soporte socados.									
Cobertor del acople colocado.									
Sin fugas de aceite por sellos.									

GLOSARIO TÉCNICO

- **B**

Balance de Cargas: Nombre que da la empresa al conjunto de órdenes de trabajo del molino.

- **H**

Horomill: Molino de diseño Horizontal Fabricado por la empresa FCB de Francia.

- **M**

MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas, indicador de mantenimiento que mide cada cuántas horas se detiene un equipo.

- **S**

SAP: Sistema Informático Integrado de Gestión Empresarial. El sistema SAP es un sistema ERP(Enterprise Resource Planning o planificación de los recursos empresariales) como otros que existen en el mercado como, por ejemplo, el sistema ERP de Microsoft llamado Microsoft Dynamics, y el sistema ERP de Oracle, llamado JD Edwards.

Solve: Herramienta usada en Holcim Costa Rica para el análisis de falla.

- **O**

Orden de Trabajo: Una orden de trabajo es un documento escrito en el cual se describen las características de un equipo o maquinaria y las acciones de mantenimiento realizadas o por realizar. Es un documento legal que respalda tanto al cliente o a la empresa que presta el servicio, por cualquier reclamo o inconveniente.

Para facilitar la trazabilidad de los equipos, el sistema SAP, clasifica las ordenes de mantenimiento en 2 tipos:

PM01: Mantenimiento Mecánico (Correctivo)

PM02: Mantenimiento Preventivo

- **T**

TIS: Sistema de Información Técnica, en este programa se lleva en la empresa la información de producción de la empresa, toneladas producidas así como el resto de variables que conllevan a la producción del cemento Ejm: horas de operación, cantidad de insumos, Kw/h, indicadores de mantenimiento.

- V

VOSO: Cada una de sus Siglas significa (Ver, Oler, Sentir, Oír) y es utilizado a nivel de las plantas de Lafarge Holcim como el mantenimiento autónomo con las listas de chequeo que hace el personal de producción y mantenimiento a los equipos en funcionamiento.