

## DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

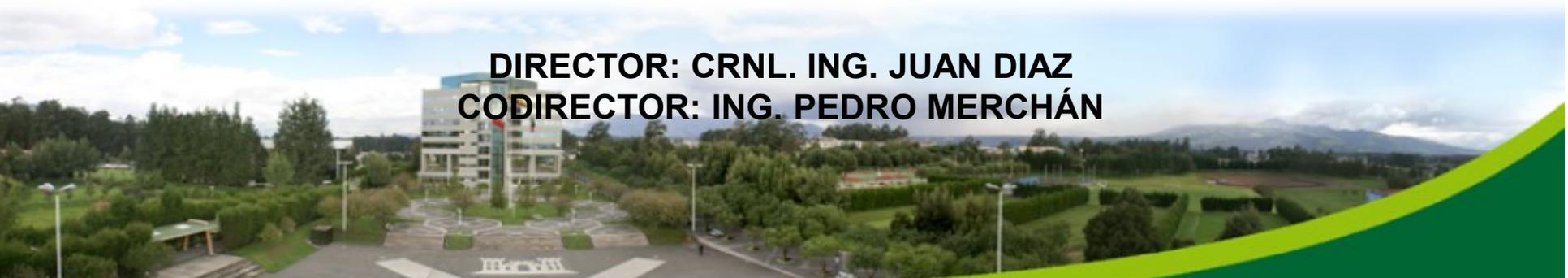
Carrera de Ingeniería Mecánica

### TITULO DEL PROYECTO

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL BASADO EN EL PROCESO TECNOLÓGICO DEL MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CRUDO Y DEL MOLINO DE CEMENTO DE LAFARGE EN OTAVALO PARA OBTENER UN ALTO R.A.M.S”.**

**ALEX FRANCISCO ÁVILA MORALES**

**DIRECTOR: CRNL. ING. JUAN DIAZ  
CODIRECTOR: ING. PEDRO MERCHÁN**



# CONTENIDO

- GENERALIDADES
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECIFICOS
- TIPOS DE MANTENIMIENTO
- INDICADORES DE MANTENIMIENTO
- FUNCIONAMIENTO DEL MOLINO DE CRUDO Y MOLINO DE CEMENTO
- ANÁLISIS POR FALLA FUNCIONAL DEL MOLINO DE CRUDO Y DEL MOLINO DE CEMENTO.
- PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS DE MANTENIMIENTO.
- SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL, SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.
- IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS.
- ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO.
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.



# GENERALIDADES

En Diciembre de 2004, el Grupo Lafarge adquirió la empresa Cementos Selva Alegre S.A., otorgándole una nueva visión al integrar al grupo de materiales de construcción más grande a escala mundial.

## ***VISIÓN 2015***

Lafarge, líder mundial en materiales de construcción, forja materiales provenientes de la tierra para dar forma al mundo que nos rodea.

Lafarge aspira a convertirse en líder indiscutible del sector de los materiales de construcción apoyados en valores fundamentales.

## ***MISIÓN***

Operar la planta con un alto performance, a un bajo costo, calidad requerida y comprometidos con el desarrollo de las personas, la seguridad, el medio ambiente y la armonía con los vecinos.



# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



# OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un Sistema de Seguridad Funcional para evitar/reducir el riesgo de accidentes e incrementar el RAMS, basados en los procesos tecnológicos del Mantenimiento, para los Molinos de Crudo y de Cemento, de la Planta Productora de Cementos Lafarge.

# OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar del funcionamiento y operación de los Molinos de Crudo y de cemento.
- Identificar las posibles fallas funcionales y acciones mecánicas a partir de la operación de los equipos y programas de mantenimiento.
- Diseñar e Implementar los procesos tecnológicos del mantenimiento, mediante el trabajo en conjunto con las diferentes áreas involucradas.
- Identificar y describir; los riesgos y peligros en cada proceso tecnológico del Mantenimiento.
- Analizar, mejorar y optimizar los Sistemas de Seguridad Funcional para el mantenimiento de los diferentes equipos, basado en los procedimientos de trabajo.
- Diseñar un plan de Seguridad Funcional tanto para el Molino de Cemento como para el Molino de Crudo, para las paradas programadas y no programadas de Mantenimiento.
- Implementar los Sistemas de Seguridad Funcional para los procedimientos tecnológicos de mantenimiento, en el molino de crudo y molino de cemento.
- Validar los resultados por medio de operadores y técnicos de mantenimiento.



# TIPOS DE MANTENIMIENTO

## TIPOS DE MANTENIMIENTO

### MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este mantenimiento puede ser de contingencia; que es cuando se produce el fallo, o programable; en el cual por planificación se decide cuando reparar el fallo.

### MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Intervenciones que se realizan de forma periódica en un sistema o subsistema, con la finalidad de optimizar su funcionamiento y evitar paradas imprevistas, mediante la prevención de fallas.

### MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Es una técnica para pronosticar el punto futuro de una avería o falla en un componente de un equipo, de tal manera que dicho componente pueda reemplazarse en base a un plan, se lo realiza en base al monitoreo.

### MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO

Es un sistema que garantiza la efectividad del funcionamiento de los equipos, cuya meta es obtener cero pérdidas, a nivel de todos los departamentos

# INDICADORES DE MANTENIMIENTO

## INDICADORES DE MANTENIMIENTO

LAFARGE

TEÓRICO-REAL

CONFIABILIDAD

$$R = \frac{TO}{TO + TPi} \times 100$$

$$R = e^{-\frac{\text{tiempo}}{MTBF}}$$

DISPONIBILIDAD

$$A = \frac{\text{Tiempo total en condiciones de servicio}}{\text{Tiempo total del intervalo analizado}}$$

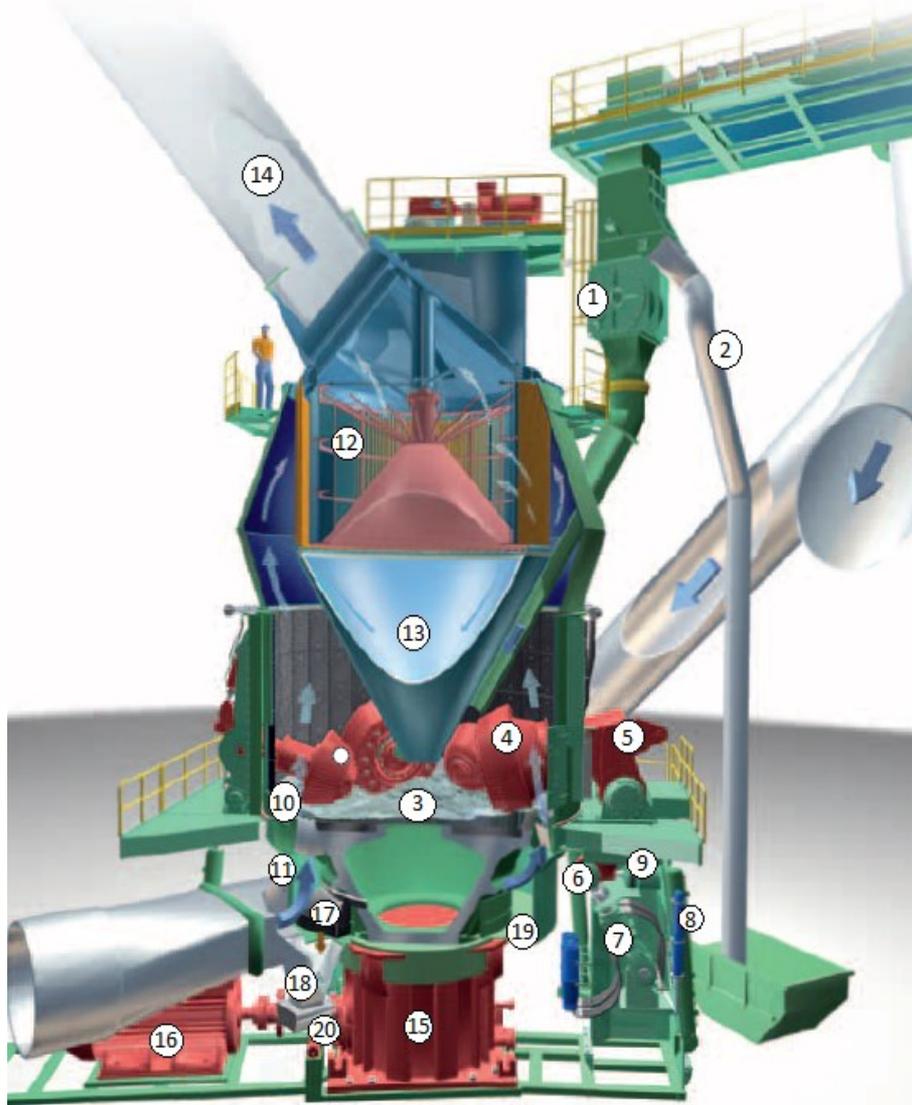
$$Ai = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

MANTENIBILIDAD

$$M = 1 - e^{-ut}$$



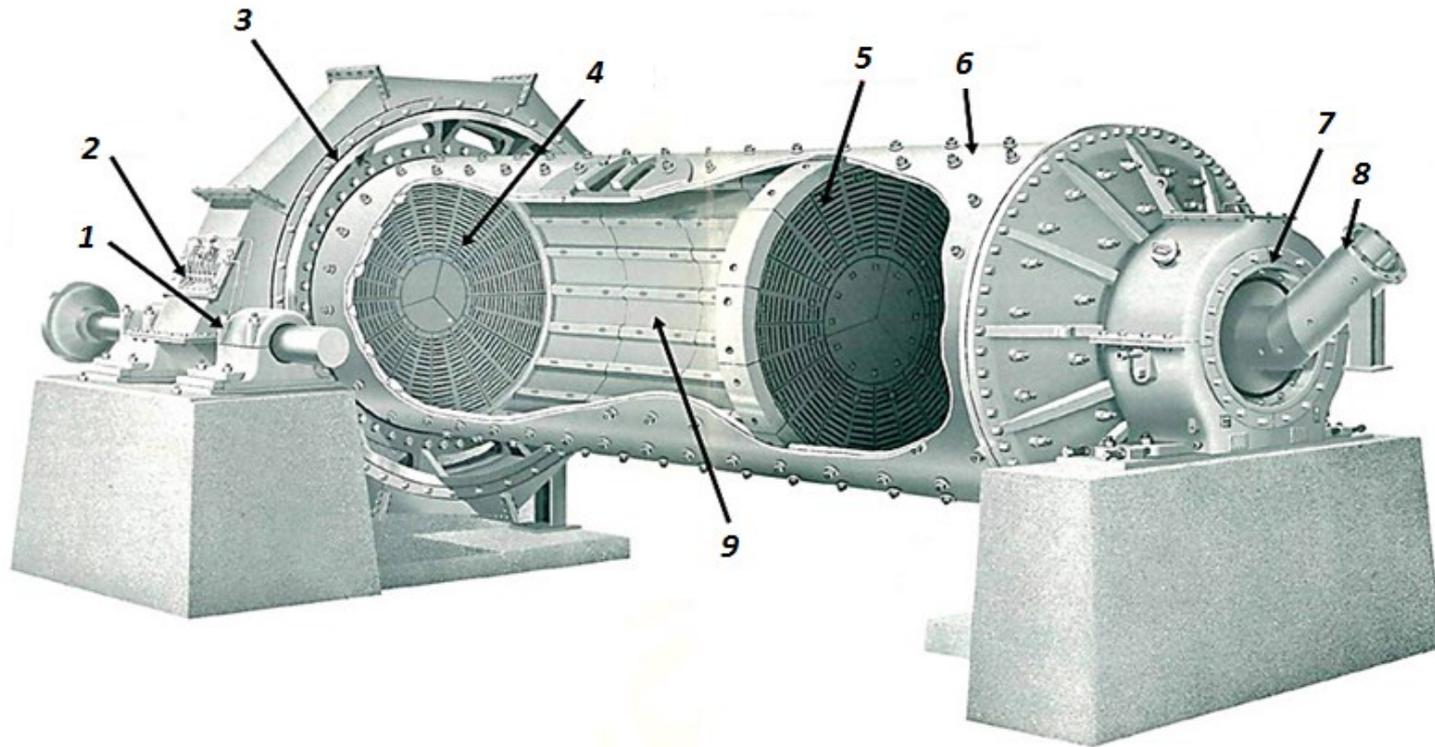
# FUNCIONAMIENTO DEL MOLINO DE CRUDO



- 1.- Válvula de Clapetas.
- 2.- Ducto de Rechazo material grueso.
- 3.- Plato giratorio de Molienda.
- 4.- Rodillos de Molienda.
- 5.- Balancín.
- 6.- Palanca.
- 7.- Sistema hidráulico.
- 8.- Acumuladores de vejiga.
- 9.- Tope.
- 10.- Corona.
- 11.- Corriente de gas caliente.
- 12.- Separador.
- 13.- Cono de Recirculación.
- 14.- Ducto de material de salida.
- 15.- Reductor vertical.
- 16.- Motor Eléctrico.
- 17.- Material de rechazo.
- 18.- Ducto de Material de rechazo.
- 19.- Planchas protectoras sistemas de transmisión.
- 20.- Estructura base



# FUNCIONAMIENTO DEL MOLINO DE CEMENTO



- 1.- Piñón
- 2.- Reductor
- 3.- Corona dentada
- 4.- Tabique descarga final
- 5.- Tabique separador

- 6.- Virola
- 7.- Cojinete
- 8.- Alimentación
- 9.- Blindaje



# ANÁLISIS DE UNIDADES DEL MOLINO DE CRUDO

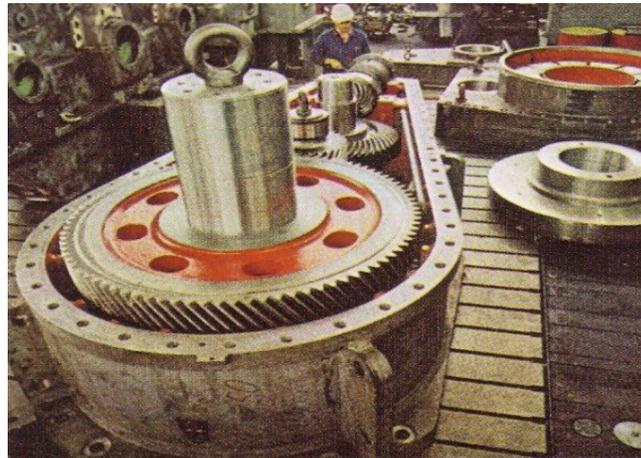
## UNIDAD MOTRIZ



## UNIDAD DE TRANSMISIÓN



## REDUCTOR



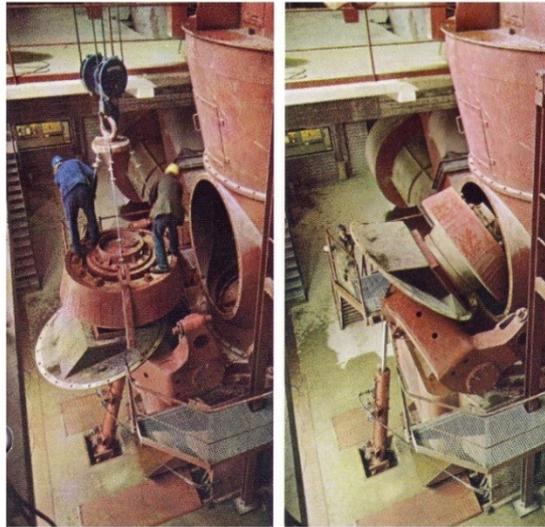
# ANÁLISIS DE UNIDADES DEL MOLINO DE CRUDO

## UNIDAD DE TRABAJO

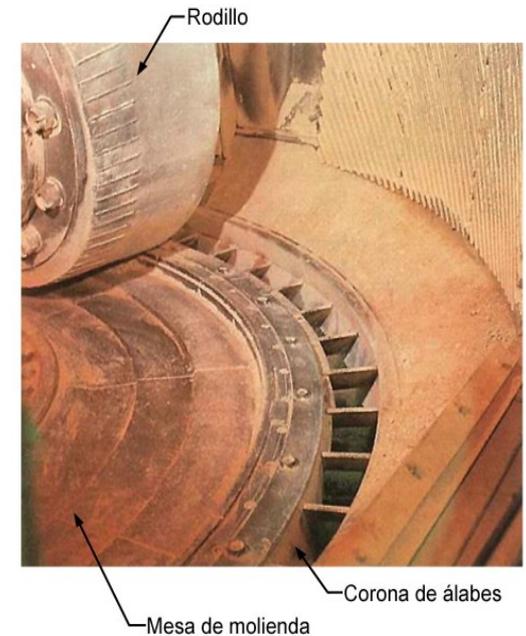
### PISTA DE MOLIENDA



### RODILLOS MOLEDORES

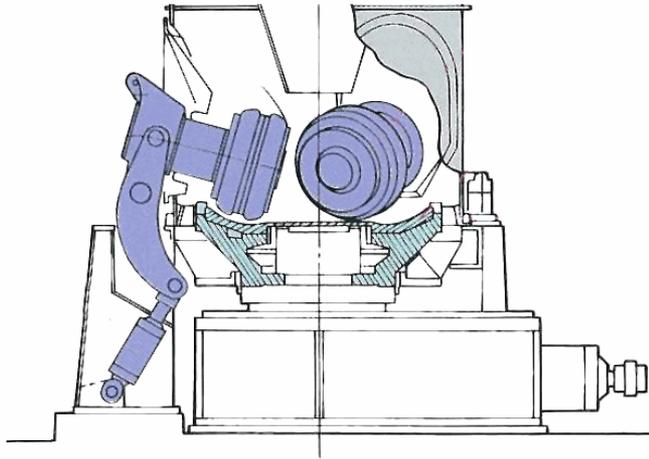


### CORONA DE ALABES



# ANÁLISIS DE UNIDADES DEL MOLINO DE CRUDO

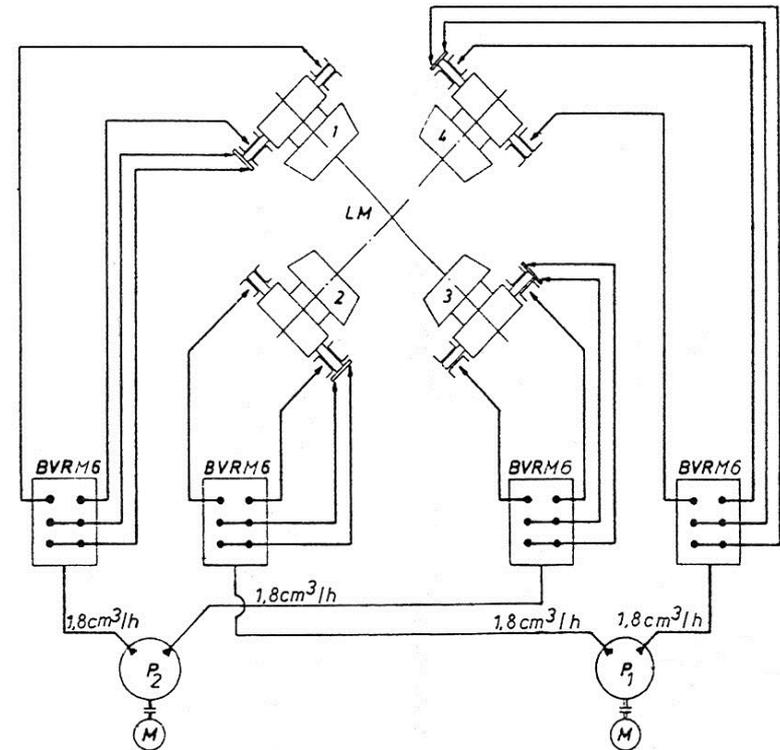
## SISTEMA HIDRÁULICO



Acumuladores

Cilindro hidráulico

## SISTEMA DE LUBRICACIÓN



**LAFARGE**



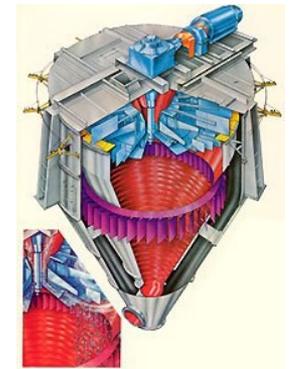
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# ANÁLISIS DE UNIDADES DEL MOLINO DE CRUDO

## SISTEMA DE AGUA



## SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA



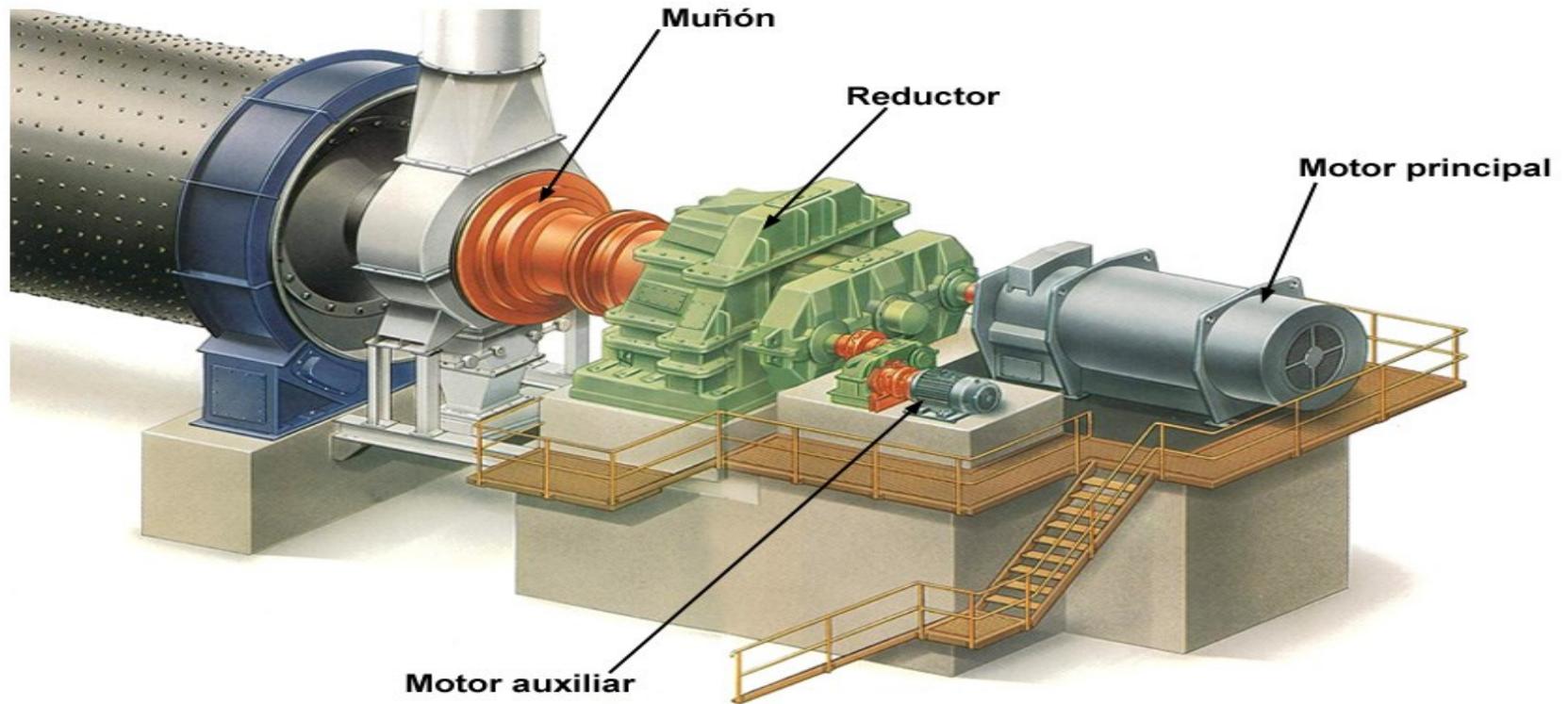
**LAFARGE**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# ANÁLISIS DE UNIDADES DEL MOLINO DE CEMENTO

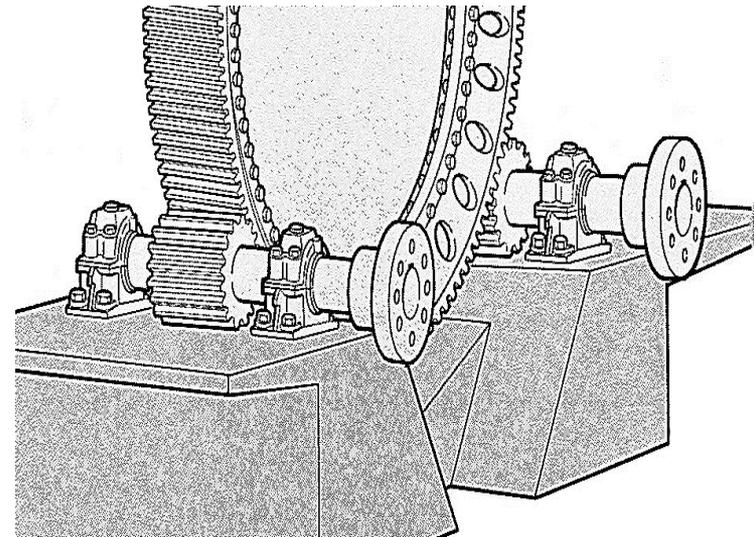
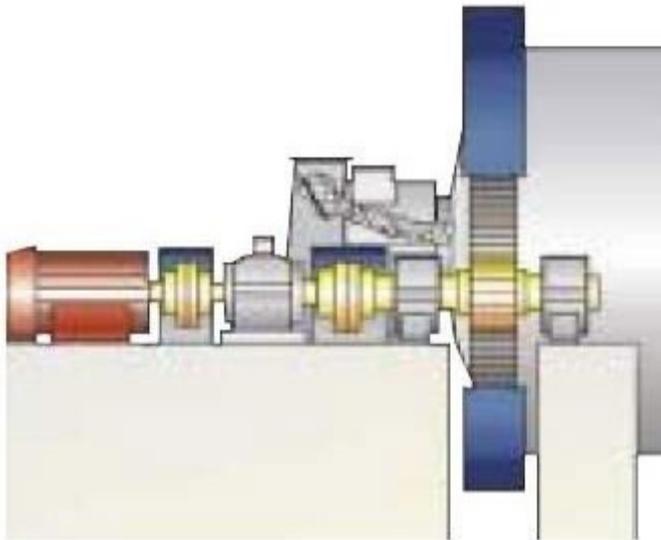
## UNIDAD MOTRIZ



# ANÁLISIS DE UNIDADES DEL MOLINO DE CEMENTO

## UNIDAD DE TRANSMISIÓN

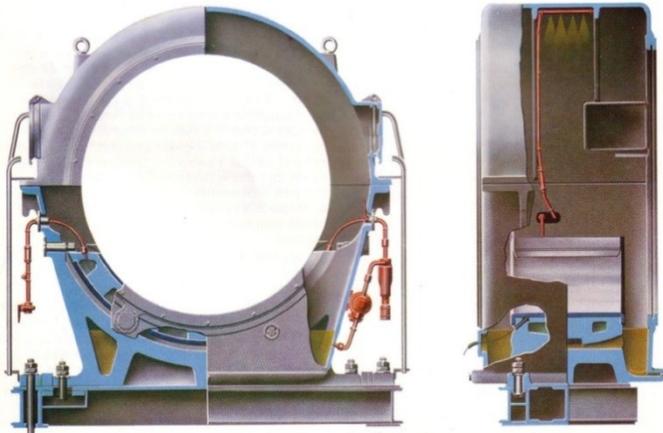
### REDUCTOR



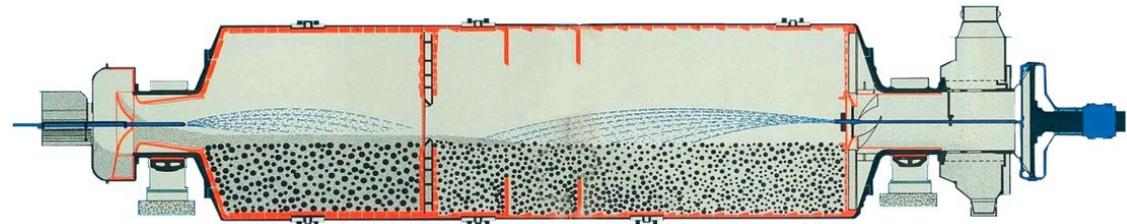
# ANÁLISIS DE UNIDADES DEL MOLINO DE CEMENTO

## UNIDAD DE TRABAJO

### SISTEMA DE LUBRICACIÓN



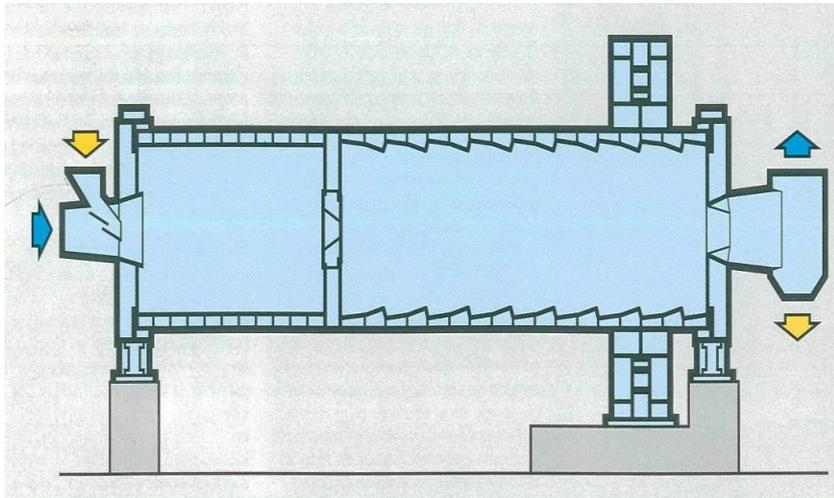
### SISTEMA DE AGUA



# ANÁLISIS DE UNIDADES DEL MOLINO DE CEMENTO

## UNIDAD DE TRABAJO

### SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA



### TABIQUE SEPARADOR



# ANÁLISIS DE UNIDADES DEL MOLINO DE CRUDO

Se determina que la manera más adecuada para realizar un análisis por falla funcional es a través de inspecciones cuando el Molino de Crudo está detenido.

Es obligatorio validar cada función con el grupo de supervisores, inspectores y planificadores de mantenimiento y seguridad para garantizar que se reduce el riesgo del fallo conforme al requerimiento.

Ver **ANEXO A**

# ANÁLISIS DE UNIDADES DEL MOLINO DE CEMENTO

Se determina que la manera más adecuada para realizar un análisis por falla funcional es a través de inspecciones cuando el Molino de Cemento está detenido.

Es obligatorio validar cada función con el grupo de supervisores, inspectores y planificadores de mantenimiento y seguridad para garantizar que se reduce el riesgo del fallo conforme al requerimiento.

Ver **ANEXO B**

# PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS PARA EL MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CRUDO

<b>Equipos</b>	<b>Procedimiento de Trabajo Mecánicos Necesarios</b>	<b>Procedimiento de Trabajo Mecánicos Implantados</b>
<b>Separador</b>	Cambio de Aletas del Separador Dinámico	Cambio de Aletas del Separador
<b>Separador</b>	Cambio de Aletas del Separador Estático	
<b>Sprays de Agua</b>	Cambio de Carcazas	Cambio de Boquillas y Carcazas de los Sprays de Agua
<b>Sprays de Agua</b>	Cambio de Boquillas	
<b>Ruedas Moledoras</b>	Reparación de protectores de pernos	Reparación de protectores de pernos
<b>Ruedas Moledoras</b>	Reparación de carcaza de protección	Reparación de carcaza de protección
<b>Ruedas Moledoras</b>	Cambio de felpas y cauchos	Cambio de felpas y cauchos
<b>Ruedas Moledoras</b>	Cambio de Rueda	Cambio de Rueda
<b>Anillo de Gases</b>	Reparación de placas de anillo de gases	Reparación de placas de anillo de gases
<b>Anillo de Gases</b>	Cambio de felpas y cauchos	Cambio de felpas y cauchos
<b>Mesa de Molienda</b>	Cambio de Mesa	Cambio de Mesa de Molienda
<b>Reductor</b>	Cambio de Aceite	Cambio de Aceite
<b>Reductor</b>	Cambio de Reductor	Cambio de Reductor
<b>Chute de Carga</b>	Reparación de Chute de Carga	Reparación de Chutes de Carga y Descarga
<b>Chute de Descarga</b>	Reparación de Chute de Descarga	
<b>Cilindro Hidráulico</b>	Cambio de Aceite	Cambio de Aceite Hidráulico del cilindro.
<b>Cilindro Hidráulico</b>	Cambio de Cilindro	Cambio de Cilindro

Ver ANEXO C



# PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS PARA EL MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CRUDO



Ver ANEXO C



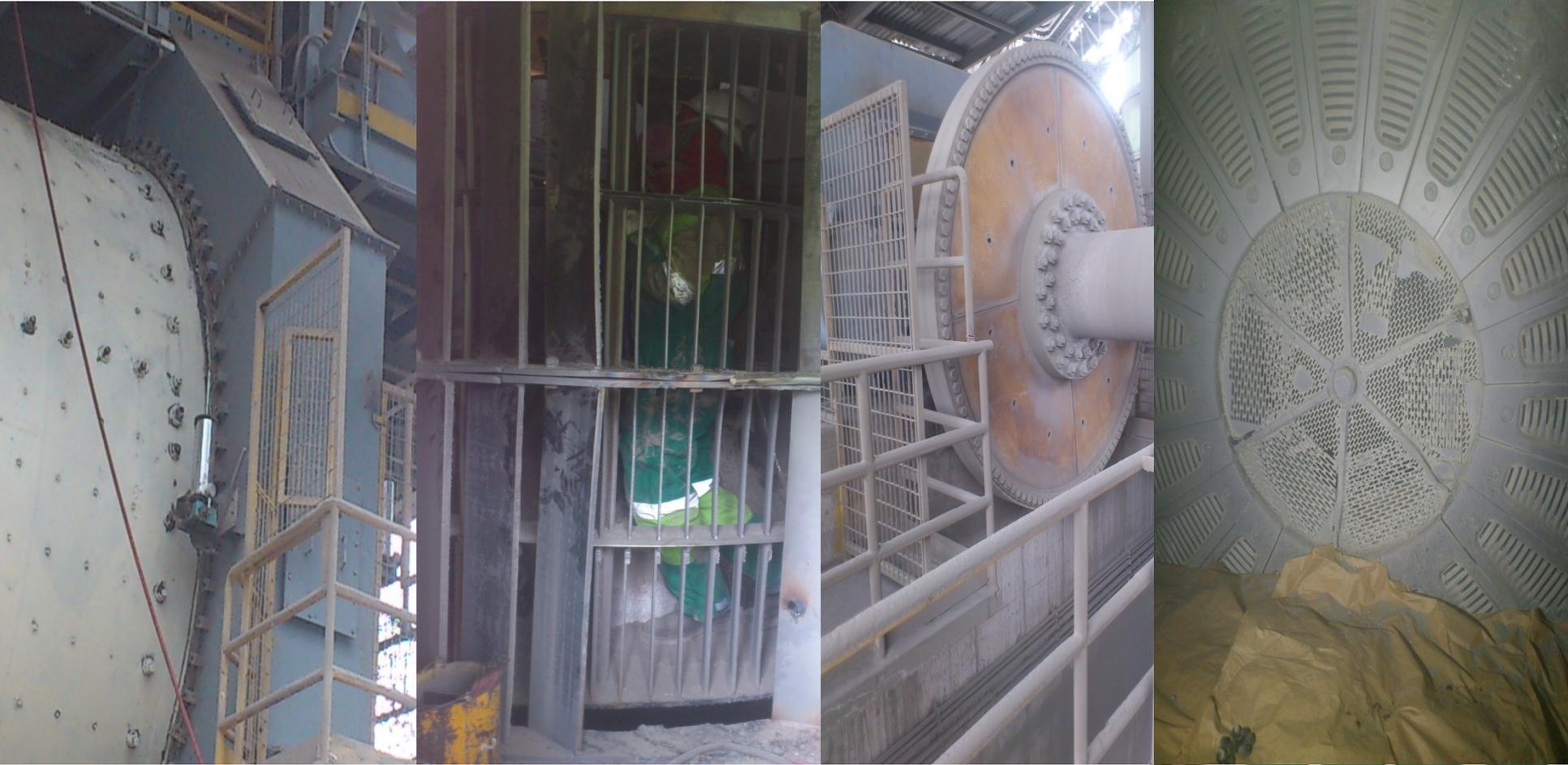
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS PARA EL MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CEMENTO

<i>Equipos</i>	<i>Procedimiento de Trabajo Mecánicos</i>	<i>Procedimiento de Trabajo Mecánicos Implantados</i>
<b>Separador</b>	Cambio de Aletas del Separador Dinámico	Cambio de Aletas Estáticas y Dinámicas.
<b>Separador</b>	Cambio de Aletas del Separador Estático	
<b>Sprays de Agua</b>	Cambio de Carcazas	Cambio de las Boquillas y las Carcazas de los Sprays de Agua.
<b>Sprays de Agua</b>	Cambio de Boquillas	
<b>Cámara 1</b>	Reparación de Incrustaciones en planchaje radial.	Reparación de Incrustaciones en la Cámara 1
<b>Cámara 1</b>	Reparación de Incrustaciones en Mamparas	
<b>Cámara 1</b>	Reparación de Incrustaciones en tabique	
<b>Cámara 1</b>	Cambio de Planchaje Radial	Cambio de Planchaje Radial de la Cámara 1
<b>Cámara 1</b>	Cambio de Mamparas de Entrada	Cambio de Mampara de Entrada Cámara 1
<b>Cámara 1</b>	Cambio de Mamparas de Salida	Cambio de Mampara de Salida Cámara 1
<b>Cámara 1</b>	Carga de Bolas	Carga de Bolas Cámara 1 y 2
<b>Cámara 2</b>	Reparación de Incrustaciones en planchaje radial.	Reparación de Incrustaciones en la Cámara 2
<b>Cámara 2</b>	Reparación de Incrustaciones en Mamparas	
<b>Cámara 2</b>	Reparación de Incrustaciones en tabique	
<b>Cámara 2</b>	Cambio de Planchaje Radial	Cambio de Planchaje Radial de la Cámara 2
<b>Cámara 2</b>	Cambio de Mamparas de Entrada	Cambio de Mampara de Entrada Cámara 2
<b>Cámara 2</b>	Cambio de Mamparas de Salida	Cambio de Mampara de Salida Cámara 2
<b>Cámara 2</b>	Carga de Bolas	Carga de Bolas Cámara 1 y 2
<b>Reductor</b>	Cambio de Aceite	Cambio de Aceite del Reductor
<b>Reductor</b>	Cambio de Reductor	Cambio de Reductor
<b>Chute de Carga</b>	Reparación de Chute de Carga	Reparación del Chute de Carga y Descarga.
<b>Chute de Descarga</b>	Reparación de Chute de Descarga	

Ver ANEXO D

# PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS PARA EL MANTENIMIENTO DEL MOLINO DE CEMENTO



Ver ANEXO D



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL

## ANÁLISIS DE RIESGO POR EQUIPO

### MOLINO DE CRUDO

UNIDAD	POTENCIA	
EQUIPO	Riesgo	Causa
Motor Eléctrico	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños - Presencia de Material Particulado.
	Sobrecarga Eléctrica	- Oscilación de Tensión en la energía de planta eléctrica
	Sobrecarga Mecánica	- Acumulación de Material en el proceso - Malla de Ventilador Tapada - Sobrecargas Mecánicas
	Recalentamiento	- Sobrecargas Eléctricas - Fricción de Eje con elementos de contacto - Aletas con presencia de cemento
	Vibraciones Excesivas	- Acumulación de material en ventilador - Sobrecargas Mecánicas

UNIDAD	TRANSMISIÓN	
EQUIPO	Riesgo	Causa
Acople Manual	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños - Presencia de Material Particulado.
	Desacoplamiento de eje	- Desalineación de eje del motor - Anclajes no ajustados
Reductor	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños - Presencia de Material Particulado.
	Sobrecarga de operación	- Exceso de camada de plato de molienda
	Desgaste de Componentes	- Falta de Lubricación
	Recalentamiento	- Sobrecarga de operación
	Presencia de Fugas	- Desgaste de Empaques. - Fisuras en carcazas



# SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL

## ANÁLISIS DE RIESGO POR EQUIPO

### MOLINO DE CRUDO

UNIDAD		TRABAJO	
SISTEMA	EQUIPO	Riesgo	Causa
Sistema de Molienda	Pista de Molienda	- Desgaste	- Granulometría excesiva
		- Picadura	- Material Abrasivo
		- Desalineación del eje	- Granulometría excesiva
	Rodillos Moledores	- Desgaste	- Exceso de camada de operación
		- Picadura	- Granulometría excesiva
		- Desalineación del eje	- Material Abrasivo
Corona de Alabes	- Tuercas trabadas	- Exceso de camada de operación	
	- Desgaste	- Material Abrasivo	
	- Fisuras	- Reproceso de material con granulometría excesiva	
Sistema Hidráulico	Cilindros Hidráulicos	- Desgaste de Sellos	- Desgaste por proceso de trabajo
		- Fugas de Aceite	- Exceso de ciclos de trabajo de los sellos
	Acumuladores	- Fugas de Gas	- Daño de los sellos
- Despresurización		- Daño de los sellos	
Sistema de Lubricación	Bombas de Engranés	- Fugas en Tuberías	- Daño de los sellos
		- Fugas en Bombas	- Daño de los sellos
Sistema de Agua	Sprays	- Desgaste de Boquillas	- Material Abrasivo
	Carcasas	- Desgaste de Placas	- Material Abrasivo
	Válvula de Clapeta	- Acumulación de material	- Exceso de carga a operar
Sistema de Alimentación y Descarga de Material	Chute de Carga	- Desgaste de Cono	- Material Abrasivo
	Chute de Descarga	- Desgaste de placas	- Material Abrasivo
	Separador	- Desgaste de Separador Dinámico	- Material Abrasivo
		- Desgaste de Separador Estático	- Material Abrasivo



# SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL

## ANÁLISIS DE RIESGO POR EQUIPO

### MOLINO DE CEMENTO

UNIDAD		POTENCIA
EQUIPO	Riesgo	Causa
Motor Eléctrico Principal	Tratamiento	- Presencia de Objetos Extraños - Presencia de Material Particulado.
	Sobrecarga Eléctrica	- Oscilación de Tensión en la energía de planta eléctrica
	Sobrecarga Mecánica	- Acumulación de Material en el proceso - Malla de Ventilador Tapada - Sobrecargas Mecánicas
	Recalentamiento	- Sobrecargas Eléctricas - Fricción de Eje con elementos de contacto - Aletas con presencia de cemento
	Vibraciones Excesivas	- Acumulación de material en ventilador - Sobrecargas Mecánicas
	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños - Presencia de Material Particulado.
Motor Eléctrico Secundario	Sobrecarga Eléctrica	- Oscilación de Tensión en la energía de planta eléctrica - Malla de Ventilador Tapada - Sobrecargas Eléctricas
	Recalentamiento	- Fricción de Eje con elementos de contacto - Aletas con presencia de cemento
	Vibraciones Excesivas	- Acumulación de material en ventilador - Sobrecargas Mecánicas
UNIDAD		TRANSMISIÓN
EQUIPO	Riesgo	Causa
Reductor	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños - Presencia de Material Particulado.
	Sobrecarga de operación	- Exceso de camada de plato de molienda
	Desgaste de Componentes	- Falta de Lubricación
	Recalentamiento	- Sobrecarga de operación
	Presencia de Fugas	- Desgaste de Empaques. - Fisuras en carcazas



# SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL

## ANÁLISIS DE RIESGO POR EQUIPO

### MOLINO DE CEMENTO

UNIDAD		TRABAJO	
EQUIPO		Riesgo	Causa
Sistema de Lubricación	Bombas de Engranés	- Fugas en Tuberías	- Daño de los sellos
		- Fugas en Bombas	- Daño de los sellos
	Cojinetes	- Picaduras	- Desalineación.
Sistema de Agua	Sprays	- Desgaste de Boquillas	- Material Abrasivo
	Carcasas	- Desgaste de Placas	- Material Abrasivo
	Válvula de Clapeta	- Acumulación de material	- Exceso de carga a operar
Sistema de Alimentación y Descarga de Material	Chute de Carga	- Desgaste de Cono	- Material Abrasivo
	Chute de Descarga	- Desgaste de placas	- Material Abrasivo
	Separador	- Desgaste de Separador Dinámico	- Material Abrasivo
		- Desgaste de Separador Estático	- Material Abrasivo

# ANALISIS DE PRECAUCIONES POR EQUIPO

## MOLINO DE CRUDO

UNIDAD	POTENCIA		
EQUIPO	RIESGO	CAUSA	PRECAUCIONES
<b>Motor Eléctrico</b>	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños	Inspección visual diaria
		- Presencia de Material Particulado.	Mantenimiento programado quincenal
	Sobrecarga Eléctrica	- Oscilación de Tensión en la energía de planta eléctrica	Control de Voltajes (Planta Eléctrica)
	Sobrecarga Mecánica	- Acumulación de Material en el proceso	Inspección de volumen (Producción)
		- Malla de Ventilador Tapada	Inspección visual diaria
	Recalentamiento	- Sobrecargas Mecánicas	Inspección de volumen (Producción)
		- Sobrecargas Eléctricas	Control de Voltajes (Planta Eléctrica)
		- Fricción de Eje con elementos de contacto	Mantenimiento programado quincenal
	Vibraciones Excesivas	- Aletas con presencia de cemento	Mantenimiento programado quincenal
		- Acumulación de material en ventilador	Mantenimiento programado quincenal
- Sobrecargas Mecánicas		Análisis de Vibraciones semanal	

# ANALISIS DE PRECAUCIONES POR EQUIPO

## MOLINO DE CRUDO

UNIDAD EQUIPO	RIESGO	CAUSA	PRECAUCIONES
<b>Acople Manual</b>	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños	Inspección visual diaria
		- Presencia de Material Particulado.	Mantenimiento programado quincenal
	Desacoplamiento de eje	- Desalineación de eje del motor	Mantenimiento programado quincenal
		- Anclajes no ajustados	Reajuste de torque quincenal
<b>Reductor</b>	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños	Inspección visual diaria
		- Presencia de Material Particulado.	Mantenimiento programado quincenal
	Sobrecarga de operación	- Exceso de camada de plato de molienda	Inspección de volumen (Producción)
	Desgaste de Componentes	- Falta de Lubricación	Inspección de niveles
	Recalentamiento	- Sobrecarga de operación	Inspección de volumen (Producción)
Presencia de Fugas	- Desgaste de Empaques.	Mantenimiento programado quincenal	
	- Fisuras en carcazas	Mantenimiento programado quincenal	

# ANALISIS DE PRECAUCIONES POR EQUIPO MOLINO DE CRUDO

UNIDAD		TRABAJO		
SISTEMA	EQUIPO	RIESGO	CAUSA	PRECAUCIONES
Sistema de Molienda	Pista de Molienda	- Desgaste	- Granulometría excesiva	Control con mallas
			- Material Abrasivo	Mediciones de desgaste
		- Picadura	- Granulometría excesiva	Control con mallas
		- Desalineación del eje	- Exceso de camada de operación	Inspección de volumen (Producción)
	Rodillos Moledores	- Desgaste	- Granulometría excesiva	Control con mallas
			- Material Abrasivo	Mediciones de desgaste

# ANALISIS DE PRECAUCIONES POR EQUIPO

## MOLINO DE CRUDO

UNIDAD		TRABAJO			
SISTEMA	EQUIPO	RIESGO	CAUSA	PRECAUCIONES	
<b>Sistema de Molienda</b>	Rodillos Moledores	- Picadura	- Proceso de trabajo	Inspección de volumen (Producción)	
		- Desalineación del eje	- Exceso de camada de operación	Inspección de volumen (Producción)	
	Corona de Alabes	- Tuercas trabadas	- Material Abrasivo	Mediciones de desgaste	
		- Desgaste	- Reproceso de material con granulometría excesiva	Inspección de volumen (Producción)	
<b>Sistema Hidráulico</b>	Cilindros Hidráulicos	- Fisuras	- Desgaste por proceso de trabajo	Mediciones de desgaste	
		- Desgaste de Sellos	- Exceso de ciclos de trabajo de los sellos	Mediciones de desgaste	
	Acumuladores	- Fugas de Aceite	- Daño de los sellos	Mantenimiento programado quincenal	
		- Fugas de Gas	- Daño de los sellos	Mantenimiento programado quincenal	
<b>Sistema de Lubricación</b>	Bombas de Engranés	- Despresurización	- Daño de los sellos	Mantenimiento programado quincenal	
		- Fugas en Tuberías	- Daño de los sellos	Mantenimiento programado quincenal	
<b>Sistema de Agua</b>	Sprays	- Fugas en Bombas	- Daño de los sellos	Mantenimiento programado quincenal	
		- Desgaste de Boquillas	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal	
<b>Sistema de Carga y Descarga de Material</b>	Carcazas	- Desgaste de Placas	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal	
		- Acumulación de material	- Exceso de carga a operar	Inspección de volumen (Producción)	
	Chute de Descarga	- Chute de Carga	- Desgaste de Cono	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal
		- Desgaste de placas	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal	
Separador	- Desgaste de Separador Dinámico	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal		
	- Desgaste de Separador Estático	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal		



# ANALISIS DE PRECAUCIONES POR EQUIPO MOLINO DE CEMENTO

UNIDAD	POTENCIA		
EQUIPO	RIESGO	DESCRIPCIÓN	PRECAUCIONES
<b>Motor Eléctrico Principal</b>	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños	Inspección visual diaria
		- Presencia de Material Particulado.	Mantenimiento programado quincenal
	Sobrecarga Eléctrica	- Oscilación de Tensión en la energía de planta eléctrica	Control de Voltajes (Planta Eléctrica)
	Sobrecarga Mecánica	- Acumulación de Material en el proceso	Inspección de volumen (Producción)
		- Malla de Ventilador Tapada	Inspección visual diaria
	Recalentamiento	- Sobrecargas Mecánicas	Inspección de volumen (Producción)
		- Sobrecargas Eléctricas	Control de Voltajes (Planta Eléctrica)
		- Fricción de Eje con elementos de contacto	Mantenimiento programado quincenal
	Vibraciones Excesivas	- Aletas con presencia de cemento	Mantenimiento programado quincenal
		- Acumulación de material en ventilador	Mantenimiento programado quincenal
<b>Motor Eléctrico Secundario</b>	Trabamiento	- Sobrecargas Mecánicas	Análisis de Vibraciones semanal
		- Presencia de Objetos Extraños	Inspección visual diaria
	Sobrecarga Eléctrica	- Presencia de Material Particulado.	Mantenimiento programado quincenal
		- Oscilación de Tensión en la energía de planta eléctrica	Control de Voltajes (Planta Eléctrica)
	Recalentamiento	- Malla de Ventilador Tapada	Inspección visual diaria
		- Sobrecargas Eléctricas	Inspección de volumen (Producción)
		- Fricción de Eje con elementos de contacto	Control de Voltajes (Planta Eléctrica)
	Vibraciones Excesivas	- Aletas con presencia de cemento	Mantenimiento programado quincenal
		- Acumulación de material en ventilador	Mantenimiento programado quincenal
			- Sobrecargas Mecánicas



# ANALISIS DE PRECAUCIONES POR EQUIPO MOLINO DE CEMENTO

UNIDAD		TRANSMISIÓN	
EQUIPO	RIESGO	DESCRIPCIÓN	PRECAUCIONES
Reductor	Trabamiento	- Presencia de Objetos Extraños	Inspección visual diaria
		- Presencia de Material Particulado.	Mantenimiento programado quincenal
	Sobrecarga de operación	- Exceso de camada de plato de molienda	Inspección de volumen (Producción)
	Desgaste de Componentes	- Falta de Lubricación	Inspección de niveles
	Recalentamiento	- Sobrecarga de operación	Inspección de volumen (Producción)
	Presencia de Fugas	- Desgaste de Empaques.	Mantenimiento programado quincenal
- Fisuras en carcazas		Mantenimiento programado quincenal	

# ANALISIS DE PRECAUCIONES POR EQUIPO MOLINO DE CEMENTO

UNIDAD		TRABAJO		
EQUIPO	RIESGO	DESCRIPCIÓN	PRECAUCIONES	
Sistema de Lubricación	Bombas de Engranés	- Fugas en Tuberías	- Daño de los sellos	Mantenimiento programado quincenal
		- Fugas en Bombas	- Daño de los sellos	Mantenimiento programado quincenal
	Cojinetes	- Picaduras	- Desalineación.	Mantenimiento programado quincenal
Sistema de Agua	Sprays	- Desgaste de Boquillas	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal
	Carcasas	- Desgaste de Placas	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal
	Válvula de Clapeta	- Acumulación de material	- Exceso de carga a operar	Mantenimiento programado quincenal
Sistema de Alimentación y Descarga de Material	Chute de Carga	- Desgaste de Cono	- Material Abrasivo	Inspección de volumen (Producción)
	Chute de Descarga	- Desgaste de placas	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal
	Separador	- Desgaste de Separador Din.	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal
		- Desgaste de Separador Est.	- Material Abrasivo	Mantenimiento programado quincenal

# MATRIZ DE RIESGOS Y PRECAUCIONES, SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.

**Específico (SPE):** Es aquel riesgo que está presente y por lo general no hay como evitarlo, de tal manera que requiere uso de protección personal.

**Neutralizado (NEU):** Es aquel riesgo que se puede neutralizar con un bloqueo mecánico, por ende es aislado para realizar un determinado trabajo.

**Distribuido (DIS):** Es aquel riesgo que se encuentra presente en mecanismos que poseen movimientos y se pueden suscitar inesperadamente.

**Preventivo (PRE):** Es aquel riesgo que no causa efectos dañinos al operador, y se lo puede prever y tomar medidas de aislamiento antes de un trabajo.

**Finalizado (FIN):** Es un riesgo potencialmente peligroso, que puede causar serios daños al operador, se lo aísla mediante medidas de control de los equipos.

MATRIZ DE RIESGOS		
<i>SPE</i>	<i>Específico</i>	
<i>NEU</i>	<i>Neutralizado</i>	
<i>DIS</i>	<i>Distribuido</i>	
<i>PRE</i>	<i>Preventivo</i>	
<i>FIN</i>	<i>Finalizado / Aislado con Documento</i>	
RIESGO	DESCRIPCIÓN	TIPO



# CARTILLAS DE BLOQUEO



CARTILLA DE BLOQUEO DE EQUIPOS No.

Fecha: \_\_\_\_\_  
 Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Equipo a Intervenir : 2  
 Ubicación: 2

Usuario: \_\_\_\_\_  
 Contratista: \_\_\_\_\_

TRABAJO A REALIZAR (Breve descripción):

Bloqueo Eléctrico	Nombre	Fecha	Hora	Firma
DESENERGIZADO POR				
ENERGIZADO POR				

COMPONENTES DEL EQUIPO :

Código	Descripción
	MOTOR MOLINO DE CRUDO 309.00 SPRAY DE AGUA ACONDICIONAMIENTO AUXILIAR

EQUIPOS A BLOQUEAR :

Candado No.	Equipo	Descripción	Posición MCC / Breaker	VCS
1		MOTOR BOMBA SPRAY AGUA 309.0A		
2		MOTOR BANDA TRANSPORTADORA 339.00		
3		MOTOR PRINCIPAL 309.00		
4		MOTOR VENTILADOR 2 DE SELLO 309.0F		
5		MOTOR VENTILADOR 1 DE SELLO 309.0E		
6		MOTOR PULL RODS UNIDAD HIDRAULICA 309		
7		MOTOR AUXILIAR, MOLINO- 309.0K		
8		MOTOR UNIDAD DE LUBRICACION REDUCTOR		
9		MOTOR BOMBA DE ACEITE BAJA PRESIÓN 3		
10		MOTOR BOMBA DE ACEITE ALTA PRESIÓN 3		
11		MOTOR SEPARADOR 309.0D		
12		MOTOR COMPUERTA BECK ENTRADA MOLINO 3		
13		MOTOR ACTUADOR BECK SALIDA DEL MOLIN		
14		MOTOR ACTUADOR BECK BYPASS DEL MOLINO		
15		MOTOR VÁLVULA TRIPLE 309.0B		

BLOQUEO MECANICO /OTRAS FUENTES DE ENERGIA :

Candado No.	Equipo	Descripción
1		ACCIONADOR ROCIADOR DE AGUA
2		ACONDICIONAMIENTO AUXILIAR
3		VALVULA BECK 315.0A
4		VALVULA BECK 315.0C
5		VALVULA BECK 315.0D



CARTILLA DE BLOQUEO DE EQUIPOS No.

Fecha: \_\_\_\_\_  
 Solicitante: \_\_\_\_\_  
 Equipo a Intervenir : \_\_\_\_\_  
 Ubicación: \_\_\_\_\_

Usuario: \_\_\_\_\_  
 Contratista: \_\_\_\_\_

TRABAJO A REALIZAR (Breve descripción):

Bloqueo Eléctrico	Nombre	Fecha	Hora	Firma
DESENERGIZADO POR				
ENERGIZADO POR				

COMPONENTES DEL EQUIPO :

Código	Descripción
	Unidad de lubricación, Cojinete Motor Unidad de Lubricación piñon corona Unidad de lubricación cojinete Unidad de Lubricación Cojiente Molino MOLINO DE CEMENTO 707.00

EQUIPOS A BLOQUEAR :

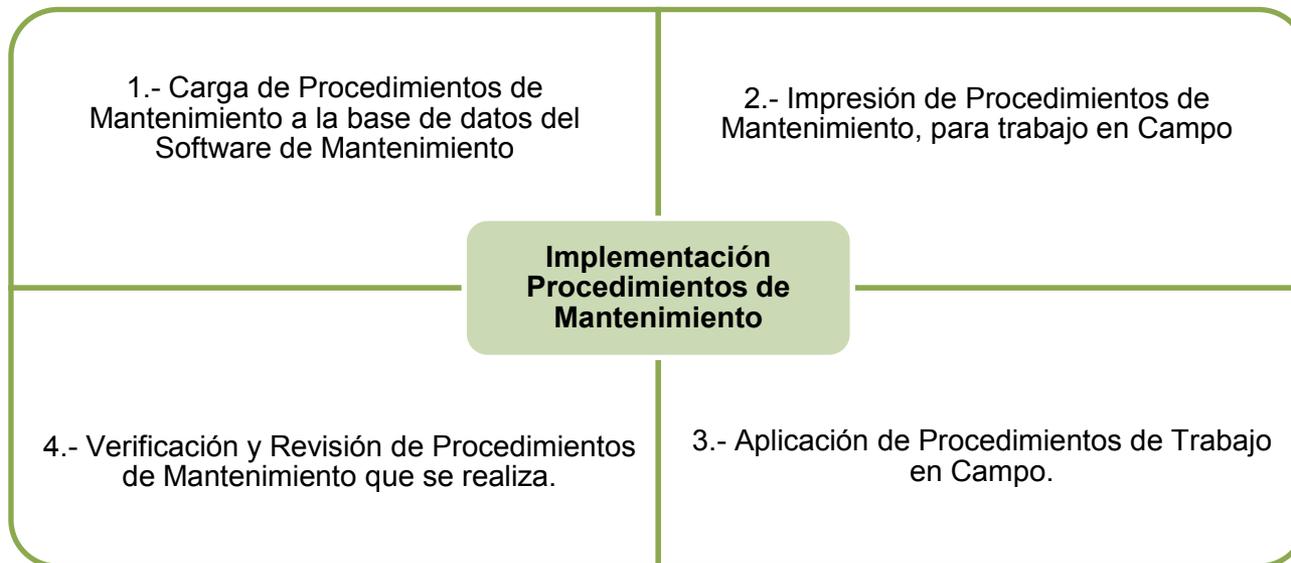
Candado No.	Equipo	Descripción	Posición MCC / Breaker	VCS	Bloquear?
1		SPRAY DE AGUA CAMARA 1 707.0H			
2		SPRAY DE AGUA CAMARA 2 707.0N			
3		BANDA TRANSPORTADORA 701.00			
4		BANDA TRANSPORTADORA 714.00			
5		MOTOR PRINCIPAL MOLINO DE CEMENTO 1			
6		VENTILADOR 709.0C			
7		VENTILADOR 720.0A			
8		ACOPLAMIENTO			
9		ACCIONAMIENTO AUXILIAR MOLINO 707.0M			
10		UNIDAD DE LUBRICACIÓN 707.0K			
11		UNIDAD DE LUBRICACIÓN 707.0L			
12		Bomba de alta presión			
13		Bomba de baja presión			
14		Bomba de alta presión			
15		Bomba de baja			
16		MOLINO DE CEMENTO 707.00			
17		MEDIDOR FLUJO DE MATERIAL 725.00			

BLOQUEO MECANICO /OTRAS FUENTES DE ENERGIA :

Candado No.	Equipo	Descripción
1		VALVULA DE AIRE A PRESIÓN DEL SPRAY
2		ACOPLAMIENTO
3		VALVULA DE CONTRAPESO
4		VALVULA DE CONTRAPESO

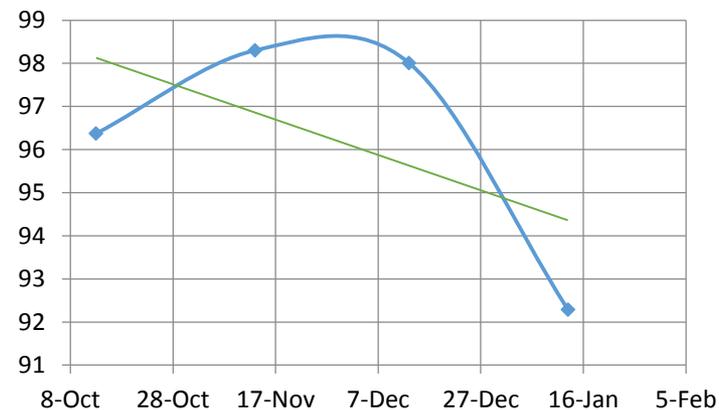
# IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

La implementación de los Procedimientos de Mantenimiento se los realiza mediante el Software de la Compañía, para lo cual se tiene el ciclo:



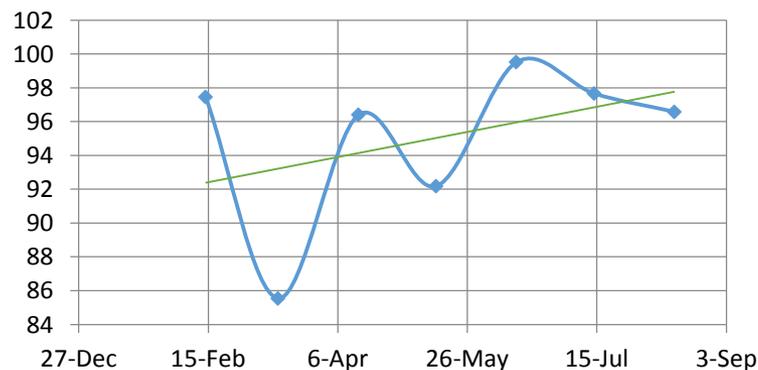
# CONFIABILIDAD DEL MOLINO DE CRUDO ANTES DEL PROYECTO

PERIODO	oct-13	nov-13	dic-13	ene-14
<b>Factor de Utilización</b>	75,19	91,28	95,44	85,71
<b>Factor de Confiabilidad</b>	96,37	98,3	98,01	92,29
<b>Número de días consecutivos sin Paro</b>	4	3	9	4
<b>Número de paros por incidente</b>	14	29	27	33
<b>Tiempo Medio Entre Fallas (H) MTBF</b>	39,96	22,66	26,3	19,32
<b>Horas Acumuladas de Paros por Incidentes (H) CHSI</b>	21,05	11,37	14,38	53,28
<b>Promedio de Paros Incidentales</b>	0,87	0,41	0,48	1,85



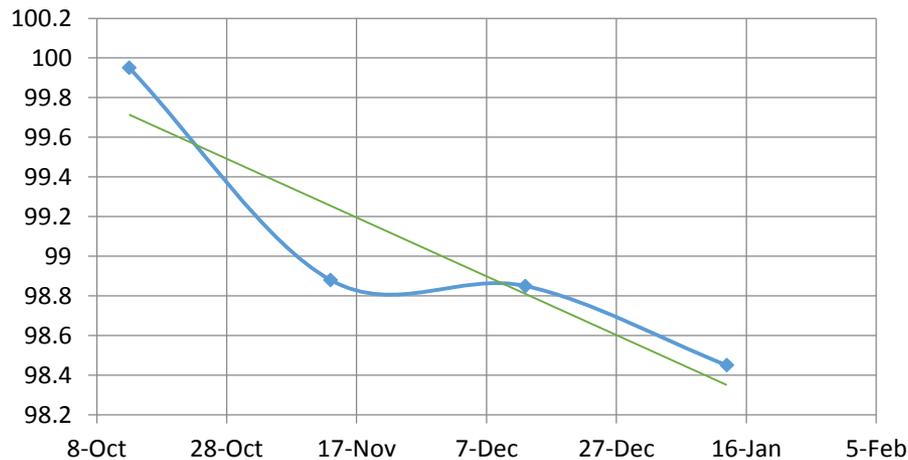
# CONFIABILIDAD DEL MOLINO DE CRUDO DESPUÉS DEL PROYECTO

PERIODO	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14
Factor de Utilización	54,75	66,7	90,85	77,24	90,44	87,38	77,92
Factor de Confiabilidad	97,46	85,55	96,4	92,18	99,52	97,66	96,58
Número de días consecutivos sin Paro	5	4	7	3	5	4	4
Número de paros por incidente	5	17	23	21	8	16	32
Tiempo Medio Entre Fallas (H) MTBF	73,59	29,19	28,44	27,37	81,39	40,63	18,12
Horas Acumuladas de Paros por Incidentes (H) CHSI	9,58	83,85	24,43	48,73	3,12	15,59	20,53
Promedio de Paros Incidentales	0,61	3,47	0,86	1,88	0,11	0,56	0,82



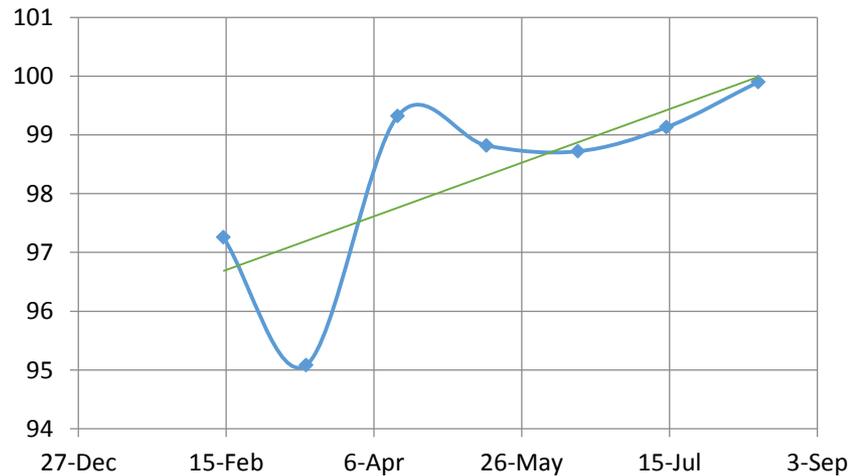
# CONFIABILIDAD DEL MOLINO DE CEMENTO ANTES DEL PROYECTO

<i>PERIODO</i>	oct-13	nov-13	dic-13	ene-14
<i>Factor de Utilización</i>	92,51	93,32	86,85	88,81
<i>Factor de Confiabilidad</i>	99,95	98,88	98,85	98,45
<i>Número de días consecutivos sin Paro</i>	13	5	11	6
<i>Número de paros por incidente</i>	1	11	8	7
<i>Tiempo Medio Entre Fallas (H) MTBF</i>	688,27	61,08	80,77	94,39
<i>Horas Acumuladas de Paros por Incidentes (H) CHSI</i>	0,33	7,62	7,5	10,42
<i>Promedio de Paros Incidentales</i>	0,01	0,27	0,28	0,37



# CONFIABILIDAD DEL MOLINO DE CEMENTO DESPUÉS DEL PROYECTO

PERIODO	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14
<b>Factor de Utilización</b>	95,83	89,1	82,91	84,86	78,66	84,42	98,83
<b>Factor de Confiabilidad</b>	97,26	95,08	99,32	98,82	98,72	99,13	99,9
<b>Número de días consecutivos sin Paro</b>	7	4	8	8	6	4	17
<b>Número de paros por incidente</b>	9	21	7	6	5	8	2
<b>Tiempo Medio Entre Fallas (H) MTBF</b>	71,55	31,57	85,28	105,22	113,27	78,51	367,63
<b>Horas Acumuladas de Paros por Incidentes (H) CHSI</b>	18,15	34,28	4,08	7,53	7,37	5,48	0,77
<b>Promedio de Paros Incidentales</b>	0,66	1,18	0,16	0,28	0,31	0,21	0,03



# SISTEMA DE SEGURIDAD FUNCIONAL OPTIMIZADO

El sistema de seguridad funcional, permite al operador o inspector, realizar las tareas de manera eficaz y oportuna, disminuyendo tiempos de rutas, al tener un Check List con funciones específicas.

**Ítem:** Descripción de actividad del componente o equipo que se analiza.

**Descripción:** Acciones correctivas a realizar.

## **Defecto del Elemento o Equipo:**

- Desgaste: Disminución de las medidas de un elemento, debido a la fricción o contacto con otros elementos.
- Grietas: Abertura o separación en un elemento, producto de cargas de trabajo.
- Incrustación: Introducción de un componente en otro, se puede dar por cargas excesivas de trabajo.
- Des-alineamiento: Presencia de una excentricidad en un elemento que rota.
- Rotura: Fragmentación de un componente en dos o más partes, pierde su forma original.

## **Estado del Elemento o Equipo:**

- Deficiente: Componentes en condiciones no aptas para trabajar
- Regular: Componente que necesita una evaluación constante, para su correcto funcionamiento
- Óptimo: Componente en condiciones de seguridad aptas para trabajar.

Ver **ANEXO E**

Ver **ANEXO F**



# TIEMPOS INHERENTES ANTES DEL PROYECTO

Equipos	Procedimiento de Trabajo Mecánicos	Procedimiento de Trabajo [HH]	N° Operadores	Tiempo [H]
Separador	Cambio de Aletas del Separador Dinámico	8	2	4
Separador	Cambio de Aletas del Separador Estático	8	2	4
Sprays de Agua	Cambio de Carcazas	6	1	6
Sprays de Agua	Cambio de Boquillas	4	1	4
Ruedas Moledoras	Reparación de protectores de pernos	6	1	6
Ruedas Moledoras	Cambio de segmentos de ruedas	10	2	5
Ruedas Moledoras	Reparación de carcasa de protección	10	2	5
Ruedas Moledoras	Cambio de felpas y cauchos	8	2	4
Ruedas Moledoras	Cambio de Rueda	60	5	12
Anillo de Gases	Reparación de placas de anillo de gases	10	2	5
Anillo de Gases	Cambio de felpas y cauchos	8	2	4
Mesa de Molienda	Cambio de Mesa	60	5	12
Reductor	Cambio de Aceite	4	2	2
Reductor	Cambio de Reductor	60	5	12
Chute de Carga	Reparación de Chute de Carga	6	1	6
Chute de Descarga	Reparación de Chute de Descarga	6	1	6
Cilindro Hidráulico	Cambio de Aceite	4	2	2
Cilindro Hidráulico	Cambio de Cilindro	24	3	8

## MOLINO DE CRUDO



# TIEMPOS INHERENTES DESPUÉS DEL PROYECTO

<i>Equipos</i>	<i>Procedimiento de Trabajo Mecánicos</i>	<i>Procedimiento de Trabajo [HH]</i>	<i>Número de Operadores</i>	<i>Tiempo total [H]</i>	
<b>Separador</b>	Cambio de Aletas del Separador Dinámico	7	2	3,5	▼
<b>Separador</b>	Cambio de Aletas del Separador Estático	7	2	3,5	▼
<b>Sprays de Agua</b>	Cambio de Carcazas	7	1	7	▲
<b>Sprays de Agua</b>	Cambio de Boquillas	5	1	5	▲
<b>Ruedas Moledoras</b>	Reparación de protectores de pernos	5	1	5	▼
<b>Ruedas Moledoras</b>	Cambio de segmentos de ruedas	8	2	4	▼
<b>Ruedas Moledoras</b>	Reparación de carcasa de protección	8	2	4	▼
<b>Ruedas Moledoras</b>	Cambio de felpas y cauchos	6	2	3	▼
<b>Ruedas Moledoras</b>	Cambio de Rueda	55	5	11	▼
<b>Anillo de Gases</b>	Reparación de placas de anillo de gases	8	2	4	▼
<b>Anillo de Gases</b>	Cambio de felpas y cauchos	7	2	3,5	▼
<b>Mesa de Molienda</b>	Cambio de Mesa	55	5	11	▼
<b>Reductor</b>	Cambio de Aceite	3	2	1,5	▼
<b>Reductor</b>	Cambio de Reductor	55	5	11	▼
<b>Chute de Carga</b>	Reparación de Chute de Carga	5	1	5	▼
<b>Chute de Descarga</b>	Reparación de Chute de Descarga	5	1	5	▼
<b>Cilindro Hidráulico</b>	Cambio de Aceite	3	2	1,5	▼
<b>Cilindro Hidráulico</b>	Cambio de Cilindro	21	3	7	▼

## MOLINO DE CRUDO



# TIEMPOS INHERENTES ANTES DEL PROYECTO

<i>Equipos</i>	<i>Procedimiento de Trabajo Mecánicos</i>	<i>Procedimiento de Trabajo [HH]</i>	<i>Número de Operadores</i>	<i>Tiempo total [H]</i>
Separador	Cambio de Aletas del Separador Dinámico	8	2	4
Separador	Cambio de Aletas del Separador Estático	8	2	4
Sprays de Agua	Cambio de Carcazas	6	1	6
Sprays de Agua	Cambio de Boquillas	4	1	4
Cámara 1	Reparación de Incrustaciones en planchaje radial.	6	1	6
Cámara 1	Reparación de Incrustaciones en Mamparas	6	1	6
Cámara 1	Reparación de Incrustaciones en tabique	6	1	6
Cámara 1	Cambio de Planchaje Radial	18	3	6
Cámara 1	Cambio de Mamparas de Entrada	18	3	6
Cámara 1	Cambio de Mamparas de Salida	18	3	6
Cámara 1	Carga de Bolas	4	2	2
Cámara 2	Reparación de Incrustaciones en planchaje radial.	4	1	4
Cámara 2	Reparación de Incrustaciones en Mamparas	4	1	4
Cámara 2	Reparación de Incrustaciones en tabique	4	1	4
Cámara 2	Cambio de Planchaje Radial	18	3	6
Cámara 2	Cambio de Mamparas de Entrada	18	3	6
Cámara 2	Cambio de Mamparas de Salida	18	3	6
Cámara 2	Carga de Bolas	4	2	2
Reductor	Cambio de Aceite	4	2	2
Reductor	Cambio de Reductor	60	5	12
Chute de Carga	Reparación de Chute de Carga	6	1	6
Chute de Descarga	Reparación de Chute de Descarga	6	1	6

## MOLINO DE CEMENTO



# TIEMPOS INHERENTES DESPUÉS DEL PROYECTO

<i>Equipos</i>	<i>Procedimiento de Trabajo Mecánicos</i>	<i>Procedimiento de Trabajo [HH]</i>	<i>Número de Operadores</i>	<i>Tiempo total [H]</i>	
<b>Separador</b>	Cambio de Aletas del Separador Dinámico	7	2	3,5	▼
<b>Separador</b>	Cambio de Aletas del Separador Estático	7	2	3,5	▼
<b>Sprays de Agua</b>	Cambio de Carcazas	4	1	4	▼
<b>Sprays de Agua</b>	Cambio de Boquillas	3	1	3	▼
<b>Cámara 1</b>	Reparación de Incrustaciones en planchaje radial.	4	1	4	▼
<b>Cámara 1</b>	Reparación de Incrustaciones en Mamparas	4	1	4	▼
<b>Cámara 1</b>	Reparación de Incrustaciones en tabique	5	1	5	▼
<b>Cámara 1</b>	Cambio de Planchaje Radial	15	3	5	▼
<b>Cámara 1</b>	Cambio de Mamparas de Entrada	15	3	5	▼
<b>Cámara 1</b>	Cambio de Mamparas de Salida	15	3	5	▼
<b>Cámara 1</b>	Carga de Bolas	3	2	1,5	▼
<b>Cámara 2</b>	Reparación de Incrustaciones en planchaje radial.	3	1	3	▼
<b>Cámara 2</b>	Reparación de Incrustaciones en Mamparas	3	1	3	▼
<b>Cámara 2</b>	Reparación de Incrustaciones en tabique	3	1	3	▼
<b>Cámara 2</b>	Cambio de Planchaje Radial	15	3	5	▼
<b>Cámara 2</b>	Cambio de Mamparas de Entrada	15	3	5	▼
<b>Cámara 2</b>	Cambio de Mamparas de Salida	15	3	5	▼
<b>Cámara 2</b>	Carga de Bolas	3	2	1,5	▼
<b>Reductor</b>	Cambio de Aceite	3	2	1,5	▼
<b>Reductor</b>	Cambio de Reductor	55	5	11	▼
<b>Chute de Carga</b>	Reparación de Chute de Carga	4	1	4	▼
<b>Chute de Descarga</b>	Reparación de Chute de Descarga	4	1	4	▼

## MOLINO DE CEMENTO



# ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

## Costos Totales del Proyecto

<b>Costos Totales</b>	<b>\$</b>	<b>12.415,49</b>
<b>Imprevistos (10%)</b>	<b>\$</b>	<b>1.241,55</b>
<b>Total Proyecto</b>	<b>\$</b>	<b>13.657.04</b>

## Porcentajes de Financiamiento

Descripción	Costo [USD]	Financiamiento		
		Estudiante	ESPE	LAFARGE
Remuneración al Estudiante	\$ 3.600,00			100%
Honorarios Profesionales	\$ 6.560,00			100%
Equipos de Seguridad Industrial y Métodos	\$ 548,67			100%
Misceláneos	\$ 456,82	100%		
Costos Indirectos	\$ 1250,00		100%	



# ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

## Ahorro Mensual Generado

Equipo	ANTES		DESPUÉS		Incremento de Producción (Ton /mes)	Ahorro / mes
	Producción (Ton / mes)	Factor de Utilización	Producción (Ton / mes)	Factor de Utilización (%)		
<b>Molino de Cemento</b>	2100	86,10%	2100	87,80%	35,7	\$3.570,00
<b>Molino de Crudo</b>	2050	75,30%	2050	77,90%	53,3	\$5.330,00
<b>Ahorro Mensual</b>						<b>\$8.900,00</b>

## Flujo de Caja Mensual

i	Mes	Desembolso	Ahorro Mensual	Flujo de Caja (Fi)	$i \times Fi$	$(Fi/(1+T))^i$
1	Enero	-6370	8900	2530	2530	2342,59
2	Febrero	-2773	8900	6127	12254	5252,91
3	Marzo	-11813	8900	-2913	-8739	-2312,43
4	Abril	-2851	8900	6049	24196	4446,19
5	Mayo	-5626	8900	3274	16370	2228,22
6	Junio	-1049	8900	7851	47106	4947,46
7	Julio	-2107	8900	6793	47551	3963,65
8	Agosto	-2130	8900	6770	54160	3657,62
<b>Σ=</b>				<b>36481</b>	<b>195428</b>	<b>24526,23</b>



# ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

VAN (Valor Actual Neto)

$$VAN = \sum \frac{Fn}{(1+i)^n} - I$$

Dónde:

- I: Valor inicial de la inversión.
- n: Número de periodos.
- F: Flujo de caja durante el periodo n.
- i: Tasa de interés.

$$VAN = 24526,23 - 13.657,04 = 10.869,19$$

TIR (Tasa Interna de Retorno)

$$TIR = \frac{-I + \sum F_n}{\sum n \times F_n}$$

Dónde:

- I: Valor de inversión inicial.
- n: Número de Periodos.
- F: Flujo de caja durante el periodo n.

$$TIR = \frac{-13.657,04 + 36.481}{195.428} = 11,68\%$$

# CONCLUSIONES

Se logra conocer e interpretar el funcionamiento y operación de cada uno de los equipos y componentes en las diferentes unidades del Molino de Crudo como del Molino de Cemento.

Las fallas funcionales y las acciones mecánicas se identifican a partir de la operación de los equipos y el levantamiento de datos en paradas de mantenimiento, apoyado en el análisis de precauciones por equipo.

Se diseñan e implementan los Procedimientos Tecnológicos de Mantenimiento basado en el análisis por falla funcional para los Molino de Crudo y de Cemento, los mencionados procedimientos se cargan a la base de datos del software de mantenimiento.

# CONCLUSIONES

Se logra conocer e interpretar el funcionamiento y operación de cada uno de los equipos y componentes en las diferentes unidades del Molino de Crudo como del Molino de Cemento.

Las fallas funcionales y las acciones mecánicas se identifican a partir de la operación de los equipos y el levantamiento de datos en paradas de mantenimiento, apoyado en el análisis de precauciones por equipo.

Se diseñan e implementan los Procedimientos Tecnológicos de Mantenimiento basado en el análisis por falla funcional para los Molino de Crudo y de Cemento, los mencionados procedimientos se cargan a la base de datos del software de mantenimiento.

# CONCLUSIONES

Se logra conocer e interpretar el funcionamiento y operación de cada uno de los equipos y componentes en las diferentes unidades del Molino de Crudo como del Molino de Cemento.

Las fallas funcionales y las acciones mecánicas se identifican a partir de la operación de los equipos y el levantamiento de datos en paradas de mantenimiento, apoyado en el análisis de precauciones por equipo.

Se diseñan e implementan los Procedimientos Tecnológicos de Mantenimiento basado en el análisis por falla funcional para los Molino de Crudo y de Cemento, los mencionados procedimientos se cargan a la base de datos del software de mantenimiento.

# CONCLUSIONES

Se logra conocer e interpretar el funcionamiento y operación de cada uno de los equipos y componentes en las diferentes unidades del Molino de Crudo como del Molino de Cemento.

Las fallas funcionales y las acciones mecánicas se identifican a partir de la operación de los equipos y el levantamiento de datos en paradas de mantenimiento, apoyado en el análisis de precauciones por equipo.

Se diseñan e implementan los Procedimientos Tecnológicos de Mantenimiento basado en el análisis por falla funcional para los Molino de Crudo y de Cemento, los mencionados procedimientos se cargan a la base de datos del software de mantenimiento.

# CONCLUSIONES

Se identifican las causas de los riesgos, para cada equipo perteneciente a las unidades de los Molinos tanto de Crudo como de Cemento, de tal manera que se obtienen as precauciones a tomar para futuros procedimientos tecnológicos de mantenimiento.

La implementación del Sistema de Seguridad Funcional evita o reduce el riesgo de un accidente, basado en los procesos tecnológicos de mantenimiento, que a su vez reducen los tiempos de parada de los equipos, por lo cual la confiabilidad de los equipos aumenta por sobre el estándar de LAFARGE Cementos S.A.

El plan de seguridad funcional para el Molino de Crudo y para el Molino de cemento se implementa a través de un checklist, el cual sirve de apoyo para el sistema de gestión integrado cuando se realizan auditorias.

# CONCLUSIONES

Se capacita al personal, para cumplir la meta de confiabilidad del 96% con apoyo de los procedimientos tecnológicos de mantenimiento necesarios.

El proyecto presenta una rentabilidad del 12.5%, con un rendimiento positivo que se añade al presupuesto del Departamento de Mantenimiento para su ejecución.

La confiabilidad de los Equipos, tanto del Molino de cemento como del Molino de Crudo después del proyecto tiene una proyección positiva, mantenimiento su tendencia por sobre el 96%, de manera que se conserva y supera el estándar mínimo como se muestra en las figuras 54 y 55.

# RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una retroalimentación en una reunión, después de cada parada de mantenimiento de los Molinos para conocer el estado y funcionamiento de cada equipo en sus diferentes unidades.

Se debe estar en constante monitoreo para identificar las fallas funcionales y acciones mecánicas, para tomar en cuenta en futuros procedimientos tecnológicos de mantenimiento.

Es oportuno que se realice el levantamiento técnico de cada equipo, en las diferentes áreas, que se encuentren anexadas al Molino de Crudo y al Molino de Cemento, puesto que se dificulta el trabajo en campo cuando no hay especificaciones o fichas técnicas.

# RECOMENDACIONES

La implementación de un sistema de seguridad funcional en las diferentes áreas de la planta, ayudará a tener un control más exhaustivo de cada uno de los equipos pertenecientes a las diferentes unidades, por lo cual es indispensable que el equipo del Sistema de Gestión Integrado trabaje en conjunto con el equipo de Mantenimiento.

Por la envergadura de la planta productora de cemento, se recomienda la implementación de equipos de trabajo específicos para cada área, debido a la experiencia de la gente que se tiene en campo la aplicación del Mantenimiento Total Productivo debe ser eficaz.

Se recomienda implementar un sistema de control de documentos para el adecuado manejo de los procedimientos de mantenimiento, además del control de nuevas modificaciones que se puedan presentar.



# PREGUNTAS

**“Haz sólo lo que amas y serás feliz, y el que hace lo que ama, está benditamente condenado al éxito, que llegará cuando deba llegar, porque lo que debe ser será, y llegará naturalmente.”**

# GRACIAS



**LAFARGE**  
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA