

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD  
PARA EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE UN  
MOLINO SAG DE 100,000 TON/DÍA**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO**

**ROBERTO ARMANDO DEZA VARGAS  
PROMOCIÓN 1993-II**

**LIMA-PERÚ  
2012**

**Dedicado a mi esposa Pilar y a  
mis hijos Roberto y María  
quienes con su soporte, amor y  
cariño me han permitido  
alcanzar esta meta**

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>PRÓLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes	3
1.2. Objetivo	4
1.3. Justificación	4
1.4. Alcance	5
<b>CAPÍTULO II: MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)</b>	<b>6</b>
2.1. La Evolución del Mantenimiento	7
2.1.1. La Primera Generación	7
2.1.2. La Segunda Generación	7
2.1.3. La Tercera Generación	8
2.1.4. Cambio de Paradigmas	12
2.2. Mantenimiento y el RCM	14
2.2.1. La confiabilidad operacional y el RCM	15
2.2.2. Las siete preguntas básicas del RCM	16
2.2.3. Aplicación del proceso del RCM	31
2.2.4. Beneficios del RCM	35
<b>CAPÍTULO III: LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y LA MOLIENDA</b>	<b>39</b>
3.1. Procesos Productivos de la Empresa Minera	41
3.1.1. Minado	41
3.1.2. Chancado	42
3.1.3. Molienda	43
3.1.4. Flotación	43

3.1.5. Mineroducto	44
3.1.6. Filtrado	45
3.1.7. Embarque	46
3.2. La Molienda y el Molino SAG	47
3.3. El Molino SAG y sus sistemas	51
<b>CAPÍTULO IV: EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOLINO SAG</b>	<b>54</b>
4.1. Subsistemas del Sistema de Lubricación	54
4.1.1. Reservorio de aceite del sistema de lubricación	56
4.1.2. El circuito de acondicionamiento de baja presión	57
4.1.3. El circuito de acondicionamiento de alta presión	58
4.1.4. El circuito de acumuladores a alta presión	62
4.1.5. Panel de control local del sistema de lubricación	65
<b>CAPÍTULO V: ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CON RCM</b>	<b>68</b>
5.1. Preparación del análisis RCM	68
5.1.1. Selección de sistema y stakeholders del análisis	69
5.1.2. Definición de los objetivos y del alcance	70
5.1.3. Selección del equipo de personas que participarán	72
5.1.4. Información del sistema seleccionado	74
5.1.5. Preparar material de soporte del análisis	75
5.2. Planificación del análisis de RCM	76
5.2.1. Identificación de otros factores que afecten la ejecución	77
5.2.2. Definir la fecha de inicio del análisis RCM	78
5.2.3. Estimar los recursos necesarios para el análisis	78
5.2.4. Presentar el plan de análisis de RCM para su aprobación	78
5.2.5. Aprobación del plan por la gerencia y stakeholders	78
5.2.6. Preparar el plan de comunicación y difusión del proyecto	78



5.2.7. Obtener los recursos para la ejecución del análisis de RCM	78
<b>5.3. Plan de Ejecución del Análisis de RCM</b>	<b>79</b>
5.3.1. Presentación de las reglas de las reuniones de análisis	80
5.3.2. Presentar el rol de todos los participantes	80
5.3.3. Presentar el equipo o sistema seleccionado	80
5.3.4. Presentar los problemas en el sistema	80
5.3.5. Presentar los objetivos del proyecto	80
5.3.6. Presentar una revisión rápida del RCM	80
5.3.7. Presentar contexto operacional	81
5.3.8. Brindar una introducción a la definición de funciones	81
5.3.9. Definir la función principal	81
5.3.10. Definir las funciones secundarias	81
5.3.11. Introducción de los dispositivos de seguridad	81
5.3.12. Definir las funciones de protección	81
5.3.13. Introducción a la definición de fallas funcionales	82
5.3.14. Definir fallas funcionales	82
5.3.15. Introducción a la definición de modos de fallas y sus efectos	82
5.3.16. Definir modos de fallas y sus efectos	82
5.3.17. Introducción sobre el uso del diagrama de decisión	82
5.3.18. Definir consecuencias y tareas de confiabilidad	82
<b>5.4. Planificación del Control del Análisis de RCM</b>	<b>83</b>
5.4.1. Establecer la comunicación con los stakeholders	83
5.4.2. Monitoreo de desviaciones del plan de trabajo	83
5.4.3. Tomar las acciones correctivas necesarias	84
5.4.4. Ajustar el plan original de trabajo	84
5.4.5. Manejo de los recursos necesarios	84

5.4.6. Manejo de los conflictos durante el proyecto	84
5.5. Planificación del cierre del proyecto de análisis	84
5.5.1. Preparación del reporte final del proyecto	84
5.5.2. Revisión del proceso de análisis y sus resultados	85
5.5.3. Reconocimiento de los logros	85
5.6. Plan para la implementación óptima e inmediata de los resultados	85
5.6.1. Incorporar la información al RCM Toolkit	85
5.6.2. Adecuar las tareas generadas a los nuevos procesos	86
5.6.3. Tomar las acciones correctivas necesarias	86
5.6.4. Preparar plan para aprovechar los resultados del análisis	86
5.6.5. Preparar el plan futuro de análisis RCM en la empresa	86
5.7. Metodología y Ejecución del Plan de Análisis RCM	87
5.7.1. Metodología del análisis RCM	87
5.7.2. Funciones y su registro en el análisis	87
5.7.3. Fallas funcionales y su registro en el análisis	88
5.7.4. Análisis de modos de falla y sus efectos (AMFE)	89
5.7.5. El proceso de decisión de RCM	93
5.8. Resultados del análisis RCM del sistema de lubricación	97
5.8.1. Principales tareas de confiabilidad propuestas	98
<b>CAPÍTULO VI: COSTOS Y BENEFICIOS DEL PLAN</b>	<b>112</b>
6.1. Costos de elaborar el plan	112
6.1.1. Costos de personal de la empresa	112
6.1.2. Costos de consultoría RCM	113
6.2. Cálculo de los costos de una falla en el sistema de lubricación	114
6.2.1. Cálculo del ingreso neto (NSR)	114
6.2.2. Cálculo del ingreso perdido por una paralización	115

<b>6.3. Análisis del Costo-beneficio de implementar este plan</b>	<b>116</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>119</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>120</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>122</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b>	<b>Expectativas de Mantenimiento</b>	<b>9</b>
<b>Figura 2.2</b>	<b>Cambios en los puntos de vista sobre los fallos de los equipos</b>	<b>10</b>
<b>Figura 2.3</b>	<b>Cambios en las técnicas de mantenimiento</b>	<b>11</b>
<b>Figura 2.4</b>	<b>Perspectiva tradicional de falla</b>	<b>23</b>
<b>Figura 2.5</b>	<b>Patrones de falla</b>	<b>24</b>
<b>Figura 2.6</b>	<b>Proceso de Selección de Tareas de RCM</b>	<b>30</b>
<b>Figura 2.7</b>	<b>Grupo de Revisión de RCM Típico</b>	<b>33</b>
<b>Figura 3.1</b>	<b>Esquema de los principales procesos de la mina</b>	<b>40</b>
<b>Figura 3.2</b>	<b>Esquema del Proceso de Molienda</b>	<b>48</b>
<b>Figura 3.3</b>	<b>Esquema general del diseño de un molino SAG</b>	<b>52</b>
<b>Figura 3.4</b>	<b>Principales Sistemas de un molino SAG</b>	<b>53</b>
<b>Figura 4.1</b>	<b>Esquema de Sistema y Subsistemas de Lubricación</b>	<b>55</b>
<b>Figura 5.1</b>	<b>Preparación previa a la ejecución del análisis RCM</b>	<b>68</b>
<b>Figura 5.2</b>	<b>Preparación del plan para la ejecución del análisis RCM</b>	<b>77</b>
<b>Figura 5.3</b>	<b>Ejecución del plan para el análisis RCM</b>	<b>79</b>
<b>Figura 5.4</b>	<b>Planificación del control del análisis RCM</b>	<b>83</b>
<b>Figura 5.5</b>	<b>Planificación del cierre del proyecto de análisis</b>	<b>84</b>

<b>Figura 5.6</b>	<b>Plan para la implementación óptima de los resultados</b>	<b>85</b>
<b>Figura 5.7</b>	<b>Metodología empleada en el Análisis RCM</b>	<b>87</b>
<b>Figura 5.8</b>	<b>Ejemplo de una función listada en la Hoja de Información</b>	<b>88</b>
<b>Figura 5.9</b>	<b>Ejemplos de fallas funcionales en la Hoja de Información</b>	<b>89</b>
<b>Figura 5.10</b>	<b>Ejemplos de modos de falla en la Hoja de Información</b>	<b>90</b>
<b>Figura 5.11</b>	<b>Ejemplos de efectos de falla en la Hoja de Información</b>	<b>91</b>
<b>Figura 5.12</b>	<b>Hoja de Información. Página 01 de 41</b>	<b>92</b>
<b>Figura 5.13</b>	<b>Diagrama de Decisión</b>	<b>95</b>
<b>Figura 5.14</b>	<b>Correlación entre las Hojas de Información y de Decisión</b>	<b>96</b>
<b>Figura 5.15</b>	<b>Tareas de confiabilidad propuestas por el análisis RCM</b>	<b>97</b>
<b>Figura 5.16</b>	<b>Hoja de Decisión. Página 01 de 12</b>	<b>100</b>
<b>Figura 5.17</b>	<b>Hoja de Decisión. Página 02 de 12</b>	<b>101</b>
<b>Figura 5.18</b>	<b>Hoja de Decisión. Página 03 de 12</b>	<b>102</b>
<b>Figura 5.19</b>	<b>Hoja de Decisión. Página 04 de 12</b>	<b>103</b>
<b>Figura 5.20</b>	<b>Hoja de Decisión. Página 05 de 12</b>	<b>104</b>
<b>Figura 5.21</b>	<b>Hoja de Decisión. Página 06 de 12</b>	<b>105</b>
<b>Figura 5.22</b>	<b>Hoja de Decisión. Página 07 de 12</b>	<b>106</b>
<b>Figura 5.23</b>	<b>Hoja de Decisión. Página 08 de 12</b>	<b>107</b>
<b>Figura 5.24</b>	<b>Hoja de Decisión. Página 09 de 12</b>	<b>108</b>

<b>Figura 5.25</b>	<b>Hoja de Decisión. Página 10 de 12</b>	<b>109</b>
<b>Figura 5.26</b>	<b>Hoja de Decisión. Página 11 de 12</b>	<b>110</b>
<b>Figura 5.27</b>	<b>Hoja de Decisión. Página 12 de 12</b>	<b>111</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 6.1</b>	<b>Costo del personal que intervino en el análisis RCM</b>	<b>113</b>
<b>Tabla 6.2</b>	<b>Cálculo del Ingreso Neto (NSR) de los metales extraídos</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 6.3</b>	<b>Cálculo de la perdida por ventas en minerales M1, M2 y M3</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 6.4</b>	<b>Cálculo de la perdida por ventas en minerales M4, M4A y M6</b>	<b>116</b>

## PRÓLOGO

**Este informe nos presenta el desarrollo de un proyecto que busca mejorar las estrategias de mantenimiento, de un sistema de lubricación de un molino SAG para una empresa de la gran minería, empleando la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.**

**El informe consta de seis capítulos los cuales tienen el contenido que se detalla a continuación.**

**En el capítulo uno se establece los antecedentes, objetivos, justificación, alcance y limitaciones de la metodología empleada en el presente informe.**

**En el capítulo dos se hace referencia al marco teórico que sustenta la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés), metodología que sirve para el desarrollo del proyecto mostrado en el presente informe.**

**En el capítulo tres se muestra el contexto operacional, mostrándonos en detalle los procesos de la empresa minera y en especial el de la molienda, dentro del cual se desempeña el molino SAG y su sistema de lubricación, cuyo proceso de mantenimiento va a ser analizado por el proyecto del informe.**

**En el capítulo cuatro se muestra en detalle el sistema de lubricación del molino SAG y los límites del mismo, el cual va a ser el sistema a ser analizado en el presente informe.**



En el capítulo cinco se detalla como se elabora el plan del proyecto para el análisis RCM para este sistema, como se lleva a cabo su ejecución y los resultados que de este análisis se obtienen.

Por último, en el capítulo seis se analizan los costos que demandó elaborar este proyecto y los beneficios que un análisis bajo la metodología nos puede brindar, no solo en el plano económico sino también en la mejora del sistema que se quiere mantener y en el desarrollo de una cultura basada en la confiabilidad.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1. Antecedentes**

La Empresa Minera emprendió a mediados del año 2003, un proceso de revisión de los factores claves para un mantenimiento efectivo y eficiente de sus equipos de producción y de planta. Durante este proceso de análisis, se hizo evidente que los sistemas existentes, que apoyan la gestión de mantenimiento, eran inadecuados para el mantenimiento moderno que nuestra operación minera requiere.

También se reconoció que un mantenimiento moderno, requiere procesos de mantenimiento bien diseñados y una organización bien estructurada y alineada con la estrategia de la empresa.

Debido a esto, se decidió la implementación piloto de una herramienta moderna de generación de estrategias de mantenimiento, para garantizar un nivel alto de confiabilidad en los activos, bajo la metodología del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM).

El Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) es una metodología de amplia aplicación en la industria mundial que persigue la confiabilidad operacional de los activos y ha probado su eficacia en industrias como la aviación, energía nuclear, química, hidrocarburos y minería, entre otras.

El molino SAG es uno de los equipos más críticos para las operaciones de la Empresa Minera, tanto por su impacto en la producción como por el diseño de

sus partes. Este molino cuenta con sistemas internos independientes que también son críticos ya que la falla de cualquiera de ellos ocasiona la parada inevitable del molino.

La razón principal de elegir el Sistema de Lubricación para el piloto es que una falla grave en el mismo ocasiona una parada mayor a 5 días del molino SAG y fallas en este sistema ya ha ocurrido en más de 2 oportunidades desde que empezaron las operaciones en el 2001.

## **1.2. Objetivo**

Elaborar un plan de mantenimiento para el sistema de lubricación de un molino SAG de 100,000 toneladas métricas por día de capacidad, empleando la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), que permita sostener e incrementar la disponibilidad operacional del molino y la confiabilidad de la producción de concentrados.

## **1.3. Justificación**

En las Operaciones de la Concentradora de la Empresa Minera, el Molino SAG es uno de los equipos más críticos por su impacto en la producción de concentrados y, desde el punto de su mantenimiento, por el diseño de sus partes.

En el Molino SAG existen siete sistemas internos independientes los cuales también son de alta criticidad:

- Sistema de Lubricación.
- Sistema Hidráulico de Chute de Alimentación.
- Sistema Hidráulico de los Frenos del Molino.
- Sistema Motriz y Cicloconvertidores.
- Sistema de Monitoreo y Control.
- Sistema de Elementos de Desgaste (Liners).
- Sistema de Retomo de Mineral.

El impacto de la falla de uno de estos sistemas ocasionaría una parada inevitable del Molino SAG, cada uno con tiempos diferentes para solucionar sus fallas. Uno de los impactos más resaltantes es la falla del Sistema de Lubricación, la cual originaría una parada inevitable del Molino SAG. Además la falla del Sistema de Acumuladores, subsistema del Sistema de Lubricación, ocasionaría daños en los cojinetes (Bearings Pads) y el riel axial (Trust Rail) del Molino SAG, cuya reparación tomaría aproximadamente 7 días. Esta parada del Molino SAG representaría pérdidas en ingresos por ventas de más de 37 millones de dólares.

#### **1.4. Alcance**

El alcance del análisis del plan involucra el Sistema de Lubricación del Molino SAG, desde los motores eléctricos de las bombas hasta las líneas y tuberías que alimentan a los cojinetes (Bearing Pads), involucrando a sus 4 subsistemas principales: Reservorio de Aceite, Sistema de Acondicionamiento, Sistema de Alta Presión, Sistema de Acumuladores (suministro de emergencia).

## **CAPITULO II**

### **MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)**

La idea del mantenimiento está cambiando; los cambios son debidos a un aumento de mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades del mismo. El mantenimiento está reaccionando ante nuevas expectativas. Estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, y un aumento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se optimizan.

Frente a esta avalancha de cambios, el personal que dirige el mantenimiento está buscando un nuevo camino. Quiere evitar equivocarse cuando se toma alguna acción de mejora. Trata de encontrar un marco de trabajo estratégico que sintetice los nuevos avances en un modelo coherente, de forma que puedan evaluarlos racionalmente y aplicar aquellos que sean de mayor valía para ellos y sus compañías.

La filosofía que provee justamente ese esquema de trabajo se llama Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad o RCM (Reliability Centred Maintenance). Si se aplica correctamente, RCM transforma la relación entre el personal involucrado, la planta en sí misma, y el personal que tiene que hacerla funcionar y mantenerla. También permite poner en funcionamiento nueva maquinaria en menos tiempo, con seguridad y precisión.

## **2.1. La Evolución del Mantenimiento**

Desde la década de los años 30 del siglo pasado se puede trazar la evolución del mantenimiento a través de tres generaciones.

### **2.1.1. La Primera Generación**

La primera generación comprende un periodo que abarca hasta la Segunda Guerra Mundial. En ese periodo la industria no estaba muy mecanizada por lo que el tiempo de parada de la máquina no era de mucha importancia. Esto indicaba que la prevención de las fallas de los equipos no era una prioridad para una gran parte de los gerentes. Al mismo tiempo, la mayoría de los equipos eran muy simples y muchos de ellos estaban sobredimensionados. Esto los volvía confiables y fáciles de reparar. Como resultado de esto no había necesidad de realizar un mantenimiento sistémico que no sea algo mas de una simple rutina de limpieza, servicio y lubricación. Se requerían menos habilidades para realizar el mantenimiento que los que se requieren en la actualidad.

### **2.1.2. La Segunda Generación**

Todo cambió muy drásticamente durante la Segunda Guerra Mundial. La presión de los tiempos de guerra incrementó la demanda de todo tipo de bienes al mismo tiempo que el número de trabajadores industriales decaía abruptamente. Esto produjo un incremento de la mecanización. Ya en los años 50 del siglo pasado había aumentado la cantidad y la complejidad de todo tipo de máquinas y la industria estaba dependiendo grandemente de ellas.

Al crecer esta dependencia, la atención en el tiempo de parada comenzó a aumentar. Y esto llevó a la idea de que las fallas en las máquinas podían y debían ser prevenidas, dando lugar al concepto de "Mantenimiento Preventivo". En los años 60 del siglo pasado esto se tradujo principalmente en reparaciones mayores a intervalos regulares de tiempo preestablecidos.

El costo del mantenimiento creció muy rápidamente con relación a los otros costos operativos. Esto llevó al desarrollar e implementar sistemas de planeamiento y control del mantenimiento. Estos sistemas ayudaron a que el mantenimiento se tenga bajo control y ya son parte de la práctica común del mantenimiento.

Finalmente, la suma del capital ligado a los activos fijos junto con el gran incremento del costo de este capital llevó a las empresas industriales a buscar nuevas maneras de maximizar la vida útil de estos activos/bienes.

### **2.1.3. La Tercera Generación**

A partir de mediados de los años 70 del siglo pasado la industria ha sufrido un proceso de cambio muy grande. Los cambios dentro de este proceso pueden agruparse en tres rubros principales: nuevas expectativas, nuevas investigaciones y nuevas técnicas; los cuales serán detallados a continuación.

#### **Nuevas Expectativas**

La figura 2.1 muestra un resumen de la evolución en las expectativas de Mantenimiento durante las tres generaciones.

En la décadas de los sesenta y setenta el tiempo de parada de máquina ya era una preocupación en los sectores mineros, manufactureros y de transporte, ya

que el mismo afecta la capacidad la capacidad de producción de los activos físicos, incrementa los costos operacionales y afecta el servicio al cliente. Esto se hizo aún más patente con la tendencia mundial hacia los sistemas de producción Justo a Tiempo (Just in Time) en donde los reducidos inventarios en proceso hacen que pequeñas fallas o averías puedan causar la parada de toda la planta. Esto creó nuevas demandas en la función del mantenimiento para prevenir estas fallas o averías.

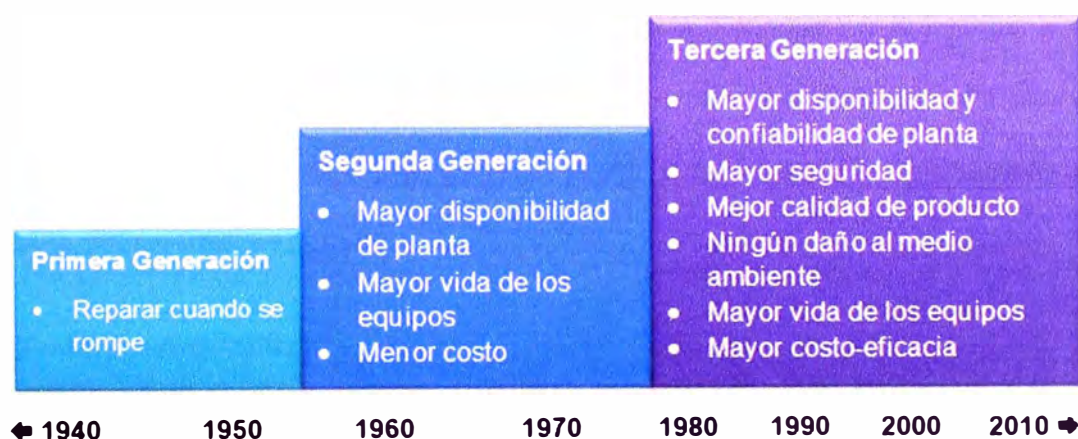


Figura 2.1 Expectativas de Mantenimiento

La mayor automatización también ocasionó que más fallas afecten las condiciones de los equipos y su capacidad de mantener los parámetros de calidad satisfactorios del producto. Al mismo tiempo se siguen incrementando los parámetros de calidad de los productos. Esto crea aún una mayor demanda para la función de mantenimiento.

También tenemos que muchas fallas tienen consecuencias muy serias sobre la seguridad y el medio ambiente y los estándares de estas dos áreas se siguen elevando en todo el mundo, tanto que ya en muchas partes si estos no son



cumplidos pueden ocasionar que la planta deje de operar, por lo que se torna en una cuestión de supervivencia de la organización.

Como consecuencia de la creciente dependencia a los activos físicos también crece el costo de tenerlos y operarlos. Por ello se deben mantenerse trabajando eficientemente tanto tiempo como se requieran para asegurar el máximo retorno de la inversión que representa tenerlos.

Por último, el costo de mantenimiento sigue aumentando, tanto en términos absolutos como en proporción con el costo total. En algunas industrias ya es segundo o primer rubro de más alto costo y, por ello, en alrededor de 30 años ha pasado de ser casi un costo sin importancia a estar entre los más prioritarios gastos del control de costos.

### **Nueva Investigación**

Mucho más allá de las nuevas expectativas, la nueva investigación está cambiando las creencias más básicas acerca del mantenimiento. En particular, se hace aparente ahora que hay una menor conexión entre el tiempo que lleva un equipo funcionando y sus posibilidades de falla.

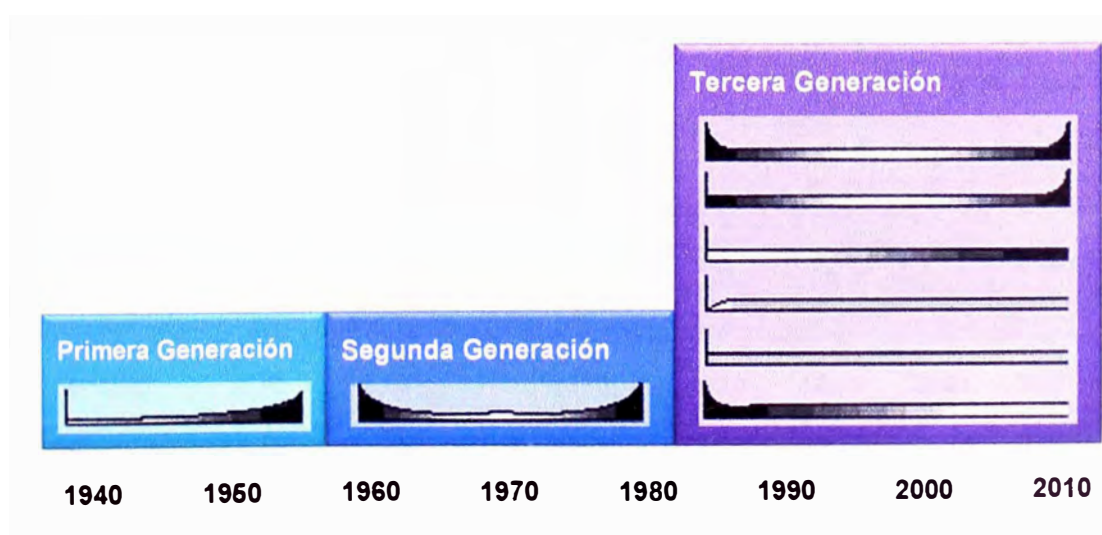


Figura 2.2 Cambios en los puntos de vista sobre los fallos de los equipos

La figura 2.2 muestra como el punto de vista acerca de los fallos, en un principio, era simplemente asociado a que cuando los elementos físicos envejecen tienen más posibilidades de fallo, mientras que un conocimiento creciente acerca del desgaste por el uso, durante la Segunda Generación, llevó a la creencia general en la "Curva de la Bañera". Sin embargo, la investigación hecha por la Tercera Generación ha revelado que en la práctica actual no solo ocurre un modelo de fallo sino seis diferentes y ha causado un efecto profundo sobre el mantenimiento.

### Nuevas Técnicas

Ha habido un incremento explosivo en los nuevos conceptos y técnicas de mantenimiento. Se cuenta ahora con centenares de ellos y surgen cada vez más. La figura 2.3 muestra un resumen de la evolución en las técnicas de mantenimiento durante las tres generaciones.

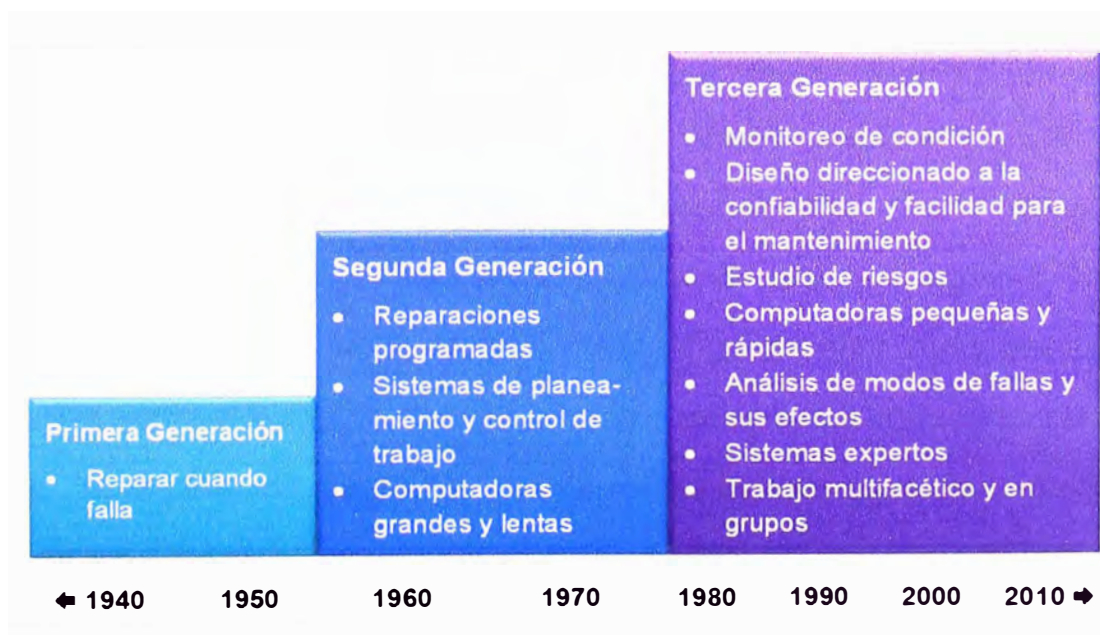


Figura 2.3 Cambios en las técnicas de mantenimiento

El problema al que se enfrenta el personal del mantenimiento, hoy en día, no es solo el aprender cuáles son esas nuevas técnicas, sino también el ser capaz de decidir cuáles son útiles y cuáles no los son para sus propias empresas. Si se elige adecuadamente, es posible que se mejore el rendimiento de los activos a la vez que se mantenga, e incluso reduzca, el costo del mantenimiento. Si se elige mal, se puede crear más problemas a la vez que se hacen más graves los existentes.

#### **2.1.4. Cambio de paradigmas**

Actualmente es ampliamente aceptado que la aviación comercial es la forma más segura para viajar. Al presente, las aerolíneas comerciales sufren menos de dos accidentes por millón de despegues. Pero, hacia el final de los años 1950, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por millón de despegues. Si actualmente se estuviera presentando la misma tasa de accidentes, se estarían oyendo sobre dos accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo (involucrando aviones de 100 pasajeros o más). Dos tercios de los accidentes ocurridos al final de los años 1950 eran causados por fallas en los equipos. Esta alta tasa de accidentalidad, sumada al auge de los viajes aéreos, significaba que la industria tenía que empezar a hacer algo para mejorar la seguridad. El hecho de que una tasa tan alta de accidentes fuera causada por fallas en los equipos significaba que, al menos inicialmente, el principal enfoque tenía que hacerse en la seguridad de los equipos. En esos días, "mantenimiento" significaba una cosa: reparaciones periódicas. Todos esperaban que los motores y otras partes importantes se gastaran después de cierto tiempo. Esto los condujo a creer que las reparaciones periódicas retendrían las piezas antes de que gastaran y así prevenir fallas. Cuando la

idea parecía no estar funcionando, cada uno asumía que ellos estaban realizando muy tardíamente las reparaciones: después de que el desgaste se había iniciado. Naturalmente, el esfuerzo inicial era para acortar el tiempo entre reparaciones. Cuando hacían las reparaciones, los gerentes de mantenimiento de las aerolíneas hallaban que en la mayoría de los casos, los porcentajes de falla no se reducían y por el contrario se incrementaban.

La historia de la transformación del mantenimiento en la aviación comercial desde un cúmulo de supuestos y tradiciones hasta llegar a un proceso analítico y sistemático que hizo de la aviación comercial “La forma más segura para viajar” es la historia del RCM.

El RCM es uno de los procesos desarrollados durante los años 1960 y 1970, en varias industrias con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las mejores políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y para manejar las consecuencias de sus fallas. De estos procesos, el RCM es el más directo. El RCM fue originalmente definido por los empleados de la United Airlines, Stanley Nowlan y Howard Heap, en su libro “Reliability Centered Maintenance” (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) el libro que dio nombre al proceso. Este libro fue la culminación de 20 años de investigación y experimentación con la aviación comercial de los USA, un proceso que produjo el documento presentado en 1968, llamado Guía MSG-1 “Evaluación del Mantenimiento y Desarrollo del Programa”, y el documento presentado en 1970 para la “Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes y Aerolíneas”, ambos documentos fueron patrocinados por la ATA (Air Transport Association of America – Asociación de Transportadores Aéreos de USA).

En 1980, la ATA produjo el MSG-3, "Documento Para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas". El MSG-3 fue influenciado por el libro de Nowlan y Heap. El MSG-3 ha sido revisado dos veces, la primera vez en 1988 y nuevamente en 1993, y es el documento que hasta el presente lidera el desarrollo de programas iniciales de mantenimiento planeado para la nueva aviación comercial.

En casi todos los campos de la industria el RCM se está volviendo fundamental para la custodia responsable de los activos físicos. No existe ninguna otra técnica para determinar la cantidad mínima segura de tareas que deben ser realizadas para preservar las funciones de los activos físicos, principalmente en situaciones críticas o peligrosas. El creciente reconocimiento mundial del fundamental papel que juega el RCM en la formulación de las estrategias de administración de activos físicos, y la importancia de aplicar el RCM correctamente, condujo a la American Society of Automotive Engineers a publicar la norma SAE JA1011: "Criterio de Evaluación del Proceso de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad" (Ver el Apéndice A).

## **2.2. Mantenimiento y el RCM**

Todo activo físico es puesto en funcionamiento porque alguien quiere que haga algo o, en otras palabras, espera que cumpla una función o ciertas funciones específicas. El objetivo básico de cualquier gestión de mantenimiento consiste en mantener y/o incrementar la disponibilidad de los activos, al costo mas bajo, permitiendo que dichos activos funcionen de forma eficiente y confiable dentro de un contexto operacional. En otras palabras, el mantenimiento debe asegurar

que los activos continúen cumpliendo las funciones para las cuales fueron diseñados.

## Mantenimiento

- **Asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan**

### **2.2.1. La Confiabilidad Operacional y el RCM**

La confiabilidad operacional es la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente, que debe hacerse para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario en el contexto operacional presente. Un aspecto clave de la metodología RCM es reconocer que el mantenimiento asegura que un activo continúe cumpliendo su misión de forma eficiente en el contexto operacional. La definición de este concepto se refiere a cuando el valor del estándar de funcionamiento deseado sea igual, o se encuentre dentro de los límites del estándar de ejecución asociado a su capacidad inherente (de diseño) o a su confiabilidad inherente (de diseño).

- La capacidad inherente (de diseño) y la confiabilidad inherente (de diseño) limitan las funciones de cada activo.

- El mantenimiento, la confiabilidad operacional y la capacidad del activo no pueden aumentar más allá de su nivel inherente (de diseño).
- El mantenimiento sólo puede lograr mejorar el funcionamiento de un activo cuando el estándar de ejecución esperado de una determinada función del activo está dentro de los límites de la capacidad de diseño o de la confiabilidad de diseño del mismo.

Desde este punto de vista, el RCM, no es más que una herramienta de gestión del mantenimiento, que nos lleva a la siguiente definición:

## RCM

- Un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual

### **2.2.2. Las Siete Preguntas Básicas del RCM**

El RCM se centra en la relación que existe entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente, se necesita saber qué tipo de elementos físicos existen en la empresa, y decidir cuáles son los que deben estar sujetos al proceso de revisión del RCM. En la mayoría de los casos, esto significa que se debe de realizar un registro de equipos completo si no se tiene ya uno.

Luego el RCM realiza siete preguntas, básicas para este proceso, acerca de cada uno de los elementos seleccionados, las que se indican a continuación:

- ¿Cuáles son las funciones? (funciones y criterios de funcionamiento).
- ¿De qué forma falla? (fallas funcionales).
- ¿Qué causa la falla? (modos de falla).
- ¿Qué sucede cuando hay falla? (efectos de las fallas).
- ¿Qué ocurre si falla? (consecuencia de las fallas).
- ¿Qué se puede hacer para prevenir las fallas? (tareas preventivas).
- ¿Qué sucede si no puede prevenirse las fallas? (tareas “a falta de”).

A continuación se brinda un mayor detalle de las mismas.

### **Funciones y sus Estándares de Funcionamiento**

Cada elemento de los equipos debe de haberse adquirido para unos propósitos determinados. En otras palabras, deberá tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afecta a la organización en cierta manera. La influencia total sobre la organización depende de:

- La función de los equipos en su contexto operacional.
- El comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

Como resultado de esto el proceso de RCM comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional.



Cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible.

Lo que los usuarios esperan que pueda ser realizado por los activos puede ser dividido en dos categorías:

- **Funciones primarias:** Que resumen el porqué de la adquisición del activo en primera instancia. Esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad de carga o almacenaje, calidad de producto y servicio al cliente.
- **Funciones secundarias:** Que indican que se espera de cada activo que haga más de allá de simplemente cubrir sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regularizaciones ambientales, y hasta la apariencia del activo.

Los usuarios de los activos generalmente están en la mejor posición para saber exactamente que contribuciones operativas y financieras realiza el activo para el bienestar de la organización como un todo. Por ello, es esencial que estén involucrados en el proceso de RCM desde el comienzo.

### **Fallas Funcionales**

Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas de funcionamiento asociadas al activo en revisión. El único hecho que puede hacer que un activo no pueda desempeñar conforme a los parámetros requeridos por su usuario es alguna clase de falla. Esto sugiere que el

mantenimiento cumple sus objetivos al aplicar un abordaje apropiado en el manejo de una falla. Sin embargo, antes de poder aplicar herramientas apropiadas para el manejo de una falla, necesitamos identificar que fallas pueden ocurrir.

El proceso RCM lo hace en dos niveles:

- En primer lugar, identificas las circunstancias que llevan a la falla.
- Luego se preguntan que eventos pueden causar que el activo falle.

En el RCM, los estados de fallas son conocidos como fallas funcionales porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable.

Sumando a la incapacidad total de funcionar, esta definido abarca fallas parciales en las que el activo todavía funciona pero con un nivel de desempeño inaceptable (incluyendo las situaciones en las que el activo no puede mantener lo niveles de calidad o precisión). Pero estas solo pueden ser claramente identificadas luego de haber definido las funciones y parámetros de funcionamiento del activo.

### **Modos de Falla**

Como se menciona en el párrafo anterior, una vez que se ha identificado la falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar todos los hechos que pueden haber causado cada estado de falla. Estos hechos se denominan modos de fallas. Los modos de fallas posibles incluyen aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo contexto. También incluyen fallas que actualmente están siendo prevenidas por regímenes de

mantenimiento existentes, así como fallas que aun no han ocurrido pero son consideradas altamente posibles en el contexto en cuestión.

La mayoría de las listas tradicionales de modos de falla incorporan fallas causadas por el deterioro o desgaste por uso normal. Sin embargo, para que todas las causas probables de falla en los equipos puedan ser identificadas y resueltas adecuadamente, esta lista debe incluir fallas causadas por errores humanos (por parte de los operadores y el personal de mantenimiento) y errores de diseño. También es importante identificar la causa de cada falla con suficiente detalle para asegurarse de no desperdiciar tiempo y esfuerzo intentado tratar síntomas en lugar de causas reales. Por otro lado, es igualmente importante asegurarse de no perder el tiempo en el análisis mismo al concentrarse demasiados en los detalles.

### **Efectos de Falla**

El cuarto paso en el proceso de RCM consiste en hacer un listado de los efectos de las fallas, que describe lo que ocurre cuando acontece cada modo de falla. Esta descripción debe incluir toda la información necesaria y sirve para apoyar la evaluación de las consecuencias de las fallas, tales como:

- Que evidencia existe (si la hay) de que la falla ha ocurrido.
- De que modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si es que la representa).
- De que manera afecta a la producción o a las operaciones (si las afecta).
- Que daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

## **Consecuencias de la Falla**

Un análisis detallado, de cualquier empresa industrial promedio, probablemente muestre entre tres y diez mil posibles modos de falla. Cada una de estas fallas afecta a la organización de algún modo, pero en cada caso, los efectos son diferentes. Puede afectar las operaciones. También puede afectar a la calidad del producto, al servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente. Y todas tomaran tiempo y costarán dinero para ser reparadas.

Un punto fuerte del RCM es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus aspectos técnicos. De hecho reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas sino evitar o reducir las consecuencias de las mismas. El proceso de RCM clasifica estas consecuencias en cuatro grupos, de la siguiente forma:

- **Consecuencias de fallas ocultas:** las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples, con consecuencias serias y hasta catastróficas. (la mayoría está asociada a sistemas de protección sin seguridad inherente).
- **Consecuencias ambientales y para la seguridad:** una falla tiene consecuencias para la seguridad si puede herir o matar alguna persona. Tienen consecuencias ambientales si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional o internacional.
- **Consecuencias operacionales:** si afecta la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente o costos operacionales) además del costo directo de la reparación.

- **Consecuencias no operacionales:** las fallas que caen en esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, solo se relacionan con el costo directo de la reparación.

Son estas consecuencias las que fuertemente influyen el intento de prevenir cada falla. Si una falla tiene serias consecuencias, haremos un gran esfuerzo para intentar evitarla. Por otro parte, si tiene consecuencias leves o no las tiene, quizás decidamos no hacer más mantenimiento de rutina que una simple limpieza y lubricación básicas.

Luego veremos como el proceso de RCM hace uso de estas categorías como la base de su marco de trabajo estratégico para la toma de decisiones en el mantenimiento. Al establecer una revisión obligada de la consecuencia de cada modo de falla en relación a las categorías ya mencionadas, integra los objetivos operacionales, ambientales y de seguridad a la función de mantenimiento. Esto contribuye a incorporar la seguridad y medio ambiente en la corriente principal de gestión del mantenimiento.

El proceso de evaluación de las consecuencias también cambia el énfasis en la idea de que toda falla es negativa y debe ser prevenida. De esta manera localiza la atención sobre las actividades de mantenimiento que tienen el mayor efecto sobre el desempeño sobre la organización, y resta importancia a aquellas que tienen escasos efectos. También nos alienta a pensar de una manera más amplia acerca de diferentes maneras de manejar las fallas, más que concentrarnos en prevenirlas. Las técnicas de manejo de falla se dividen en dos categorías:

- Tareas proactivas: estas tareas se emprenden antes de que ocurra una falla, para prevenir que el ítem llegue al estado de falla. Abarca lo que se conoce tradicionalmente como el mantenimiento "predictivo" o "preventivo", aunque veremos luego que RCM utiliza los términos reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y mantenimiento a condición.
- Acciones "a falta de": estas tratan directamente con el estado de falla, y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Las acciones "a falta de" incluyen búsqueda de falla, rediseñar y mantenimiento a rotura (correctivo).

### Tareas Proactivas

La mayoría de la gente cree que el mejor modo de mejorar al máximo la disponibilidad de la planta es hacer algún tipo de mantenimiento de forma rutinaria. El conocimiento de la Segunda Generación sugiere que esta acción preventiva debe de consistir en una reparación del equipo o cambio de componentes a intervalos fijos.

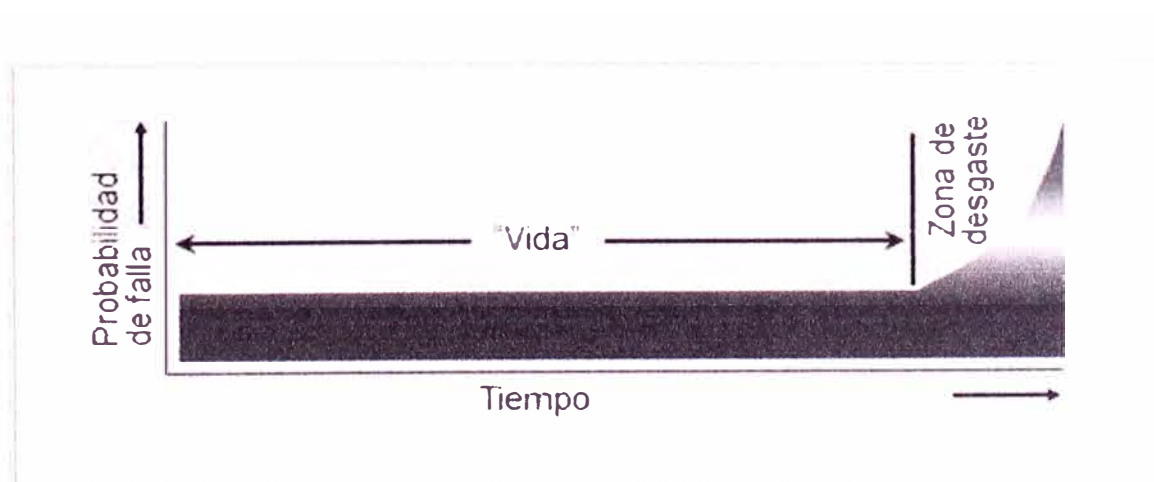


Figura 2.4 Perspectiva tradicional de falla

Como se ve en la figura 2.4, supone que la mayoría de los elementos funcionan con precisión para un período y luego se deterioran rápidamente. El pensamiento tradicional sugiere que un histórico extenso acerca de las fallas anteriores permitirá determinar la duración de los elementos, de forma que se podrían hacer planes para llevar a cabo una acción preventiva un poco antes de que fueran a fallar.

Este patrón es cierto para algunos tiempos de equipos simples y para algunos ítems complejos con modos de fallas dominantes. En particular, las características de desgastes se encuentran a menudo en casos en los equipos tiene contactos directo con el producto. Las fallas relacionadas con la edad frecuentemente van asociadas a la fatiga, corrosión, abrasión y evaporación.

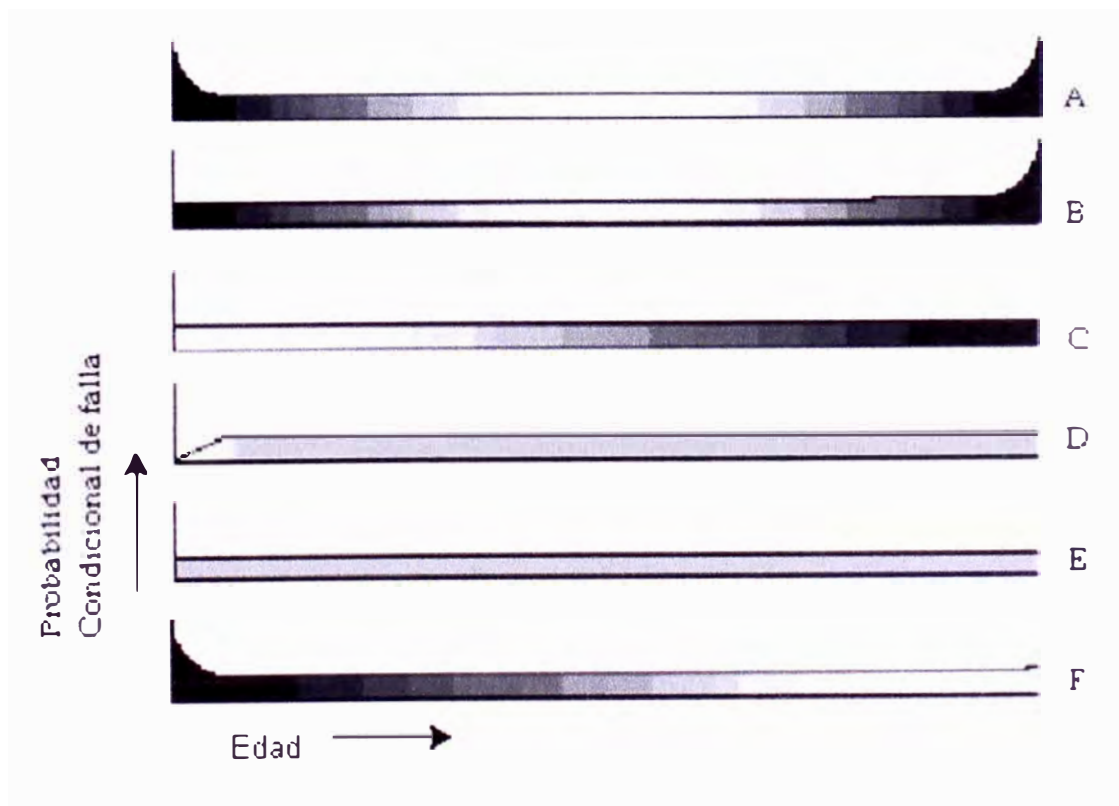


Figura 2.5 Patrones de falla

Sin embargo, los equipos ahora, en general, son mucho más complejos de lo que había tiempo atrás. Esto ha traído aparejado sorprendentes cambios en los patrones de falla, como lo muéstrala figura 2.5.

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

El patrón A es la ya conocida curva de la “bañadera”. Comienza con una gran incidencia de las fallas (llamada mortalidad infantil), seguida por un incremento constante o gradual de la probabilidad condicional de falla, y por ultimo una zona de desgaste.

El patrón B muestra una probabilidad condicional de falla que es constante o de lento incremento y que termina en una zona de desgaste.

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

El patrón D muestra una baja probabilidad condicional de falla cuando el equipo es nuevo o recién salido de la fabrica y luego un veloz incremento hasta un nivel constante, mientras que el patrón E muestra una probabilidad condicional de falla constante a todas las edades por igual (falla al azar).

El patrón F comienza con una alta mortalidad infantil que finalmente caerá una probabilidad de falla constante o que asciende muy lentamente.

El reconocimiento de estos hechos ha persuadido a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea del mantenimiento sistemático. De hecho, esto puede ser lo mejor que hacer para fallas que tengan consecuencias sin



importancia. Pero cuando las consecuencias son significativas, se debe de hacer algo para prevenir los fallas, o por lo menos reducir las consecuencias.

RCM reconoce las tres categorías más importantes de tareas preventivas, como siguen:

### **Tareas “A Condición”**

La necesidad continua de prevenir ciertos tipos de falla, y la incapacidad creciente de las técnicas tradicionales para hacerlo, han creado los nuevos tipos de prevención de fallas.

La mayoría de estas técnicas nuevas se basan en el hecho de que la mayor parte de las fallas dan alguna advertencia de que están a punto de ocurrir. Estas advertencias se conocen como fallas potenciales, y se definen como las condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir una falla funcional o que está en el proceso de ocurrir.

Las nuevas técnicas se usan para determinar cuando ocurren los fallas potenciales de forma que se pueda hacer algo antes de que se conviertan en verdaderos fallas funcionales. Estas técnicas se conocen como tareas a condición, porque los elementos se dejan funcionando a condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado.

Muchas fallas serán detectables antes de que ellas alcancen un punto donde la falla funcional donde se puede considerar que ocurre la falla funcional.

## **Tareas de Reacondicionamiento Cíclico y de Sustitución Cíclica**

Los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento.

Si la falla no es detectable con tiempo suficiente para evitar la falla funcional entonces la lógica pregunta si es posible reparar el modo de falla del ítem para reducir la frecuencia (índice) de la falla.

Algunas fallas son muy predecibles aún si no pueden ser detectadas con suficiente tiempo. Estas fallas pueden ser difíciles de detectar a través del monitoreo por condición a tiempo para evitar la falla funcional, o ellas pueden ser tan predecibles que el monitoreo para lo evidente no es una garantizado. Si no es práctico reemplazar componentes o restaurar de manera que queden en condición “como nuevos” a través de algún tipo de uso o acción basada en el tiempo entonces puede ser posible reemplazar el equipo en su totalidad.

Con frecuencia es difícil de determinar la frecuencia de las labores. Pero la historia de la falla es un determinante principal. Se debe reconocer que las fallas no sucederán exactamente cuando fueron predichas, de manera que se debe permitir algún margen de tiempo. Hay que reconocer que la información que se está usando para basar la decisión puede ser errónea o incompleta.

Para simplificar el próximo paso, el cual supone el agrupamiento de las tareas similares, ello sirve para predeterminar un número de frecuencias aceptables tales como diarias, semanales, unidades producidas, distancias recorridas o número de ciclos operativos, etc. Seleccionar aquellos que están más cerca de las frecuencias que su mantenimiento y sus historia operativa le ordena tiene sentido en realidad.

Una gran ventaja del RCM es el modo en que provee criterios simples, precisos y fáciles de comprender para decidir (si hiciera falta) qué tarea sistemática es técnicamente posible en cualquier contexto, y si fuera así para decidir la frecuencia en que se hace y quien debe de hacerlo. Estos criterios forman la mayor parte de los programas de entrenamiento del RCM. El RCM también ordena las tareas en un orden descendiente de prioridad. Si las tareas no son técnicamente factibles, entonces se debe tomar una acción apropiada, como las que se describen a continuación.

### **Acciones “A falta de”**

El RCM propone tres grandes categorías de acciones “a falta de”:

- **Búsqueda de fallas:** implica revisar las funciones periódicamente para determinar si han fallado (mientras que las tareas basadas en a condición implican revisar si algo está por fallar).
- **Rediseñar:** implica hacer cambios de única vez a las capacidades iniciales de un sistema. Esto incluye modificaciones al equipo y a los procedimientos.
- **Mantenimiento no programado:** se deja que la falla simplemente ocurra, para luego repararla. Esta tarea es llamada mantenimiento correctivo “a rotura”

### **El Proceso de Selección de Tareas de RCM**

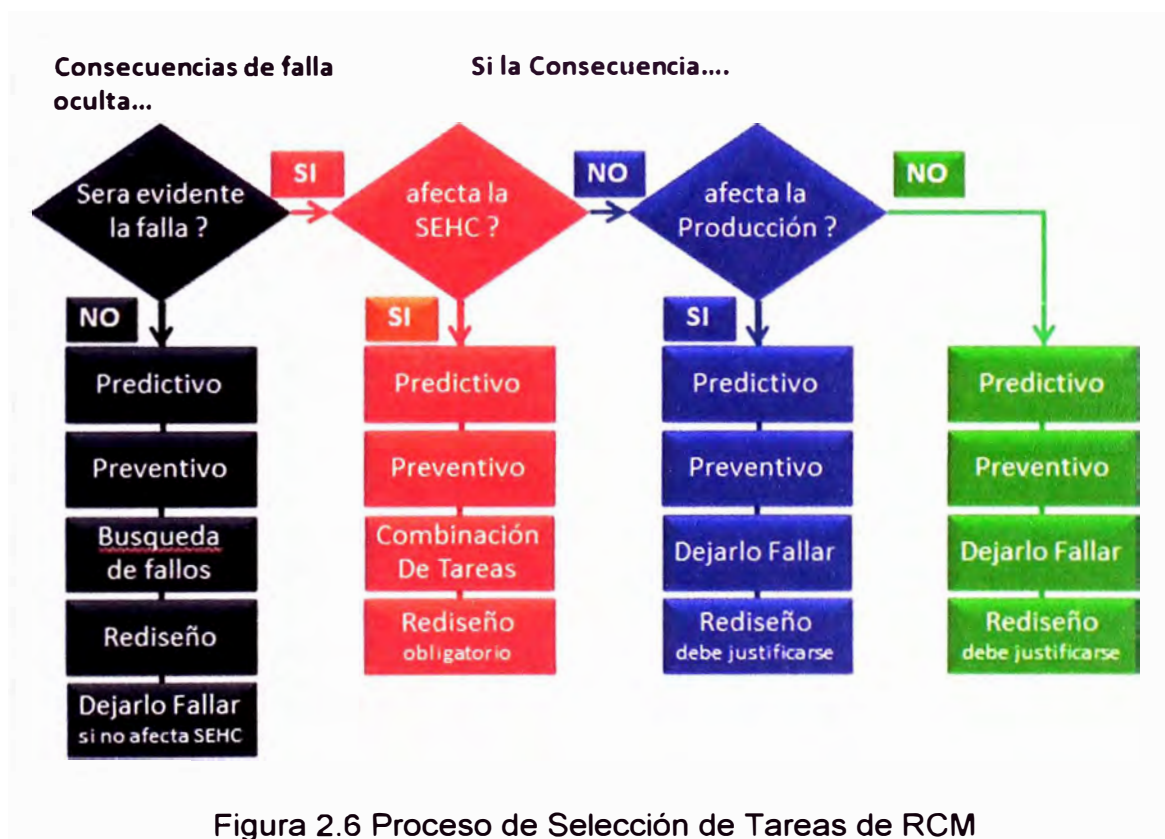
Además de preguntar si las tareas sistemáticas son técnicamente factibles, el RCM se pregunta si vale la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccione a las consecuencias de las fallas que pretende prevenir.

Al hacer esta pregunta, el RCM combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

- Una acción proactiva que signifique prevenir una falla oculta no evidente sólo merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de una falla múltiple, asociada con esa función, a un nivel aceptable. Si no se puede encontrar una acción proactiva apropiada, se debe llevar a cabo la tarea de búsqueda de falla. Tal como se mencionó, las tareas de búsqueda de falla consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallos que reduzca el riesgo de fallo a un nivel aceptable, entonces la acción "a falta de" secundaria sería que la pieza o componente debe rediseñarse.
- Una acción proactiva que signifique prevenir una falla que tiene consecuencias en la seguridad o en el medio ambiente solo merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de esa falla a un nivel realmente bajo, o si lo suprime por completo. Si no se puede encontrar una tarea que reduzca el riesgo de falla a un nivel aceptablemente bajo, la pieza o componente debe rediseñarse o el proceso debe cambiarse.
- Si la falla tiene consecuencias operacionales, sólo merece la pena realizar una tarea proactiva si el costo total de hacerla durante cierto tiempo es menor que el costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación durante el mismo período de tiempo. En otras palabras, la tarea debe justificarse en el terreno económico. Si no es justificable, la decisión "a falta de" será el "ningún mantenimiento programado" (Si esto

ocurre y las consecuencias operacionales no son aceptables todavía, entonces la decisión "a falta de" secundaria sería rediseñar de nuevo).

- De forma similar, si una falla no tiene consecuencias operacionales, sólo merece la pena realizar la tarea preventiva si el coste de la misma durante un período de tiempo es menor que el de la reparación durante el mismo período. Por lo tanto estas tareas deben ser justificables en el terreno económico. Si no son justificables, la decisión inicial "a falta de" sería de nuevo el "ningún mantenimiento programado", y si el coste de reparación es demasiado alto, la decisión "a falta de" secundaria sería volver a diseñar de nuevo.



Este enfoque del RCM, de "arriba a abajo", significa que las tareas sistemáticas sólo se especifican para elementos que las necesitan realmente. Esta característica del RCM normalmente lleva a una reducción significativa en los

trabajos rutinarios. También quiere decir que las tareas restantes son más probables que se hagan bien. Esto combinado con unas tareas útiles equilibradas llevará a un mantenimiento más efectivo.

Si se compara este enfoque del RCM con el enfoque tradicional de “abajo a arriba”, en el que los requerimientos del mantenimiento se evaluaban en términos de sus características técnicas reales o supuestas, sin considerar de nuevo que en diferentes condiciones se aplican consecuencias diferentes. Esto resulta en un gran número de planes que no sirven para nada, no porque sean “equivocados”, sino porque no consiguen nada.

El proceso del RCM considera los requisitos del mantenimiento de cada elemento antes de preguntarse si es necesario volver a considerar el diseño. Esto es porque el ingeniero de mantenimiento que está de servicio hoy tiene que mantener los equipos como está funcionando hoy, y no como deberían de estar o pueden que estén en el futuro.

Después analizar los modos de falla a través de la lógica mencionada anteriormente, los expertos deben luego consolidar las labores en un plan de mantenimiento para el sistema. Este es el "producto final" del RCM. Cuando esto ha sido producido, el encargado del mantenimiento y el operador deben continuamente esforzarse por optimizar el producto.

### **2.2.3. Aplicación del proceso del RCM**

Para empezar a analizar los requerimientos de mantenimiento de los activos físicos de cualquier organización, antes tenemos que saber de qué activos se trata y decidir cuáles de ellos serán sometidos al proceso de revisión por RCM. Para ello debe partirse de un registro de planta, el cual conste en un listado

donde se detalla toda la planta, equipos y edificios, propios o usados por la organización, que requieren mantenimiento de cualquier tipo. Este registro, y los sistemas numéricos asociados, deben de ser diseñados de tal manera que hagan posible un seguimiento de los activos que han sido, o van a ser, analizados empleando el RCM y los que no también.

Otro punto de suma importancia, cuando se aplica RCM a cualquier activo o sistema, es definir claramente donde comienza y donde termina el “sistema” que va a ser analizado.

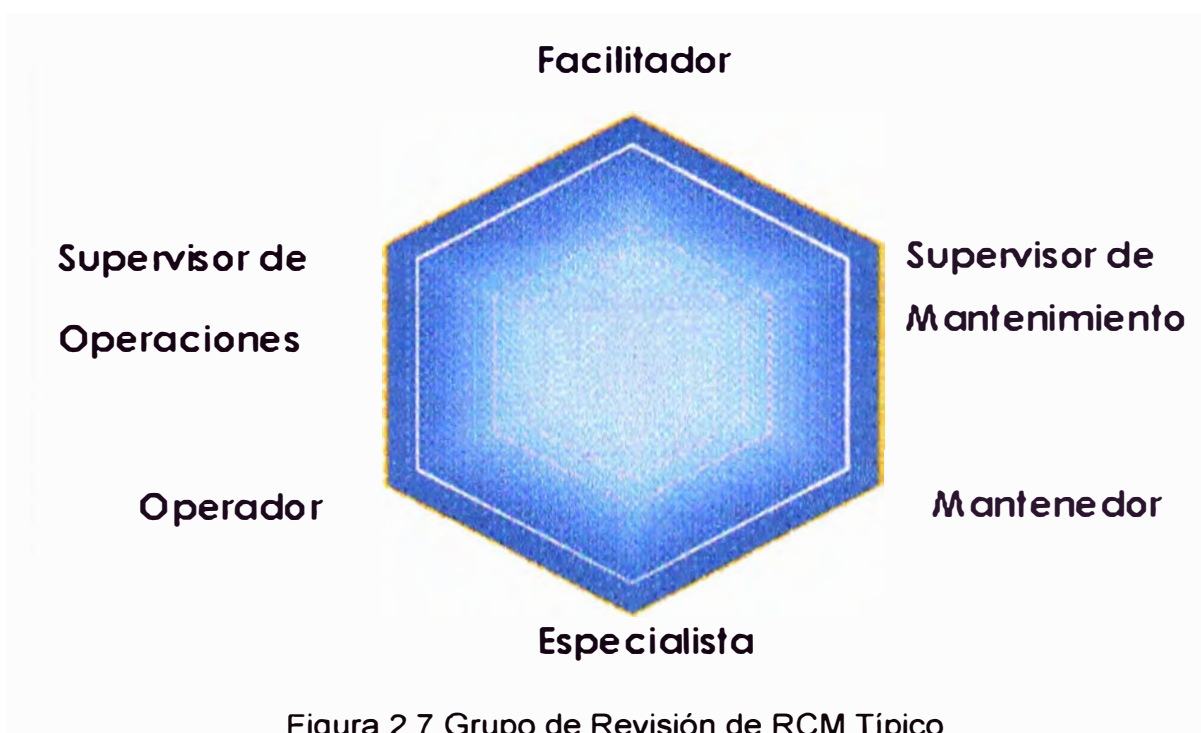
### **Planeamiento**

El RCM, si es aplicado correctamente, logra buenos resultados en mejorar la efectividad del mantenimiento y, muy a menudo, lo hace en un tiempo muy corto. Sin embargo, para que el RCM se lleve a cabo de manera exitosa requiere de un meticuloso planeamiento y preparación. Los puntos principales de este proceso de planeamiento son:

- Decidir cuáles serán los activos físicos que se beneficiarán mas con el proceso de RCM y determinar de que manera lo harán.
- Evaluar los recursos requeridos para realizar el proceso a los activos seleccionados.
- En los casos en los que los beneficios justifican la inversión, hay que decidir con todo detalle quién realizará y quién auditará cada análisis, además de cuando y donde, y asegurarse que el personal asignado reciba el entrenamiento apropiado.
- Hay que asegurarse que el contexto operacional de cada activo físico esté claramente comprendido.

El proceso del RCM incorpora siete preguntas básicas. En la práctica el personal de mantenimiento no puede contestar a todas esas preguntas por sí mismo. Esto es porque muchas (si no la mayoría) de las respuestas sólo puede proporcionarlas el personal operativo o el de producción. Esto se aplica especialmente a las preguntas que conciernen al funcionamiento deseado, los efectos de las fallas y las consecuencias de las mismas.

Por esta razón, una revisión de los requerimientos del mantenimiento de cualquier equipo debería hacerse por equipos de trabajo reducidos que incluyan por lo menos una persona de la función del mantenimiento y otra de la función de producción. La antigüedad de los miembros del grupo es menos importante que el hecho de que deben tener un amplio conocimiento de los equipos que se están estudiando. Cada miembro del grupo deberá también haber sido entrenado en RCM. La figura 2.7 muestra la representación de un grupo de revisión del RCM típico.





El uso de estos grupos no solo permite que los gerentes y directivos obtengan acceso de forma sistemática al conocimiento y experiencia de cada miembro del grupo, sino que, además, reparte de forma extraordinaria los problemas del mantenimiento y sus soluciones.

### **Los facilitadores**

Los grupos de revisión del RCM trabajan bajo la asesoría de un especialista bien entrenado en el RCM, que se conoce cómo un facilitador. Los facilitadores son el personal más importante en el proceso de revisión del RCM. Su papel es asegurar:

- Que el RCM sea aplicado correctamente (que se hagan las preguntas correctamente y en el orden previsto, y que todos los miembros del grupo las comprendan).
- Que el personal del grupo (el de operación y mantenimiento) consiga un grado razonable de consenso general acerca de cuáles son las respuestas a las preguntas formuladas.
- Que no se ignore cualquier componente o equipo.
- Que las reuniones progresen de forma razonable.
- Que todos los documentos del RCM sean diligenciados debidamente.

### **Resultados de un análisis RCM**

Si es aplicado de la forma correcta un análisis RCM nos da tres resultados tangibles:

- Planes de mantenimiento a ser realizados por el departamento de mantenimiento.

- Procedimientos de operación revisados, para los operadores del activo.
- Una lista de cambios que deben hacerse al diseño del activo físico, o a la manera en que debe ser operado, para afrontar los casos en que el mismo no puede proporcionar el funcionamiento deseado con su configuración actual.

### **Auditoria e Implementación**

Inmediatamente después de completada la revisión de cada elemento de los equipos importantes, el personal gerente que tenga la responsabilidad total de la planta necesitará comprobar que ha sido hecha correctamente y que están de acuerdo con la evaluación de las consecuencias de los fallos y la selección de las tareas. Este personal no tiene que efectuar la intervención personalmente, sino que pueden delegarla en otros que en su opinión estén capacitados para realizarla.

Después de que cada revisión es aprobada, las recomendaciones son implementadas incorporándolos planes de mantenimiento a los sistemas de control y planeamiento, incorporando los cambios en los procedimientos operacionales del activo físico y entregando los correspondientes los cambios de diseño a los encargados de realizarlos.

#### **2.2.4. Beneficios del RCM**

El RCM ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos años. Cuando es aplicado correctamente nos brinda los siguientes beneficios:

**Mayor seguridad y protección del entorno debido a:**

- Mejoramiento en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- La disposición de nuevos dispositivos de seguridad.
- La revisión sistemática de las consecuencias de cada falla antes de considerar la cuestión operacional.
- Claras estrategias para prevenir los modos de falla que pueden afectar la seguridad, y para las acciones “a falta de” que deban tomarse si no se pueden encontrar tareas sistemáticas apropiadas.
- Menos fallas causadas por un mantenimiento innecesario.

**Mejores rendimientos operativos, debido a:**

- Un mayor énfasis en los requisitos del mantenimiento de elementos y componentes críticos.
- Un diagnóstico más rápido de las fallas mediante la referencia a los modos de falla relacionados con la función y a los análisis de sus efectos.
- Menor daño secundario a continuación de las fallas de poca importancia (como resultado de una revisión extensa de los efectos de las fallas).
- Intervalos más largos entre las revisiones y, en algunos casos, la eliminación completa de ellas.
- Listas de trabajos de interrupción más cortas, que llevan a paradas más cortas, más fáciles de solucionar y menos costosas.
- Menos problemas de “desgaste de inicio” después de las interrupciones debido a que se eliminan las revisiones innecesarias.
- La eliminación de elementos superfluos y, como consecuencia, las fallas inherentes a ellos.

- La eliminación de componentes poco fiables.
- Un conocimiento sistemático acerca de la operación.

**Mayor control de los costos del mantenimiento, debido a:**

- Menor mantenimiento rutinario innecesario.
- Mejor compra de los servicios de mantenimiento (motivada por el énfasis sobre las consecuencias de las fallas).
- La prevención o eliminación de las fallas costos.
- Unas políticas de funcionamiento más claras, especialmente en cuanto a los equipos de reserva.
- Menor necesidad de usar personal experto caro, porque todo el personal tiene mejor conocimiento de la operación.
- Pautas más claras para la adquisición de nueva tecnología de mantenimiento, tal como equipos de monitorización de la condición.

**Más larga vida útil de los equipos, debido al aumento del uso de las técnicas de mantenimiento “a condición”.**

**Una amplia base de datos de mantenimiento, que:**

- Reduce los efectos de la rotación del personal con la pérdida consiguiente de su experiencia y competencia.
- Provee un conocimiento de las instalaciones más profundo en su contexto operacional.
- Provee una base valiosa para la introducción de los sistemas expertos.
- Conduce a la realización de planos y manuales más exactos.
- Hace posible la adaptación a circunstancias cambiantes (tales como nuevos horarios de turno o una nueva tecnología)

- sin tener que volver a considerar desde el principio todas las políticas y programas de mantenimiento.
- Mayor motivación de las personas, especialmente el personal que está interviniendo en el proceso de revisión.
- Esto lleva a un conocimiento general de la instalación en su contexto operacional mucho mejor, junto con un “compartir” más amplio de los problemas del mantenimiento y de sus soluciones. También significa que las soluciones tienen mayores probabilidades de éxito.

**Mejor trabajo de grupo, motivado por un planteamiento altamente estructurado del grupo a los análisis de los problemas del mantenimiento y a la toma de decisiones.**

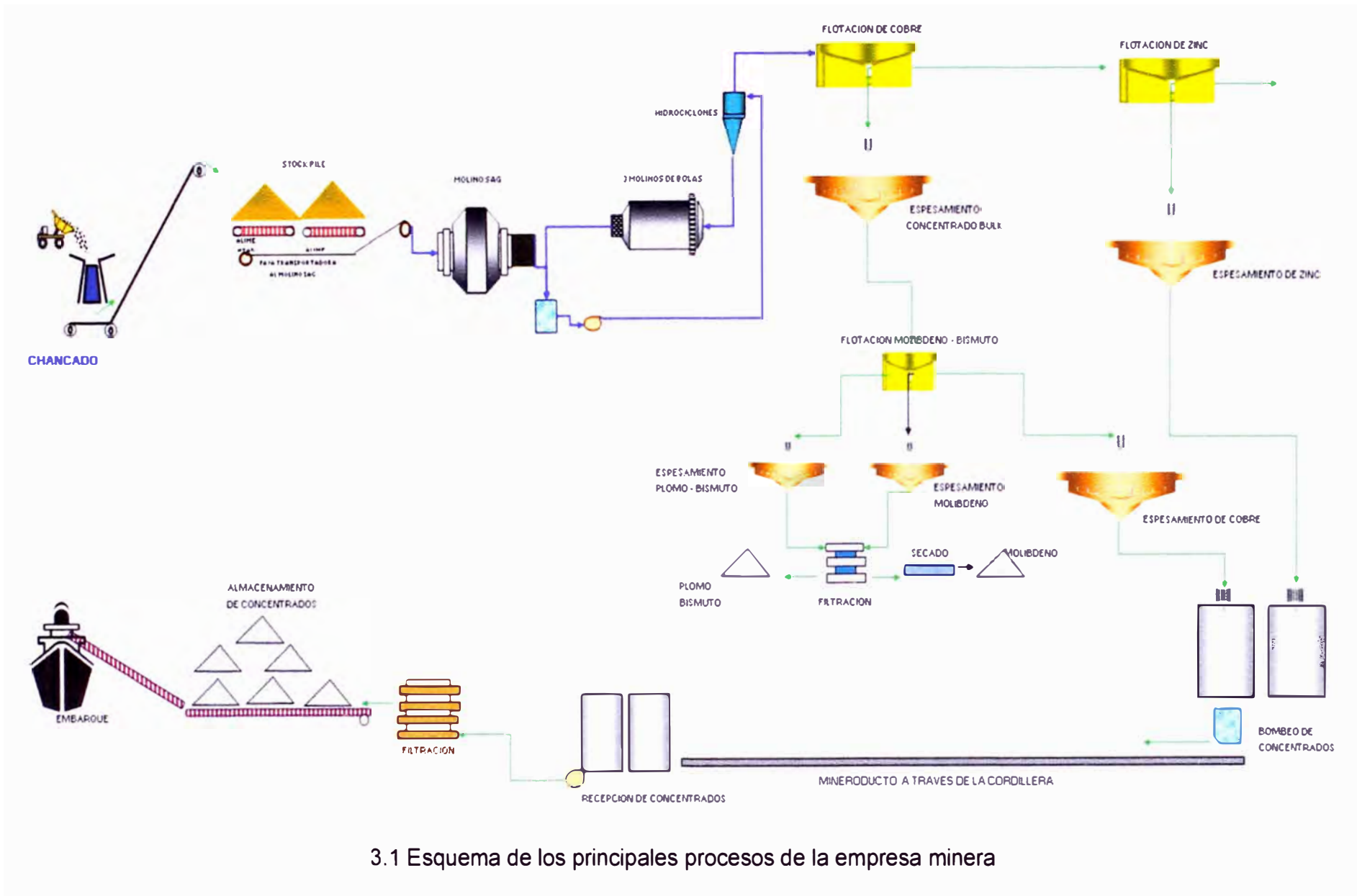
- Esto mejora la comunicación y la cooperación entre:
- Las áreas: Operación, así como los de la función mantenimiento.
- Personal de diferentes niveles: los gerentes, los jefes de departamento, técnicos y operarios.
- Especialistas internos y externos: los diseñadores de la maquinaria, vendedores, usuarios y el personal encargado de mantenimiento.

Si el RCM es usado correctamente para volver a evaluar los requisitos del mantenimiento de los activos existentes, transformará ambos requisitos y la forma en que es percibida la función mantenimiento como operación total. El resultado es un mantenimiento menos costoso, más armonioso y más eficaz.

## **CAPITULO III**

### **LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y LA MOLIENDA**

La compañía inició sus operaciones a comienzos de la década del 2,000 con una inversión de más de 2,000 millones de dólares y cuenta con una proyección de operaciones de 30 años. Está ubicada en el departamento de Ancash, a una altura superior a los 4,200 msnm. y a 500 Km. al noreste de la ciudad de Lima. El acceso principal es a través de una carretera asfaltada, la cual permite realizar el transporte personal en 8 horas y el de carga pesada en 16 horas desde Lima, punto principal del abastecimiento de insumos y repuestos que requieren las operaciones de la mina. Es un yacimiento polimetálico tipo "SKARN" del cual se extraen principalmente minerales de cobre, zinc, molibdeno y bismuto. Se cuenta con alrededor de 600 millones de toneladas de mineral en reservas, con una ley de cabeza de 1.8% de cobre equivalente. La extracción de estos minerales es a tajo o a cielo abierto, moviendo en la Mina un aproximado de 400,000 toneladas de material minado por día, procesando 100,000 toneladas por día de mineral en la Concentradora y transportando 8,000 toneladas por día de concentrado a través de 300 Km. del Mineroducto y embarcando este concentrado en el puerto de Huarney con una taza promedio de 1,200 toneladas por hora en naves de hasta 50,000 toneladas de capacidad; alcanzando un embarque anual de 3'000,000 toneladas por año.



3.1 Esquema de los principales procesos de la empresa minera

### **3.1. Procesos Productivos de la Empresa Minera**

Las principales operaciones de producción de la mina se agrupan en:

- Minado
- Chancado
- Molienda
- Flotación
- Mineroducto
- Filtrado
- Embarque

#### **3.1.1. Minado**

Esta operación tiene como objetivo extraer y proveer los minerales de los cuales se obtendrán los metales valiosos tales como el cobre, zinc y molibdeno. Comprende las operaciones, dentro del propio tajo de la mina, previas al chancado que incluyen: la perforación, voladura, carguío y acarreo.

Mina elabora los planes de perforación y voladura semanalmente. Para ello se diseña mallas de perforación y se da instrucciones de carguío de explosivos para los taladros perforados y diseño de amarres de voladura.

La operación de perforación propiamente dicha se realiza con 5 perforadoras 49R, los cuales perforan taladros de hasta 18.5 metros, considerando que la altura de los bancos es de 15 metros, siendo el diámetro de broca de perforación de 12 ¼ pulgadas..



También se tiene 2 perforadoras DMM2, que perforan taladros de 18.5 metros con brocas de 9 7/8 pulgadas de diámetro.

Para el carguío de los camiones de 240 toneladas, se emplean cuatro palas eléctricas de última generación de 56 yardas cúbicas; cuya capacidad por cuchareo es de 80 toneladas de material, y dos cargadores frontales de 35 toneladas de capacidad. Adicionalmente se cuenta con cargadores frontales de 22 toneladas de capacidad para cargar a los camiones de 90 Toneladas.

Para el acarreo se cuenta con 40 camiones de 240 toneladas y con 03 camiones de 90 toneladas de capacidad.

El acarreo se realiza desde los puntos de carguío hasta la Chancadora Primaria o a las Pilas de Almacenamiento (Stock Piles), en el caso de mineral, o a los botaderos o a la presa de relaves cuando se trata de desmonte o de material de relleno.

### **3.1.2. Chancado**

Este proceso tiene como objetivo reducir el tamaño del mineral proveniente del minado a menos de 15 cm de diámetro, el cual es el requerimiento del proceso de molienda.

El mineral transportado por los camiones es llevado y vaciado en la tolva de alimentación de la Chancadora Primaria cuya capacidad es de 480 toneladas. El motor que acciona a este equipo es de 150 KW. Debajo de la tolva se encuentra la chancadora giratoria de 60" x 89" donde se realiza la reducción del tamaño de las rocas de mineral. El producto de esta chancadora, de un tamaño máximo de 15 cm, se deposita en una tolva de transferencia (Surge Pocket) de

480 toneladas de capacidad, desde donde alimenta a una faja, de 2,700 metros, para que esta transporte el mineral ya chancado al Apilador Radial, de 360 metros de longitud, lo que hace un recorrido total de 3,060 metros.

La faja del Apilador Radial (Stacker) tiene una altura de 130 metros y puede apilar girando máximo a un ángulo de 60 grados. Desde esta faja se pueden formar dos pilas de acopio, donde cada pila contiene 260,000 toneladas de mineral. Este apilador radial es accionado por un motor de 597 KW.

Debajo de cada pila de almacenamiento de mineral se encuentran 3 alimentadores de placas (Apron Feeders) con los que se extraen el mineral hacia la faja que transporta el mineral al molino SAG de la Concentradora.

### **3.1.3. Molienda**

Este proceso tiene dos etapas: la molienda primaria (molino SAG) tiene como objetivo reducir el tamaño del mineral proveniente del chancado a menos de 1.25 cm de diámetro, y la molienda secundaria (molinos de bolas) la cual tiene como objetivo obtener de 100 a 150 micrones de tamaño, requeridos para los procesos de recuperación de los metales contenidos en el mineral.

Hay cuatro molinos para la molienda: un molino SAG de 38 pies de diámetro y 19 pies de largo, con un motor es de 27,000 HP de potencia, y tres molinos de bolas, cada uno de 24 pies de diámetro por 36 pies de largo, con un motor de 15,000 HP de potencia.

### **3.1.4. Flotación**

El objetivo de la flotación es separar los metales valiosos (En nuestro caso Cobre, Zinc y Molibdeno) de los no valiosos que contiene el mineral.

La flotación es un proceso de separación de materias de distinto origen basados en su comportamiento frente al agua o sea, de mojabilidad de los materiales. Los minerales de cobre y zinc son poco mojables por el agua y se llaman minerales hidrofóbicos y la ganga (generalmente óxidos, silicatos, carbonatos, etc.) son hidrofílicos, o sea, mojables por el agua. Los minerales hidrofílicos e hidrofóbicos de una pulpa acuosa, se pueden separar entre sí, después de ser finamente molidos y acondicionados con los reactivos que hacen más pronunciadas las propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas, haciendo pasar burbujas de aire a través de la pulpa. Las partículas hidrofóbicas se van a pegar a las burbujas de aire y pasar a la espuma, mientras que las partículas hidrofílicas se van a mojar y caer al fondo de la máquina de flotación.

### **3.1.5. Mineroducto**

El objetivo del Mineroducto es transportar los concentrados de cobre y zinc desde las instalaciones de la concentradora (4100 msnm), hasta las Instalaciones Portuarias (100 msnm) con el fin de ser filtrados, almacenados y cargados a los barcos.

El Mineroducto tiene una longitud de 302 Km. Se inicia en la estación de bombas en la mina y termina en la estación terminal en las instalaciones portuarias en costa norte del país. El Mineroducto es una tubería de acero de alta resistencia con un revestimiento interior de polietileno de alta densidad (HDPE) para proteger la tubería contra la abrasión y la corrosión.

El diseño hidráulico del Mineroducto requiere bombeo desde la estación de bombeo en la mina (PS1), a 4100 msnm, hasta la primera estación de válvulas (VS1), a 4700 msnm, mientras que el flujo por gravedad proporciona la fuerza

de transmisión adecuada desde la estación de válvulas VS1 hasta la estación de válvulas en el terminal (TS1) en el puerto.

Hay cuatro estaciones de válvulas intermedias (VS1, VS2, VS3, VS4) así como una estación de válvulas en el terminal (TS1). Estas estaciones de válvulas tienen dos funciones principales:

- Dividir la presión estática durante las paradas del Mineroducto.
- Eliminar el exceso de presión durante la operación.

La capacidad de diseño del Mineroducto es de 300 Ton/hora y la capacidad mínima de bombeo es de 250 Ton/hora, mientras que la mayor producción de concentrado es de 450 Ton/hora. Como se producen a la vez varios tipos de concentrado, la producción combinada de ellos es menor a la capacidad de bombeo, lo cual permite programar los bombeos de modo continuo.

### **3.1.6. Filtrado**

El objetivo de este proceso es eliminar el agua de los concentrados de cobre y zinc, hasta alcanzar la humedad deseada (8%) para ser almacenados y embarcados.

La Planta de Recepción, Filtración y Clarificación ubicada en el Puerto trata 3 tipos de concentrados: concentrado de cobre de bajo bismuto, concentrado de cobre de alto bismuto y concentrado de zinc. La planta cuenta con tanques separados de almacenamiento y clarificadores para los concentrados de cobre y concentrado de zinc, pero los tres tipos de concentrado son filtrados en los mismos filtros.

Los filtros de concentrado (filtros a presión) eliminan el agua de la pulpa de concentrado presionando la pulpa en una serie de compartimientos del filtro. El aire de alta presión empuja un diafragma de jebe sobre un lado de cada compartimiento. El diafragma presiona el agua de la pulpa a través de una tela filtrante ubicada en el otro lado del compartimiento, dejando el queque de filtración (sólidos sin agua) en el compartimiento. Después de ser secado con aire de baja presión hasta aproximadamente 8 por ciento de humedad, el queque de filtración es vertido hacia una faja transportadora la cual conduce el material hacia un edificio totalmente cerrado, desde donde posteriormente es embarcado. El agua recuperada en la filtración es tratada en la Planta de Tratamiento de Efluentes, utilizándose una cantidad de ésta para las labores del proceso y la mayor parte para irrigar la forestación de grandes extensiones de terreno árido.

### **3.1.7. Embarque**

El objetivo del Embarque es transportar el concentrado filtrado y almacenado hacia los barcos de acuerdo a los requerimientos de los clientes que los adquieren.

Una vez filtrados los concentrados en la planta de filtros, son enviados al almacén de concentrados mediante una faja y son descargados desde lo alto del techo del almacén por un apilador de concentrados (Tripper) que corre longitudinalmente por la extensión de dicha faja. El almacén de concentrados es un edificio con capacidad real para 160,000 toneladas húmedas de concentrados en 3 pilas. Dentro del almacén se realizan las mezclas de concentrados (blending) con diferentes niveles de bismuto para conseguir un nivel de bismuto acorde con lo requerido en el contrato de venta internacional.

Para el embarque de los barcos se emplean dos cargadores frontales, dos alimentadores móviles (hoopers) que alimentan una faja que corre a lo largo de la parte interior del almacén y otra faja, exterior, que traslada el concentrado desde esta hasta el cargador radial de barcos (shiploader). El cargador radial de buques consiste en una pluma de embarque de mineral que puede levantarse, bajarse y girarse, contando en su extremo final con un chute telescópico. Está diseñado para cargar buques de carga general y graneleros de 15,000 a 50,000 toneladas.

### **3.2. La Molienda y el Molino SAG**

Tal como ya se mencionó, el proceso de molienda de mineral esta diseñado para reducir el tamaño del mineral chancado en su preparación para el proceso de concentración por flotación selectiva. Por las diferentes zonas de la mina el mineral varía en cuanto a dureza y tamaño, además de ser un mineral de cobre solo o de cobre-zinc, por lo que debe molerse en campañas para obtener un producto de 150 micrones ó 100 micrones de acuerdo a sus características metalúrgicas.

Este proceso empieza cuando se alimenta el mineral al molino SAG a través de una faja transportadora desde el área de acopio de minerales. Cada área o pila de mineral tiene tres alimentadores de placas con motores de velocidad variable, y son los operadores los que, visualmente y con la ayuda del Cuarto de Control, deciden la velocidad para balancear el tamaño y cantidad de la carga de mineral que va al SAG ya que, por ningún motivo, el molino debe estar sin alimentación de mineral. Los operadores, de acuerdo a la granulometría que tengan en cada alimentador de placas, indicarán la variación de velocidad de los equipos para balancear la alimentación de mineral al SAG,

ya que, en el acopio para formar las rumas o pilas, se produce segregación del mineral acumulándose las rocas más gruesas en la parte externa de la pila.

El nivel de carga de bolas en el molino se basa principalmente en el consumo de bolas histórico. Si el mineral se pone mas duro y/o más abrasivo, aumenta el desgaste de las bolas. Si el mineral es más suave, el desgaste de las bolas disminuye. Por esta razón, el alimentador de bolas se opera periódicamente para alimentar bolas junto con la carga en la faja transportadora que alimenta al molino SAG.

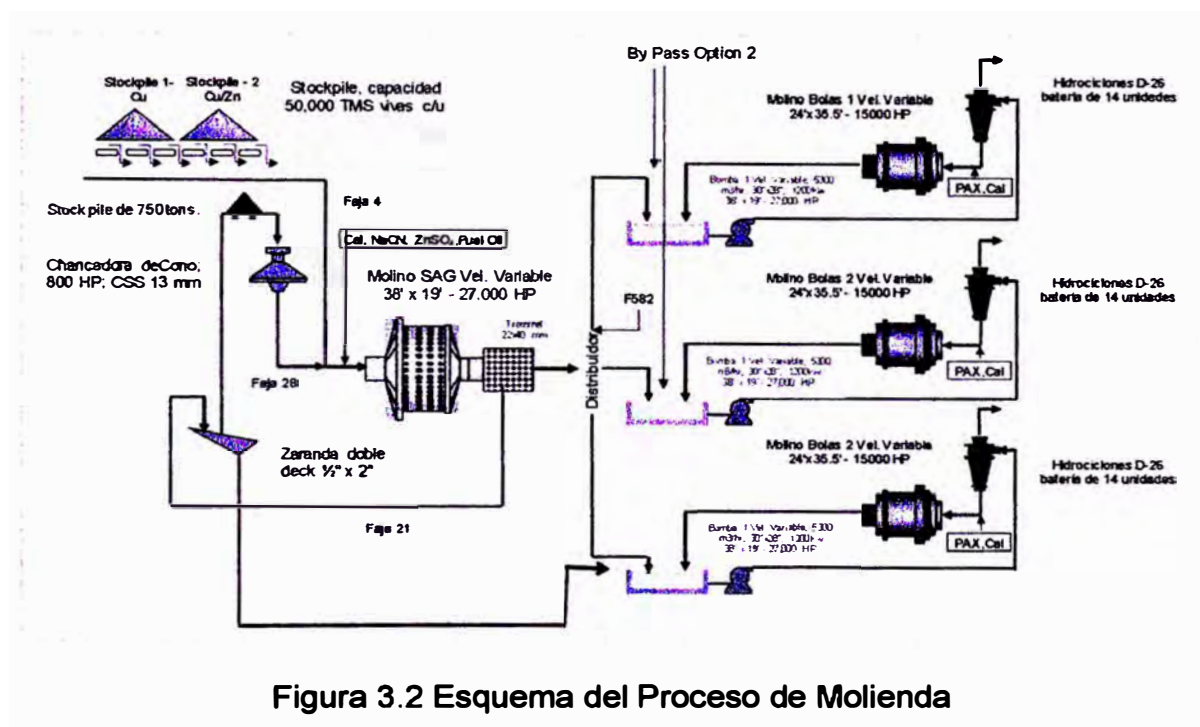


Figura 3.2 Esquema del Proceso de Molienda

La carga de mineral y las bolas de molienda se descargan en el chute de alimentación al molino SAG, en el que también se agrega agua de proceso, así como la lechada de cal y el cianuro de sodio (NaCN) que se agregan al molino tanto para mineral de cobre-zinc como para el de cobre solo.

El agua se agrega en el molino SAG en dos puntos: en el chute de carga y también en el sistema de retorno del trómel de descarga. La adición de agua

combinada se realiza en proporción al peso del mineral que está siendo suministrada desde el área de acopio, ello permite obtener la densidad de pulpa deseada (También conocida como porcentaje de sólidos) en el molino.

En la etapa de molienda del molino SAG, se usa un trómel integral equipado con mallas con aberturas de 13 mm y un cañón de retomo que cierra el circuito. La parrilla de descarga del molino SAG tiene 38mm de abertura y todo el material que pasa por esta parrilla va hacia el trómel. Todo lo que no pasa a través del trómel retorna por el cañón para su remolienda en el molino.

Después que la pulpa de mineral descarga por las aberturas del trómel, cae a una canaleta de descarga y luego pasa al cajón de distribución equipado con dos vertederos ajustables (que van a la canaleta de alimentación de los molinos 1 y 3), un vertedero fijo (que va hacia el cajón del molino 2) y tres válvulas dardo. Cada válvula dardo permite que el flujo de pulpa de mineral descargue por gravedad a uno de los tres cajones de las bombas de alimentación de los ciclones.

El objetivo de la siguiente etapa, la de clasificación, es separar el producto fino de acuerdo al mineral que se está tratando. En este proceso se usan ciclones para la clasificación de tamaños. El uso de ciclones es un método de separación por gravedad que no es costoso. El ciclón es un dispositivo que separa el producto mezclado del molino SAG y del molino de bolas en dos partes: el producto terminado, que es la parte fina y del grado deseado por mineral a tratar, va por la parte superior del ciclón (Over flow) pasando por un sistema de muestreo en su camino hacia el cajón de distribución de alimentación del circuito de flotación; y la parte gruesa, que tiene un tamaño



excesivo, va por la parte inferior del ciclón (Under Flow) y es devuelta al molino de bolas para su remolienda,.

En los cajones de bombas se adiciona agua de proceso para mantener un nivel adecuado de pulpa en los cajones y controlar el tamaño de corte de los ciclones.

Cada cajón de alimentación está equipada con un bomba de tamaño 30" x 28" con un motor de 1,500 HP, esta bomba alimenta a un nido de 14 ciclones que son alimentados por un distribuidor de alimentación común. El nido está compuesto de ciclones, un distribuidor de alimentación, una canaleta de recolección de finos, y una canaleta de recolección de gruesos. Normalmente se trabaja con doce ciclones y dos ciclones se mantienen en reserva (stand by). La pulpa de gruesos de cada ciclón es recolectada en una canaleta y fluye por gravedad al cajón de alimentación al molino de bolas. El rebalse o parte fina de cada ciclón es recolectado en una canaleta que fluye por gravedad hacia una tubería y, luego de pasar por el analizador de tamaño de partículas primario y secundario, va al cajón distribuidor para alimentar a las líneas de la flotación (Rougher) de cobre.

Los molinos de bolas reciben el material grueso de los ciclones, que se descargan por gravedad, y las bolas que se agregan, de 3 o 2 ½ pulgadas de diámetro, de acuerdo a lo que necesite el tipo de mineral en proceso. También se agregan lechada de cal, cianuro de sodio y xantatos en la canaleta de recolección de gruesos, además de tener tuberías para agregar otros reactivos. La descarga de los molinos de bolas fluye por gravedad hacia el cajón de bombas de alimentación a los ciclones, donde se une con la pulpa del cajón distribuidor del molino SAG.

El molino de bolas no tiene engranajes y es accionado por un motor con disipador térmico enfriado con ventilador, de velocidad y frecuencia variables (un motor de anillo). El rotor de este motor está unido al molino, y el estator está construido en un círculo alrededor del molino.

### **3.3. El Molino SAG y sus sistemas**

El molino SAG es uno de los equipos mas críticos para las operaciones de la Minera, tanto por su impacto en la producción como por el diseño de sus partes.

El término molino SAG es el acrónimo de molino de molienda semiautógena. El término de molienda semiautógena significa que toda la acción de molienda es realizada por partículas de mineral que son frotadas entre si y por la acción de las bolas. Si se tratara de molinos totalmente autógenos, no habría bolas de molienda.

En los molinos semiautógenos, una parte de la molienda es autógena mientras que la otra es realizada por bolas de molienda; de ahí el término semiautógena.

El molino SAG no tiene engranajes (Sistema GEAR LESS) y es accionado por un motor con disipador térmico, enfriado con ventilador, de velocidad y frecuencias variables (un motor de anillo).

El rotor de este motor está unido al molino, y el estator esta construido en un círculo alrededor del molino. La velocidad del molino SAG puede variar. Esto regula la acción de catarata (caída) en el molino y proporciona medios para

controlar el régimen de molienda. En la figura 3.3 se puede ver un esquema de su diseño.

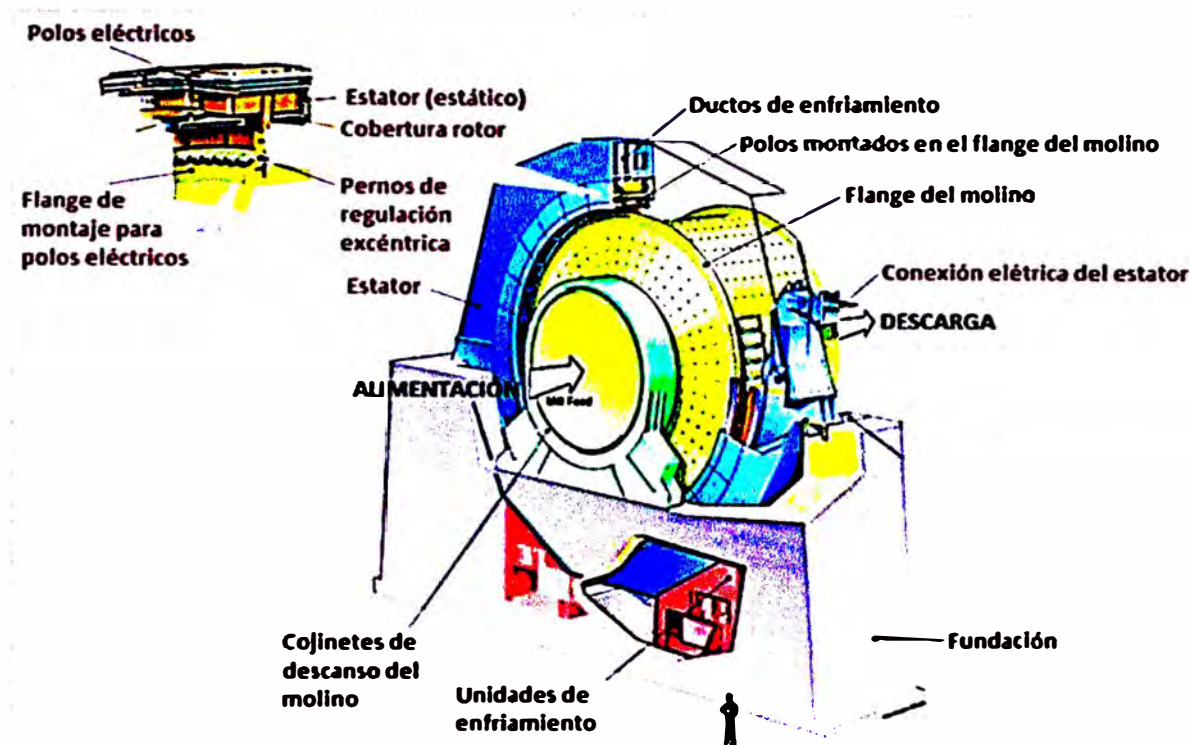


Figura 3.3 Esquema general del diseño de un molino SAG

El molino SAG cuenta con sistemas internos independientes que también son críticos ya que la falla de cualquiera de ellos ocasiona la parada inevitable del molino. Los siete sistemas que conforman este molino, que se pueden ver gráficamente en la figura 3.4, son:

- Sistema de Lubricación.
- Sistema Hidráulico del Chute de Alimentación.
- Sistema Hidráulico de los Frenos del Molino.
- Sistema Motriz y Cicloconvertidores.
- Sistema de Monitoreo y Control.
- Sistema de Liners o Forros del Molino.

- Sistema de Retomo de Mineral.

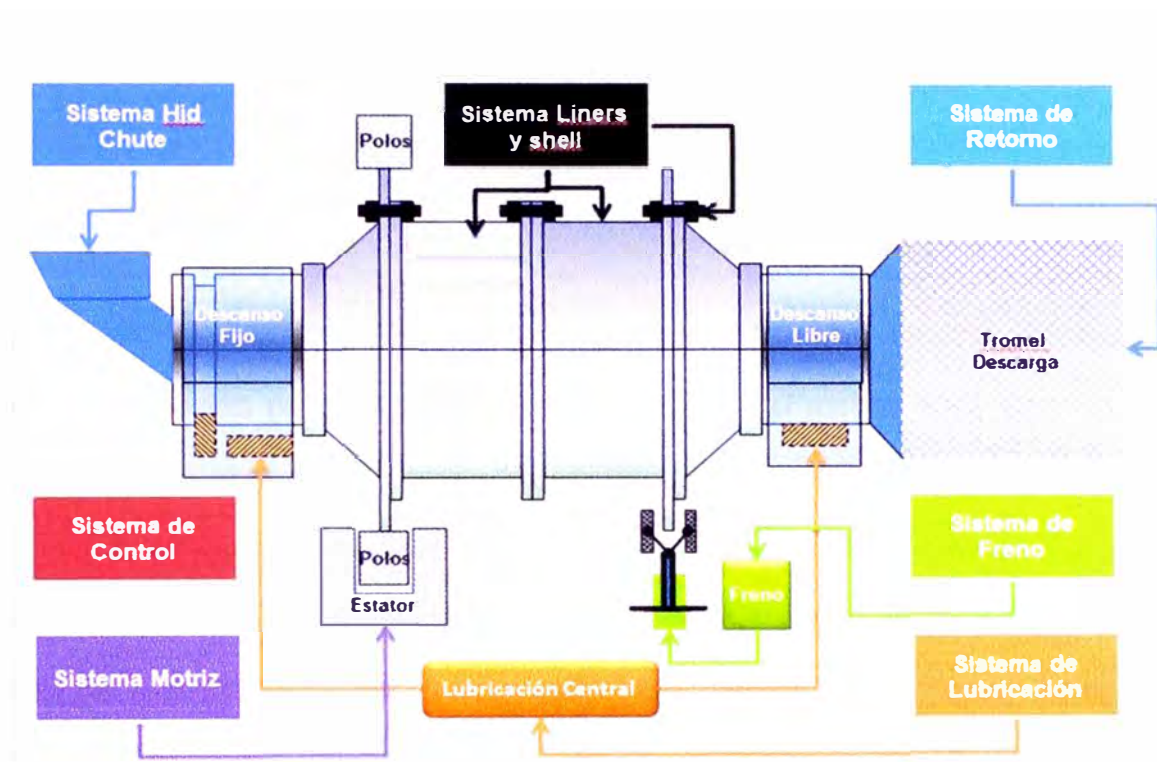


Figura 3.4 Principales Sistemas de un molino SAG

## **CAPITULO IV**

### **EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOLINO SAG**

El Sistema de Lubricación del Molino SAG tiene como función principal proporcionar aceite a alta presión para levantar los dos soportes del molino SAG (trunnions) y para lubricar los asientos o cojinetes (bearing pads) que sirven para permitir que se levante y rote el molino. Los detalles del sistema de lubricación están en los planos 6.501589 y 6.501590, los detalles del control local están en el dibujo 6.501595 y los detalles de las temperaturas de operación del molino SAG están en la hoja 1.503270. Estos planos y la hoja se encuentran en el apéndice E.

#### **4.1. Subsistemas del Sistema de Lubricación**

El sistema de lubricación consta de los siguientes subsistemas que son supervisados y controlados por el sistema de control principal:

- Reservorio de aceite del sistema de lubricación.
- Circuito de acondicionamiento de baja presión.
- Circuito de lubricación de alta presión.
- Circuito de acumuladores de aceite.
- Panel de control local del sistema de lubricación.

Un esquema de todos estos sistemas, ya que todos se encuentran interconectados, lo encontramos en la figura 4.1.



#### **4.1.1. Reservorio de aceite del sistema de lubricación**

El depósito de aceite del sistema de lubricación del Molino SAG tiene tres compartimientos: un compartimiento de asentamiento del aceite, un compartimiento de retorno del aceite y un compartimiento de acondicionamiento del aceite. El aceite que retorna de los cojinetes (bearing) ingresa primero al compartimiento de asentamiento, atraviesa una malla para filtrar las partículas grandes antes de ingresar al compartimiento de retorno. El circuito de acondicionamiento de baja presión simplemente enfría y filtra el aceite, mientras bombea el aceite del compartimiento de retorno hasta el compartimiento acondicionador. Finalmente, el aceite acondicionado se suministra nuevamente a los cojinetes (bearings). El depósito del sistema de lubricación tiene los siguientes dispositivos asociados:

##### **Los Calentadores**

Dos de los calentadores de aceite, 310-HXZ-001 y 310-HXZ-002, se encuentran instalados en el compartimiento de retorno y los otros dos calentadores de aceite, 310-HXZ-003 y 310-HXZ-004, están instalados en el compartimiento de acondicionamiento. Los cuatro calentadores son controlados por el termostato TS-1584, que está cableado y conectado al sistema de control principal.

##### **Los Interruptores de Nivel**

Un interruptor de nivel dual (LSL/LSLL-1583) se localiza en el compartimiento de retorno y un interruptor de nivel dual (LSL/LSLL-1588) se localiza en el compartimiento de acondicionamiento. Los contactos de bajo nivel y de muy



bajo nivel de ambos interruptores están cableados y conectados al sistema de control principal para alarmar y enclavar.

### **Los Interruptores de Temperatura**

Un interruptor de baja temperatura (TSL-1584) esta instalado en el compartimiento de retomo. El interruptor de alta temperatura (TSH-1586) y el interruptor de muy alta temperatura (TSHH-1586) se localizan en el compartimiento de acondicionamiento. Los tres interruptores están cableados y conectados al sistema de control principal para activar alarmas y tener enclavado el molino por seguridad.

#### **4.1.2. El Circuito de Acondicionamiento de Baja Presión**

El circuito de acondicionamiento de baja presión tiene los siguientes dispositivos asociados:

### **Las Bombas de Baja Presión**

Hay dos bombas de baja presión para el circuito de acondicionamiento (0310-PPZ-001A y 0310-PPZ-002A). En una operación normal solo una de las bombas está funcionando y la otra esta en espera. En la succión y en la descarga de cada bomba esta instalado una válvula de aislamiento para su mantenimiento.

### **El Sistema de Control de Temperatura del Aceite**

Un lazo de control y tres intercambiadores de calor instaladas en paralelo mantienen la temperatura deseada del aceite (36°C aproximadamente). Un sensor de temperatura (TE-1593) instalado en la salida de los intercambiadores



y el transmisor de temperatura (TT- 1593) envía su señal al PLC y este controla automáticamente la posición de la válvula modulante de la línea de agua (TCV-1591). La lectura de la temperatura del aceite puede ser vista en tiempo real en el HMI.

### **Los Interruptores de Presión Diferencial de los Filtros de Aceite**

Hay dos filtros de aceite en paralelo con sus respectivos interruptores de presión diferencial (PDSH-1594A y PDSH-1594B). Normalmente un filtro está en servicio y el otro está en espera con las válvulas de aislamiento cerradas. Si el filtro en servicio está sucio, su respectivo interruptor de presión de diferencial activará una alarma para avisar al operador. El filtro sucio es retirado de servicio e ingresa en servicio el otro filtro con maniobras simultáneas de las válvulas de aislamiento que realiza el operador y el filtro que salió de servicio es limpiado o reemplazado para que quede en espera.

### **El Transmisor de Flujo del Circuito de Acondicionamiento**

Hay un transmisor de flujo (FT-1592) en el circuito de acondicionamiento de baja presión. El flujo puede leerse localmente o en el HMI en las que se configuraron las alarmas de bajo flujo. El transmisor de flujo está cableado y conectado al sistema de control principal, para la indicación de flujos, de las alarmas y para el enclavamiento del molino. El elemento primario de medición del flujo es una placa de orificio.

#### **4.1.3. El Circuito de Acondicionamiento de Alta Presión**

El circuito lubricación de alta presión del molino SAG suministra aceite acondicionado a los componentes mecánicos del sistema de levantamiento

hidráulico y de lubricación empaquetado del molino SAG (a los cojinetes y al riel axial). Este circuito tiene los siguientes dispositivos asociados:

### **Las Bombas de Alta Presión**

Hay tres bombas de alta presión (0310-PPZ-003A, 0310-PPZ-004A, y 0310-PPZ-005A). En la operación normal dos bombas están bombeando aceite y una bomba esta en espera. Cada bomba tiene en la succión y en la descarga una válvula de aislamiento para realizar el mantenimiento. El operador debe asegurarse previamente que las válvulas de aislamiento de las dos bombas que operaran estén completamente abiertas (ver el dibujo 6.501589 de Howard Marten Company LTD). Una bomba suministrará aceite al soporte (trunnion) del lado de alimentación del molino SAG, mientras la otra bomba lubrica con aceite el soporte (trunnion) del lado de descarga del molino SAG.

### **Los Divisores de Flujo con sus Tacómetros**

Hay dos divisores de flujo, uno para el lado de alimentación y el otro para el lado de descarga del Molino SAG. Cada divisor de flujo se divide en cinco líneas. Cuatro de esas líneas lubrica los cojinetes (bearings pads) de los dos soportes (trunnions) y la quinta línea sirve para lubricar el riel axial (thrust rail) del lado de alimentación del SAG,

Los tacómetros ST-1600 del lado de alimentación, ST-1610 del lado de descarga, con los transmisores FT-1600 del lado de alimentación, FT-1610 del lado de descarga respectivamente indican el flujo localmente y también están cableados y conectados al sistema de control principal para que indiquen, alarmas y detener el molino por enclavamiento.

### **Los Transmisores de Flujo del riel axial (thrust rail)**

Hay dos tacómetros de flujo, el ST-1601 monitorea el flujo de aceite del riel axial (thrust rail) del lado izquierdo, y el ST-1602 monitorea el flujo de aceite del riel axial del otro lado. Éstos se conectan a los conversores de frecuencia y a los transmisores (FT-1601 y FT-1602) que están cableados y conectados al panel local y al sistema de control principal para indicar alarmas y para tener enclavado el molino.

### **Transmisores de Presión en los Cojinetes del Lado de Alimentación**

Hay cuatro líneas que alimentan aceite a alta presión a los cojinetes (bearing pads) y estas líneas están siendo monitoreadas por cuatro transmisores de presión (del PIT-1604A hasta el PIT-1604D). Los cuatro transmisores de presión están cableadas y conectadas al sistema de control principal para indicar alarmas y para tener enclavado el molino.

### **Transmisores de Presión en los Cojinetes (Bearing) del Lado de Descarga**

Hay cuatro líneas que alimentan aceite a alta presión a los cojinetes (bearing pads) y estas líneas están siendo monitoreadas por cuatro transmisores de presión (del PIT-1614A hasta el PIT-1614D). Los cuatro transmisores de presión están cableadas y conectadas al sistema de control principal para indicar alarmas y para tener enclavado el molino.

### **Sensores RTD de los Cojinetes (Bearings)**

Seis sensores de temperatura del tipo RTD (del TE-1641A hasta el TE-1641F) están instalados en lado de alimentación y seis sensores RTD (del TE-1650A hasta el TE-1650F) están instalados en el lado de descarga. Los seis sensores

RTD están cableados y conectados al sistema de control principal a través de cajas de paso herméticas (nema 4) para indicar alarmas y para detener el molino por enclavamiento a 60°C.

#### **Sensores RTD del riel axial (Thrust Rail) del lado de Alimentación**

Dos sensores de temperatura del tipo RTD (TE-1640A y TE-1640B) están instalados en el riel axial (thrust rail) del lado izquierdo y dos sensores RTD (TE-1640C y TE-1640D) están instalados en el riel axial (thrust rail) del lado derecho. Los cuatro sensores RTD están cableados y conectados al sistema de control principal a través de cajas de paso herméticos (nema 4) para indicar alarmas y para tener enclavado el molino.

#### **Interruptores de Presión del Riel Axial (Thrust Rail) del Lado de Alimentación.**

Hay cuatro interruptores de presión. Dos están instaladas en el lado izquierdo de la alimentación (el PSL-1601A y el PSL-1601B), y los otros dos están instalados en el lado derecho de la alimentación (el PSL-1602A y PSL-1602B). Están cableadas y conectadas al sistema de control principal para indicar alarmas y para tener enclavado el molino.

#### **Los Filtros de Aceite y los Interruptores de Presión de Diferencial**

Hay cuatro líneas que suministran aceite a alta presión y cada línea tiene un filtro de aceite con su respectivo interruptor de presión diferencial en el lado de alimentación (del PDSH-1604A hasta el PDSH-1604D). De modo similar hay cuatro líneas que suministran aceite a alta presión y cada línea tiene un filtro de aceite con su respectivo interruptor de presión diferencial en el lado de

descarga (del PDSH-1614A hasta PDSH-1614D). Adicionalmente tenemos cuatro filtros instalados en el riel axial (thrust rail), dos filtros de aceite con sus respectivos interruptores de presión diferencial (PDSH-1601A y PDSH-1601B) instalados en el lado izquierdo de la alimentación y otros dos interruptores (PDSH-1602A y PDSH-1602B) instalados en el lado derecho de la alimentación. Los interruptores de presión diferencial están cableados y conectados al sistema de control principal para indicar alarmas.

#### **4.1.4. El Circuito de Acumuladores de Aceite a Alta Presión**

El circuito de acumuladores de aceite a alta presión del molino SAG suministra aceite acondicionado a los componentes mecánicos del sistema de levantamiento hidráulico y lubricación empaquetado del molino SAG. Este circuito tiene los siguientes dispositivos asociados

##### **Acumuladores de Aceite**

Hay cuatro acumuladores en el circuito, estos acumuladores son precargados manualmente con gas nitrógeno seco. Cada acumulador tiene un interruptor de baja presión y muy baja presión (del PSL-1633<sup>a</sup> y PSL-1633A hasta el PSL-1633D y PSL-1633D). Estos interruptores de presión están cableados y conectados al sistema de control principal. Cuando indica una alarma de baja presión, el acumulador debe ser precargado manualmente por personal de mantenimiento con gas nitrógeno seco. La alarma de baja presión y muy baja presión del nitrógeno sólo puede descubrirse cuando no hay aceite en el tubo colector (manifold) de los acumuladores.

### **La Bomba del Acumulador de Aceite del Molino SAG**

La bomba del acumulador de aceite, 0310-PPZ-006A, carga de aceite a los acumuladores de la siguiente manera: cuando la presión esta baja el PCL-1632 arranca la bomba y, cuando la alta presión prefijada se alcanza, el PCH-1632 detiene a la bomba. Estos interruptores de presión están cableados y conectados al sistema de control principal para controlar la presión prefijada de los acumuladores con el arranque y detención de la bomba 0310-PPZ-006A.

### **Filtro de Aceite y su Interruptor de Presión de Diferencial**

Hay un filtro con su interruptor de presión diferencial, PDSH-1631, en la descarga de la bomba 0310-PPZ-006A. Si el filtro está sucio, como indica su interruptor de presión diferencial, una alarma avisa al operador para que se limpie el filtro o sea remplazado.

### **La Válvula Solenoide de Circuito de Acumuladores**

La válvula solenoide de circuito (SV-1637) se energiza cuando el sistema de lubricación opera normalmente del molino SAG y se desenergiza cuando se activa cualquiera de los enclavamientos de seguridad deteniendo el molino SAG o cuando de corta al energía eléctrica principal, descargando los acumuladores aceite a alta presión hacia el sistema hidráulico de levante y lubricación empaquetado de los soportes (trunnions).

### **Los Interruptores de Presión**

Un interruptor de baja presión (PSL-1635) y otro de muy baja presión (PSLL-1635) están instalados en el tubo colector (manifold) de los acumuladores.

Ambos interruptores fueron cableados y conectados al sistema de control principal para indicar alarmas y para tener enclavado el molino.

### **El Divisor de Flujo y el Tacómetro**

Hay un divisor de flujo en el circuito de acumuladores. El divisor de flujo se divide en ocho líneas. Cuatro de estos caminos lubrican el soporte (trunnion) del lado de alimentación, mientras las otras cuatro líneas sirven para lubricar el soporte (trunnion) de descarga. El tacómetro ST-1621, junto con el conversor de frecuencia SY-1621 y el transmisor de flujo FT-1621, está cableado y conectado a un panel local y al sistema de control principal para indicar alarmas y el flujo en el HMI.

### **El Interruptor de Temperatura del Circuito de Acumuladores**

Un interruptor de temperatura (TSL-1632) está instalado en el tubo colector (manifold) del circuito de acumuladores. El interruptor fue cableado y conectado a un panel local y al sistema de control principal para indicar una alarma.

### **Interruptores de Presión de Gas Nitrógeno en los Acumuladores**

Hay cuatro interruptores de baja presión (del PSL-1633A hasta PSL-1633D) para que indiquen si la presión de gas de nitrógeno está baja en el acumulador, y cuatro interruptores de muy baja presión (del PSL-1633A hasta PSL-1633D) para que indique que la presión del gas de nitrógeno está muy baja en el acumulador. Todos los interruptores de presión fueron cableados y conectados al sistema de control principal para indicar alarmas.

## **Interruptores y Controladores de Presión de los Acumuladores**

Hay dos interruptores de presión (PCL-1632 y PCH-1632) que controlan el funcionamiento de la bomba 310-PPZ-006, para mantener una presión prefijada del aceite en los acumuladores.

### **4.1.5. Panel de Control Local del Sistema de Lubricación**

El sistema de lubricación tiene un panel de control local. Los siguientes selectores, interruptores, pulsadores y luces de indicación se ubican en el tablero:

#### **El Selector Principal de Local-Remoto del Panel de Control Local**

El selector principal "LOCAL-REMOTO" (HS-1713) le permite al operador seleccionar si el control del sistema de lubricación del Molino SAG se opera localmente o remotamente. Seleccionando en modo "REMOTO" el operador controlará las bombas de lubricación seleccionadas desde el HMI a través del sistema de control principal. Cuando seleccionamos en modo "LOCAL", y con el permiso del sistema de control principal, el operador controlara todas las bombas y variables del sistema de lubricación localmente.

#### **El Selector del Calentador para lo Modos Automático y Desconexión**

El selector de "OFF-AUTO" (HS-1584) normalmente debe estar seleccionado en "AUTO" para permitir que el termostato TS-1584 del depósito controle los calentadores automáticamente.



### **El Selector de las Bombas de Baja Presión y sus Pulsadores**

El selector de dos posiciones (HS-1710) le permite al operador seleccionar una de las dos bombas de acondicionamiento en baja presión. El operador deberá asegurarse que las válvulas de aislamiento de la succión y descarga de la bomba seleccionada estén completamente abiertas antes de arrancar la bomba. Cuando el selector HS-1713 está en modo "LOCAL" el pulsador HS-1710A arranca la bomba seleccionada y el pulsador HS-1710B la detiene.

### **El Selector de las Bombas de Alta Presión y sus Pulsadores**

El selector de tres posiciones (HS-1712) le permite al operador seleccionar dos bombas de alta presión para operarlas. El operador deberá asegurarse que las válvulas de aislamiento de la succión y descarga de las bombas seleccionadas estén completamente abiertas antes de arrancar las bombas. (ver el dibujo 6.501589 de Howard Marten Company LTD). Cuando el selector HS-1713 está en modo "LOCAL" el pulsador HS-1712A arranca las bombas seleccionadas y el pulsador HS-1712B las detiene.

### **El Selector de la Bomba de los Acumuladores**

El selector de "OFF-AUTO" (HS-1711) normalmente debe estar seleccionado en "AUTO" para permitir que los interruptores de presión PCL-1632 y PCH-1632 controlen el arranque y parada de la bomba 0310-PPZ-006A para tener una presión adecuada en los acumuladores.

La bomba del acumulador de aceite 0310-PPZ-006A carga el aceite a los acumuladores de la siguiente manera, cuando la presión está baja el PCL-1632 arranca la bomba y cuando la alta presión prefijada se alcanza el PCH-1632

detiene a la bomba. Estos interruptores de presión están cableados y conectados al sistema de control principal.

### **El pulsador de Parada de Emergencia**

El pulsador de parada de emergencia (HS-1715) esta instalada en el panel de control local. Este pulsador esta cableado y conectado al sistema de control principal para detener el molino por enclavamiento en casos de emergencia.

### **Luces de Indicación**

Las luces que indican el estado de las bombas pueden ser verificadas en el panel de control local y de ahí están cableadas y conectadas al sistema de control principal.

## CAPITULO V

### ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CON RCM

En este capítulo se mostrará en detalle la planificación y elaboración del Plan de Mantenimiento, bajo el análisis y la metodología del RCM, para el sistema de Lubricación del molino SAG

#### 5.1. Preparación del Análisis de RCM

En este punto se detalla los pasos seguidos, cada uno de los cuales se muestran en la figura 5.1, para la preparación previa a la ejecución del Plan para el análisis RCM.

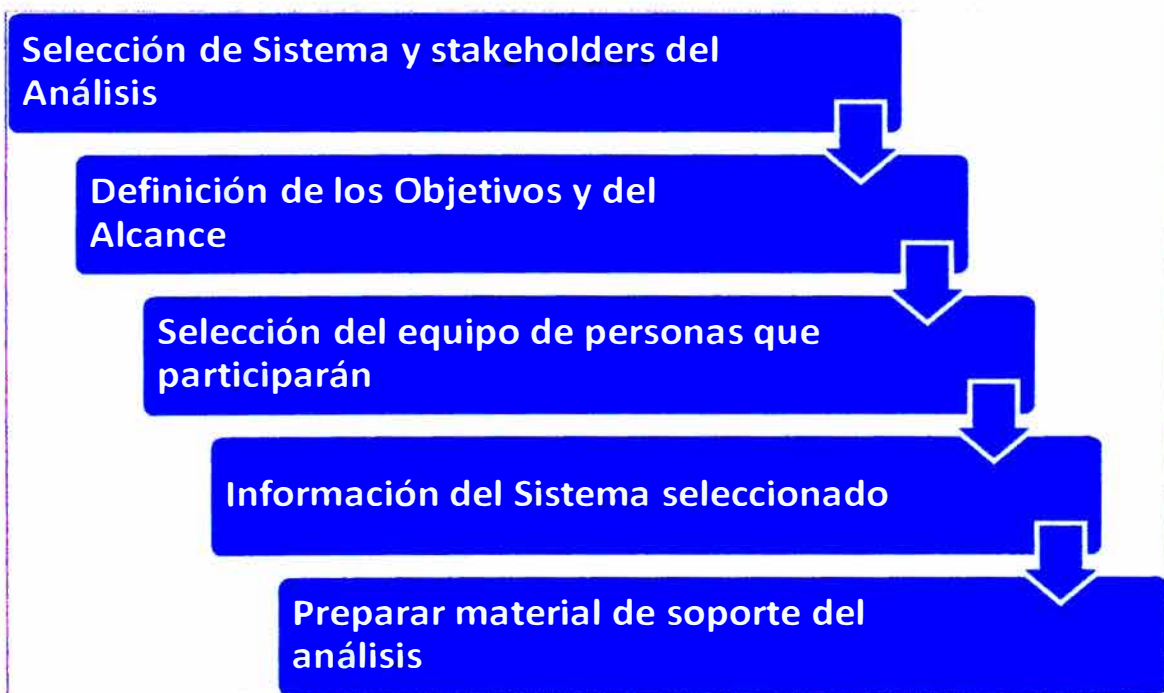


Figura 5.1 Preparación previa a la ejecución del análisis RCM

### **5.1.1. Selección de Sistema y Stakeholders del Análisis**

- **Identificación del sistema propuesto y de los stakeholders del proyecto.**

#### **Sistema Propuesto**

Sistema de Lubricación del Molino SAG.

#### **Stakeholders del proyecto**

- CD, Gerente de Operaciones Concentradora.
  - EM, Gerente de Mantenimiento.
  - RB, Superintendente Ingeniería de Mantenimiento.
  - MV, Superintendente Mantenimiento Concentradora.
- **Validación (con información) de los problemas de bajo desempeño del sistema (“too much, too little, too late”)**

La historia del sistema nos indica que durante el año 2001, se tuvo que cambiar en varias oportunidades los cojinetes del molino (Bearing Pads), implicando paradas de planta de mas de 5 días, luego se presentaron problemas con la instrumentación, que poco a poco fueron levantadas con el remplazo de interruptores por sensores y transmisores. La razón principal de elegirse este sistema es asegurar su confiabilidad, porque una falla implicaría una parada total de la planta por 5 días o más. El descubrimiento de modos de falla ocultos y una estrategia de mantenimiento proactivo adecuado garantizará la confiabilidad y una disponibilidad sobre 95%.

- **Validación de la percepción y expectativas (emociones) de los stakeholders con respecto al sistema.**

Respecto al sistema propuesto no hubo observaciones en contra, pero respecto a la metodología, especialmente a la participación del personal de mantenimiento, se tuvo observaciones que se debieron levantar.

- **Confirmación del sistema a ser analizado.**

El Sistema de Lubricación del Molino SAG, ha sido designado para este Análisis.

#### **5.1.2. Definición de los Objetivos y del Alcance**

- **Definición de lo que el análisis RCM debe producir (objetivos) y los beneficios cuantificables.**

El producto del análisis serán estrategias de mantenimiento proactivo, es decir el plan de mantenimiento para el sistema y, adicionalmente, se presentarán recomendaciones para rediseño y procedimientos operacionales. Aunque al final del análisis no se muestre una reducción de los costos de mantenimiento, se espera un impacto directo sobre la confiabilidad y disponibilidad global del equipo, garantizando su sostenimiento sobre el 95% y eliminar la posibilidad de fallas o daños críticos en los cojinetes (Bearing Pads) que ocasionen paradas no programadas de 5 o mas días.

- **Preparación del Resumen Ejecutivo del Análisis (Statement Of Work).**

El documento "Statement Of Work" se puede ver en el Apéndice B.

- **Lograr aprobación de los stakeholders sobre el Resumen Ejecutivo del Análisis (Statement Of Work).**

Este documento fue aprobado en la reunión del día 24 de Febrero.

- **Definir las reglas que regirán el análisis (niveles de autoridad, canales de comunicación, cadena de mando).**

Se acordó que los facilitadores serían las personas que tendrán el control absoluto dentro del grupo de análisis. Su responsabilidad es conducir el proyecto de acuerdo al cronograma establecido pudiendo, en caso extremo, modificar los horarios o su duración. Asimismo, podrán aceptar las justificaciones sobre inasistencias o separar, de ser necesario, a alguien del grupo.

El Consultor no podrá participar directamente en las reuniones de análisis. Su función es orientar (mentoring) a los facilitadores para el éxito del proyecto y auditar (auditing) los resultados, por lo que habrá reuniones separadas para esta actividad.

Los facilitadores enviarán un reporte de avance, cada 4 días a los stakeholders.

### **5.1.3. Selección del equipo de personas que participarán**

- **Selección del equipo de gerencia para el Análisis de RCM**
  - Cliente: CD, Gerente de Operaciones Concentradora.
  - Sponsor: EM, Gerente de Mantenimiento.
  - Gerente del proyecto: RB, Superintendente Ingeniería de Mantenimiento.
  - Líder Funcional: MV, Superintendente Mantenimiento Concentradora.
  - Consultor: JM2
  - Auditores
  - Facilitadores (Gerente del Análisis)
    - JM, Supervisor Mantenimiento
    - LM, Supervisor Mantenimiento
    - OB, Supervisor Mantenimiento
  
- **Selección del equipo de Analistas y equipo de Auditores del análisis de RCM**
  - Técnicos de Mantenimiento
    - JL, Mecánico
    - RC, Instrumentista
    - MV, Electricista
  - Supervisor de Mantenimiento
    - HP, Control de Procesos

- **Supervisor de Operaciones**
    - CC, Operador
  
  - **Especialistas**
    - SG, Electricista
    - MA, Predictivo
    - RD, Supervisor Operaciones
    - MDLP, Ing. de Seguridad
  
  - **Auditor**
    - JM2
- 
- **Formalizar la asignación de este equipo de personas al proyecto.**
  
  - **Coordinar permisos analistas de operaciones.**
  
  - **Coordinar permisos analistas de Mantenimiento.**
  
  - **Comunicar con tiempo a todos los participantes: fechas y lugares de reunión.**
  
  - **Entrenamiento corto de RCM para los miembros que lo necesitan**

Se tuvo que brindar el curso las personas de Operaciones. Todos los analistas y especialistas sugeridos llevaron el curso de RCMII de 3 días.



- **Entrenamiento "Hands on" de RCM Toolkit**

Todos los facilitadores llevaron la charla de uso de RCM Tool Kit.

#### **5.1.4. Información del Sistema seleccionado**

- **Jerarquía de sistemas y componentes**

Ver el Apéndice C: "Jerarquía de Sistemas y Componentes".

- **Estimación del número de modos de fallas probables y de reuniones de análisis**

Ver Apéndice D: Estimación de Modos de Falla.

- **Definición de límites del sistema (alcance del análisis)**

Los Límites del Sistema están definidos por los planos del proveedor Howard Marten Company Ltd. M8613S 1/2 y 2/2. Ver los planos del sistema 6.501589 6.501590 en el Apéndice E.

- **Planos y Manuales.**

Los planos y manuales del sistema se tienen en copia física y electrónica. Ver Apéndice E: Planos y Manuales del Sistema.

- **Fotografías del sistema**

Las fotografías del sistema se tienen en copia física y electrónica.

Ver Apéndice F: Fotografías del Sistema de Lubricación

- **Información del equipo (instalación, proveedor, etc.)**

El sistema de Lubricación del Molino SAG fue diseñado y fabricado por la compañía HOWARD MARTEN COMPANY LTD a solicitud de la compañía FFE MINERALS, empresa a la que se le adquirió el Molino SAG.

- **Histórico de fallas.**

Ver el Apéndice G: Historia de Fallas del Sistema de Lubricación.

- **Programas actuales de mantenimiento.**

Los Programas de Mantenimiento actuales también fueron parte de este análisis y no se encuentran en este informe.

- **Recomendaciones de mantenimiento del fabricante.**

Este documento, que en inglés se llama "Preventive Maintenance Checksheets", de 135 páginas, no se incluye en el presente informe.

- **Costo hora de producción cesante**

Ver el punto 5.10 Cálculo de los costos de una falla en el Sistema de Lubricación.

#### **5.1.5. Preparar material de soporte del análisis**

- Reglas de las "Reuniones de Análisis"
- Presentación "Sistema Seleccionado"

- Presentación "Problemas en el Sistema"
- Presentación "Objetivos del Proyecto"
- Presentación "Overview de RCM2"
- Documento y Presentación "Contexto Operacional"
- Afiche "Introducción a Funciones"
- Listado de "Dispositivos de Protección"
- Afiche "Introducción a Fallas Funcionales"
- Afiche "Introducción a Modos de Fallos y Efectos"
- Afiche "Introducción al Diagrama de Decisión"
- Y los afiches grandes:
  - Funciones y Fallas Funcionales.
  - Modos de Fallas y Efectos.
  - "Diagrama de Decisión" (práctico).
  - Minuta de reuniones y de avance.
  - Control del Tiempo.
  - Planos del Sistema de Lubricación.

## **5.2. Planificación del Análisis de RCM**

La planificación para la ejecución del propio análisis RCM del sistema propuesto cuenta con los siguientes pasos, que se listan en la figura 5.2. En

esta etapa se elabora y aprueba el plan de RCM en consenso entre todos los involucrados, se comunica y difunde el plan y se obtienen los recursos necesarios para ejecución del análisis.

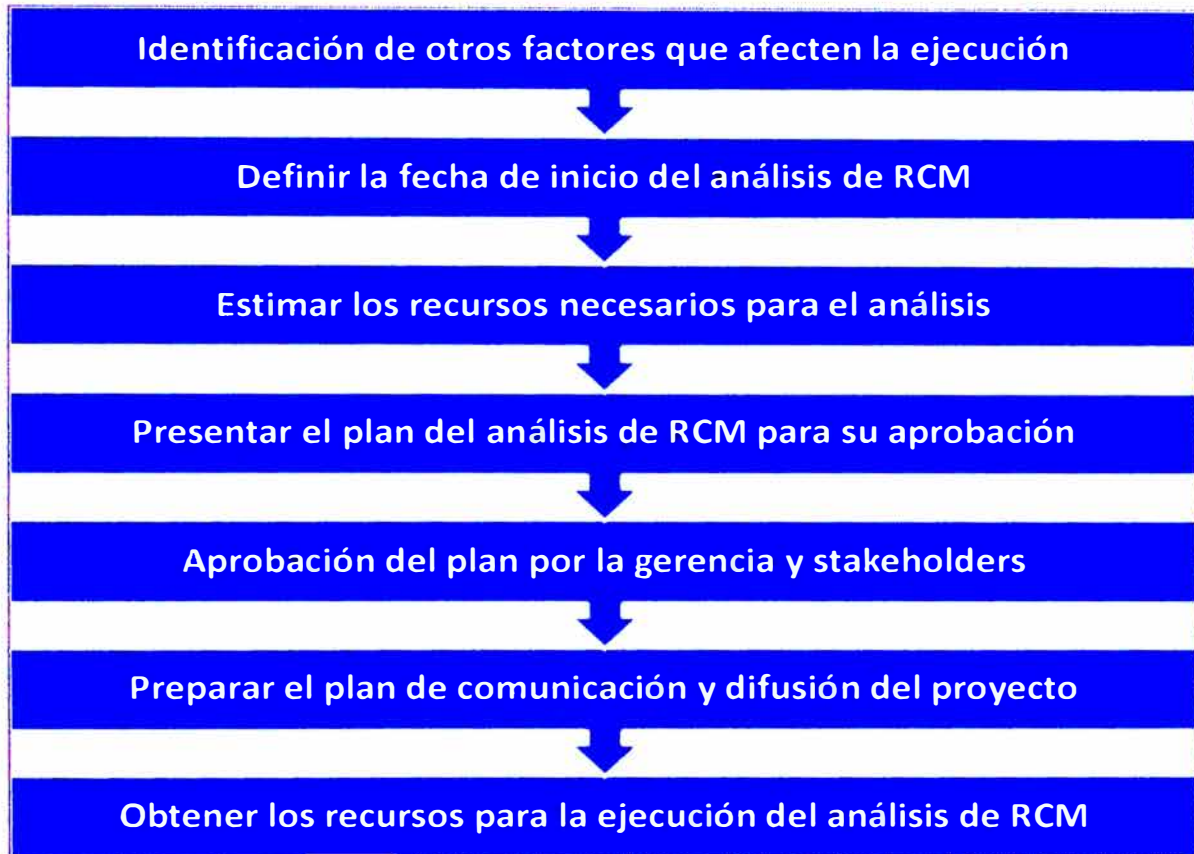


Figura 5.2 Preparación del plan para la ejecución del análisis RCM

### 5.2.1. Identificación de otros factores que afecten la ejecución

Tales como vacaciones, paradas, otras iniciativas, etc.

El resultado final se puede ver en el cronograma de la ejecución proyecto de análisis. Ver el apéndice H.

### **5.2.2. Definir la fecha de inicio del análisis de RCM**

La fecha de Inicio para el análisis del Sistema de Lubricación del Molino SAG, se planificó para el día 03 de Marzo.

### **5.2.3. Estimar los recursos necesarios para el análisis**

En este punto también se determina el presupuesto requerido.

### **5.2.4. Presentar el plan del análisis de RCM para su aprobación**

Se presenta el plan a la gerencia y stakeholders para aprobación. Se programó su entrega para el 15 de Febrero

### **5.2.5. Aprobación del plan por la gerencia y stakeholders**

El plan no tiene validez hasta que está aprobado por todos los involucrados en su ejecución, lo que permite asegurar obtener los recursos necesarios y poder ponerlo en ejecución.

### **5.2.6. Preparar el plan de comunicación y difusión del proyecto**

La comunicación y difusión del proyecto es un paso esencial para el éxito del proyecto, ya que no solo asegura el respaldo de quienes van a estar involucrados con su ejecución, sino también con los que estarán encargados de poner en práctica las tareas de confiabilidad y programas de mantenimiento que se obtengan del mismo.

### **5.2.7. Obtener los recursos para la ejecución del análisis de RCM**

Se coordina con las áreas involucradas los recursos necesarios, ya que para el logro del mismo se requiere la participación de las distintas

áreas que están involucradas en la operación y mantenimiento del sistema seleccionado.

### 5.3. Plan de Ejecución del Análisis de RCM

La ejecución en sí del plan involucra ir capacitando al personal que participa del análisis e ir desarrollando los puntos del mismo, con algunos momentos en los que se tiene que validar la información empleada en el mismo con datos que se obtienen de la información histórica de los especialistas y operadores. La figura 5.3 nos muestra los pasos que se siguieron en la ejecución de este proyecto.

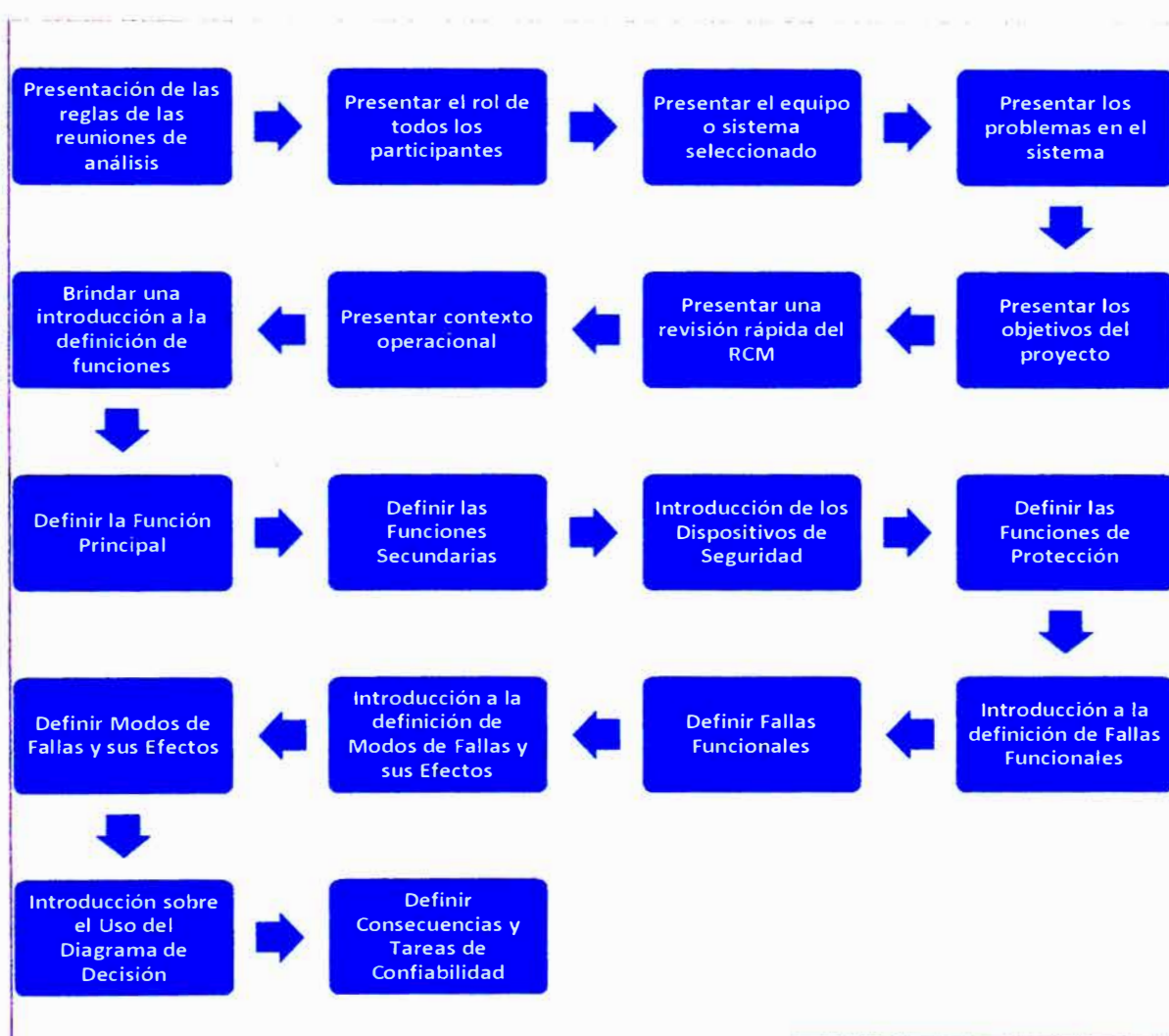


Figura 5.3 Ejecución del plan para el análisis RCM

**5.3.1. Presentación de las reglas de las reuniones de análisis**

El facilitador presenta las “Reglas para Reuniones” el 3 de Marzo, Sesión 1, en 10 minutos.

**5.3.2. Presentar el rol de todos los participantes**

El facilitador presenta el “Rol de Participantes” el 3 de Marzo, Sesión 1, en 20 minutos.

**5.3.3. Presentar el equipo o sistema seleccionado**

El facilitador presenta el “Sistema de Lubricación Molino SAG” el 3 de Marzo, Sesión 1, en 20 minutos.

**5.3.4. Presentar los problemas en el sistema**

El facilitador presentará los Problemas en el Sistema.doc el 3 de Marzo, Sesión 1, en 30 minutos.

**5.3.5. Presentar los objetivos del proyecto**

El facilitador presenta los “Objetivos del Proyecto” el 3 de Marzo, Sesión 1, en 30 minutos.

**5.3.6. Presentar una revisión rápida del RCM**

El facilitador presenta el “Overview de RCM” el 3 de Marzo, Sesión 1, en 1 hora 30 minutos.

### **5.3.7. Presentar contexto operacional**

El facilitador presenta el "Contexto Operacional" el 3 de Marzo, Sesión 1, en 40 minutos.

### **5.3.8. Brindar una introducción a la definición de funciones**

El facilitador presenta la "Introducción de Funciones" el 3 de Marzo, Sesión 2, en 20 minutos.

### **5.3.9. Definir la Función Principal**

Esta tarea se realizó en el equipo de análisis el 3 de Marzo, Sesión 2, en 2 horas 20 minutos.

### **5.3.10. Definir las Funciones Secundarias**

Esta tarea se realizó en el equipo de análisis el 3 de Marzo, Sesión 2, en 1 hora 20 minutos.

### **5.3.11. Introducción de los Dispositivos de Seguridad**

El facilitador presenta "Dispositivos de Seguridad" el 4 de Marzo, Sesión 3, en 20 minutos.

### **5.3.12. Definir las Funciones de Protección**

Esta tarea se realizó en el equipo de análisis el 4 de Marzo, Sesión 3, en 3 horas 40 minutos.



### **5.3.13. Introducción a la definición de Fallas Funcionales**

El facilitador presenta "Definición de Fallas Funcionales" el 4 de Marzo, Sesión 4, en 20 minutos.

### **5.3.14. Definir Fallas Funcionales**

Esta tarea se realizará en el equipo de análisis el 4 de Marzo, Sesión 4, en 3 horas 40 minutos.

### **5.3.15. Introducción a la definición de Modos de Fallas y sus Efectos**

El facilitador presenta "Definición de Modos de Fallas y Efectos" el 5 de Marzo, Sesión 5, en 20 minutos.

### **5.3.16. Definir Modos de Fallas y sus Efectos**

Esta tarea se realizó en el equipo de análisis los días 5, 6 y 7 de Marzo, Sesiones 5, 6, 7, 8, 9 y 10, en 23 horas 40 minutos.

### **5.3.17. Introducción sobre el Uso del Diagrama de Decisión**

El facilitador presenta el "Uso del Diagrama de Decisión" el 8 de Marzo, Sesión 11, en 20 minutos.

### **5.3.18. Definir Consecuencias y Tareas de Confiabilidad**

Esta tarea se realizó en el equipo de análisis, los días 8, 9 y 10 de Marzo, Sesiones 11, 12, 13, 14, 15 y 16, en 23 horas 40 minutos.

#### **5.4. Planificación del Control del Análisis de RCM**

Esta etapa esta diseñada para establecer los controles que tendrán, tanto los dueños del proceso (satkeholders) y los facilitadores para poder revisar y monitorear los avances del proyecto de análisis y corregir o replantear las desviaciones al plan de trabajo original. Un detalle de estos pasos los vemos en la figura 5.4.



Figura 5.4 Planificación del control del análisis RCM

##### **5.4.1. Establecer la comunicación con los stakeholders**

Se establecen reuniones formales del avance del proyecto.

##### **5.4.2. Monitoreo de desviaciones del plan de trabajo**

Actividad permanente realizada por el grupo de facilitadores

### **5.4.3. Tomar las acciones correctivas necesarias**

Actividad permanente por el grupo de facilitadores

### **5.4.4. Ajustar el plan original de trabajo**

Actividad permanente por el grupo de facilitadores

### **5.4.5. Manejo de los recursos necesarios**

Actividad permanente por el grupo de facilitadores

### **5.4.6. Manejo de los conflictos durante el proyecto**

Actividad permanente por el grupo de facilitadores

## **5.5. Planificación del Cierre del Proyecto de Análisis**

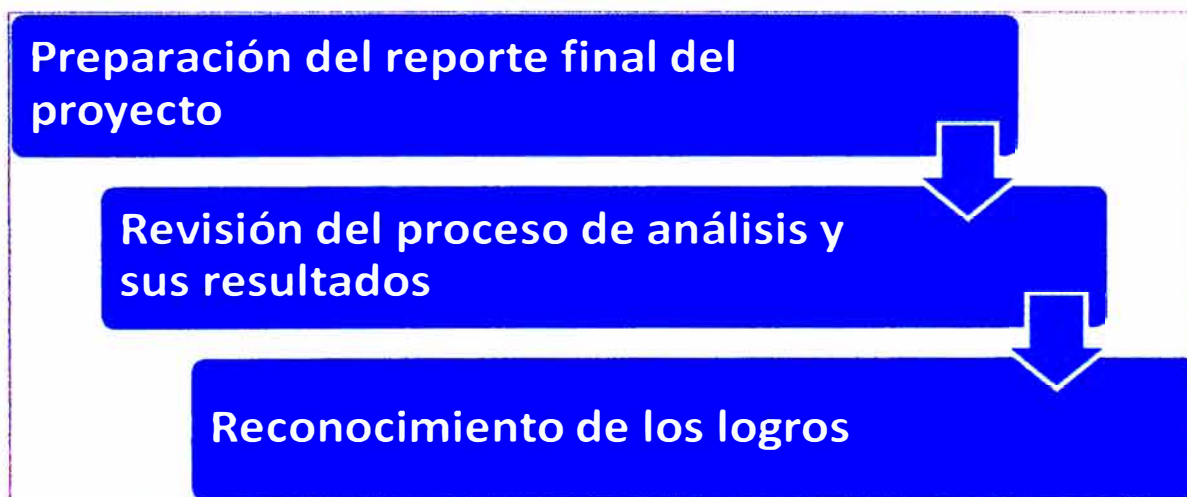


Figura 5.5 Planificación del cierre del proyecto de análisis

### **5.5.1. Preparación del reporte final del proyecto**

Actividad a ser realizada del 14 al 17 de Marzo.

### 5.5.2. Revisión del proceso de análisis y sus resultados

Revisión a llevarse a cabo con los stakeholders Reunión formal de entrega de resultados el 17 de Marzo.

### 5.5.3. Reconocimiento de los logros

Reunión formal de entrega de resultados el 17 de Marzo.

## 5.6. Plan para la implementación óptima e inmediata de los resultados

Esta metodología también contempla el plan para poder implementar de manera adecuada y pronta los resultados del análisis RCM.



Figura 5.6 Plan para la implementación óptima de los resultados

### 5.6.1. Incorporar la información al RCM Toolkit

El RCM Toolkit es una herramienta que brinda el consultor para el registro de los resultados de este análisis RCM. Esta actividad se

realizó permanentemente durante la duración del análisis y en las reuniones de Facilitadores.

#### **5.6.2. Adecuar de las tareas generadas a los nuevos procesos**

Hay que adecuar las tareas que el proyecto genera para que sean útiles dentro de los nuevos procesos de mantenimiento.

El Proyecto de Análisis concluye con la entrega del Plan de Mantenimiento Proactivo recomendado a la Gerencia de Mantenimiento y Superintendencias de Planeamiento y Mantenimiento para su implementación.

#### **5.6.3. Exportar información a las bases de Datos de Mantenimiento**

El grupo de Facilitadores continuaran su labor en el desarrollo de Bases de Datos y considerarán las estrategias del análisis en los Planes de Mantenimiento Globales.

#### **5.6.4. Preparar plan para aprovechar los resultados del análisis**

Adicionalmente, el grupo de Facilitadores optimizará y adecuará los resultados del análisis para su implementación exitosa como estrategia de mantenimiento, considerando los recursos propios o recomendando nuevos.

#### **5.6.5. Preparar el plan futuro de análisis RCM en la empresa.**

El grupo de Facilitadores diseñará una estrategia para implementar otros proyectos de análisis y contribuir en el camino hacia la Cultura de Confiabilidad en la empresa.

## 5.7. Metodología y Ejecución del Plan de Análisis RCM

### 5.7.1. Metodología del análisis RCM

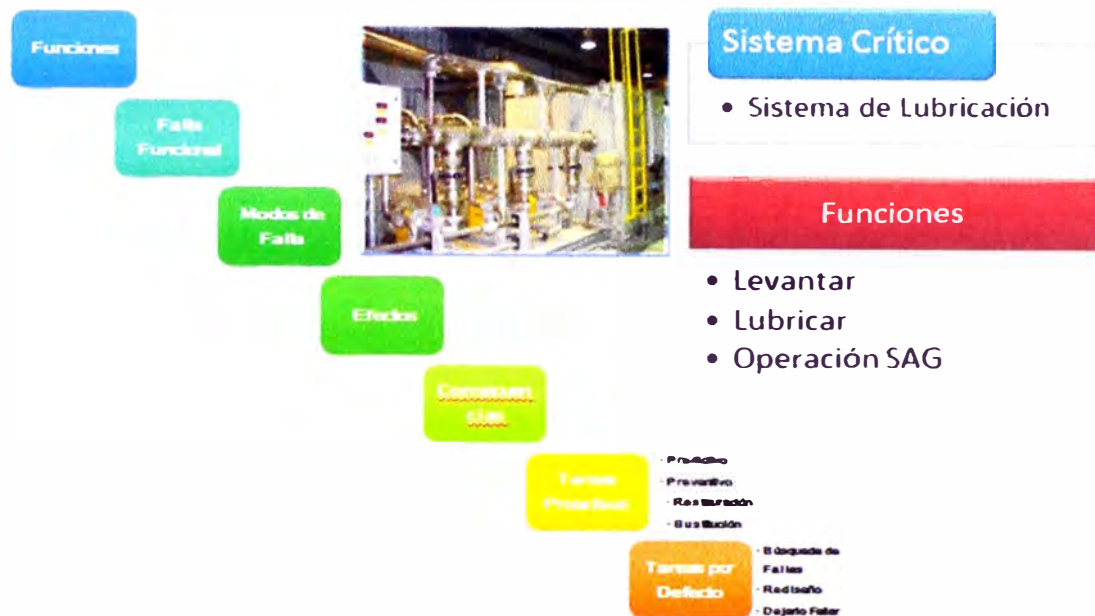


Figura 5.7 Metodología empleada en el Análisis RCM

En la figura 5.7 se puede observar la metodología empleada en el presente análisis RCM, el cual está basado en la metodología RCM II.

### 5.7.2. Funciones y su registro en el análisis

Una definición funcional está adecuadamente escrita si define con precisión los objetivos de desempeño y está totalmente cuantificada. Esto asegura que todos los involucrados conocen exactamente que se quiere y, a su vez, asegura que las actividades de mantenimiento permanezcan enfocadas hacia las necesidades reales de los usuarios.

Las funciones se listan en la columna izquierda de la Hoja de Información de RCM. Las funciones primarias se escriben primero y se listan correlativamente. En la figura 5.8 se puede ver un ejemplo.

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM
© 1994 Alsdon Ltd		SUB-SYSTEM
FUNCTION		
1	Levantar los trunnions del lado F E y D E.. bajo las condiciones siguientes: Presión mínima de 3800 Kpa y máxima de 6500 Kpa. Lubricar los bearings pads del lado F E & D E y los thrust rail del F E..	
1	bajo las condiciones siguientes: Temperatura del aceite entre 34°C a 48° C en el reservorio y una temperatura máxima 55°C en el trunnion contenido de partículas en el aceite menores a 60 micras, flujo mínimo en cada divisor de flujo principal (pads y thrust rail) de 353 6LPM y en cada divisor de flujo hacia los thrust rail de 32 3 LPM. Además Permitir la operación del Molino SAG	

Figura 5.8 Ejemplo de una función listada en la Hoja de Información

En el análisis RCM del Sistema de Lubricación del molino SAG se encontraron 41 funciones entre primarias y secundarias. Estas se pueden ver en el Apéndice I: Hojas de Información del Análisis.

### 5.7.3. Fallas Funcionales y su registro en el análisis

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

Las fallas funcionales se escriben en la segunda columna de la Hoja de Información y son codificadas alfabéticamente. En la figura 5.9 se puede ver un ejemplo.

<b>RCM II INFORMATION WORKSHEET</b> <small>© 1994 Alsdon Ltd</small>		<b>SYSTEM</b>	
		<b>Molino SAG</b>	
		<b>SUB-SYSTEM</b>	
		<b>Sistema de Lubricación</b>	
<b>FUNCTION</b>		<b>FUNCTIONAL FAILURE</b>	
1		E	Levanta los trunnions del F.E. y D.E. a más de 6.500 Kpa
1		E	
1		F	Levanta los trunnions del F.E. a menos de 3.000 Kpa

Figura 5.9 Ejemplos de fallas funcionales en la Hoja de Información

En el análisis RCM del Sistema de Lubricación del molino SAG se encontraron 75 fallas funcionales. Estas se pueden ver en el Apéndice I: Hojas de Información del Análisis.

#### 5.7.4. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE)

##### Modos de Falla

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

Los modos de falla se escriben en la tercera columna de la Hoja de Información y son codificadas numéricamente. En la figura 5.10 se puede ver un ejemplo.



RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1994 Alston Ltd		SYSTEM	Molino SAG		No.
		SUB-SYSTEM	Sistema de Lubricación		Ref. de lubricacion
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE (Cause of failure)	
1	Levantar los trunnions del lado F.E. y D.E. bajo las condiciones siguientes. Presión mínima de 3600 Kpa y máxima de 8500 Kpa. Lubricar los bearings pads del lado F.E. & D.E. y los thrust rail del F.E. bajo las condiciones siguientes. Temperatura del aceite entre 34°C a 48°C en el reservorio y una temperatura máxima 55°C en el trunnion contenido de partículas en el aceite menores a 60 micras. flujo mínimo en cada divisor de flujo principal (pads y thrust rail) de 353.6LPM y en cada divisor de flujo hacia los thrust rail de 32.3 LPM. Además Permitir la operación del Molino SAG	A	No levanta los trunnions del F.E. y D.E.	1	Bombas de alta presión no operan por falta de energía eléctrica
1		A		2	Válvulas de aislamiento de las bombas de altas cerradas por operaciones y/o mantenimiento
1		A		3	Fuga de aceite por las bandas de succión y empalmes de válvulas en la tubería manifold de alimentación de aceite a las bombas de alta debido a desgaste de sellos

Figura 5.10 Ejemplos de modos de falla en la Hoja de Información

En el análisis RCM del Sistema de Lubricación del molino SAG se encontraron 261 modos de falla. Estos se pueden ver en el Apéndice I: Hojas de Información del Análisis.

### Efectos de Falla

El siguiente paso en proceso de análisis RCM consiste en hacer una lista de lo que sucede al producirse cada modo de falla. A esto se denomina Efecto de Falla.

Hay que notar que efecto de falla no es lo mismo que consecuencia de falla. Un efecto de falla responde a la pregunta ¿Qué ocurre?, mientras que una consecuencia de falla responde a la pregunta ¿Qué importancia tiene?

La descripción de estos efectos debe incluir toda la información necesaria para ayudar a la evaluación de las consecuencias de las fallas.

Los efectos de falla se registran en la última columna de la Hoja de Información, junto al modo de falla correspondiente, tal como se ve en la figura 5.11.

	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	Bombas de alta presión no operan por falta de energía eléctrica	Se activa la descarga de los acumuladores, se detiene el molino SAG, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación, se espera la reposición de la energía para habilitar y arrancar el sistema
2	Válvulas de aislamiento de las bombas de altas cerradas por operaciones y/o mantenimiento	Se activa la alarma de bajo flujo (sensores ubicados en los Pads y thrust rail), se activa la alarma de baja presión (sensores ubicados en los Pads) activando la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación, las bombas de lubricación continúan trabajando hasta que el operador lo detenga, puede existir daño en las bombas, se normaliza el sistema y se vuelve a arrancar el sistema

Figura 5.11 Ejemplos de efectos de falla en la Hoja de Información

Un ejemplo del registro de los modos y efectos de falla en la Hoja de Información, en el presente análisis, lo podemos encontrar en la figura 5.12. El detalle completo de las 41 Hojas de Información empleadas en el presente análisis lo podemos encontrar en el Apéndice I: Hojas de Información del Análisis.

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	Molino SAG	No	0	Compiled by	JM. LM. IG. OB	Date	18-Mar-05	Sheet	1
SUB-SYSTEM	Sistema de Lubricación	Ref.	de lubricacion I	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
<p>1 Levantar los trunnions del lado FE y DE bajo las condiciones siguientes: Presión mínima de 3600 Kpa y máxima de 6500 Kpa. Lubricar los bearings pads del lado FE &amp; DE y los thrust rail del FE, bajo las condiciones siguientes: Temperatura del aceite entre 34°C a 48°C en el reservorio y una temperatura máxima 55°C en el trunnion. contenido de partículas en el aceite menores a 60 micras. flujo mínimo en cada divisor de flujo principal (pads y thrust rail) de 353 6LPM y en cada divisor de flujo hacia los thrust rail de 32.3 LPM. Además Permitir la operación del Molino SAG</p>	<p>A No levanta los trunnions del FE y DE.</p>	<p>1 Bombas de alta presión no operan por falta de energía eléctrica</p>	<p>Se activa la descarga de los acumuladores, se detiene el molino SAG, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, se activan las alarmas el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación, se espera la reposición de la energía para habilitar y arrancar el sistema</p>
	A	<p>2 Válvulas de aislamiento de las bombas de altas cerradas por operaciones y/o mantenimiento</p>	<p>Se activa la alarma de bajo flujo (sensores ubicados en los Pads y thrust rail), se activa la alarma de baja presión (sensores ubicados en los Pads) activando la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación, las bombas de lubricación continúan trabajando hasta que el operador lo detenga, puede existir daño en las bombas, se normaliza el sistema y se vuelve a arrancar el sistema</p>
	A	<p>3 Fuga de aceite por las bridas de succión y empalmes de válvulas en la tubería manifold de alimentación de aceite a las bombas de alta debido a desgaste de sellos</p>	<p>El nivel del tanque disminuye, luego se activa el sensor de bajo nivel en el tanque de acondicionamiento (LSLL-1558) o en el tanque de retorno (LSLL-1553), la alarma LSLL-1588 detiene las bombas de alta presión, la alarma LSLL-1583 detiene las bombas de baja y luego las de alta, se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación</p>
	A	<p>4 Fuga de aceite por bridas de succión y empalmes de válvulas en la tubería manifold de alimentación de aceite a las bombas de alta y/o baja presión debido a mal ajuste</p>	<p>El nivel del tanque disminuye, luego se activa el sensor de bajo nivel en el tanque de acondicionamiento (LSLL-1558) o en el tanque de retorno (LSLL-1553), la alarma LSLL-1588 detiene las bombas de alta presión, la alarma LSLL-1583 detiene las bombas de baja y luego las de alta, se activa la descarga de los acumuladores, se detiene el molino, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación</p>

Figura 5.12 Hoja de Información. Página 01 de 41

### **5.7.5. El Proceso de Decisión de RCM**

#### **Integración de Consecuencias y Tareas**

Esta parte del análisis resume los criterios más importantes que responden a las últimas tres de las siete preguntas que conforman el proceso de RCM:

- ¿Qué importa si falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se puede encontrarse una tarea proactiva apropiada?

Las respuestas a estas preguntas se realizan empleando el Diagrama de Decisión de RCM, que integra todos los procesos de decisión en una estructura estratégica única, y se aplica a cada uno de los modos de falla encontrados. Este Diagrama de Decisión se puede encontrar en la figura 5.13.

#### **El Proceso y el uso de la Hoja de Decisión de RCM**

La Hoja de Decisión permite asentar las respuestas a las preguntas formuladas en el Diagrama de Decisión, y, en función de estas respuestas registrar:

- Qué mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con que frecuencia y quién lo hará.

- Qué fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño.
- Casos en los que se toma la decisión deliberada de dejar que las fallas ocurran.

La Hoja de Decisión está dividida en dieciséis columnas. Las primeras tres columnas (F, FF y FM) identifican el modo de falla que se analiza en esa línea. Se utilizan para correlacionar las Hojas de Información y las Hojas de Decisión, tal como se ve en la figura 5.14.

Las primas diez columnas son empleadas de acuerdo a las respuestas que se den a las preguntas del Diagrama de Decisión de RCM, de manera que:

- Las columnas tituladas H, S, E y O son utilizadas para registrar las respuestas a las preguntas correspondientes a las consecuencias de cada modo de falla.
- Las tres columnas siguientes (H1, H2, H3, etc.) registran si ha sido seleccionada una tarea proactiva y, si es así, que tipo de tarea.
- Si se necesita responder cualquiera de las preguntas “a falta de”, las columnas encabezadas con H4, H5 o S4 están para registrarlas.





Las últimas tres columnas registran la tarea que ha sido seleccionada (si la hay), la frecuencia con la que debe hacerse y quien es el encargado de realizarla. La columna de "Tarea Propuesta" también se utiliza para registrar los casos en los que se requiere rediseño o si se ha decidido que no necesita mantenimiento programado.

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM		No.
© 1994 Aladon Ltd		SUB-SYSTEM		Ref. de la Brindación
		<b>Molino SAG</b>		0
		<b>Sistema de Lubricación</b>		
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)		
1 Levantar los trunnions del lado F E y D E bajo las condiciones siguientes: Presión máxima de 3000 r.p.m y máxima de 2500 r.p.m. Lubricar los bearings pads del lado F E & D E y los thrust rail del F E bajo las condiciones siguientes: Temperatura del aceite entre 34°C a 43°C en el reservorio y una temperatura máxima 55°C en el trunnion. Contenido de partículas en el aceite menores a 50 micras. Flujo mínimo en cada divisor de flujo principal pads y thrust rail de 353 GPM y en cada divisor de flujo hacia los thrust rail de 323 LPM. Además Permitir la operación del Molino SAG.	A  A  A	1 Bombas de alta presión no operan por falta de energía eléctrica.	2 Valvulas de aislamiento de las bombas de altas cerradas por operaciones y o mantenimiento.	3 Fuga de aceite por las bridas de succión y empalmes de valvulas en la tubería manifold de alimentación de aceite a las bombas de alta debido a desgaste de sellos.

RCM II DECISION WORKSHEET		SYSTEM										
© 1994 Aladon Ltd		SUB-SYSTEM		<b>Molino</b>								
				<b>Sistema de</b>								
Information reference			Consequence evaluation				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Default tasks		
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N			
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N			
1	A	3	S	S			N	N	N			N

Figura 5.14 Correlación entre las Hojas de Información y de Decisión

## 5.8. Resultados del análisis RCM del Sistema de Lubricación

La aplicación del análisis RCM en el sistema seleccionado produjo los siguientes resultados:

- En total se analizaron 389 componentes de los cinco subsistemas que componen el Sistema de Lubricación.
- Se determinó 261 tareas de confiabilidad frente a las 239 tareas e inspecciones que propuso el proveedor del equipo (FFE Minerals) e igual número que venía realizando Mantenimiento actualmente.
- El detalle, por tipo de tareas, de las tareas de confiabilidad propuestas por el análisis se muestra en la figura 5.15.

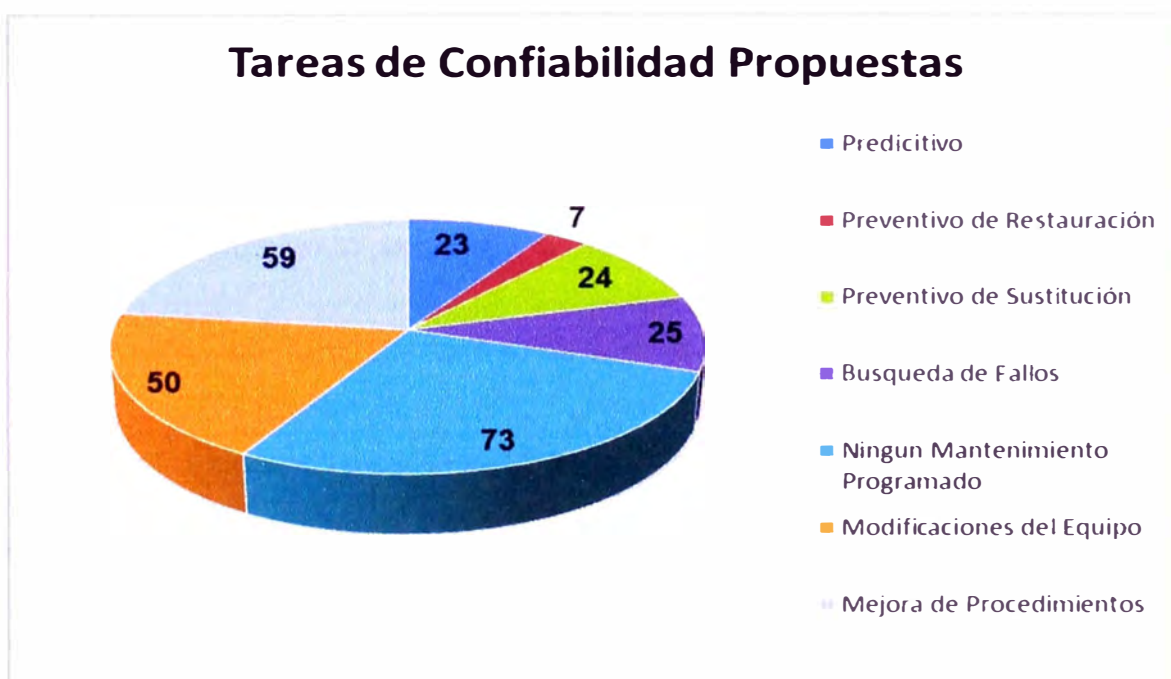


Figura 5.15 Tareas de confiabilidad propuestas por el análisis RCM

- El documento con las 12 Hojas de Decisión, con el detalle de todas las tareas de confiabilidad propuestas, se muestra en las figuras 5.16 a la 5.27.



### **5.8.1. Principales Tareas de Confiabilidad Propuestas**

#### **Modificaciones del Equipo**

- Control de Sobrecarga del Molino.
- Detección de Bladers Rotos del Sistema de Acumuladores.
- Monitoreo continuo de temperatura en el Sistema de Acondicionamiento y de Acumuladores.
- Modificación del sello de polvo del molino, para evitar ingreso de pulpa.
- Sistema de by pass para cambio de filtros en línea.
- Mejorar sistema de detección de saturación de filtros

#### **Modificaciones de Procedimientos**

- Procedimiento de relleno de aceite.
- Procedimiento de cambio de motores y bombas.
- Procedimiento de selección y control de calidad de filtros.
- Procedimiento para identificación, marcado y operación de válvulas.

#### **Monitoreo de Condición**

- Detección de fugas
- Desgaste de rodamientos en divisores de flujo, motores y bombas

- Condición del aceite
- Detección de pérdida de aislamiento en los motores

#### **Preventivo de Restauración**

- Lubricación y cambio de grasa en divisores de flujo, motores y bombas

#### **Preventivo de Sustitución**

- Cambio de elementos filtrantes
- Cambio de sellos en divisores de flujo y bombas.
- Cambio de componentes desgastados en divisores de flujo y bombas.

#### **Búsqueda de Fallos**

- Dispositivos de seguridad o de protección.

RCM II  
DECISION  
WORKSHEET

© 1994 Alston Ltd

SYSTEM	Molino SAG	No.	0	Complied by	JM. LM. IG. OB	Date	18-Mar-05	Sheet	1
SUB-SYSTEM	Sistema de Lubricación	Ref.	de lubricacion I	Reviewed by		Date		of	12

Information reference	Consequence evaluation				H1 O1	H2 O2	H3 O3	H4 O4	H5 O5	H6 O6	Default tasks	Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
	F	FF	FM	H										
1 A 1	S	N	N	S	N	N	N					Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Ninguno
1 A 2	S	N	N	S	N	N	N					Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Operador
1 A 3	S	S			N	N	N			N		Instalar bandas antideslizante en el piso porque en la actualidad se presentan resbalones continuamente y proporcionar zapatos antideslizantes	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 4	S	S			N	N	N			N		Instalar bandas antideslizante en el piso porque en la actualidad se presenta resbalo continuamente y proporcionar zapatos antideslizantes	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 5	S	N	N	S	N	N	N					Aclarar las tuberías con pintura anticorrosiva para la pupa del mineral o cambio de material de tuberías. Instalar un transmisor de nivel en el tanque para monitoreo de nivel	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 6	S	S			N	N	N			N		Instalar bandas antideslizante en el piso porque en la actualidad se presentan resbalones continuamente y proporcionar zapatos antideslizantes	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 7	S	S			N	N	N			N		Instalar una bomba para recarga de aceite	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 8	S	N	N	S	N	N	N					Instalar una bomba para recarga de aceite	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 9	S	N	N	S	N	N	N					Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 A 10	S	S			N	N	N			N		Mejorar las tomas de aceite, agua y eléctricas para el sistema de regeneración de aceite. Señalar la ubicación adecuada del equipo auxiliar. Se debe instalar bandas antideslizante en el piso porque en la actualidad se presentan resbalones continuamente y proporcionar zapatos antideslizantes	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 11	S	N	N	S	N	N	N					Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 A 12	S	N	N	S	N	N	N					Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 A 13	S	N	N	S	N	N	N					Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Predictivo
1 A 14	S	N	N	S	N	N	N					Mejorar el conexionado de los terminales del sensor y los cables de control	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 15	S	N	N	S	N	N	N					Independizar los circuitos de control, reemplazar borneras actuales por borneras con fusibles. se reducirá el tiempo de diagnóstico y reparación	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 16	S	N	N	S	N	N	N					Independizar los circuitos de control y fuentes de 24VDC, reemplazar borneras actuales por borneras con fusibles. se reducirá el tiempo de diagnóstico y reparación	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 17	S	N	N	S	N	N	N					Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Control de Procesos
1 A 18	S	N	N	S	N	N	N					Mejorar el conexionado de los terminales en el panel del PLC de los cables de control	Ninguna	Ingeniería de Planta

Figura 5.16 Hoja de Decisión. Página 01 de 12

RCM II  
DECISION  
WORKSHEET

SYSTEM	Molino SAG			No.	0	Compiled by	JM LM IG OB	Date	18-Mar-05	Sheet	2
SUB-SYSTEM	Sistema de Lubricación			Ref.	de lubricacion I	Reviewed by		Date		of	12

© 1994 Alstom Ltd

Information reference	Consequence evaluation				M1 ST CH NT	M2 ST CH NT	M3 ST CH NT	Default tasks			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
	F	FF	FM	H				S	E	O			
1 A 19	S	N	N	S	N	N	N				Mejorar el ordenamiento de los cables dentro del instrumento	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 20	S	N	N	S	N	N	N				Crear una lógica de control para detectar las desviaciones de temperatura de aceite e circuito de acondicionamiento	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 21	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 A 22	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 A 23	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Ninguno
1 A 24	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Operador
1 A 25	S	N	N	S	N	N	N				Mejorar el ordenamiento de los cables dentro del instrumento	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 26	S	N	N	S	S						Monitoreo de temperatura y vibraciones	1 mes	Predictivo
1 A 27	S	N	N	S	N	S					Lubricar los rodamientos	6 meses	Electricista
1 A 28	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Electricista
1 A 29	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 A 30	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Ninguno
1 A 31	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Ninguno
1 A 32	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 A 33	S	S			N	N	N	N			Colocar identificación y diseñar un mecanismo de bloqueo y señalización debido a la presiones altas	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 34	S	N	N	S	N	N	N				Mejorar el conexionado de los terminales en el panel del PLC de los cables de control	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 A 35	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Control de Procesos
1 A 36	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Control de Procesos
1 B 1	S	N	N	S	S						Monitoreo de temperatura y vibraciones	1 mes	Predictivo
1 B 2	S	N	N	S	N	S					Lubricar los rodamientos	6 meses	Electricista
1 B 3	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Electricista
1 B 4	S	N	N	S	N	N	S				Reemplazar resorte del acoplamiento	2 años	Mecánico

Figura 5.17 Hoja de Decisión. Página 02 de 12

RCM II  
DECISION  
WORKSHEET

© 1994 Alcon Ltd

SYSTEM	Molino SAG			No.	0	Compiled by	JM LM IG OB	Date	18-Mar-05	Sheet	3
SUB-SYSTEM	Sistema de Lubricación			Ref.	de lubricacion I	Reviewed by		Date		of	12

Information reference	Consequence evaluation				M1 S1 O1 N1	M2 S2 O2 N2	M3 S3 O3 N3	Default tasks			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
	F	FF	FM	H				S	E	O			
1 B 5	S	N	N	S	N	S					Cambiar la grasa	6 meses	Mecánico
1 B 6	S	N	N	S	S						Monitoreo de temperatura y vibraciones. Inspeccionar fugas de aceite	1 mes	Predictivo
1 B 7	S	N	N	S	N	N	S				Reemplazar el tornillo de la bomba y componentes desgastados	3 años	Mecánico
1 B 8	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 B 9	S	N	N	S	N	N	S				Reemplazar los sellos y rodamientos del divisor de flujo	1 año	Mecánico
1 B 10	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Logística
1 B 11	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 B 12	S	N	N	S	N	S					Reemplazar los componentes internos desgastados del divisor de flujo	5 años	Mecánico
1 B 13	S	N	N	S	N	N	N				El sello de polvo actual se debe modificar con uno de laberinto	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 B 14	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 B 15	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 B 16	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Logística
1 B 17	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 C 1	S	N	N	S	S						Monitoreo de temperatura y vibraciones	1 mes	Predictivo
1 C 2	S	N	N	S	N	S					Lubricar los rodamientos	6 meses	Electricista
1 C 3	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Electricista
1 C 4	S	N	N	S	N	N	S				Reemplazo del resorte, empaques y pernos	2 años	Mecánico
1 C 5	S	N	N	S	N	S					Cambiar la grasa	6 meses	Mecánico
1 C 6	S	N	N	S	S						Monitoreo de temperatura y vibraciones. Inspeccionar fugas de aceite	1 mes	Predictivo
1 C 7	S	N	N	S	N	N	S				Reparación general de la bomba. reemplazar el tornillo de la bomba	3 años	Mecánico
1 C 8	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 C 9	S	N	N	S	N	N	S				Reemplazar los sellos y rodamientos del divisor de flujo	1 año	Mecánico
1 C 10	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 C 11	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 C 12	S	N	N	S	N	S					Reemplazar los componentes internos desgastados del divisor de flujo	5 años	Mecánico

Figura 5.18 Hoja de Decisión. Página 03 de 12



RCM II  
DECISION  
WORKSHEET

© 1994 Alstom Ltd

SYSTEM	Molino SAG			No.	0	Compiled by	JM LM IG OB	Date	18-Mar-05	Sheet	4
SUB-SYSTEM	Sistema de Lubricación			Ref.	de lubricacion 1	Reviewed by		Date		of	12

Information reference	Consequence evaluation			H1	H2	H3	Default tasks			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by			
	F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2				N3	H4	H5
1 C 13	S	N	N	S	N	N	N						El sello de polvo actual se debe modificar con uno de laberinto	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 C 14	S	N	N	S	N	N	N						Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 C 15	S	N	N	S	N	N	N						Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 C 16	S	N	N	S	N	N	N						Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Logística
1 C 17	S	N	N	S	N	N	N						Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 D 1	S	N	N	S	N	N	N						Implementar alarma de desviaciones de temperatura asociadas a detección de fallas	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 E 1	S	N	N	S	N	N	N						Implementar un control automático que reduzca la alimentación de mineral ante sobrecarga	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 E 2	S	N	N	S	N	N	N						Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Control de Procesos
1 F 1	N				N	N	N	S					Realizar pruebas y calibrar si es necesario	2 años	Instrumentista
1 F 2	N				N	N	S						Reemplazar el tornillo de la bomba y componentes desgastados	3 años	Mecánico
1 F 3	N				N	N	N	S					Realizar pruebas y calibrar si es necesario	2 años	Instrumentista
1 F 4	S	N	N	S	N	N	N						Instalación de mejores filtros con indicación de saturación, instalación de by pass con filtro en paralelo	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 G 1	S	N	N	S	N	N	N						Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	operador
1 H 1	N				N	N	N	S					Realizar pruebas y calibrar si es necesario	2 años	Instrumentista
1 H 2	N				N	N	S						Reparación general de la bomba, reemplazar el tornillo de la bomba	3 años	Mecánico
1 H 3	N				N	N	N	S					Realizar pruebas y calibrar si es necesario	2 años	Instrumentista
1 H 4	S	N	N	S	N	N	N						Instalación de mejores filtros con indicación de saturación, instalación de by pass con filtro en paralelo	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 I 1	S	N	N	S	N	N	N						El sello de polvo actual se debe modificar con uno de laberinto	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 I 2	S	N	N	S	S								Monitoreo y análisis del aceite	1 mes	Predictivo
1 J 1	S	N	N	S	N	N	S						Reemplazar los sellos y rodamientos del divisor de flujo	1 año	Mecánico

Figura 5.19 Hoja de Decisión. Página 04 de 12

RCM II  
DECISION  
WORKSHEET

© 1994 Alton Ltd

SYSTEM	Molino SAG	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	5
SUB-SYSTEM	Sistema de Lubricación	Ref.	de lubricacion I	Reviewed by		Date		of	12

Information reference	Consequence evaluation				H1 O1 N1	H2 O2 N2	H3 O3 N3	Default tasks			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
	F	FF	FM	H				S	E	O			
1 J 2	S	N	N	S	N	N	N				El sello de polvo actual se debe modificar con uno de laberinto	Ninguna	Ingenieria de Planta
1 J 3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 J 4	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Logística
1 J 5	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 K 1	S	N	N	S	N	N	S				Reemplazar los sellos y rodamientos del divisor de flujo	1 año	Mecánico
1 K 2	S	N	N	S	N	N	N				El sello de polvo actual se debe modificar con uno de laberinto	Ninguna	Ingenieria de Planta
1 K 3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 K 4	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Logística
1 K 5	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 L 1	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 L 2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 M 1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Ninguno
1 N 1	S	N	N	S	N	N	N				Implementar alarma de desviaciones de temperatura asociadas a detección de fallas	Ninguna	Ingenieria de Planta
1 O 1	S	N	N	S	N	N	N				Implementar alarma de desviaciones de temperatura asociadas a detección de fallas	Ninguna	Ingenieria de Planta
1 P 1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 P 2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	operador
1 P 3	S	N	N	S	N	N	N				Instalacion de mejores filtros con indicación de saturación, instalación de by pass cor filtro en paralelo	Ninguna	Ingenieria de Planta
1 G 1	S	N	N	S	N	N	N				Instalacion de mejores filtros con indicación de saturación, instalación de by pass cor filtro en paralelo	Ninguna	Ingenieria de Planta
1 Q 2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 R 1	S	N	N	S	N	N	N				Instalación de mejores filtros con indicación de saturación, instalación de by pass cor filtro en paralelo	Ninguna	Ingenieria de Planta
1 R 2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico

Figura 5.20 Hoja de Decisión. Página 05 de 12

RCM II  
DECISION  
WORKSHEET

© 1994 Alstom Ltd

SYSTEM	Molino SAG			No.	0	Compiled by	JM. LM. IG. OB	Date	18-Mar-05	Sheet	6
SUB-SYSTEM	Sistema de Lubricación			Ref.	de lubricacion 1	Reviewed by		Date		of	12

Information reference	Consequence evaluation						H1	H2	H3	Default tasks			Proposed Task	Initial Interval	Can Be done by
	F	FF	FM	H	S	E	O	Q1	Q2	Q3	H4	H5			
1 S 1	S	N	N	S	N	N	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 2	S	N	N	S	N	N	N	N					Instalacion de drenaje en la caja de alojamiento del sensor inductivo	Ninguna	Ingenieria de Planta
1 S 3	S	N	N	S	N	N	N	N					Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 4	S	N	N	S	N	N	N	N					Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 5	S	N	N	S	N	N	N	N					El sello de polvo actual se debe modificar con uno de laberinto	Ninguna	Ingenieria de Planta
1 S 6	S	N	N	S	N	N	N	N					El sello de polvo actual se debe modificar con uno de laberinto	Ninguna	Ingenieria de Planta
1 S 7	S	N	N	S	N	N	N	N					Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 8	S	N	N	S	N	N	N	N					Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Electricista
1 S 9	S	N	N	S	S								Monitoreo de temperatura y vibraciones. Inspeccionar fugas de aceite	1 mes	Predictivo
1 S 10	S	N	N	S	N	N	S						Reemplazar el tornillo de la bomba y componentes desgastados	2 años	Mecánico
1 S 11	S	N	N	S	N	N	N						Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 S 12	S	N	N	S	N	N	N						Instalación de mejores filtros con indicación de saturación. Instalación de by pass con filtro en paralelo	Ninguna	Ingenieria de Planta
1 S 13	S	N	N	S	N	N	S						Reemplazar los sellos y rodamientos del divisor de flujo	1 año	Mecánico
1 S 14	S	N	N	S	N	N	N						Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Ninguno
1 S 15	S	N	N	S	N	N	N						Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 16	S	N	N	S	N	N	N						Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 S 17	S	N	N	S	N	N	N						Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
1 S 18	S	N	N	S	N	N	N						Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 19	S	N	N	S	N	N	N						Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 20	S	N	N	S	S								Inspeccion de uniones soldadas	1 año	Predictivo
1 S 21	S	N	N	S	N	N	N						Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Ninguno

Figura 5.21 Hoja de Decisión. Página 06 de 12



RCM II  
DECISION  
WORKSHEET

© 1994 Alford, L.M.

SYSTEM	Molino SAG			No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	7
SUB-SYSTEM	Sistema de Lubricación			Ref.	de lubricacion 1	Reviewed by		Date		of	12

Information reference	Consequence evaluation			M1 S1 O1 N1	M2 S2 O2 N2	M3 S3 O3 N3	Default tasks			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by	
	F	FF	FM				H	S	E				O
1 S 22	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 23	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 24	S	N	N	S	S						Monitoreo de temperatura y vibraciones	1 mes	Predictivo
1 S 25	S	N	N	S	N	S					Lubricar los rodamientos	6 meses	Electricista
1 S 26	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Electricista
1 S 27	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 28	S	N	N	S	S						Monitoreo de temperatura y vibraciones. Inspeccionar fugas de aceite	1 mes	Predictivo
1 S 29	S	N	N	S	N	N	S				Reemplazar el resorte del acoplamiento	2 años	Mecánico
1 S 30	S	N	N	S	N	S					Cambiar la grasa	1 año	Mecánico
1 S 31	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	operador
1 S 32	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 33	S	N	N	S	N	N	N				Mejorar el ordenamiento de los cables dentro del instrumento	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 S 34	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 35	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	operador
1 S 36	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	operador
1 S 37	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 38	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Ninguno
1 S 39	S	N	N	S	N	N	N				Reubicar rectificador que se encuentra ubicado en la caja de conexiones de la soleno a un tablero 310-TB1 fijo externo	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 S 40	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Electricista
1 S 41	S	N	N	S	N	N	N				Mejorar el conexionado de los terminales del sensor y los cables de control	Ninguna	Ingeniería de Planta
1 S 42	S	N	N	S	N	N	N				Mejorar el conexionado de los terminales del sensor y los cables de control	Ninguna	Ingeniería de Planta

Figura 5.22 Hoja de Decisión. Página 07 de 12

RCM II  
DECISION  
WORKSHEET

© 1994 Alford Ltd

SYSTEM	Molino SAG			No.	0	Compiled by	JM. LM. IG. OB	Date	18-Mar-05	Sheet	8
SUB-SYSTEM	Sistema de Lubricación			Ref.	de lubricacion I	Reviewed by		Date		of	12

Information reference	Consequence evaluation				M1 S1 O1 N1	M2 S2 O2 N2	M3 S3 O3 N3	Default tasks			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
	F	FF	FM	H				S	E	O			
1 S 43	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Ninguno
1 S 44	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 45	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 46	S	N	N	S	N	N	N				Instalacion de drenaje en la caja de alojamiento del sensor inductivo	Ninguna	Ingenieria de Planta
1 S 47	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 48	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Ninguno
1 S 49	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
1 S 50	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	operador
1 S 51	S	N	N	S	N	N	N				Colocar valvula de aislamiento para poder calibrar el switch de presión sin necesidad de descargar el nitrógeno del blader. mejorar el cableado en la parte interna del instrumento	Ninguna	Ingenieria de Planta
1 S 52	S	N	N	S	N	N	N				Colocar valvula de aislamiento para poder calibrar el switch de presión sin necesidad de descargar el nitrógeno del blader. se sugiere reemplazar los switch por transmisores presión ( se cuenta en prueba del Molino 3, con buenos resultados hasta ahora )	Ninguna	Ingenieria de Planta
1 T 1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Logistica
1 T 2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Logistica
1 T 3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Logistica
2 A 1	S	N	N	S	N	N	N				Instalación de mejores filtros con indicación de saturación. instalación de by pass con filtro en paralelo. El arranque de la bomba con aceite frío produce alarmas de presión diferencial	Ninguna	Ingenieria de Planta
2 A 2	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
2 A 3	S	N	N	S	N	N	S				Reemplazar los sellos y rodamientos del divisor de flujo	2 años	Mecánico
2 A 4	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
2 B 1	S	N	N	S	N	N	N				Colocar valvula de aislamiento para poder calibrar el switch de presión sin necesidad de descargar el nitrógeno del blader. mejorar el cableado en la parte interna del instrumento	Ninguna	Ingenieria de Planta
2 B 2	S	N	N	S	N	N	N				Colocar valvula de aislamiento para poder calibrar el switch de presión sin necesidad de descargar el nitrógeno del blader. mejorar el cableado en la parte interna del instrumento	Ninguna	Ingenieria de Planta

Figura 5.23 Hoja de Decisión. Página 08 de 12

RCM II  
DECISION  
WORKSHEET

© 1994 Amtron Ltd.

SYSTEM	Molino SAG			No.	0	Compiled by	JM LM IG OB	Date	18-Mar-05	Sheet	9
SUB-SYSTEM	Sistema de Lubricación			Ref.	de lubricacion I	Reviewed by		Date		of	12

Information reference	Consequence evaluation				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Default task			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
	F	FF	FM	H				S	E	O			
2 B 3	S	N	N	S	N	N	N				Colocar válvula de aislamiento para poder calibrar el switch de presión sin necesidad de descargar el nitrógeno del blader mejorar el cableado en la parte interna del instrume	Ninguna	Ingeniería de Planta
2 B 4	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
2 B 5	S	N	N	S	N	N	S				Reemplazar los componentes internos desgastados	4 años	Mecánico
2 B 6	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
2 B 7	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
2 B 8	S	S			N	N	N		N		Diseñar mecanismo de bloqueo y señalización. Además realizar procedimiento de manipulación	Ninguna	Ingeniería de Planta
2 B 9	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Operador
2 C 1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Ninguno
2 C 2	S	N	N	S							Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
2 C 3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Operador
2 D 1	N				N	N	N	S			Revisar las juntas y conexiones neumáticas con agua jabonosa para detectar fugas y recargar si es necesario	6 meses	Mecánico
2 D 2	N				N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
2 E 1	S	N	N	S	N	N	N				Diseñar un sistema de monitoreo de temperatura en el sistema de acumuladores para diagnóstico	Ninguna	Instrumentista
2 E 2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Operador
2 E 3	S	N	N	S	N	N	N				Desarrollar una lógica de control para detectar alto flujo FAH-1021 y tiempo de descargar revisar procedimientos e identificar válvulas y colocar avisos de no operar válvulas	Ninguna	Ingeniería de Planta
2 F 1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Ninguno
2 F 2	S	N	N	S	N	N	N				Reubicar rectificador que se encuentra ubicado en la caja de conexiones de la soleno a un tablero 310-TB1 fijo externo	Ninguna	Ingeniería de Planta
2 G 1	S	N	N	S	N	N	N				Diseñar un sistema de monitoreo de temperatura en el sistema de acumuladores para diagnóstico	Ninguna	Instrumentista
3 A 1	N				N	N	N	S			Realizar pruebas de accionamientos de boyas	1 año	Instrumentista

Figura 5.24 Hoja de Decisión. Página 09 de 12

RCM II  
DECISION  
WORKSHEET

© 1994 Alstom Ltd

SYSTEM	Molino SAG			No.	0	Compiled by	JM LM IG OB	Date	18-Mar-05	Sheet	10
SUB-SYSTEM	Sistema de Lubricación			Ref.	de lubricacion I	Reviewed by		Date		of	12

Information reference	Consequence evaluation				H1	H2	H3	Default tasks			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by		
	F	FF	FM	H	S	E	O	Q1	Q2	Q3				H4	H5
4 A 1	N						N	N	N	S			Realizar pruebas de accionamientos de boyas	1 año	Instrumentista
5 A 1	N						N	N	N	N	N		Mejorar el ordenamiento de los cables dentro del instrumento	Ninguna	Ingeniería de Planta
5 A 2	N						N	N	N	S			Realizar pruebas de accionamiento y recalibrar si es necesario	6 meses	Instrumentista
6 A 1	N						N	N	N	S			Realizar pruebas y calibrar si es necesario	2 años	Instrumentista
7 A 1	N						N	N	N	S	S		Realizar pruebas de accionamiento	6 meses	Electricista
7 A 2	N						N	N	N	S	S		Realizar pruebas de accionamiento	6 meses	Electricista
7 A 3	N						N	N	N	S	S		Realizar pruebas de accionamiento	6 meses	Electricista
8 A 1	N						N	N	N	S	S		Verificar flujo y presión de agua en el sistema contra incendios	3 meses	Instrumentista
8 A 2	N						N	N	N	S	S		Realizar pruebas de accionamiento	3 meses	Instrumentista
8 A 3	N						N	N	N	S	S		Realizar pruebas de accionamiento	3 meses	Instrumentista
9 A 1	N						N	N	N	S			Realizar pruebas y calibrar si es necesario	2 años	Instrumentista
10 A 1	N						N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
11 A 1	N						N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
12 A 1	N						N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
12 A 2	N						N	N	N	S			Verificar la configuración del instrumento	1 año	Instrumentista
13 A 1	N						N	N	N	S			Verificar la calibración del instrumento	1 año	Instrumentista
14 A 1	N						N	N	N	S			Verificar la calibración del instrumento	1 año	Instrumentista
14 A 2	N						N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Logística
15 A 1	N						N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Logística

Figura 5.25 Hoja de Decisión. Página 10 de 12



RCM II  
DECISION  
WORKSHEET

© 1994 Aspen LM

SYSTEM	Molino SAG		No.	0	Compiled by	JM. LM. IG. OB	Date	18-Mar-05	Sheet	11
SUB-SYSTEM	Sistema de Lubricación		Ref.	de lubricacion 1	Reviewed by		Date		of	12

Information reference	Consequence evaluation				H1 C1 N1	H2 C2 N2	H3 C3 N3	Default tasks			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
	F	FF	FM	H				S	E	O			
15 A 2	N				N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
15 A 3	N				N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
16 A 1	N				N	N	N	S			Verificar las presiones de contacto de: RTD con el Bearing	3 meses	Instrumentista
16 A 2	N				N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
17 A 1	N				N	N	N	N	N		Instalacion de válvulas de aislamiento para la calibración del instrumento, mejorar el sensado de la presión con transmisores de presión	Ninguna	Ingeniería de Planta
18 A 1	N				N	N	N	S			Realizar pruebas y calibrar si es necesario	2 años	Instrumentista
19 A 1	N				N	N	N	S			Realizar pruebas y calibrar si es necesario	6 meses	Instrumentista
20 A 1	N				N	N	N	S			Realizar pruebas y calibrar si es necesario	1 año	Instrumentista
21 A 1	N				N	N	N	S			Realizar pruebas del tacometro	3 meses	Instrumentista
21 A 2	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
21 B 1	N				N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
22 A 1	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
22 A 2	S	N	N	N	N	N	N				Estandarizar la fabricación e instalación de los tags	Ninguna	Ingeniería de Planta
22 B 1	N				N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
23 A 1	N				N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
23 B 1	N				N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Instrumentista
24 A 1	N				N	N	N	S	S		Inspeccionar las líneas a tierra	6 meses	Electricista
24 A 2	N				N	N	N	S	S		Tomar mediciones de pozos de tierra	2 años	Electricista
25 A 1	N				N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico

Figura 5.26 Hoja de Decisión. Página 11 de 12

RCA II  
DECISION  
WORKSHEET

© 1994 Alston Ltd

SYSTEM	Molino SAG			No.	0	Compiled by	JM. LM. IG. OB	Date	18-Mar-05	Sheet	12
SUB-SYSTEM	Sistema de Lubricación			Ref.	de lubricacion 1	Reviewed By		Date		of	12

Information reference	Consequence evaluation				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Default tasks			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
	F	FF	FM	H				S	E	O			
26 A 1	S	N	N	S	N	N	N				Monitorear el funcionamiento del equipo con medición de temperatura y corriente. se sugiere llevar la señal de alarma de falla del panel 310-DPA-211 al DCS	Ninguna	Electricista
26 B 1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
27 A 1	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
28 A 1	S	N	N	N	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
28 A 1	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
29 A 2	S	N	N	S	N	N	N				Proteger los anclajes o cambiar el material resistente a la corrosión	Ninguna	Ingeniería de Planta
30 A 1	S	S			N	N	N		N		Identificar con colores las tuberías de alta presión, equipos e instrumentos y definir estándar de colores	Ninguna	Ingeniería de Planta
31 A 1	S	S			N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
32 A 1	S	S			N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
32 A 2	S	S			N	N	N		N		Instalar barandas en el techo del tanque	Ninguna	Ingeniería de Planta
33 A 1	S	S			N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Electricista
33 B 1	S	S			N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Electricista
34 A 1	N							S			Probar la operación del equipo	3 meses	Electricista
35 A 1	N				N	N	N	N	S		Verificar la capacidad de contención del piso de la sala y el sumidero ante un derrame total de aceite. se sugiere acondicionar la sala de lubricación para contenga una fuga total del aceite	Ninguna	Ingeniería de Planta
35 B 1	N				N	N	N		S		Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Comite MASS
36 A 1	S	S			N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Mecánico
37 A 1	S	S			N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Comite MASS
37 B 1	S	S			N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Operador
38 A 1	S	S			N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Electricista
39 A 1	N				N	N	N	S			Verificar el adecuado funcionamiento y certificar el equipo	6 meses	Mecánico
40 A 1	N				N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Operador
41 A 1	N				N	N	N				Ninguna Tarea de Mantenimiento Proactivo	Ninguna	Operador

Figura 5.27 Hoja de Decisión. Página 12 de 12

## **CAPITULO VI**

### **COSTOS Y BENEFICIOS DEL PLAN**

Como se ha podido ver en el capítulo anterior, el fin principal de este plan ha sido ha sido mejorar la confiabilidad del sistema de lubricación y, por ende, del molino SAG; optimizando el mantenimiento que se realiza a este sistema en base a un análisis estructurado. Este análisis nos dio como resultado que habrá, en cantidad, un 9.2% mas de tareas que implementar y realizar y estas pueden ser asumidas por el personal y equipamiento actual de los equipos de mantenimiento que tendrán que encargarse de los mismas, haciendo que todo sea parte del presupuesto y costo actual que se emplea para el mantenimiento de la Planta Concentradora.

Por ello, el análisis del costo beneficio de realizar este plan se centrará en los costos de elaborar el plan versus los costos que provocaría una falla del sistema de lubricación.

#### **6.1. Costos de elaborar el Plan**

El costo de elaborar el plan tiene dos componentes principales:

- Los costos del personal que participo de su elaboración
- Los costos de consultoría para la implementación del RCM

##### **6.1.1. Costos de Personal de la empresa**

El personal que intervino en el análisis RCM esta compuesto principalmente por los facilitadores y el equipo técnico que intervino en su ejecución. Un

cálculo de los costos lo podemos ver en la Tabla 6.1. La columna costo mensual es un monto aproximado de los sueldos brutos del personal que intervino en este proyecto y el costo empresa representa el valor que le significa a la empresa disponer del mismo incluyendo los costos internos adicionales que tiene que cubrir por cada empleado.

Personal del Equipo RCM	Costo Mensual	Costo Empresa	Costo Por Hora	Preparación Horas	Ejecución Horas	Total Horas	Costo Total
<b>Facilitadores</b>							
• JM, Supervisor Mantenimiento	\$ 4,000.00	\$ 6,400.00	\$ 31.11	85.00	64.00	149.00	\$ 4,635.56
• LM, Supervisor Mantenimiento	\$ 4,000.00	\$ 6,400.00	\$ 31.11	75.00	64.00	139.00	\$ 4,324.44
• OB, Supervisor Mantenimiento	\$ 4,000.00	\$ 6,400.00	\$ 31.11	75.00	64.00	139.00	\$ 4,324.44
<b>Técnicos de Mantenimiento</b>							
• JL, Mecánico	\$ 3,500.00	\$ 5,600.00	\$ 27.22	-	64.00	64.00	\$ 1,742.22
• RC, Instrumentista	\$ 3,500.00	\$ 5,600.00	\$ 27.22	-	64.00	64.00	\$ 1,742.22
• MV, Electricista	\$ 3,500.00	\$ 5,600.00	\$ 27.22	-	64.00	64.00	\$ 1,742.22
<b>Supervisor de Mantenimiento</b>							
• HP, Control de Procesos	\$ 3,500.00	\$ 5,600.00	\$ 27.22	-	64.00	64.00	\$ 1,742.22
<b>Supervisor de Operaciones</b>							
• CC, Operador	\$ 3,500.00	\$ 5,600.00	\$ 27.22	-	64.00	64.00	\$ 1,742.22
<b>Especialistas</b>							
• SG, Electricista	\$ 3,500.00	\$ 5,600.00	\$ 27.22	-	64.00	64.00	\$ 1,742.22
• MA, Predictivo	\$ 3,500.00	\$ 5,600.00	\$ 27.22	-	64.00	64.00	\$ 1,742.22
• RD, Supervisor Operaciones	\$ 3,500.00	\$ 5,600.00	\$ 27.22	-	64.00	64.00	\$ 1,742.22
• MDLP, Ing. de Seguridad	\$ 3,500.00	\$ 5,600.00	\$ 27.22	-	64.00	64.00	\$ 1,742.22
<b>Total</b>							<b>\$ 28,964.44</b>

Tabla 6.1 Costo del personal que intervino en el análisis RCM

El costo de este personal alcanza los US\$ 28,964.

### 6.1.2. Costos de la consultoría RCM

El costo por una consultoría de RCM es variable de acuerdo a los proveedores que se pueden encontrar en el mercado. Para un proyecto como el que se realizó en la empresa el costo para el mismo puede estimarse en US\$75,000, tomando en cuenta que el mismo es parte de un proyecto mayor, el cual involucra otros proyectos RCM en la empresa que comparten los mismos recursos de la empresa consultora.



## **6.2. Cálculo de los costos de una falla en el Sistema de Lubricación**

El costo de una falla en el Sistema de Lubricación, tal como ya se mencionó en el presente trabajo, puede ocasionar la parada del molino SAG por un periodo de hasta 7 días. Para calcular el ingreso que se deja de percibir por una parada del molino SAG tenemos que calcular:

- El ingreso neto NSR (Net Smelter Return) de cada metal que se extrae, por tonelada de concentrado producido.
- La producción por hora de cada uno de los metales, que permitirá, con el cálculo del NSR anterior, calcular el valor por hora de la producción de concentrados.

### **6.2.1. Cálculo del Ingreso Neto (NSR)**

El ingreso neto es igual al ingreso por el pago del metal menos los costos de realización (embarque, fundición y refinería).

El cálculo del ingreso neto (NSR) incorpora los resultados metalúrgicos esperados, pero no incluye los costos de operación dentro del control de la empresa productora, tales como: el minado, la molienda, el mantenimiento, los costos de servicios generales y de administración, entre otros. La tabla 6.2 muestra estos cálculos y los valores obtenidos.

<b>Precio Metales - Proyección 2012</b>			
<b>Metal</b>	<b>\$US/lb</b>	<b>\$US/TM</b>	<b>TM/TM Conc</b>
Zinc	0.90	1,980.00	47%
Molibdeno	14.00	30,800.00	52%
Cobre	3.65	8,030.00	28%
Cobre	3.65	8,030.00	49%

<b>Cálculo del Ingreso Neto (NSR)</b>			
<b>Concentrado Cobre (Chalcopirita)</b>		<b>Concentrado Cobre (Bornita)</b>	
<b>\$US por TM de Concentrado</b>		<b>\$US por TM de Concentrado</b>	
Valor (Cu+Ag)	\$ 2,248.40	Valor (Cu+Ag)	\$ 3,934.70
- Fundicion (Part. Precio)	\$ 106.64	- Fundicion (Part. Precio)	\$ 125.74
- Penalidades	\$ -	- Penalidades	\$ 95.00
- Refineria	\$ 47.51	- Refineria	\$ 83.63
- Flete y manejo	\$ 30.60	- Flete y manejo	\$ 33.23
<b>NSR</b>	<b>\$ 2,063.66</b>	<b>NSR</b>	<b>\$ 3,597.10</b>
<b>Concentrado Molibdeno</b>		<b>Concentrado Zinc</b>	
<b>\$US por TM de Concentrado</b>		<b>\$US por TM de Concentrado</b>	
Valor Molibdeno	\$ 16,016.00	Valor (Zn)	\$ 930.60
- Refineria	\$ 515.88	- Refineria	\$ 210.13
- Penalties	\$ -	- Penalties	\$ -
- Flete y manejo	\$ 46.38	- Flete y manejo	\$ 30.46
<b>NSR</b>	<b>\$ 15,453.73</b>	<b>NSR</b>	<b>\$ 690.00</b>

Tabla 6.2 Cálculo del Ingreso Neto (NSR) de los metales extraídos

### 6.2.2. Cálculo del ingreso perdido por una paralización

El cálculo del ingreso por ventas que se dejarían de percibir por una paralización del molino SAG se puede ver en las tablas 6.3 y 6.4.

<b>Caso Minerales Tipo M1-M2-M3</b>			
<b>Datos del Proceso</b>			
Procesamiento Mineral Promedio	4,750.00	TM/hr	
Ley de cabeza de Cobre	1.20	%	
Recuperación estimada	93.00	%	
Porcentaje de Cobre en concentrado	28.00	%	
Producción de Molibdeno promedio	35.00	TM/día	
<b>Cálculo del Costo por Hora de Producción de Concentrado</b>			
Producción	TM/hr Conc	NSR	US\$/hr
Cobre (Chalcopirita)	189.32	\$ 2,063.7	\$ 390,695
Molibdeno	1.46	\$ 15,453.7	\$ 22,537
<b>Ingreso por hora total</b>			<b>\$ 413,231</b>

Tabla 6.3 Cálculo de la pérdida por ventas en minerales M1, M2 y M3

<b>Caso Minerales Tipo M4-M4A-M6</b>			
<b>Datos del Proceso</b>			
Procesamiento Mineral Promedio	3,500.00	TM/hr	
Ley de cabeza de Cobre	0.70	%	
Recuperación estimada	75.00	%	
Porcentaje de Cobre en concentrado	28.00	%	
Ley de cabeza de Zinc	2.00	%	
Recuperación estimada de Zinc	85.00	%	
Porcentaje de Zinc en concentrado	47.00	%	
<b>Cálculo del Costo por Hora de Producción de Concentrado</b>			
Producción	T/hr Conc.Cu	NSR Cu	Total/hr
Cobre (Chalcopyrita)	65.63	\$ 2,063.66	\$ 135,428
Zinc	126.60	\$ 690.00	\$ 87,352
<b>Ingreso por hora total</b>			<b>\$ 222,779</b>

Tabla 6.4 Cálculo de la pérdida por ventas en minerales M4, M4A y M6

Como se puede observar, a los precios estimados para el 2012, una hora de paralización del molino puede significar una pérdida de 223 mil a 413 mil dólares por hora. Esto significa de 5 a casi 10 millones de dólares en pérdidas por día y de 37 a 69 millones en una parada de 7 días, causada por el molino SAG debida a una falla grave de su sistema de lubricación.

### **6.3. Análisis del Costo-Beneficio de implementar este Plan**

Es evidente que, con una inversión de 102 mil dólares en personal y consultoría para implementar este proyecto, los beneficios económicos son sumamente significativos frente a una paralización del molino SAG, aunque esta sea solamente de una hora de duración.

Si la consecuencia es la parada del Molino SAG por 7 días, su impacto en los ingresos de la empresa será 37 a 69 millones de dólares y esto hace de 363 a

676 veces la relación de la pérdida en ventas entre el costo de implementar el RCM.

Sin embargo, hay otros beneficios que esta inversión nos brinda y que pueden ser tan o más importantes que los económicos, los cuales se detallan a continuación:

- **Provee una herramienta para dar mayor Disponibilidad y Confiabilidad de Planta.** Esto se logra reduciendo el número y la severidad de las fallas no anticipadas con consecuencias operacionales. El RCM lo consigue ya que provee una revisión sistemática de las consecuencias operacionales de cada falla, junto con el estricto criterio que tiene para evaluar la efectividad de las tareas. Además, con el énfasis que pone en las tareas a condición permite asegurar que las fallas potenciales se detecten antes que se conviertan en fallas funcionales, ayudando a reducir las consecuencias operacionales.
- **Brinda mayor seguridad e integridad ambiental** ya que en la revisión sistemática de cada falla revisa sus implicancias antes de considerar los aspectos operacionales. Además, el proceso de decisión especifica que las fallas que afectan la seguridad o el ambiente deben ser solucionadas de algún modo y, por ello, las tareas seleccionadas deben reducir los riesgos a un nivel aceptable o eliminarlos completamente.
- **Da resultados tangibles:** programas de mantenimiento, procedimientos de operación revisados y una lista de áreas donde se deben hacer cambios de una sola vez, tanto en el diseño como en la manera en que los activos deben ser operados.

- Otro de los beneficios es el personal entrenado en la metodología que brinda este proyecto, entre los facilitadores y los ejecutores del análisis RCM, que brinda la oportunidad de seguir aplicándola y revisando otros sistemas críticos de la planta concentradora y de toda la empresa, y que, además, contribuye a implementar la cultura de la confiabilidad dentro de la misma.

## **CONCLUSIONES**

- 1. Aplicar la metodología RCM en los sistemas del molino SAG es sumamente rentable, ya que incrementa la confiabilidad del equipo con una inversión que bordea los 100,000 dólares frente a una probable parada del mismo, que en el caso de una falla mayor en este sistema, puede significar la pérdida de por lo menos 37 millones de dólares en ingresos no percibidos, solo en siete días de parada de producción.**
- 2. La aplicación de esta metodología de análisis RCM ha permitido detectar modos de falla ocultos y condiciones de alto impacto para la confiabilidad del sistema analizado y, por ende, para el molino SAG, para los cuales esta misma herramienta ha permitido proponer nuevas tareas de mantenimiento proactivo y de rediseño.**
- 3. La metodología de RCM es una excelente herramienta para generar estrategias de mantenimiento proactivo, y esto ha quedado demostrado en el presente trabajo, con los resultados tangibles que ha producido con su metodología al aplicarla al Sistema de Lubricación del Molino SAG.**
- 4. El RCM debe ser aplicado dentro de un proceso de mejoramiento continuo y, debido a la complejidad de su aplicación, no se sugiere utilizarlo para objetivos de corto plazo.**

## **RECOMENDACIONES**

- 1. Antes de empezar a aplicar el RCM al mantenimiento de los activos de una organización se necesita saber que activos se tratan y decidir a cuales de ellos se les aplicará este proceso. Por ello se requiere que previamente se prepare un registro o inventario de los activos de la planta o empresa. Muchas organizaciones actualmente ya cuentan con registros con la información adecuada para este propósito.**
- 2. Para lograr una aplicación exitosa del RCM y conseguir grandes mejoras en la efectividad del mantenimiento que este proceso permite, se debe seguir un meticuloso planeamiento y preparación. Para ello lo primero que se debe decidir son cuales de los activos físicos se beneficiarán más con el proceso del RCM y exactamente de que manera lo harán.**
- 3. Dado que el RCM es una herramienta compleja en su aplicación se debe establecer un análisis de criticidad de los sistemas y activos de la empresa para decidir a que activos aplicarlo en función a los impactos que tendrán en la seguridad, ambiente y producción, además del estado propio de los mismos.**
- 4. También se deben evaluar los recursos requeridos para la aplicación del proceso RCM a los activos seleccionados.**
- 5. Para los casos en que los beneficios justifican la inversión hay que decidir detalladamente quien se encargará de realizar y quién de auditar cada análisis, cuando y donde, y coordinar para que estas personas reciban el entrenamiento adecuado.**
- 6. Es de suma importancia para el éxito de este proceso que el contexto operacional de cada activo físico esté claramente comprendido por todos los que realizan el mismo.**
- 7. Aplicar y difundir el RCM ya que brinda una herramienta muy poderosa, tanto por los conceptos que la soportan como por la metodología y estructura que emplea, para uniformizar los conceptos de confiabilidad entre los miembros de la empresa y también para contribuir a la implementación de la cultura de confiabilidad dentro de la misma.**



## **BIBLIOGRAFIA**

- 1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM II. John Moubray. Publicado por Aladon Ltd. Edición en Español. 2004. Gran Bretaña.**
- 2. Gestión Integral de Activos Físicos. Luis Amendola. Editorial PMM Institute for Learning. 2011.**
- 3. Mantenimiento Centrado en La Confiabilidad Plus. Jack Huggett. Manual de adiestramiento The Woodhouse Partnership, Ltd. 1999. Inglaterra.**
- 4. Modelos Mixtos de Confiabilidad. Luis Amendola. Libro electrónico PMM Institute for Learning. 2004. [www.pmmlearning.com](http://www.pmmlearning.com).**
- 5. Confiabilidad y Evolución del Mantenimiento. Carlos Mario Pérez. 2011. [www.rcm2-soporte.com](http://www.rcm2-soporte.com)**
- 6. Que es Confiabilidad Operacional. José Bernardo Durán. Venesoft, Venezuela, 1999. [www.tpm-online.com](http://www.tpm-online.com).**



**ANEXOS**

<b>ANEXO A</b>	<b>Norma SAE JA1011</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO B</b>	<b>Resumen Ejecutivo del Análisis (Statement Of Work)</b>	<b>136</b>
<b>ANEXO C</b>	<b>Jerarquía de Sistemas y Componentes</b>	<b>141</b>
<b>ANEXO D</b>	<b>Estimación de Modos de Falla</b>	<b>147</b>
<b>ANEXO E</b>	<b>Planos y Manuales del Sistema</b>	<b>152</b>
<b>ANEXO F</b>	<b>Fotografías del Sistema de Lubricación</b>	<b>160</b>
<b>ANEXO G</b>	<b>Historia de Fallas del Sistema de Lubricación</b>	<b>166</b>
<b>ANEXO H</b>	<b>Cronograma de Ejecución del Análisis RCM</b>	<b>172</b>
<b>ANEXO I</b>	<b>Hojas de Información del Análisis</b>	<b>174</b>

**ANEXO A**  
**Norma SAE JA1011**



400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001

# SURFACE VEHICLE/ AEROSPACE STANDARD

SAE JA1011

ISSUED  
AUG1999

Issued 1999-08

Submitted for recognition as an American National Standard

## Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes

**Foreword**—Reliability-Centered Maintenance (RCM) was initially developed by the commercial aviation industry to improve the safety and reliability of their equipment. It was first documented in a report written by F.S. Nowlan and H.F. Heap and published by the U.S. Department of Defense in 1978. Since then, RCM has been used to help formulate physical asset management strategies in almost every area of organized human endeavor, and in almost every industrialized country in the world. The process defined by Nowlan and Heap served as the basis of various application documents in which the RCM process has been developed and refined over the ensuing years. Most of these documents retain the key elements of the original process. However the widespread use of the term "RCM" has led to the emergence of a number of processes that differ significantly from the original, but that their proponents also call "RCM." Many of these other processes fail to achieve the goals of Nowlan and Heap, and some are actively counterproductive.

As a result, there has been a growing international demand for a standard that sets out the criteria that any process must comply with in order to be called "RCM." This document meets that need.

The criteria in this SAE Standard are based upon the RCM processes and concepts in three RCM documents: (1) Nowlan and Heap's 1978 book, "Reliability-Centered Maintenance," (2) US naval aviation's MIL-STD-2173(AS) (Reliability-Centered Maintenance Requirements of Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment) and its successor, U.S. Naval Air Systems Command Management Manual 00-25-403 (Guidelines for the Naval Aviation Reliability-Centered Maintenance Process), and (3) "Reliability-Centered Maintenance (RCM 2)," by John Moubray. These documents are judged to be the most widely-accepted and widely-used RCM documents available.

This document describes the minimum criteria that any process must comply with to be called "RCM." It does not attempt to define a specific RCM process.

This document is intended for anyone who wishes to ascertain whether any process that purports to be RCM is in fact RCM. It is especially useful to people who wish to purchase RCM services (training, analysis, facilitation, consulting, or any combination thereof).

SAE Technical Standards Board Rules provide that: "This report is published by SAE to advance the state of technical and engineering sciences. The use of this report is entirely voluntary, and its applicability and suitability for any particular use, including any patent infringement arising therefrom, is the sole responsibility of the user."

SAE reviews each technical report at least every five years at which time it may be reaffirmed, revised, or cancelled. SAE invites your written comments and suggestions.

QUESTIONS REGARDING THIS DOCUMENT: (724) 772-8512 FAX: (724) 776-0243  
TO PLACE A DOCUMENT ORDER: (724) 776-4970 FAX: (724) 776-0790  
SAE WEB ADDRESS <http://www.sae.org>

Copyright 1999 Society of Automotive Engineers, Inc.  
All rights reserved.

Printed in U.S.A.

## SAE JA1011 Issued AUG1999

## TABLE OF CONTENTS

1.	Scope .....	2
1.1	Purpose .....	2
2.	References .....	2
2.1	Related Publications .....	2
2.1.1	SAE Publications .....	2
2.1.2	U.S. Department of Commerce Publications .....	3
2.1.3	U.S. Department of Defense Publications .....	3
2.1.4	Industrial Press Publication .....	3
2.1.5	U.K. Ministry of Defence .....	3
2.1.6	Other Publications .....	3
3.	Definitions .....	4
4.	Acronyms .....	6
5.	Reliability-Centered Maintenance (RCM) .....	6
5.1	Functions .....	6
5.2	Functional Failures .....	6
5.3	Failure Modes .....	6
5.4	Failure Effects .....	7
5.5	Failure Consequence Categories .....	7
5.6	Failure Management Policy Selection .....	7
5.7	Failure Management Policies—Scheduled Tasks .....	7
5.8	Failure Management Policies—One-Time Changes and Run-to-Failure.....	9
5.9	A Living Program .....	9
5.10	Mathematical and Statistical Formulae .....	10
6.	Notes .....	10
6.1	Keywords .....	10

**1. Scope**—This SAE Standard for Reliability Centered Maintenance (RCM) is intended for use by any organization that has or makes use of physical assets or systems that it wishes to manage responsibly.

**1.1 Purpose**—RCM is a specific process used to identify the policies which must be implemented to manage the failure modes which could cause the functional failure of any physical asset in a given operating context. This document is intended to be used to evaluate any process that purports to be an RCM process, in order to determine whether it is a true RCM process. This document supports such an evaluation by specifying the minimum criteria that a process must have in order to be an RCM process.

## **2. References**

**2.1 Related Publications**—The following publications are provided for information purposes only and are not a required part of this document.

2.1.1 SAE PUBLICATIONS—Available from SAE, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001.

SAE JA1012—A Guide to Reliability-Centered Maintenance (RCM)

**SAE JA1011 Issued AUG1999**

- 2.1.2 U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE PUBLICATIONS—Available from NTIS, Port Royal Road, Springfield, VA 22161
- Nowlan, F. Stanlay, and Howard F. Heap, "Reliability-Centered Maintenance," Department of Defense, Washington, D.C. 1978. Report Number AD-A066579.
- 2.1.3 U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE PUBLICATIONS—Available from DODSSP, Subscription Services Desk, Building 4/Section D, 700 Robbins Avenue, Philadelphia, PA 19111-5098
- MIL-STD 2173(AS)—"Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment" (U.S. Naval Air Systems Command)
- NAVAIR 00-25-403—"Guidelines for the Naval Aviation Reliability Centered Maintenance Process" (U.S. Naval Air System Command)
- MIL-P-24534—"Planned Maintenance System: Development of Maintenance Requirement Cerds, Maintenance Index Pages, and Associated Documentation" (U.S. Naval Sea Systems Command)
- S9081-AB-GIB-010/MAINT—"Reliability-Centered Maintenance Handbook" (U.S. Naval Sea Systems Command)
- 2.1.4 INDUSTRIAL PRESS PUBLICATION—Available from Industrial Press, Inc., 200 Madison Avenue, New York City, New York, 10016 (also available from Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford, Great Britain OX2 8DP).
- Moubray, John, "Reliability-Centered Maintenance," 1997
- 2.1.5 U.K. MINISTRY OF DEFENCE PUBLICATION—Available from Reliability-centred Maintenance Implementation Team, Ships Support Agency, Ministry of Defence (Navy), Room 22, Block K, Foxhill, Bath, BA1 5AB United Kingdom.
- NES 45—Naval Engineering Standard 45, "Requirements for the Application of Reliability-Centred Maintenance Techniques to HM Ships, Royal Fleet Auxiliaries and other Naval Auxiliary Vessels" (Restricted-Commercial)
- 2.2 **Other Publications**—The following publications were consulted in the course of developing this SAE Technical Report and are not a required part of this document.
- Anderson, Ronald T. and Neri, Lewis, "Reliability-Centered Maintenance: Management and Engineering Methods," Elsevier Applied Science, London and New York, 1990
- Blanchard, B.S., Verma, D., and Peterson, E.L., "Maintainability: A Key to Effective Serviceability and Maintenance Management," John Wiley and Sons, New York, 1995
- "Dependability Management—Part 3-11: Application Guide—Reliability Centred Maintenance," International Electrotechnical Commission, Geneva, Document No. 56/651/FDIS.
- Jones, Richard B., "Risk-Based Management: A Reliability-Centered Approach," Gulf Publishing Company, Houston, TX, 1995
- MSG-3, "Maintenance Program Development Document," Air transport Association, Washington DC, Revision 2 1993
- "Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis," Department of Defense, Washington, DC, Military Standard MIL-DTD. 1629A, Notice 2, 1984
- "Reliability Centered Maintenance for Aircraft, Engines, and Equipment," United States Air Force, MIL-STD-1843 (NOTE: Cancelled without Replacement, August 1995)
- Smith, Anthony M., "Reliability Centered Maintenance," McGraw-Hill, New York, 1993
- Zwengelstein, G., "Reliability Centered Maintenance, A Practical Guide for Implementation," Hermés, Paris, 1996

## SAE JA1011 Issued AUG1999

**3. Definitions**

- 3.1 Age**—A measure of exposure to stress computed from the moment an item or component enters service when new or re-enters service after a task designed to restore its initial capability, and can be measured in terms of calendar time, running time, distance traveled, duty cycles, or units of output or throughput.
- 3.2 Appropriate Task**—A task that is both technically feasible and worth doing (applicable and effective).
- 3.3 Conditional Probability of Failure**—The probability that a failure will occur in a specific period provided that the item concerned has survived to the beginning of that period.
- 3.4 Desired Performance**—The level of performance desired by the owner or user of a physical asset or system.
- 3.5 Environmental Consequences**—A failure mode or multiple failure has environmental consequences if it could breach any corporate, municipal, regional, national, or international environmental standard or regulation which applies to the physical asset or system under consideration.
- 3.6 Evident Failure**—A failure mode whose effects become apparent to the operating crew under normal circumstances if the failure mode occurs on its own.
- 3.7 Evident Function**—A function whose failure on its own becomes apparent to the operating crew under normal circumstances.
- 3.8 Failure Consequences**—The way(s) in which the effects of a failure mode or a multiple failure matter (evidence of failure, impact on safety, the environment, operational capability, direct, and indirect repair costs).
- 3.9 Failure Effect**—What happens when a failure mode occurs.
- 3.10 Failure-Finding Task**—A scheduled task used to determine whether a specific hidden failure has occurred.
- 3.11 Failure Management Policy**—A generic term that encompasses on-condition tasks, scheduled restoration, scheduled discard, failure-finding, run-to-failure, and one-time changes.
- 3.12 Failure Mode**—A single event, which causes a functional failure.
- 3.13 Function**—What the owner or user of a physical asset or system wants it to do.
- 3.14 Functional Failure**—A state in which a physical asset or system is unable to perform a specific function to a desired level of performance.
- 3.15 Hidden Failure**—A failure mode whose effects do not become apparent to the operating crew under normal circumstances if the failure mode occurs on its own.
- 3.16 Hidden Function**—A function whose failure on its own does not become apparent to the operating crew under normal circumstances.
- 3.17 Initial Capability**—The level of performance that a physical asset or system is capable of achieving at the moment it enters service.
- 3.18 Multiple Failure**—An event that occurs if a protected function fails while its protective device or protective system is in a failed state.

## SAE JA1011 Issued AUG1999

- 3.19 Non-Operational Consequences**—A category of failure consequences that do not adversely affect safety, the environment, or operations, but only require repair or replacement of any item(s) that may be affected by the failure.
- 3.20 On-Condition Task**—A scheduled task used to detect a potential failure.
- 3.21 One-Time Change**—Any action taken to change the physical configuration of an asset or system (redesign or modification), to change the method used by an operator or maintainer to perform a specific task, to change the operating context of the system, or to change the capability of an operator or maintainer (training)
- 3.22 Operating Context**—The circumstances in which a physical asset or system is expected to operate.
- 3.23 Operational Consequences**—A category of failure consequences that adversely affect the operational capability of a physical asset or system (output, product quality, customer service, military capability, or operating costs in addition to the cost of repair).
- 3.24 Owner**—A person or organization that may either suffer or be held accountable for the consequences of a failure mode by virtue of ownership of the asset or system.
- 3.25 P-F Interval**—The interval between the point at which a potential failure becomes detectable and the point at which it degrades into a functional failure (also known as "failure development period" and "lead time to failure")
- 3.26 Potential Failure**—An identifiable condition that indicates that a functional failure is either about to occur or is in the process of occurring.
- 3.27 Protective Device or Protective System**—A device or system which is intended to avoid, eliminate, or minimize the consequences of failure of some other system.
- 3.28 Primary Function(s)**—The function(s) which constitute the main reason(s) why a physical asset or system is acquired by its owner or user.
- 3.29 Run-to-Failure**—A failure management policy that permits a specific failure mode to occur without any attempt to anticipate or prevent it.
- 3.30 Safety Consequences**—A failure mode or multiple failure has safety consequences if it could injure or kill a human being.
- 3.31 Scheduled**—Performed at fixed, predetermined intervals, including "continuous monitoring" (where the interval is effectively zero).
- 3.32 Scheduled Discard**—A scheduled task that entails discarding an item at or before a specified age limit regardless of its condition at the time.
- 3.33 Scheduled Restoration**—A scheduled task that restores the capability of an item at or before a specified interval (age limit), regardless of its condition at the time, to a level that provides a tolerable probability of survival to the end of another specified interval.
- 3.34 Secondary Functions**—Functions which a physical asset or system has to fulfill apart from its primary function(s), such as those needed to fulfill regulatory requirements and those which concern issues such as protection, control, containment, comfort, appearance, energy efficiency, and structural integrity.
- 3.35 User**—A person or organization that operates an asset or system and may either suffer or be held accountable for the consequences of a failure mode of that system.



## SAE JA1011 Issued AUG1999

**4. Acronyms****4.1 RCM—Reliability-Centered Maintenance****5. Reliability-Centered Maintenance (RCM)—Any RCM process shall ensure that all of the following seven questions are answered satisfactorily and are answered in the sequence shown as follows:**

- a. What are the functions and associated desired standards of performance of the asset in its present operating context (functions)?
- b. In what ways can it fail to fulfil its functions (functional failures)?
- c. What causes each functional failure (failure modes)?
- d. What happens when each failure occurs (failure effects)?
- e. In what way does each failure matter (failure consequences)?
- f. What should be done to predict or prevent each failure (proactive tasks and task intervals)?
- g. What should be done if a suitable proactive task cannot be found (default actions)?

To answer each of the previous questions "satisfactorily," the following information shall be gathered, and the following decisions shall be made. All information and decisions shall be documented in a way which makes the information and the decisions fully available to and acceptable to the owner or user of the asset.

**5.1 Functions**

- 5.1.1 The operating context of the asset shall be defined.
- 5.1.2 All the functions of the asset/system shall be identified (all primary and secondary functions, including the functions of all protective devices).
- 5.1.3 All function statements shall contain a verb, an object, and a performance standard (quantified in every case where this can be done).
- 5.1.4 Performance standards incorporated in function statements shall be the level of performance desired by the owner or user of the asset/system in its operating context.

**5.2 Functional failures—All the failed states associated with each function shall be identified.****5.3 Failure modes**

- 5.3.1 All failure modes reasonably likely to cause each functional failure shall be identified.
- 5.3.2 The method used to decide what constitutes a "reasonably likely" failure mode shall be acceptable to the owner or user of the asset.
- 5.3.3 Failure modes shall be identified at a level of causation that makes it possible to identify an appropriate failure management policy.
- 5.3.4 Lists of failure modes shall include failure modes that have happened before, failure modes that are currently being prevented by existing maintenance programs and failure modes that have not yet happened but that are thought to be reasonably likely (credible) in the operating context.
- 5.3.5 Lists of failure modes should include any event or process that is likely to cause a functional failure, including deterioration, design defects, and human error whether caused by operators or maintainers (unless human error is being actively addressed by analytical processes apart from RCM).



**SAE JA1011 Issued AUG1999****5.4 Failure Effects**

- 5.4.1 Failure effects shall describe what would happen if no specific task is done to anticipate, prevent, or detect the failure.
- 5.4.2 Failure effects shall include all the information needed to support the evaluation of the consequences of the failure, such as:
- a. What evidence (if any) that the failure has occurred (in the case of hidden functions, what would happen if a multiple failure occurred)
  - b. What it does (if anything) to kill or injure someone, or to have an adverse effect on the environment
  - c. What it does (if anything) to have an adverse effect on production or operations
  - d. What physical damage (if any) is caused by the failure
  - e. What (if anything) must be done to restore the function of the system after the failure

**5.5 Failure Consequence Categories**

- 5.5.1 The consequences of every failure mode shall be formally categorized as follows:
- 5.5.1.1 The consequence categorization process shall separate hidden failure modes from evident failure modes.
- 5.5.1.2 The consequence categorization process shall clearly distinguish events (failure modes and multiple failures) that have safety and/or environmental consequences from those that only have economic consequences (operational and non-operational consequences).
- 5.5.2 The assessment of failure consequences shall be carried out as if no specific task is currently being done to anticipate, prevent, or detect the failure.

**5.6 Failure Management Policy Selection**

- 5.6.1 The failure management selection process shall take account of the fact that the conditional probability of some failure modes will increase with age (or exposure to stress), that the conditional probability of others will not change with age, and the conditional probability of yet others will decrease with age.
- 5.6.2 All scheduled tasks shall be technically feasible and worth doing (applicable and effective), and the means by which this requirement will be satisfied are set out in 5.7.
- 5.6.3 If two or more proposed failure management policies are technically feasible and worth doing (applicable and effective), the policy that is most cost-effective shall be selected.
- 5.6.4 The selection of failure management policies shall be carried out as if no specific task is currently being done to anticipate, prevent or detect the failure.

**5.7 Failure Management Policies—Scheduled Tasks**

- 5.7.1 All scheduled tasks shall comply with the following criteria:
- 5.7.1.1 In the case of an evident failure mode that has safety or environmental consequences, the task shall reduce the probability of the failure mode to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.

**SAE JA1011 Issued AUG1999**

- 5.7.1.2** In the case of a hidden failure mode where the associated multiple failure has safety or environmental consequences, the task shall reduce the probability of the hidden failure mode to an extent which reduces the probability of the associated multiple failure to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.
- 5.7.1.3** In the case of an evident failure mode that does not have safety or environmental consequences, the direct and indirect costs of doing the task shall be less than the direct and indirect costs of the failure mode when measured over comparable periods of time.
- 5.7.1.4** In the case of a hidden failure mode where the associated multiple failure does not have safety or environmental consequences, the direct and indirect costs of doing the task shall be less than the direct and indirect costs of the multiple failure plus the cost of repairing the hidden failure mode when measured over comparable periods of time.
- 5.7.2 ON-CONDITION TASKS**—Any on-condition task (or predictive or condition-based or condition monitoring task) that is selected shall satisfy the following additional criteria:
- 5.7.2.1** There shall exist a clearly defined potential failure.
- 5.7.2.2** There shall exist an identifiable P-F interval (or failure development period).
- 5.7.2.3** The task interval shall be less than the shortest likely P-F interval.
- 5.7.2.4** It shall be physically possible to do the task at intervals less than the P-F interval.
- 5.7.2.5** The shortest time between the discovery of a potential failure and the occurrence of the functional failure (the P-F interval minus the task interval) shall be long enough for predetermined action to be taken to avoid, eliminate, or minimize the consequences of the failure mode.
- 5.7.3 SCHEDULED DISCARD TASKS**—Any scheduled discard task that is selected shall satisfy the following additional criteria:
- 5.7.3.1** There shall be a clearly defined (preferably a demonstrable) age at which there is an increase in the conditional probability of the failure mode under consideration.
- 5.7.3.2** A sufficiently large proportion of the occurrences of this failure mode shall occur after this age to reduce the probability of premature failure to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.
- 5.7.4 SCHEDULED RESTORATION TASKS**—Any scheduled restoration task that is selected shall satisfy the following additional criteria:
- 5.7.4.1** There shall be a clearly defined (preferably a demonstrable) age at which there is an increase in the conditional probability of the failure mode under consideration.
- 5.7.4.2** A sufficiently large proportion of the occurrences of this failure mode shall occur after this age to reduce the probability of premature failure to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.
- 5.7.4.3** The task shall restore the resistance to failure (condition) of the component to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.

**SAE JA1011 Issued AUG1999**

**5.7.5 FAILURE-FINDING TASKS**—Any failure-finding task that is selected shall satisfy the following additional criteria (failure-finding does not apply to evident failure modes):

- 5.7.5.1 The basis upon which the task interval is selected shall take into account the need to reduce the probability of the multiple failure of the associated protected system to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.
- 5.7.5.2 The task shall confirm that all components covered by the failure mode description are functional.
- 5.7.5.3 The failure-finding task and associated interval selection process should take into account any probability that the task itself might leave the hidden function in a failed state.
- 5.7.5.4 It shall be physically possible to do the task at the specified intervals.

**5.8 Failure Management Policies—One-Time Changes and Run-to-Failure**

**5.8.1 ONE-TIME CHANGES**

- 5.8.1.1 The RCM process shall endeavor to extract the desired performance of the system as it is currently configured and operated by applying appropriate scheduled tasks.
- 5.8.1.2 In cases where such tasks cannot be found, one-time changes to the asset or system may be necessary, subject to the following criteria.
  - 5.8.1.2.1 In cases where the failure is hidden, and the associated multiple failure has safety or environmental consequences, a one-time change that reduces the probability of the multiple failure to a level tolerable to the owner or user of the asset is compulsory.
  - 5.8.1.2.2 In cases where the failure mode is evident and has safety or environmental consequences, a one-time change that reduces the probability of the failure mode to a level tolerable to the owner or user of the asset is compulsory.
  - 5.8.1.2.3 In cases where the failure mode is hidden, and the associated multiple failure does not have safety or environmental consequences, any one-time change must be cost-effective in the opinion of the owner or user of the asset.
  - 5.8.1.2.4 In cases where the failure mode is evident and does not have safety or environmental consequences, any one-time change must be cost-effective in the opinion of the owner or user of the asset.

**5.8.2 RUN-TO-FAILURE**—Any run-to-failure policy that is selected shall satisfy the appropriate criterion as follows:

- 5.8.2.1 In cases where the failure is hidden and there is no appropriate scheduled task, the associated multiple failure shall not have safety or environmental consequences.
- 5.8.2.2 In cases where the failure is evident and there is no appropriate scheduled task, the associated failure mode shall not have safety or environmental consequences.

**5.9 A Living Program**

- 5.9.1 This document recognizes that (a) much of the data used in the initial analysis are inherently imprecise, and that more precise data will become available in time, (b) the way in which the asset is used, together with associated performance expectations, will also change with time, and (c) maintenance technology continues to evolve. Thus a periodic review is necessary if the RCM-derived asset management program is to ensure that the assets continue to fulfill the current functional expectations of their owners and users.

**SAE JA1011 Issued AUG1999**

**5.9.2** Therefore any RCM process shall provide for a periodic review of both the information used to support the decisions and the decisions themselves. The process used to conduct such a review shall ensure that all seven questions in Section 5 continue to be answered satisfactorily and in a manner consistent with the criteria set out in 5.1 through 5.8.

**5.10 Mathematical and Statistical Formulae**

**5.10.1** Any mathematical and statistical formulae that are used in the application of the process (especially those used to compute the intervals of any tasks) shall be logically robust, and shall be available to and approved by the owner or user of the asset.

**6. Notes**

**6.1 Key words**—Condition-based maintenance, predictive maintenance, preventive maintenance, proactive maintenance, RCM, reliability centered maintenance, scheduled maintenance

PREPARED BY THE SAE G-11 RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) SUBCOMMITTEE  
OF THE SAE G-11 SUPPORTABILITY COMMITTEE

**SAE JA1011 Issued AUG1999**

**Rationale**—Not applicable.

**Relationship of SAE Standard to ISO Standard**—Not applicable.

**Application**—This SAE Standard for Reliability Centered Maintenance (RCM) is intended for use by any organization that has or makes use of physical assets or systems that it wishes to manage responsibly.

**Reference Section**

SAE JA1012—A Guide to Reliability-Centered Maintenance (RCM)

Nowlan, F. Stanley, and Howard F. Heap. "Reliability-Centered Maintenance," Department of Defense, Washington, D.C. 1978. Report Number AD-A066579.

MIL-STD 2173(AS)—"Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment" (U.S. Naval Air Systems Command)

NAVAIR 00-25-403—"Guidelines for the Naval Aviation Reliability Centered Maintenance Process" (U.S. Naval Air Systems Command)

MIL-P-24534—"Planned Maintenance System: Development of Maintenance Requirement Cards, Maintenance Index Pages, and Associated Documentation" (U.S. Naval Sea Systems Command)

S9081-AB-GIB-010/MAINT—"Reliability-Centered Maintenance Handbook" (U.S. Naval Sea Systems Command)

Moubray, John, "Reliability-Centered Maintenance," 1997

NES 45—Naval Engineering Standard 45, "Requirements for the Application of Reliability-Centred Maintenance Techniques to HM Ships, Royal Fleet Auxiliaries and other Naval Auxiliary Vessels" (Restricted-Commercial)

Anderson, Ronald T. and Neri, Lewis, "Reliability-Centered Maintenance: Management and Engineering Methods," Elsevier Applied Science, London and New York, 1990

Blanchard, B.S., Verma, D., and Peterson, E.L., "Maintainability: A Key to Effective Serviceability and Maintenance Management," John Wiley and Sons, New York, 1995

"Dependability Management—Part 3-11: Application Guide—Reliability Centred Maintenance," International Electrotechnical Commission, Geneva, Document No. 56/651/FDIS.

Jones, Richard B., "Risk-Based Management: A Reliability-Centered Approach," Gulf Publishing Company, Houston, TX, 1995

MSG-3, "Maintenance Program Development Document," Air transport Association, Washington DC, Revision 2 1993

"Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis," Department of Defense, Washington, DC, Military Standard MIL-DTD. 1629A, Notice 2, 1984

"Reliability Centered Maintenance for Aircraft, Engines, and Equipment, United States Air Force." MIL-STD-1843 (NOTE: Cancelled without Reptacement, August 1995)

**SAE JA1011 Issued AUG1999**

Smith, Anthony M., "Reliability Centered Maintenance," McGraw-Hill, New York, 1993

Zwengelstein, G., "Reliability Centered Maintenance, A Practical Guide for Implementation," Hermès, Paris, 1996


**Developed by the SAE G11 Reliability Centered Maintenance (RCM) Subcommittee**

**Sponsored by the SAE G11 Supportability Committee**

**ANEXO B**

**Resumen Ejecutivo del Análisis (Statement Of Work)**



	INGENIERIA DE MANTENIMIENTO Y PLANEAMIENTO CONCENTRADORA	
	RCM II – Sistema de Lubricación del Molino SAG	

## Statement of Work (SOW)

### 1.0 Objetivo

El objetivo es suministrar información consistente, ordenada, clara y completa sobre el trabajo para la comprensión, evaluación y aprobación de la Gerencia.

### 2.0 Propósito

El propósito de esta Declaración de Trabajo es explicar brevemente el Proyecto de Análisis del Sistema de Lubricación del Molino SAG, utilizando la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCMII) y obtener los recursos necesarios para desarrollar con éxito este análisis.

### 3.0 Descripción General

La metodología del RCMII, implica un trabajo de equipo, con la participación de todos los actores en la ejecución de las tareas de mantenimiento, operadores del equipo, supervisores y técnicos de mantenimiento.


La información inicial son los manuales y planos del sistema a ser analizado, la historia y reportes sobre eventos, la programación y configuración en los sistemas de control, las tareas de mantenimiento actuales, es necesario una comprensión profunda del funcionamiento y de todos los elementos del sistema, especialmente de todos los dispositivos de seguridad. El producto final del análisis serán las estrategias adecuadas de mantenimiento, recomendaciones de rediseño y de procedimientos de operación que agreguen valor y enfocados en incrementar de manera sostenida la confiabilidad del sistema.

El enfoque final es orientado al desarrollo e implementación de tareas Proactivas de Mantenimiento.

### 4.0 Alcance

El alcance del análisis involucra el Sistema de Lubricación del Molino SAG, desde los motores eléctricos de las bombas hasta las líneas y tuberías que alimentan a los Bearing Pads.



	INGENIERIA DE MANTENIMIENTO Y PLANEAMIENTO CONCENTRADORA	
	RCM II – Sistema de Lubricación del Molino SAG	

La historia del sistema nos indica que durante el año 2001, se tuvo que cambiar hasta en 2 oportunidades los Bearing Pads implicando paradas de planta de varios días. Luego se presentaron problemas con la instrumentación, que poco a poco fueron levantadas con el reemplazo de switches por sensores y transmisores. La razón principal de elegirse el sistema es asegurar su confiabilidad, porque una falla implicaría una parada total de la planta por 5 días o más. El descubrimiento de modos de fallo ocultos y una estrategia de mantenimiento proactivo adecuado garantizará la confiabilidad y una disponibilidad sostenible sobre 95%.

## 5.0 Proceso y Documentación Estándar

El proceso de análisis está basado en la Norma SAE Standard JA1011, August 1999, "Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes".


..... Ver Anexo RCM SAE JA1011-199908.pdf

Los aspectos más relevantes que abarca esta metodología son los siguientes:

- Prioriza la preservación de la función del sistema por encima de mantener en operación los equipos.
- Ayuda a identificar los modos de falla de todos los componentes primordiales que causan fallas funcionales dentro del sistema, antes que identificar los modos de fallo que han sido experimentados
- Selecciona solamente las tareas de mantenimiento que están identificadas con la predicción o prevención efectiva de los modos de falla, mejor que las tareas de mantenimiento que fueron generadas a partir de una serie de procesos más o menos intuitivos basados en argumentos como la experiencia, recomendaciones del fabricante, etc.
- Prioriza las tareas de mantenimiento basadas en el impacto que el modo de fallo tiene sobre el sistema, mejor que tratar todas las fallas con la misma importancia.

Un proceso de análisis RCM implica la realización de las siguientes tareas:

1. Selección del sistema y recolección de la información
2. Definición de las fronteras del sistema
3. Descripción del sistema y diagrama de bloques funcionales
4. Definición de las funciones y fallas funcionales

	INGENIERIA DE MANTENIMIENTO Y PLANEAMIENTO CONCENTRADORA	
	RCM II – Sistema de Lubricación del Molino SAG	

5. Análisis de los modos de falla y sus efectos
6. Análisis del árbol de decisión lógico
7. Selección de tareas
8. Implantación de recomendaciones, seguimiento de resultados y actualización del estudio (retomo de la experiencia).

Las preguntas clave que deben realizarse de manera completa y secuencial son:

1. ¿Cuáles son las funciones en el presente contexto operacional (funciones)?
2. ¿De qué forma pueden fallar estas funciones (fallas funcionales)?
3. ¿Qué causa que cada función falle (modos de falla)?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla (efectos de las fallas)?
5. ¿Qué ocurre si fallan (consecuencias de las fallas)?
6. ¿Qué se puede hacer para prevenir cada falla (tareas proactivas)?
7. ¿Qué sucede si no puede prevenirse el fallo (acciones por defecto)?

El proceso será registrado en el Software RCM Toolkit, que permitirá tener la información digital y compatible para su uso en otras bases de datos.

## 6.0 Requerimientos

### 6.1. Conformación del Equipo de Análisis:

#### Cliente:

- C D

#### Sponsor

- E M

#### Gerente del Proyecto

- R B

#### Consultor

- J M

#### Lider Funcional


- M V

#### Audidores

- R B (Mantenimiento)
- J E (Operaciones)

#### Facilitadores

- J M
- L M
- I G

	INGENIERIA DE MANTENIMIENTO Y PLANEAMIENTO CONCENTRADORA	
	RCM II – Sistema de Lubricación del Molino SAG	

- O B

### Analistas

- **Técnicos de Mantenimiento**
  - J L , Mecánico
  - R C , Instrumentista
  - M V , Electricista
- **Supervisor de Mantenimiento**
  - H P , Control de Procesos
- **Supervisor de Operaciones**
  - C C , Operador
- **Especialistas**
  - S G , Electricista
  - M A , Predictivo
  - R D , Operador
  - M P , Ing. de Seguridad

.....Ver Anexo Schedule.xls

### 6.2. Recursos materiales:

- 1 Proyector LCD
- 1 Laptop
- 1 Archivador
- 1 Salas de trabajo dedicada
- 1 Papelógrafo
- 4 Plumones para Pizarra acrílica
- 10 Lapiceros y Cuadernos para apuntes
- Cintas Scotch y Pos It

## 7.0 Calendario y Desarrollo del Proyecto

Fecha y Duración del Análisis: Jueves 3 al 10 de Marzo del 2005 (8 Días)

Horario: 7:30am a 12m y de 1:30pm a 6:00pm, con intermedios de 15min en cada sesión.

Horas Efectivas: 16 sesiones (68 Horas)

.....Ver Anexo Agenda.xls

## 8.0 Conclusiones

La Presentación del Informe Final será el Jueves 17 de Marzo y entregado a Planeamiento y Ejecución de Mantenimiento para su Implementación.

## **ANEXO C**

### **Jerarquía de Sistemas y Componentes**



## Empresa/Concentradora/Minería/Molino SAG/Sistema de Lubricación

6	Sistema de Lubricación	R	n	Comp	Tipo	Marca	Modelo
1	<b>TANQUE DE ACEITE</b>						
1	Reservorio	1	1	Reservor			
1	Mesa	14	1	Screen			
1	Magnetos	7	3	Magnets	Reservor		
1	Strainer	10	1	Strainer	Flt		
1	Respirador	5	1	Breather	Air		
1	Válvula	13	3	Valve	Gate		
1	Calentador	2	4	Heater	Electric		
1	RETURN COMPARTMENT OIL TEMPERATURE SWITCH	3	4	Switch	Temperature	A3H-CROFT	XJL
1	CONDITIONED COMPARTMENT OIL TEMPERATURE SWITCH	3	4	Switch	Temperature	A3H-CROFT	XJL
1	Control de temperatura	4	4	Thermoset			
1	Control de temperatura	11	2	Indicator	Temperature		
1	Control de temperatura	12	2	Thermoset			
1	CONDITIONED COMPARTMENT OIL LEVEL SWITCH	9	1	Switch	Level	MAGNETROL	B15-1K3B-HMY
1	RETURN COMPARTMENT OIL LEVEL SWITCH	9	1	Switch	Level	MAGNETROL	B15-1K3B-HMY
1	Control de nivel	6	3	Indicator	Level		
2	<b>CIRCUITO DE LUBRICACION DE BAJA PRESION</b>						
2	Bomba	18	1	Pump	Screw		
2	Acoplamiento	15	1	Coupling	Flexmaster		
2	Acoplamiento	20	1	Coupling	Drive		
2	Motor	19	1	Motor	Electric		
2	Base	21	1	Baseplate	Pump/Motor		
2	Bomba	18	1	Pump	Screw		
2	Acoplamiento	15	1	Coupling	Flexmaster		
2	Acoplamiento	20	1	Coupling	Drive		
2	Motor	19	1	Motor	Electric		
2	Base	21	1	Baseplate	Pump/Motor		
2	Base general y contenedor	17	1	Deck	Pump		
2	Válvula de succión para las bombas	15	2	Valve	Butterfly		
2	Indicador de Presión descarga de la bomba	23	3	Indicator	Pressure		
2	Filtro de aceite	37	2	Filter	Pressure		
2	CONDITIONING CIRCUIT FILTER #1 DIFF. PRESSURE SWITCH Medición de filtro sucio por presión	38	2	Switch	Diferencia Pressure	A3H-CROFT	D461BXD6
2	CONDITIONING CIRCUIT FILTER #2 DIFF. PRESSURE SWITCH Indicador de Presión Diferencia	39	2	Indicator	Diferencia Pressure	A3H-CROFT	D461BXD6
2	Water heat exchanger	32	3	Heat Exchanger	Sheet y Tube		
2	Válvula de control de temperatura del agua	33	1	Control Valve	Temperature		
2	CONDITIONING CIRCUIT HX COOLING WATER FLOW BIGHT GLASS Medición de flujo de agua	34	1	Transmitter		OIL-RITE	A-28967
2	Ventana o visor Flujo o Nivel de Agua	34	2	Window	Glass		
2	CONDITIONING CIRCUIT HX OIL OUTLET TEMPERATURE TRANSMITTER	36	1	Transmitter	Temperature	ROGEMOUNT	3144D1B4E5
2	Medición de temperatura de aceite	29	2	Indicator	Temperature		
2	Medición de temperatura de aceite	29	2	Thermoset			
2	Medición de temperatura de aceite	30	2	Indicator	Temperature		
2	Medición de temperatura de aceite	31	2	Thermoset			
2	Medición de flujo de aceite de sistema de acondicionamiento	27b	1	Orifice Plate	Flow		



Empresa/Concentradora/Molienda/Molino SAG/Sistema de Lubricación

	It	n	Comp	Tipo	Marcas	Modelo
6 Sistema de Lubricación						
2 CONDITIONING CIRCUIT HX OIL FLOW TRANSMITTER Medición de flujo de aceite del sistema	27	1	Transmitter	Flow	ROSEMOUNT	3MT15
2 CONDITIONING PUMP PFZ-002 DISCHARGE PRESSURE RELIEF VALVE	22	1	Valve	Relief	KUNKE	20-01-4AC
2 CONDITIONING PUMP PFZ-001 DISCHARGE PRESSURE RELIEF VALVE	22	1	Valve	Relief	KUNKE	20-01-4AC
2 Válvula de aislamiento de varios componentes	24	39	Valve	Block y Bleed		
2 Válvula check antiretorno aceite de salida	25	2	Valve	Check		
2 Válvula de aislamiento de varios componentes	26	12	Valve	Subsidiary		
2 Válvula de bypass para aislar intercambiador de calor	35	6	Valve	Butterfly		
3 <b>GRUPO DE LUBRICACION DE ALTA PRESION</b>						
3 Bomba	44	1	Pump	Direct		
3 Acoplamiento	43	1	Coupling	Flare-aster		
3 Acoplamiento	46	1	Coupling	Drive		
3 Motor	45	1	Motor	Electric		
3 Base	47	1	Baseplate	Pump Motor		
3 Bomba	44	1	Pump	Direct		
3 Acoplamiento	43	1	Coupling	Flare-aster		
3 Acoplamiento	46	1	Coupling	Drive		
3 Motor	45	1	Motor	Electric		
3 Base	47	1	Baseplate	Pump Motor		
3 Bomba	44	1	Pump	Direct		
3 Acoplamiento	43	1	Coupling	Flare-aster		
3 Acoplamiento	46	1	Coupling	Drive		
3 Motor	45	1	Motor	Electric		
3 Base	47	1	Baseplate	Pump Motor		
3 Base general y contenedor	41	1	Deck	Pump		
3 Medición de presión salida de bombas	52	3	Indicator	Pressure		
3 Válvula de succión para las bombas	42	3	Valve	Butterfly		
3 HP LIFT PUMP PFZ-003 DISCHARGE PRESSURE RELIEF VALVE	48	1	Assembly	Relief valve	VICKERS	ZH1YCO-40C-
3 HP LIFT PUMP PFZ-004 DISCHARGE PRESSURE RELIEF VALVE	48	1	Assembly	Relief valve	VICKERS	ZH1YCO-40C-
3 HP LIFT PUMP PFZ-005 DISCHARGE PRESSURE RELIEF VALVE	48	1	Assembly	Relief valve	VICKERS	ZH1YCO-40C-
3 Válvula de alivio a la salida de las bombas	48	1	Valve	Cartridge		
3 Válvula de alivio a la salida de las bombas	48	1	Valve	Body		
3 Válvula check a la salida de las bombas	49	3	Valve	Check		
3 Válvula de salida de las bombas	50	5	Valve	3 PC Ball		
3 Válvula de alimentación a los acumuladores	55	1	Valve	Ball		
3a <b>Subestación de aceite bearing tipo refinado</b>						
3a Flow divider	53	1	Flow Divider	Gear		
3a Flow divider	51	1	Rack	Flow Dividing		
3a Flow divider	54	1	Shaft Housing	Flow Divider		
3a Flow divider	55a	1	Sensor	Proximity		
3a FEED END OIL FLOW DIVIDER SPEED TRANSMITTER Medición de flujo de aceite a los Paos	55b	1	Transmitter	Rate	ALLEN-BRADLEY	1E2
3a Válvula Check antiretorno	59	4	Valve	Check		
3a Medición de presión salida de Flow Divider	52	5	Indicator	Pressure		
3a FEED END LIFT POCKET #3 OIL PRESSURE TRANSMITTER	61	1	Transmitter	Pressure Indicating	ROSEMOUNT	3MT15



Empresa/Concentrador Molino SAG/Sistema de Lubricación

6	Sistema de Lubricación	It	n	Comp	Tipo	Marca	Modelo
3a	FEED END LIFT POCKET #1 OIL PRESSURE TRANSMITTER	61	1	Transmitter	Pressure Indcating	MP FLTRI	F3-460N-J7
3a	FEED END LIFT POCKET #1 OIL PRESSURE TRANSMITTER	61	1	Transmitter	Pressure Indcating	ROGEMOUNT	2M715
3a	FEED END LIFT POCKET #4 OIL PRESSURE TRANSMITTER	61	1	Transmitter	Pressure Indcating	ROGEMOUNT	2M715
3a	Filtros	62	4	Fiber			
3a	FEED END LIFT POCKET #2 FILTER DIFF. PRESSURE SWITCH	62	1	Switch		MP FLTRI	F3-460N-J7
3a	FEED END LIFT POCKET #1 FILTER DIFF. PRESSURE SWITCH	62	1	Switch		MP FLTRI	F3-460N-J7
3a	FEED END LIFT POCKET #4 FILTER DIFF. PRESSURE SWITCH	62	1	Switch		ROGEMOUNT	2M715
3a	FEED END LIFT POCKET #3 FILTER DIFF. PRESSURE SWITCH	62	1	Switch		ROGEMOUNT	2M715
3a	FEED END LEFT SIDE BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100 Medicón de temperatura		1	RTD		MINCO	B1
3a	FEED END LEFT SIDE BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100 Medicón de temperatura		1	RTD		MINCO	B1
3a	FEED END LEFT SIDE BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100 Medicón de temperatura		1	RTD		MINCO	B1
3a	FEED END RIGHT SIDE BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100 Medicón de temperatura		1	RTD		MINCO	B1
3a	FEED END RIGHT SIDE BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100 Medicón de temperatura		1	RTD		MINCO	B1
3a	FEED END RIGHT SIDE BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100 Medicón de temperatura		1	RTD		MINCO	B1
3a	Valvula de Drenaje	64	1	Valve	Gate		
3b	Thrust Rail lado alimentación						
3b	Flow divider	56	1	Flow Divider	Gear		
3b	Flow divider	57	1	Shaft Housing	Flow Divider		
3b	Flow divider	58a	1	Sensor	Proximity		
3b	LEFT THRUST RAIL OIL FLOW DIVIDER SPEED TRANSMITTER Medicón de flujo de aceite	59b	1	Transmitter	Rate	UNIVERSAL FLOW	1000V 9-ADCU
3b	Valvula Check anbreto	60	6	Valve	Check		
3b	Filtros	63	2	Fiber			
3b	LEFT THRUST RAIL FILTER DIFF. PRESSURE SWITCH Medicón de filtro sucio por presión de	63	1	Switch		MP FLTRI	F3-460N-J7
3b	LEFT THRUST RAIL FILTER DIFF. PRESSURE SWITCH Medicón de filtro sucio por presión de	63	1	Switch		UNIVERSAL FLOW	1000V 9-ADCU
3b	LEFT THRUST RAIL BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100 Medicón de temperatura RT		1	RTD		MINCO	B1
3b	LEFT THRUST RAIL BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100 Medicón de temperatura RT		1	RTD		MINCO	B1
3b	RIGHT THRUST RAIL BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100 Medicón de temperatura R		1	RTD		MINCO	B1
3b	RIGHT THRUST RAIL BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100 Medicón de temperatura R		1	RTD		MINCO	B1
3b	LEFT THRUST RAIL OIL FLOW SWITCH Protección por bajo flujo	66	1	Switch	Flow	MP FLTRI	F3-460N-J7
3b	LEFT THRUST RAIL OIL FLOW SWITCH Protección por bajo flujo	66	1	Switch	Flow	ALLEN-BRADLEY	IE2
3c	Suministro de aceite bearing lado descarga						
3c	Flow divider	53	1	Flow Divider	Gear		
3c	Flow divider	54	1	Shaft Housing	Flow Divider		
3c	Flow divider	55a	1	Sensor	Proximity		
3c	DISCHARGE END OIL FLOW DIVIDER SPEED TRANSMITTER Medicón de flujo de aceite a ca	59b	1	Transmitter	Rate	MP FLTRI	F3-460N-J7
3c	Valvula Check anbreto	59	4	Valve	Check		
3c	Medición de presión salida de Flow Divider	52	5	Indicator	Pressure		
3c	DISCHARGE END LIFT POCKET #1 OIL PRESSURE TRANSMITTER	61	1	Transmitter	Pressure Indcating	MP FLTRI	F3-460N-J7
3c	DISCHARGE END LIFT POCKET #2 OIL PRESSURE TRANSMITTER	61	1	Transmitter	Pressure Indcating	ROGEMOUNT	2M715
3c	DISCHARGE END LIFT POCKET #4 OIL PRESSURE TRANSMITTER	61	1	Transmitter	Pressure Indcating	MP FLTRI	F3-460N-J7
3c	DISCHARGE END LIFT POCKET #3 OIL PRESSURE TRANSMITTER	61	1	Transmitter	Pressure Indcating	ROGEMOUNT	2M715
3c	Filtros	62	4	Fiber			
3c	DISCHARGE END LIFT POCKET #1 FILTER DIFF. PRESSURE SWITCH	62	1	Switch		ALLEN-BRADLEY	IE2



## Empresa/Concentradora/Molenda/Molino SAG/Sistema de Lubricación

C	Descripción	N	n	Comp	Tipo	Marca	Modelo
3c	DISCHARGE END LIFT POCKET #4 FILTER DIFF. PRESSURE SWITCH	62	1	Switch		ROGEMOUNT	DM715
3c	DISCHARGE END LIFT POCKET #3 FILTER DIFF. PRESSURE SWITCH	62	1	Switch		MP FLTRI	F3-M60N-J7
3c	DISCHARGE END LIFT POCKET #2 FILTER DIFF. PRESSURE SWITCH	62	1	Switch		MP FLTRI	F3-M60N-J7
3c	Válvula de Drenaje	64	1	Valve	Gate		
3c	DISCHARGE END LEFT 30E BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100		1	RTD		MINCO	B1
3c	DISCHARGE END LEFT 30E BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100		1	RTD		MINCO	B1
3c	DISCHARGE END LEFT 30E BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100		1	RTD		MINCO	B1
3c	DISCHARGE END RIGHT SIDE BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100 Medición de tem		1	RTD		MINCO	B1
3c	DISCHARGE END RIGHT SIDE BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100 Medición de tem		1	RTD		MINCO	B1
3c	DISCHARGE END RIGHT SIDE BRG. TEMPERATURE ELEMENT RTD PT100 Medición de tem		1	RTD		MINCO	B1
3d	Flujo de aceite						
3d	Flow divider	56	1	Flow Divider	Gear		
3d	Flow divider	57	1	Shaft Housing	Flow Divider		
3d	Flow divider	58a	1	Sensor	Proxim		
3d	RIGHT THRUST RAIL OIL FLOW DIVIDER SPEED TRANSMITTER Medición de flujo de aceite	58b	1	Transmitter	Rate	UNIVERSAL FLOW	1000V 9-AJGU
3d	Válvula Check antretomo	60	6	Valve	Check		
3d	Filtros	63	2	Filter			
3d	RIGHT THRUST RAIL FILTER DIFF. PRESSURE SWITCH Medición de filtro sucio por presión de	63	1	Switch		MP FLTRI	F3-M60N-J7
3d	RIGHT THRUST RAIL FILTER DIFF. PRESSURE SWITCH Medición de filtro sucio por presión de	63	1	Switch		ALLEN-BRADLEY	E2
3d	RIGHT THRUST RAIL OIL FLOW SWITCH Protección por bajo flujo	65	1	Switch	Flow	MP FLTRI	F3-M60N-J7
3d	RIGHT THRUST RAIL OIL FLOW SWITCH Protección por bajo flujo	66	1	Switch	Flow	UNIVERSAL FLOW	1000V 9-AJGU
4	CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN						
4	Motor	70	1	Motor	Electric		
4	Bomba	57	1	Pump	Gear		
4	Bomba	58	1	Adapter	Pump Mount		
4	Bomba	69	1	Coupling	Drive		
4	Válvula de alivio	71	1	Valve	Inline Relief		
4	Manómetros indicadores de presión	72	8	Indicator	Pressure		
4	Indicador de suciedad de filtro	74	1	Indicator	Differential Pressure		
4	Válvula check antretomo	75	1	Valve	Check		
4	Válvula Principal ingreso a los acumuladores	76	1	Valve	Ball		
4a	Acumuladores de nitrógeno						
4a	Cubierta de los Acumuladores	82	4	Cover	Accumulator Charge Valve		
4a	Bloquer de los Acumuladores	91	4	Accumulator	Blocker Type		
4a	Tubera de distribución principal	77	1	Manifold	Accumulator		
4a	Indicador de temperatura	92	1	Indicator	Temperature		
4a	Sensor de temperatura	93	1	Thermoelet			
4a	Switch de Temperatura	95	2	Switch	Temperature		
4a	ACCUMULATOR #4 NITROGEN PRESSURE SWITCH	78	2	Switch	Pressure	A3HCROFT	B461BX06
4a	ACCUMULATOR #3 NITROGEN PRESSURE SWITCH	78	2	Switch	Pressure	A3HCROFT	B461BX06
4a	ACCUMULATOR #1 NITROGEN PRESSURE SWITCH	79	2	Switch	Pressure	A3HCROFT	B461BX06
4a	ACCUMULATOR #2 NITROGEN PRESSURE SWITCH	78	2	Valve		A3HCROFT	B461BX06
4a	Válvula de drenaje de manifold	79	1	Valve	Ball		



Empresa/Concentradora/Molienda/Molino SAG/Sistema de Lubricación

6	Sistema de Lubricación	It	R	Comp	Tipo	Marca	Modelo
4a	Manguera de carga de nitrógeno	90	1	Charge Hose	Accumulator		
4b	Control del acumulador con aceite						
4b	ACCUMULATOR HEADER OIL PRESSURE SWITCH Medición de presión de carga	78	1	Switch	Pressure	A3HCROFT	B461BX06
4b	ACCUMULATOR HEADER OIL PRESSURE SWITCH	78	1	Switch	Pressure	A3HCROFT	B461BX06
4b	UNLOADING VALVE INLET OIL PRESSURE SWITCH	78	2	Switch	Pressure	A3HCROFT	B461BX06
4b	ACCUM. CHARGE PUMP DISCHARGE PRESSURE RELIEF VALVE		1	Valve		VICKERS	C306-F-50
4b	Filtro de aceite entrada a los acumuladores	73	1	Filter	High Pressure		
4b	ACCUM. CHARGE PUMP FILTER DIFF. PRESSURE SWITCH Medición de filtro sucio por presión	73	1	Switch		PARKER	YY-1
4c	Resistor (cool fan)						
4c	ACCUMULATOR RUNDOWN OIL TEMPERATURE SWITCH	91	1	Switch	Temperature	A3HCROFT	XJL
4c	Control de temperatura	94	1	Thermoset			
4d	Sistema de Alimentación de Emergencia						
4d	Valvula relief de descarga	93	1	Assembly	Unloading relief valve		
4d	Valvula relief de descarga	93	1	Cartridge	Insert		
4d	Valvula relief de descarga	93	1	Cover			
4d	Valvula relief de descarga	93	1	Bot Kit			
4d	Valvula relief de descarga	93	1	Valve	2 Way Solenoid		
4d	Valvula relief de descarga	93	1	Bot Kit			
4d	Valvula relief de descarga	93	1	Manifod	Adapter		
4d	Valvula relief de descarga	93	1	Manifod	Block		
4d	Solenode de carga y descarga de aceite	93	1	Solenode			
4d	ACCUMULATOR RUNDOWN OIL FLOW CONTROL VALVE Valvula de control de flujo de salida	94	1	Valve	Flow Control	PARKER	PCM-16003
4d	ACCUMULATOR RUNDOWN OIL FLOW CONTROL VALVE Valvula de control de flujo de salida	94	1	Valve	Flow Control	PARKER	PCM-16003
4d	Divisor de Flujo	96	1	Flow Divider	Gear		
4d	Divisor de Flujo	97a	1	Sensor	Proximity		
4d	ACCUMULATOR RUNDOWN OIL FLOW DIVIDER SPEED TRANSMITTER	97b		Transmitter	Rate	ALLEN-BRADLEY	E2
4d	Divisor de Flujo	98	1	Chart Housing	Flow Divider		
4d	Divisor de Flujo para los bearing add alimentación	99	1	Flow Divider	Gear		
4d	Divisor de Flujo para los bearing add descarga	99	1	Flow Divider	Gear		
4d	Panel Electrico	90	3	Enclosure	Electric		
4d	Panel Electrico	96	1	Enclosure	Electric		
6	TUBERIAS Y MANGUERAS						
6	Tuberías de Procesos		1	Piping			
8	PANEL DE CONTROL LOCAL						
6	Selector local - remoto pumps		1	Selector			
6	Selector OFF - AUTO Heaters		1	Selector			
6	Selector switch, start y stop bombas de baja		1	Selector			
6	Selector switch, start y stop bombas de alta		1	Selector			
6	Selector OFF - AUTO bomba del acumulador		1	Selector			
6	LOCAL CONTROL PANEL EMERGENCY STOP PUSH-BUTTON Emergency Stop		1	Push Button		ALLEN-BRADLEY	930T-D602
6	Lamparas indicadores		41	Lamp			

**ANEXO D**

**Estimación de Modos de Falla**



It	n	Comp	Tipo	MF	Concatenate	Tipo	MF
81	4	Accumulator	Bladder Type	5	AccumulatorBladder Type	1	5
68	1	Adapter	Pump Mount	2	AdapterPump Mount	2	2
48	1	Assembly	Relief Valve	2	AssemblyRelief Valve	3	2
48	1	Assembly	Relief Valve	2	AssemblyRelief Valve	3	0
48	1	Assembly	Relief Valve	2	AssemblyRelief Valve	3	0
83	1	Assembly	Unloading relief valve	1	AssemblyUnloading relief valve	4	1
21	1	Baseplate	Pump/Motor	1	BaseplatePump/Motor	5	1
21	1	Baseplate	Pump/Motor	1	BaseplatePump/Motor	5	0
47	1	Baseplate	Pump/Motor	1	BaseplatePump/Motor	5	0
47	1	Baseplate	Pump/Motor	1	BaseplatePump/Motor	5	0
47	1	Baseplate	Pump/Motor	1	BaseplatePump/Motor	5	0
83	1	Bolt Kit		1	Bolt Kit	6	1
83	1	Bolt Kit		1	Bolt Kit	6	0
5	1	Breather	Air	1	BreatherAir	7	1
83	1	Cartridge	Insert	1	CartridgeInsert	8	1
80	1	Charge Hose	Accumulator	1	Charge HoseAccumulator	9	1
33	1	Control Valve	Temperature	3	Control ValveTemperature	10	3
20	1	Coupling	Drive	1	CouplingDrive	11	1
20	1	Coupling	Drive	1	CouplingDrive	11	0
46	1	Coupling	Drive	1	CouplingDrive	11	0
46	1	Coupling	Drive	1	CouplingDrive	11	0
46	1	Coupling	Drive	1	CouplingDrive	11	0
69	1	Coupling	Drive	1	CouplingDrive	11	0
16	1	Coupling	Flexmaster	1	CouplingFlexmaster	12	1
16	1	Coupling	Flexmaster	1	CouplingFlexmaster	12	0
43	1	Coupling	Flexmaster	1	CouplingFlexmaster	12	0
43	1	Coupling	Flexmaster	1	CouplingFlexmaster	12	0
43	1	Coupling	Flexmaster	1	CouplingFlexmaster	12	0
82	4	Cover	Accumulator Charge Valve	2	CoverAccumulator Charge Valve	13	2
83	1	Cover		1	Cover	14	1
17	1	Deck	Pump	1	DeckPump	15	1
41	1	Deck	Pump	1	DeckPump	15	0
90	3	Enclosure	Electric	1	EnclosureElectric	16	1
96	1	Enclosure	Electric	1	EnclosureElectric	16	0
73	1	Filter	Hihg Pressure	3	FilterHihg Pressure	17	3
37	2	Filter	Pressure	2	FilterPressure	18	2
62	4	Filter		4	Filter	19	4
63	2	Filter		4	Filter	19	0
62	4	Filter		4	Filter	19	0
63	2	Filter		4	Filter	19	0
53	1	Flow Divider	Gear	1	Flow Divider Gear	20	1
56	1	Flow Divider	Gear	2	Flow Divider Gear	20	0
53	1	Flow Divider	Gear	2	Flow Divider Gear	20	0
56	1	Flow Divider	Gear	2	Flow Divider Gear	20	0
86	1	Flow Divider	Gear	4	Flow Divider Gear	20	0
89	1	Flow Divider	Gear	4	Flow Divider Gear	20	0
89	1	Flow Divider	Gear	4	Flow Divider Gear	20	0
32	3	Heat Exchanger	Sheell y Tube	3	Heat ExchangerSheell y Tube	21	3
2	4	Heater	Electric	2	HeaterElectric	22	2
39	2	Indicator	Differential Pressure	2	IndicatorDifferential Pressure	23	2
74	1	Indicator	Differential Pressure	1	IndicatorDifferential Pressure	23	0
6	3	Indicator	Level	2	IndicatorLevel	24	2
23	3	Indicator	Pressure	2	IndicatorPressure	25	2
52	3	Indicator	Pressure	2	IndicatorPressure	25	0

It	n	Comp	Tipo	MF	Concatenate	Tipo	MF
52	5	Indicator	Pressure	2	IndicatorPressure	25	0
52	5	Indicator	Pressure	2	IndicatorPressure	25	0
72	8	Indicator	Pressure	1	IndicatorPressure	25	0
11	2	Indicator	Temperature	1	IndicatorTemperature	26	1
28	2	Indicator	Temperature	2	IndicatorTemperature	26	0
30	2	Indicator	Temperature	2	IndicatorTemperature	26	0
92	1	Indicator	Temperature	2	IndicatorTemperature	26	0
	6	Lamp		2	Lamp	27	2
7	3	Magnets	Reservoir	2	MagnetsReservoir	28	2
77	1	Manifold	Accumulator	1	ManifoldAccumulator	29	1
83	1	Manifold	Adapter	1	ManifoldAdapter	30	1
83	1	Manifold	Block	1	ManifoldBlock	31	1
19	1	Motor	Electric	4	MotorElectric	32	4
19	1	Motor	Electric	4	MotorElectric	32	0
45	1	Motor	Electric	4	MotorElectric	32	0
45	1	Motor	Electric	4	MotorElectric	32	0
45	1	Motor	Electric	4	MotorElectric	32	0
70	1	Motor	Electric	4	MotorElectric	32	0
27b	1	Orifice Plate	Flow	2	Orifice PlateFlow	33	2
	1	Piping		1	Piping	34	1
67	1	Pump	Gear	5	PumpGear	35	5
18	1	Pump	Screw	5	PumpScrew	36	5
18	1	Pump	Screw	5	PumpScrew	36	0
44	1	Pump	Screw	5	PumpScrew	36	0
44	1	Pump	Screw	5	PumpScrew	36	0
44	1	Pump	Screw	5	PumpScrew	36	0
	1	Push Button		2	Push Button	37	2
51	1	Rack	Flow Dividing	1	RackFlow Dividing	38	1
1	1	Reservoir		2	Reservoir	39	2
	1	RTD		2	RTD	40	2
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
	1	RTD		2	RTD	40	0
14	1	Screen		2	Screen	41	2
	1	Selector		2	Selector	42	2
	1	Selector		2	Selector	42	0
	1	Selector		2	Selector	42	0
	1	Selector		2	Selector	42	0
	1	Selector		2	Selector	42	0
55a	1	Sensor	Proximity	1	SensorProximity	43	1
58a	1	Sensor	Proximity	2	SensorProximity	43	0
55a	1	Sensor	Proximity	2	SensorProximity	43	0



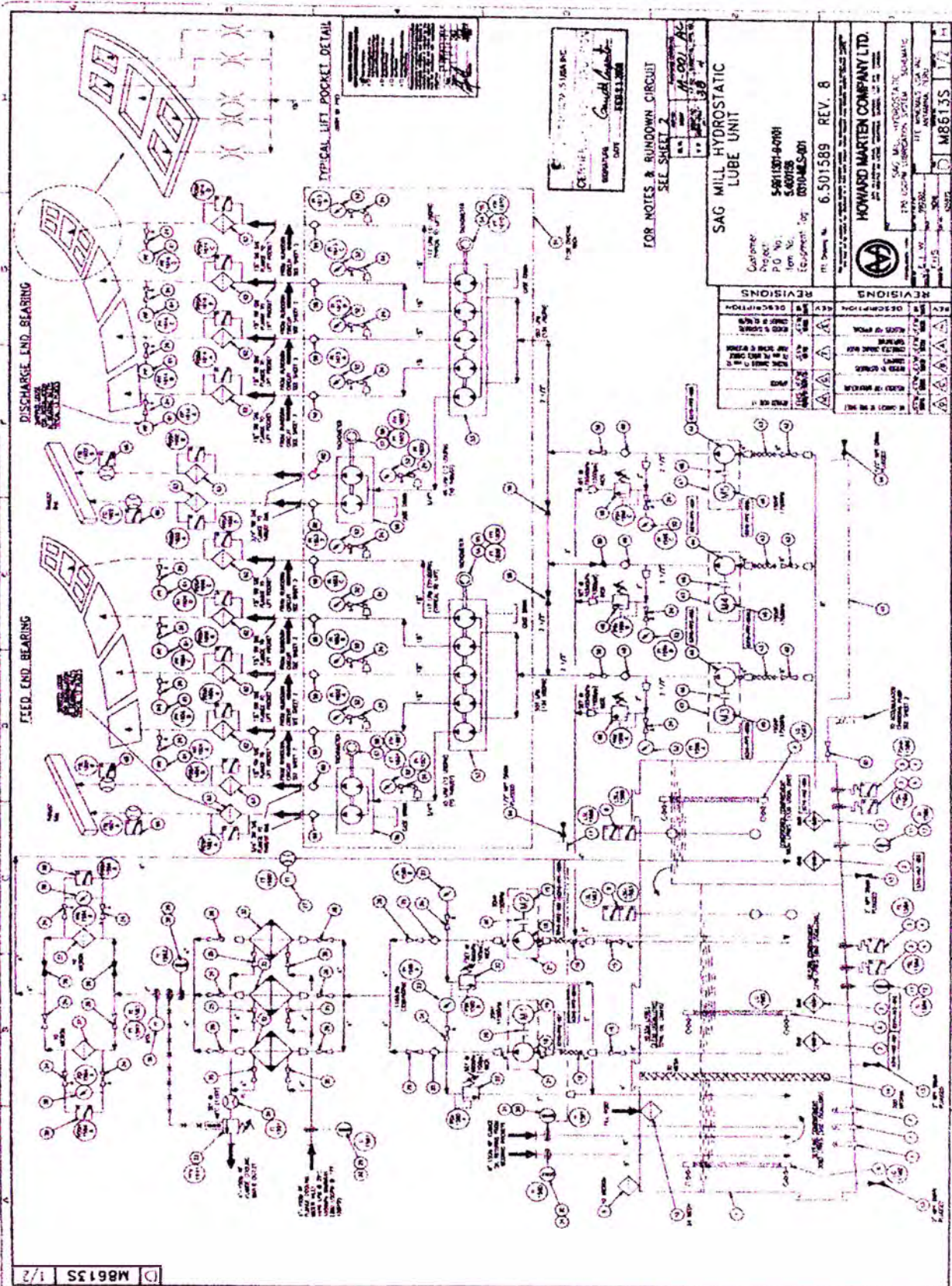


It	n	Comp	Tipo	MF	Concatenate	Tipo	MF
55b	1	Transmitter	Rate	2	TransmitterRate	56	2
58b	1	Transmitter	Rate	2	TransmitterRate	56	0
55b	1	Transmitter	Rate	2	TransmitterRate	56	0
58b	1	Transmitter	Rate	2	TransmitterRate	56	0
87b		Transmitter	Rate	2	TransmitterRate	56	0
36	1	Transmitter	Temperature	2	TransmitterTemperature	57	2
34	1	Transmitter		2	Transmitter	58	2
83	1	Valve	2 Way Solenoid	1	Valve2 Way Solenoid	59	1
50	5	Valve	3 pc Ball	2	Valve3 pc Ball	60	2
65	1	Valve	Ball	2	ValveBall	61	2
76	1	Valve	Ball	2	ValveBall	61	0
79	1	Valve	Ball	2	ValveBall	61	0
24	39	Valve	Block y Bleed	2	ValveBlock y Bleed	62	2
48	1	Valve	Body	2	ValveBody	63	2
15	2	Valve	Butterfly	2	ValveButterfly	64	2
26	12	Valve	Butterfly	2	ValveButterfly	64	0
35	6	Valve	Butterfly	2	ValveButterfly	64	0
42	3	Valve	Butterfly	2	ValveButterfly	64	0
48	1	Valve	Cartridge	2	ValveCartridge	65	2
25	2	Valve	Check	2	ValveCheck	66	2
49	3	Valve	Check	1	ValveCheck	66	0
59	4	Valve	Check	1	ValveCheck	66	0
60	6	Valve	Check	2	ValveCheck	66	0
59	4	Valve	Check	2	ValveCheck	66	0
60	6	Valve	Check	2	ValveCheck	66	0
75	1	Valve	Check	2	ValveCheck	66	0
84	1	Valve	Flow Control	2	ValveFlow Control	67	2
84	1	Valve	Flow Control	2	ValveFlow Control	67	0
13	3	Valve	Gate	2	ValveGate	68	2
64	1	Valve	Gate	1	ValveGate	68	0
64	1	Valve	Gate	1	ValveGate	68	0
71	1	Valve	Inline Relief	2	ValveInline Relief	69	2
22	1	Valve	Relief	2	ValveRelief	70	2
22	1	Valve	Relief	2	ValveRelief	70	0
	1	Valve	Relief	2	ValveRelief	70	0
78	2	Valve		2	Valve	71	2
34	2	Window	Glass	1	WindowGlass	72	1
<b>Estimado Total de Modos de Falla</b>							<b>139</b>

**ANEXO E**

**Planos y Manuales del Sistema**





FOR NOTES & RUNDOWN CIRCUIT  
SEE SHEET 2

**SAG MILL HYDROSTATIC  
LUBE UNIT**

Customer: \_\_\_\_\_  
 Project: 5-811521-4-001  
 P.O. No: 5-60128  
 Item No: 001048-5-01  
 Equipment Top: \_\_\_\_\_  
 Rev. Order No: 6.501589 REV. 8

**HOWARD MARTEN COMPANY LTD.**

3150 W. 10th St. Regina, SASK. S4S 0A6  
 403-342-1111  
 FAX: 403-342-1112

SALES: M. HYDROSTATIC  
 SERVICE: J. HYDROSTATIC  
 ESTIMATING: J. HYDROSTATIC  
 PROJECT MANAGER: J. HYDROSTATIC

DATE: 11/15/88  
 DRAWN BY: J. HYDROSTATIC  
 CHECKED BY: J. HYDROSTATIC  
 APPROVED BY: J. HYDROSTATIC

M86135 1/2

REV.	DESCRIPTION	DATE	BY
1	ISSUE FOR CONSTRUCTION	11/15/88	J. HYDROSTATIC
2	REVISED TO SHOW REVISIONS	11/15/88	J. HYDROSTATIC
3	REVISED TO SHOW REVISIONS	11/15/88	J. HYDROSTATIC
4	REVISED TO SHOW REVISIONS	11/15/88	J. HYDROSTATIC
5	REVISED TO SHOW REVISIONS	11/15/88	J. HYDROSTATIC
6	REVISED TO SHOW REVISIONS	11/15/88	J. HYDROSTATIC
7	REVISED TO SHOW REVISIONS	11/15/88	J. HYDROSTATIC
8	REVISED TO SHOW REVISIONS	11/15/88	J. HYDROSTATIC
9	REVISED TO SHOW REVISIONS	11/15/88	J. HYDROSTATIC
10	REVISED TO SHOW REVISIONS	11/15/88	J. HYDROSTATIC

M86135 1/2





## Hoja de Datos del Sistema de Lubricación del Molino SAG

**TABLE 1.1.9  
SAG MILL MAIN BEARING LUBRICATION SYSTEM DATA**

Specification	Data
Hydraulic reservoir capacity	10,334 liters total (3 compartments) 2,082 liters total (settling compartment) 3,218 liters total (return compartment) 5,034 liters total (conditioned compartment)
Low-pressure hydraulic pump type/rating	Screw pump, 1,166 Lpm, one on-line, one standby
Low-pressure hydraulic pump motor	22 kW/1,150 RPM/460V/3 phase/60 HZ
High-pressure hydraulic pump type/rating	Screw pump, 507 Lpm per pump, two on-line, one standby
High-pressure hydraulic pump motor	112 kW/1,750 RPM/460V/3 phase/60 HZ
Flow rate per bearing pad	117 Lpm
Flow rate per thrust rail	45 Lpm
Type of hydraulic oil	ISO 220, 750 SSU at 46°C
Cooling water requirement	1,476 Lpm at 25°C, 1,034 kPa (maximum)
Hydraulic system manufacturer	Howard Marten Co.
Rundown pump discharge flow rate	26 Lpm
Rundown pump type/rating	Gear pump, 25,000 kPa rated, one pump
Rundown pump motor	15 kW/1,750 RPM/460V/3 phase/60 HZ
Accumulator size and quantity	4 accumulators, 56 liters each, 20,700 kPa bladder type
Flow rate during rundown	23.6 Lpm to each of the 8 bearing pad pockets total of 189 Lpm
Minimum rundown time duration	25 seconds
Total usable volume in accumulators	84 liters
Accumulator charge time	5 minutes
Hydraulic system manufacturer	Howard Marten Co.





PROJECT—PERU, S.A.

Prepared by:  
 Petroleum Associates International, Inc.  
 PAGE 1 OF 4

7.2 COMPONENT OR SUB-SYSTEM OPERATING LIMITS

Component or System	Operating Limits	
	Maximum	Minimum
<b>Bearing lubrication system</b>		
SAG mill reservoir, conditioned compartment oil level (LG-1587)	Top of sight glass	Bottom of sight glass
SAG mill reservoir, conditioned compartment oil temperature (TI-1586)	52°C (125.6°F) H 54°C (129.2°F) HH	32°C (89.6°F)
SAG mill reservoir, return compartment oil level (LG-1585)	Top of sight glass	Bottom of sight glass
SAG mill reservoir, return compartment oil temperature (TI-1584)	48°C (118.4°F)	32°C (89.6°F)
SAG mill reservoir, settling compartment oil level (LG-1582)	Top of sight glass	Bottom of sight glass
SAG mill feed end bearing return oil temperature (TI-1581)	60°C (140°F)	30°C (86°F)
SAG mill discharge end bearing return oil temperature (TI-1580)	60°C (140°F)	30°C (86°F)
High-Pressure Lift Pump 0310-PPZ-003 discharge pressure (PI-1596A)	10.340 kPa (1.500 psi)	4.800 kPa (696 psi)
High-Pressure Lift Pump 0310-PPZ-004 discharge pressure (PI-1596B)	10.340 kPa (1.500 psi)	4.800 kPa (696 psi)
High-Pressure Lift Pump 0310-PPZ-005 discharge pressure (PI-1596C)	10.340 kPa (1.500 psi)	4.800 kPa (696 psi)
Low-Pressure Conditioning Pump 0310-PPZ-001 discharge pressure (PI-1590A)	690 kPa (100 psi)	207 kPa (30 psi)
Low-Pressure Conditioning Pump 0310-PPZ-002 discharge pressure (PI-1590B)	690 kPa (100 psi)	207 kPa (30 psi)
Low-pressure heat exchanger discharge oil temperature (TI-1592)	48°C (118.4°F)	32°C (89.6°F)
Low-pressure system heat exchanger cooling water supply temperature (TI-1591)	25°C (77°F)	N A
Low-pressure system heat exchanger cooling water return flow rate (FG-1591)	N A	1.476 Lpm (390 gpm)
Low-Pressure Oil Filter No. 1 pressure differential (PDI-1594A)	400 kPa (58 psi) diff	N A



## PROJECT—PERU, S.A.

Component or System	Operating Limits	
	Maximum	Minimum
<b>Bearing lubrication system (continued)</b>		
Low-Pressure Oil Filter No. 2 pressure differential (PDI-1594B)	400 kPa (58 psi) diff	N A
Feed end left thrust rail flow divider inlet oil pressure (PI-1601)	10.340 kPa (1.500 psi)	2.000 kPa (290 psi)
Feed end left thrust rail filters (two) pressure differential (element collapse) (PDSH-1601A, -1601B)	1.998 kPa (289.78 psi) diff	N A
Feed end bearing Lift Pocket No. 1. flow divider discharge pressure (PI-1603A)	10.340 kPa (1.500 psi)	4.200 kPa (609 psi)
Feed end bearing Lift Pocket No. 2. flow divider discharge pressure (PI-1603B)	10.340 kPa (1.500 psi)	4.200 kPa (609 psi)
Feed end bearing Lift Pocket No. 3. flow divider discharge pressure (PI-1603C)	10.340 kPa (1.500 psi)	4.200 kPa (609 psi)
Feed end bearing Lift Pocket No. 4. flow divider discharge pressure (PI-1603D)	10.340 kPa (1.500 psi)	4.200 kPa (609 psi)
Feed end bearing Lift Pocket No. 1. filter differential pressure (element collapse) (PDSH-1604A)	1.998 kPa (289.78 psi) diff	N A
Feed end bearing Lift Pocket No. 2. filter differential pressure (element collapse) (PDSH-1604B)	1.998 kPa (289.78 psi) diff	N A
Feed end bearing Lift Pocket No. 3. filter differential pressure (element collapse) (PDSH-1604C)	1.998 kPa (289.78 psi) diff	N A
Feed end bearing Lift Pocket No. 4. filter differential pressure (element collapse) (PDSH-1604D)	1.998 kPa (289.78 psi) diff	N A
Feed end right thrust rail flow divider inlet oil pressure (PI-1602)	10.340 kPa (1.500 psi)	2.000 kPa (290 psi)
Feed end right thrust rail filters (two) pressure differential (element collapse) (PDSH-1602A, -1602B)	1.998 kPa (289.78 psi) diff	N A
Discharge end bearing Lift Pocket No. 1. flow divider discharge pressure (PI-1613A)	10.340 kPa (1.500 psi)	4.200 kPa (609 psi)
Discharge end bearing Lift Pocket No. 2. flow divider discharge pressure (PI-1613B)	10.340 kPa (1.500 psi)	4.200 kPa (609 psi)
Discharge end bearing Lift Pocket No. 3. flow divider discharge pressure (PI-1613C)	10.340 kPa (1.500 psi)	4.200 kPa (609 psi)
Discharge end bearing Lift Pocket No. 4. flow divider discharge pressure (PI-1613D)	10.340 kPa (1.500 psi)	4.200 kPa (609 psi)
Discharge end bearing Lift Pocket No. 1. filter differential pressure (element collapse) (PDSH-1614A)	1.998 kPa (289.78 psi) diff	N A



PROJECT—PERU, S.A.

Component or System	Operating Limits	
	Maximum	Minimum
<b>Bearing lubrication system (continued)</b>		
Discharge end bearing, Lift Pocket No. 2, filter differential pressure (element collapse) (PDSH-1614B)	1,998 kPa (289.78 psi) diff	N A
Discharge end bearing, Lift Pocket No. 3, filter differential pressure (element collapse) (PDSH-1614C)	1,998 kPa (289.78 psi) diff	N A
Discharge end bearing, Lift Pocket No. 4, filter differential pressure (element collapse) (PDSH-1614D)	1,998 kPa (289.78 psi) diff	N A
Shutdown high-pressure oil pressure entering flow divider (PI-1636)	20,515 kPa (2,975 psi)	17,915 kPa (2,600 psi)
Accumulator Charge Pump 310-PPZ-006 discharge pressure (PI-1630)	20,515 kPa (2,975 psi)	17,915 kPa (2,600 psi)
Accumulator charge pump discharge filter differential pressure (PDI-1631)	400 kPa (58 psi) diff	N A
Accumulator inlet pressure (PI-1632)	20,515 kPa (2,975 psi)	17,915 kPa (2,600 psi)
Accumulator nitrogen pressure (PI-1633A)	8,790 kPa (1,275 psi)	8,000 kPa (1,160 psi)
Accumulator nitrogen pressure (PI-1633B)	8,790 kPa (1,275 psi)	8,000 kPa (1,160 psi)
Accumulator nitrogen pressure (PI-1633C)	8,790 kPa (1,275 psi)	8,000 kPa (1,160 psi)
Accumulator nitrogen pressure (PI-1633D)	8,790 kPa (1,275 psi)	8,000 kPa (1,160 psi)
Unloading valve inlet pressure (PI-1635)	20,515 kPa (2,975 psi)	17,715 kPa (2,570 psi)
<b>Brake system</b>		
Reservoir oil temperature	55°C (131°F)	25°C (77°F)
Reservoir oil level (LG-1832)		559 mm (22 inches)
External filter inlet pressure (PI-1834)		
Mill brake hydraulic fluid pump discharge filter pressure differential (PDSH-1834)		
Mill brake pump filter discharge pressure (PI-1822)	12,410 kPa (1,800 psi)	





PROJECT—PERU, S.A.

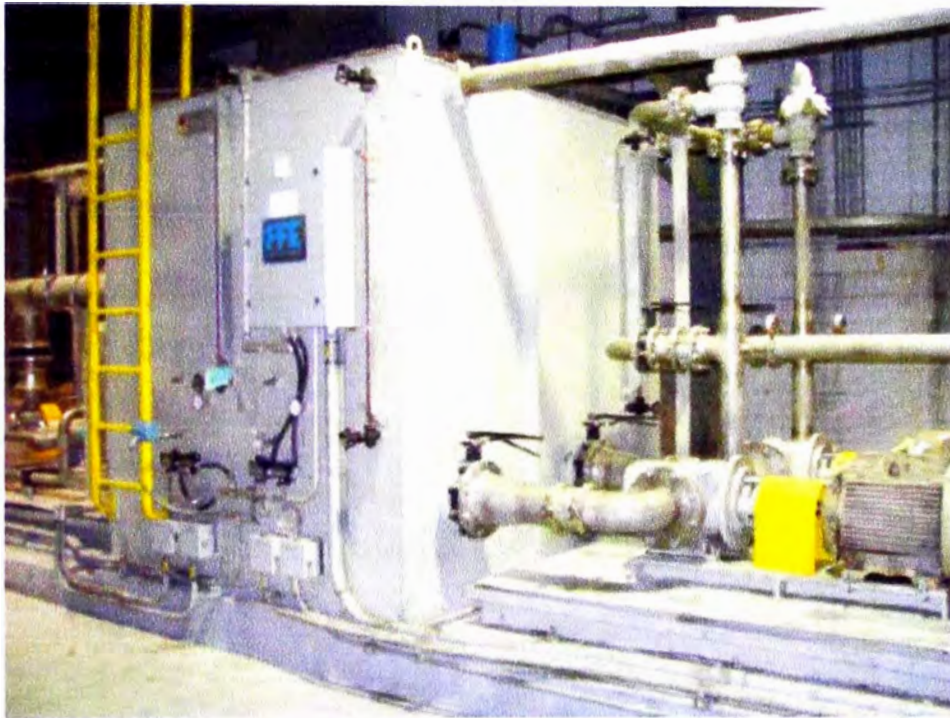
Component or System	Operating Limits	
	Maximum	Minimum
<b>Brake system (continued)</b>		
Accumulator manifold oil pressure (PI-1821)	11.000 kPa (1.595 psi)	8.300 kPa (1.204 psi)
Caliper inlet manifold pressure (PI-1824)		6.900 kPa (1.000 psi)
Brake Caliper Assembly No. 1 (left side) inlet pressure (PI-1843A)		
Brake Caliper Assembly No. 2 (right side) inlet pressure (PI-1843B)		
External reservoir return filter inlet pressure (PI-1827)		
<b>Wrap-Around Drive Motor</b>		
Current draw at operating speed (9.78 rpm)		
Power draw at operating speed		
Current draw at inching speed (0.98 rpm)		
Power draw at inching speed		
Current draw at creep speed (0.3 rpm nominal)		
Power draw at creep speed		



**ANEXO F**

**Fotografías del Sistema de Lubricación**

1. Depósito de aceite del sistema de lubricación

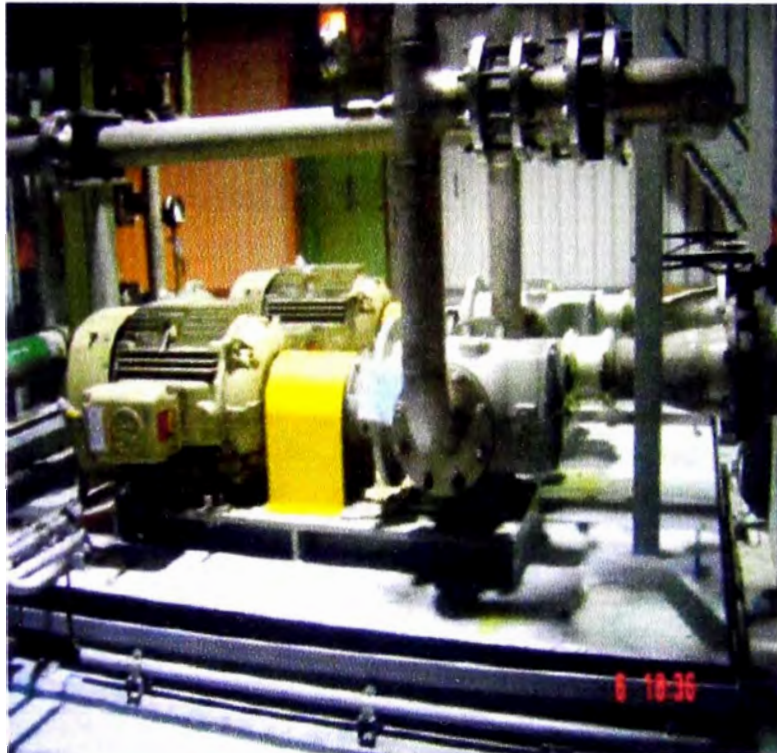


RESERVORIO

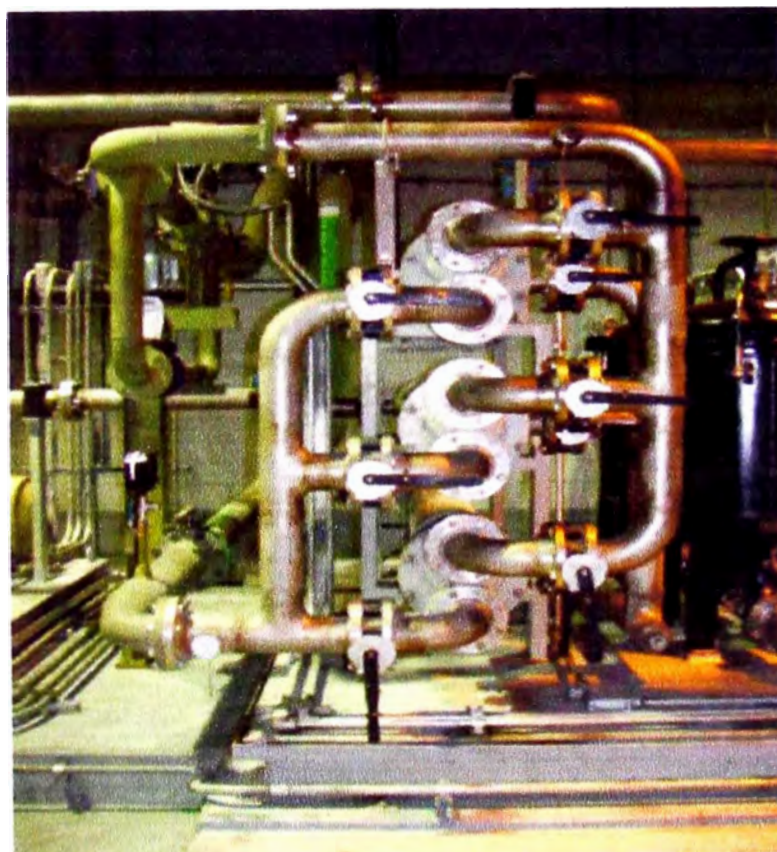


SENSORES DE TEMPERATURA DEL DEPOSITO

## 2. Circuito De Acondicionamiento De Baja Presión



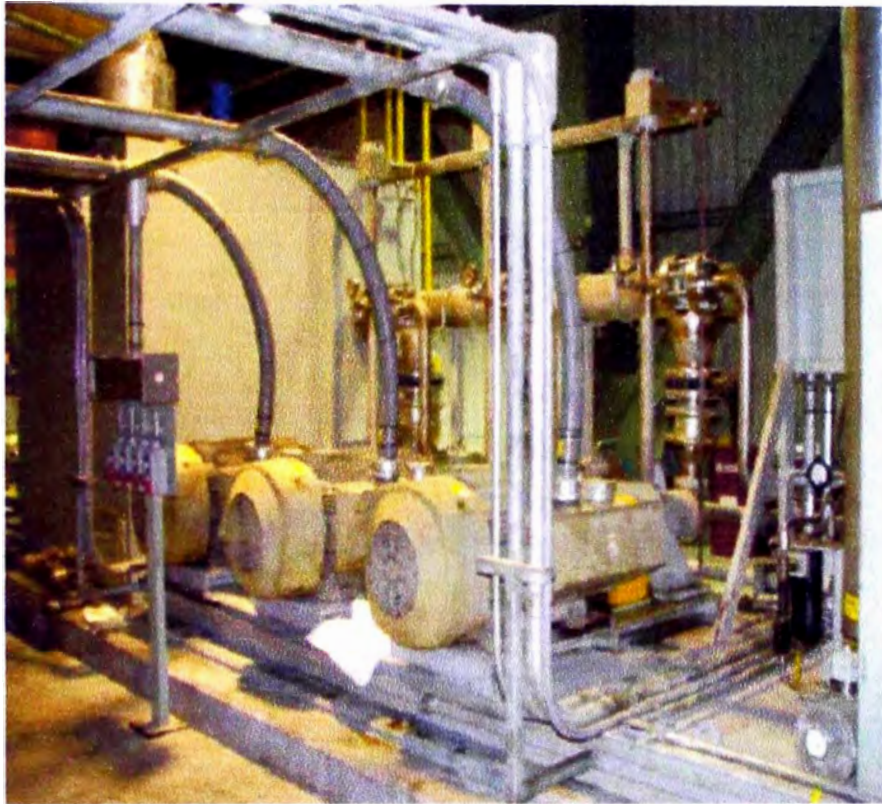
**BOMBAS DE BAJA PRESION**



**INTERCAMBIADOR DE CALOR Y FILTROS**



### 3. Circuito De Lubricación De Alta Presión



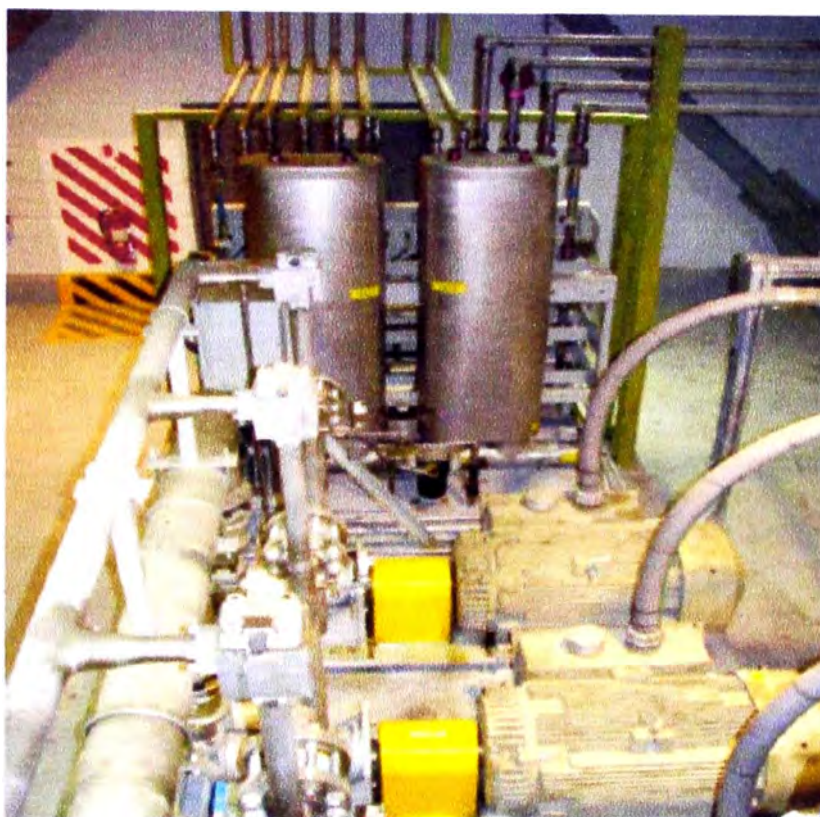
**BOMBAS DE ALTA PRESION**



**TUBERIAS. VALVULAS DE ALIVIO Y BOMBA DE CARGA**

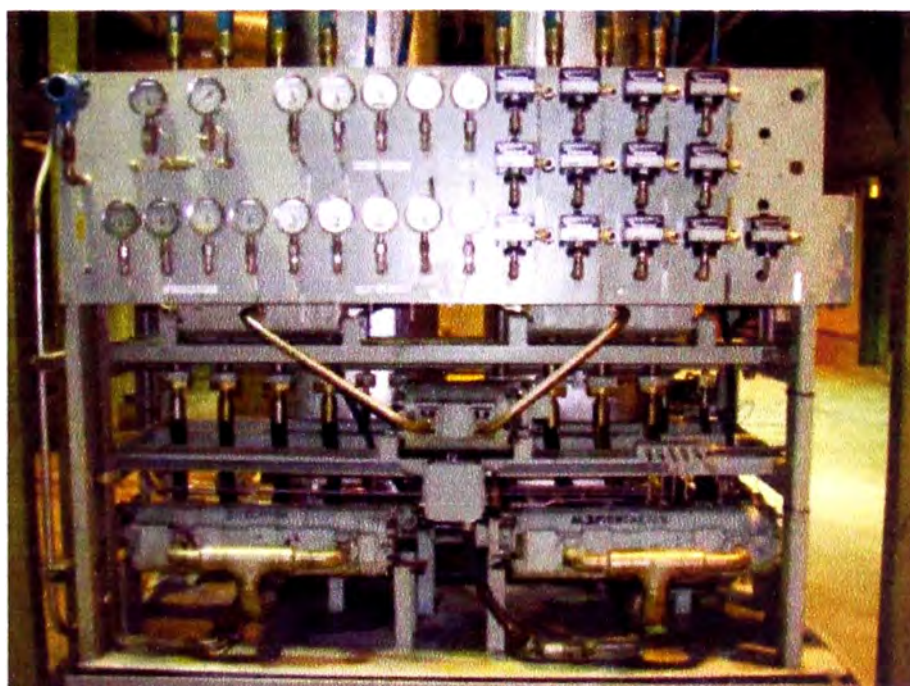


#### 4. Circuito de Acumuladores



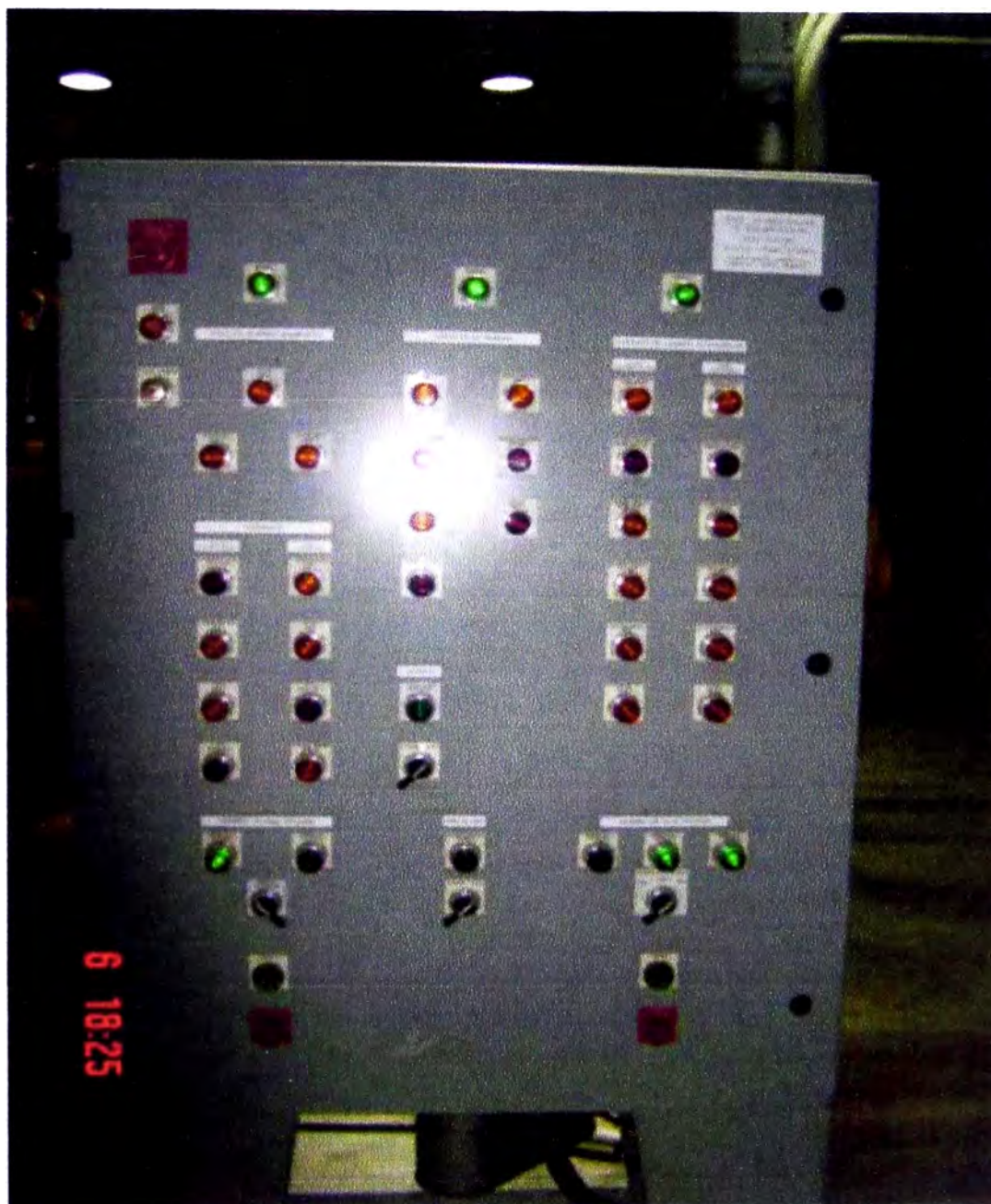
**CUATRO ACUMULADORES**

#### 5. Distribuidores y manómetros



**RACK DE MANOMETROS Y INTERRUPTORES DE PRESION**

## 6. Panel de control local



PANEL LOCAL



**ANEXO G**

**Historia de Fallas del Sistema de Lubricación**

## **SISTEMA DE LUBRICACION DEL MOLINO SAG**

### **PROBLEMAS EN EL SISTEMA**

#### **22/05/01 WO 923180 MEC**

Remplazo de 4 cojinetes (Bearing Pads) en el soporte (Trunnion) de descarga, también se cambiaron los filtros y los sellos de soporte (Trunnion).

#### **16/07/01 WO 994463 MEC**

Se cambiaron las 8 bases y los 8 cojinetes (Bearing Pads) del Molino SAG, se cambiaron 2 spherical washer del los Pad 2 y 4 de la alimentación.

#### **02/09/01 WO 1097300 MEC**

Del 29 al 30 de Agosto se cambiaron los bronces del lado de descarga del Molino SAG, con el nuevo diseño.

#### **26/11/01 WO 1157587 MEC**

Se cambiaron los 4 PADS de la alimentación con el nuevo diseño, el trabajo duro aproximadamente 47 horas y se inicio el día 25/Nov/01.

#### **22/03/02 WO 1500787 ELE**

Paro por 2 veces el SAG por oil pressure low- low, PALL-1635.

Se revisó el sistema de switches de presión de los acumuladores y se corrigió ajustes del 310-PSII-1635.

#### **21/04/02 WO 1552894 INS**

Se revisó las válvulas y medidores de flujo de agua a los molinos, se encontró que las válvulas no están cerrando bien, porque tenemos un flujo de agua hasta de 13m<sup>3</sup>, lo cual indica que la turbulencia esta dañando estos equipos.

**30/06/02 WO 1661812 MEC**

Cambio de aceite debido a que los aditivos de calcio están en el límite inferior 0,009, Tendencia decreciente de la viscosidad, el 11/Jul/02, se cambia aceite al Molino SAG DTE AA, 3107 Gls (US)

**22/07/02 WO 1728520 INS**

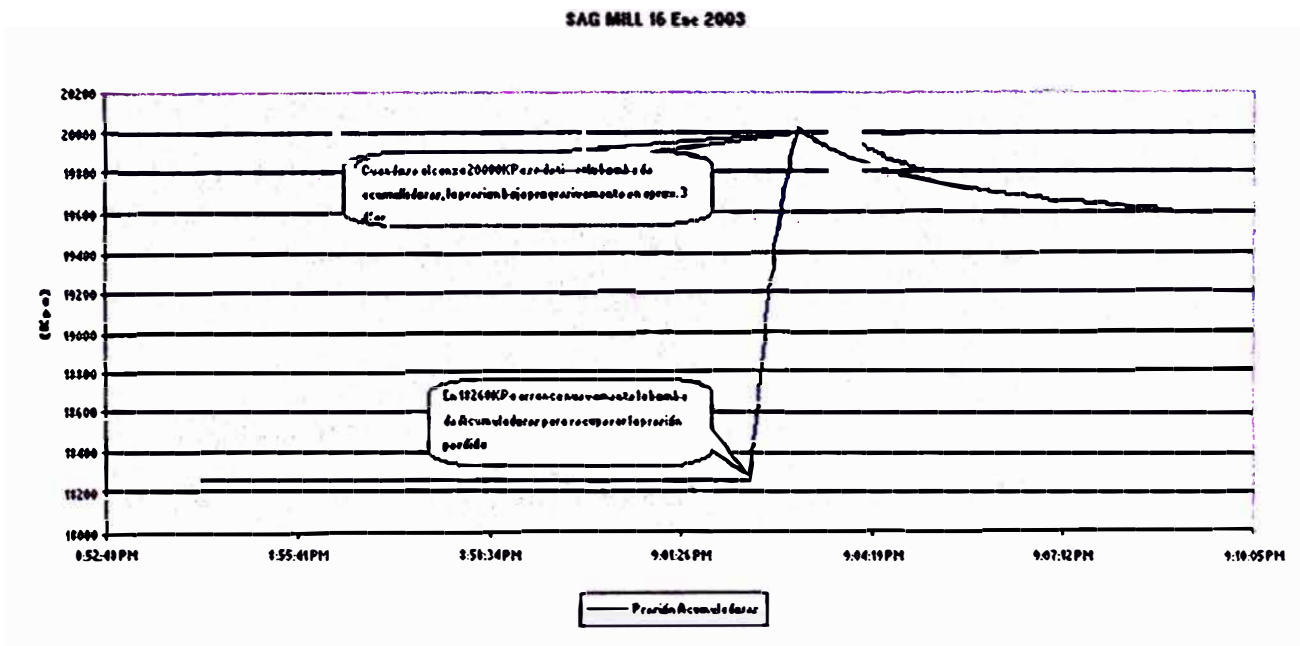
Se hizo mantenimiento y se probó la linealidad de la válvula Elomatic de agua de enfriamiento de aceite en el sistema de lubricación del molino SAG. Se observa que la válvula trabaja fuera del rango de 4–20 mA. Se tiene que la válvula cierra al 100% con 5mA. La apertura total se cumple con 20mA., Se observa además inestabilidad en la válvula en el rango de 7mA a 14mA

**16/01/03 WO 2114440 ELE**

Se observa una alarma en la presión hidráulica del filtro diferencial del acumulador del SAG. Estas alarmas de Low y High, se están dando en forma periódica después de cinco o cuatro días cayendo la presión desde unos 19 500 a 18500KPa, aprox. La falla estaría debiéndose a alguna fuga existente en el circuito hidráulico.

Se adjunta la tendencia de perdida de presión en los acumuladores del SAG, y la reposición de esta por la bomba PPZ 006, también se puede observar el listado de alarmas por baja presión del mes de Enero, se puede observar que las alarmas aparecen aproximadamente cada 3 o 4 días.

Ver WO-2115629



**19/01/03 WO 2116197 INS**

Se realizó el cambio del switch de presión diferencial 310-PDSH-1602B, debido a que, se encontraba flojo y dando falsas señales.

**28/01/03 WO 2120196 INS**

Mantenimiento y prueba de funcionamiento de los flow switch de agua de enfriamiento 310-FISL-1782/1792, los cuales accionan en 280 LPM y se restablecen en 350LPM.

**15/03/03 WO 1989826 PDM**

El 05/Feb/03, se filtró el aceite del tanque principal del molino SAG por presentar agua en la base de la misma, 50%, 4hrs-h.

**15/04/03 WO 2320841 INS**

El 16/Abr/03, se cambió el switch de presión diferencial 310-PDSH-1602A

**16/04/03 WO 2322783 INS (Anul)**

Revisar el transmisor de presión diferencial del filtro 310-PVA-1602A, trunnion de alimentación lado derecho.

**18/05/03 WO 2115629 MEC**

WO-2114440. Referidos a alarmas en las presiones de operación del sistema de acumuladores del SAG. Se inspeccionó el circuito hidráulico en su conjunto no encontrándose anomalía alguna; sin embargo durante la siguiente parada del molino se revisará el estado del filtro correspondiente.

**01/07/03 WO 2400876 MEC (Anul)**

Switches de flujometro de agua de enfriamiento, se tomo los settings de alarma y estos estan en 5x10/lit/minuto. En ambos flujometros, se observa que las válvulas de aislamiento de los flujometros ya no cierran completamente.

**06/08/03 WO 2431701 INS**

Se revisó el sensor de nivel del compartimiento de acondicionamiento, 310-LSL/LSLL-1588, al accionar el sensor, primero sale la alarma de low low y luego la de low. Además, en la sala de control sale esta alarma con el tag cambiado: LSL-1583.

Se intercambia los cables 39 y 45 en la caja 310MLS001-TB2. La identificación de los cables de esta bomera hasta el sensor no son correctos. En este estado se prueba con Control de Procesos y las alarmas funcionan correctamente, low y luego low low. Verificar la identificación desde la caja mencionada hasta el sensor.

**13/09/03 WO 2487705 INS**

El 3 de Setiembre, se realizó la inspección y PM de todos los switches de nivel.

Se adjunta esquema (Dibujo 2) con los resultados de las pruebas. Como PM se realizó:

Limpieza exterior de los switches y boyas, Ajuste de la unión entre el cable acerado de las boyas y el vástago de actuación de los switches, Ajuste de los empalmes de cables de las salidas de switches, Medición de las distancias de las boyas, Ajuste de los terminales en las bomeras de las cajas de paso.

**17/01/05 WO 3377145 INS**

Se realizo revisión de los Divisores de Flujo.

310-FY-1600 : Reten con fuga.

310-FY-1610 : Reten con fuga.

310-FY-1621 : OK.

310-FY-1601 : Reten con fuga.

310-FY-1602 : OK.

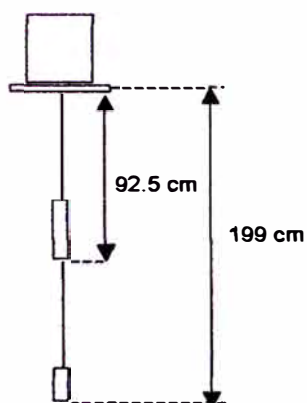
**05/02/05 WO 3452125 INS**

El 3 de Febrero del 2005, se realiza el cambio de la tarjeta de control del actuador ELOMATIC, teniendo problemas en la calibración del actuador.

El 05/Feb/05 se realizó: Verificación del mecanismo reductor, cumple toda su carrera sin esfuerzos, Prueba con 4-20 mA, actuador está descalibrado y entra en

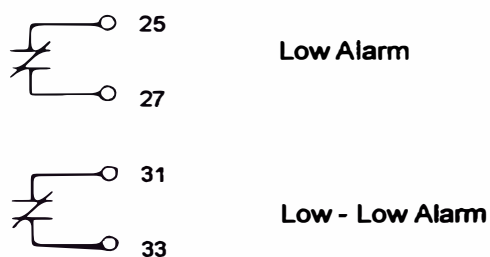
oscilación, Se reemplazó el potenciómetro de retroalimentación de posición, Se recalibró el actuador con el potenciómetro nuevo, Se probó varias veces la carrera con el simulador de corriente.

### SAG Mill



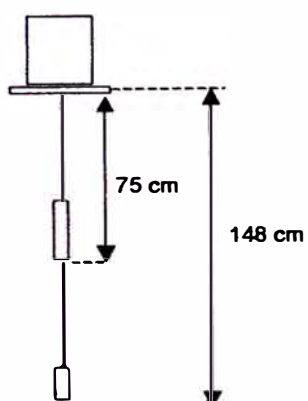
### Return Level Switch LS - 1588

\* En PLC figura como LS - 1588 per debe ser LS - 1583 !!



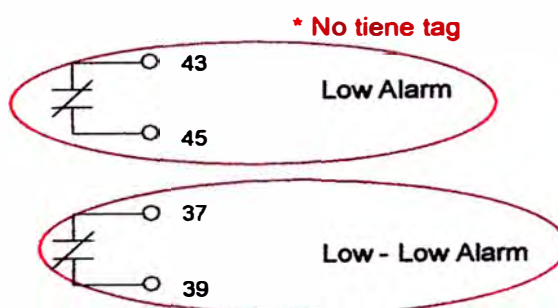
**Instalación no coincide con plano**

### SAG Mill



### Conditioning Level Switch LS - 1583

\* En PLC figura como LS - 1583 pero debe ser LS - 1588 !!



**Instalación no coincide con plano**



**ANEXO H****Cronograma de Ejecución del Análisis RCM**

### Cronograma del Análisis del Sistema de Lubricación del Molino SAG, utilizando RCM2

		Marzo																														
		M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Item	Descripción																															
	<b>Facilitadores</b>			A	A	A	A	A	A	A	A				R	R	R	R	R													
2	LM	ET	T	T	T	T	T	T	T	T	T/S				ET	T	T	T	T/S			ET	T	T/S					ET	T	T	T
3	OB	ET	T	T	T	T	T	T	T	T	T/S				ET	T	T	T	T/S			ET	T	T/S					ET	T	T	T
4	JM	ET	T	T	T	T	T	T	T	T	T/S				ET	T	T	T	T/S			V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
	<b>Analistas</b>																															
2	JL (Mec)		ET	T	T	T	T	T	T	T	T	T/S						ET	T	T	T	T/S										
3	MV (Ele)		ET	T	T	T	T	T	T	T	T	T/S													ET	T	T	T	T	T	T	
4	RC (Ins)		ET	T	T	T	T	T	T	T	T	T/S												ET	T	T	T	T	T	T	T	
5	CC (Sup Ope)		ET	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T/S										ET	T	T	T	T	T	T	T	
6	HP (Sup Man)		ET	T	T	T	T	T	T	T	T	T/S				ET	T	T	T	T	T	T	T/S							ET	T	
1	Parada de Planta							P																								
2	Dias festivos																								F	F						
3	Entrenamiento		E																													

- T Trabajo
- ET Entrada/Trabajo
- T/S Trabajo/Salida
- V Vacaciones
- A Analisis

## **ANEXO I**

### **Hojas de Información del Análisis**

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complied by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	1
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	A	1	
1	A	2	
1	A	3	
1	A	4	

**FUNCTION**  
1 Levantar los trunnions del lado F.E. y D.E., bajo las condiciones siguientes:  
Presión mínima de 3600 Kpa y máxima de 6500 Kpa. Lubricar los bearings pads del lado F.E & D.E. y los thrust rail del F.E., bajo las condiciones siguientes: Temperatura del aceite entre 34°C a 48° C en el reservorio y una temperatura máxima 55°C en el trunnion, contenido de partículas en el aceite menores a 60 micras, flujo mínimo en cada divisor de flujo principal (pads y thrust rail) de 353.6LPM y en cada divisor de flujo hacia los thrust rail de 32.3 LPM. Además Permitir la operación del Molino SAG

**FUNCTIONAL FAILURE**  
A No levanta los trunnions del F. E. y D.E.  
A  
A  
A

**FAILURE MODE (Cause of failure)**  
1 Bombas de alta presión no operan por falta de energía eléctrica  
2 Válvulas de aislamiento de las bombas de altas cerradas por operaciones y/o mantenimiento  
3 Fuga de aceite por las bridas de succión y empalmes de válvulas en la tubería manifold de alimentación de aceite a las bombas de alta debido a desgaste de sellos  
4 Fuga de aceite por bridas de succión y empalmes de válvulas en la tubería manifold de alimentación de aceite a las bombas de alta y/o baja presión debido a mal ajuste

**FAILURE EFFECT (What happens when it fails)**  
Se activa la descarga de los acumuladores, se detiene el molino SAG, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, se activan las alarmas el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación, se espera la reposición de la energía para habilitar y arrancar el sistema  
Se activa la alarma de bajo flujo (sensores ubicados en los Pads y thrust rail), se activa la alarma de baja presión (sensores ubicados en los Pads) activando la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación, las bombas de lubricación continúan trabajando hasta que el operador lo detenga, puede existir daño en las bombas, se normaliza el sistema y se vuelve a arrancar el sistema  
El nivel del tanque disminuye, luego se activa el sensor de bajo nivel en el tanque de acondicionamiento (LSLL-1588) o en el tanque de retorno (LSLL-1583), la alarma LSLL-1588 detiene las bombas de alta presión, la alarma LSLL-1583 detiene las bombas de baja y luego las de alta, se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación  
El nivel del tanque disminuye, luego se activa el sensor de bajo nivel en el tanque de acondicionamiento (LSLL-1588) o en el tanque de retorno (LSLL-1583), la alarma LSLL-1588 detiene las bombas de alta presión, la alarma LSLL-1583 detiene las bombas de baja y luego las de alta, se activa la descarga de los acumuladores, se detiene el molino, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complied by	JM, LM, JG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	2
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	A	5 Fuga de aceite por las tuberías y bridas de alimentación y retorno fuera de la sala de lubricación, debido a corrosión, daños por agentes externos	El nivel del tanque disminuye, luego se activa el sensor de bajo nivel en el tanque de acondicionamiento (LSLL-1588) o en el tanque de retorno (LSLL-1583), la alarma LSLL-1588 detiene las bombas de alta presión, la alarma LSLL-1583 detiene las bombas de baja y luego las de alta, se activa la descarga de los acumuladores, se detiene el molino, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación
1	A	6 Fuga de aceite por rotura de tubería manifold de alimentación de aceite debido a cambio de motores y bombas	El nivel del tanque disminuye, luego se activa el sensor de bajo nivel en el tanque de acondicionamiento (LSLL-1588) o en el tanque de retorno (LSLL-1583), la alarma LSLL-1588 detiene las bombas de alta presión, la alarma LSLL-1583 detiene las bombas de baja y luego las de alta, se activa la descarga de los acumuladores, se detiene el molino, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación
1	A	7 Fuga de aceite por rotura de tubería de succión en la bomba de baja presión debido a caídas de cilindros de aceites durante el cambio	El nivel del tanque disminuye, luego se activa el sensor de bajo nivel en el tanque de acondicionamiento (LSLL-1588) o en el tanque de retorno (LSLL-1583), la alarma LSLL-1588 detiene las bombas de alta presión, la alarma LSLL-1583 detiene las bombas de baja y luego las de alta, se activa la descarga de los acumuladores, se detiene el molino, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación, es posible que disminuya el flujo en el circuito de acondicionamiento activandose la alarma FAL 1592 y deteniendo el Molino SAG

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	3
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	A	8 Obstrucción de las tuberías manifold de alimentación de aceite a las bombas de baja por caída de objetos dentro del tanque de retorno, por mala práctica de recarga de aceite	Se activa la alarma por bajo flujo FAL-1592 y se activa la descarga de los acumuladores, se detiene el molino SAG, es posible que se incremente la temperatura en el tanque de acondicionamiento porque el aceite ya no esta circulando por el circuito de acondicionamiento, activando la alarma TSH 1586, es posible que ocurra rebose del tanque de retorno hacia el de acondicionamiento o actue el switch de bajo nivel del tanque de acondicionamiento, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación, el nivel de aceite baja dentro del tanque de acondicionamiento, el operador detiene las bombas para retirar la calda de objeto, el retiro de objeto tomara 8 horas, además se debe tener en cuenta que el tornillo de las bombas pueden amarrarse si es que no se tiene aceite en la cámara de compresion por mas 5 min, operando las protecciones del motor y deteniendolo
1	A	9 Obstrucción de las tuberías de succión de alimentación de aceite a las bombas de baja por desprendimiento de la malla (#14) en el tanque de retorno	Se activa la alarma por bajo flujo FAL-1592 y se activa la descarga de los acumuladores, se detiene el molino SAG, se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos, se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación, el nivel de aceite baja dentro del tanque de acondicionamiento. Es posible que ocurra rebose del tanque de retorno hacia el de acondicionamiento o actue el switch de bajo nivel del tanque de acondicionamiento. El operador detiene las bombas para retirar la calda de objeto. El retiro de objeto tomará 8 horas. Además, se debe tener en cuenta que el tornillo de las bombas pueden amarrarse si es que no se tiene aceite en la cámara de compresión, operando las proteccion del motor y deteniéndolo
1	A	10 Fuga de aceite por fallas en el sistema auxiliar de regeneración de aceite (Smart Vac)	El nivel del tanque disminuye, luego se activa el sensor de bajo nivel en el tanque de acondicionamiento (LSLL-1588) o en el tanque de retorno (LSLL-1583), la alarma LSLL-1588 detiene las bombas de alta presión, la alarma LSLL-1583 detiene las bombas de baja y luego las de alta. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación



RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	4
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	A	11 Fugas de aceite por daño estructural en el tanque al taparse totalmente el veteo (respiradero)	El nivel del tanque disminuye, luego se activa el sensor de bajo nivel en el tanque de acondicionamiento (LSLL-1588) o en el tanque de retorno (LSLL-1583). La alarma LSLL-1588 detiene las bombas de alta presión. La alarma LSLL-1583 detiene las bombas de baja y luego las de alta. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación.
1	A	12 Fuga de aceite por rotura de los visores en el tanque	El nivel del tanque disminuye, luego se activa el sensor de bajo nivel en el tanque de acondicionamiento (LSLL-1588) o en el tanque de retorno (LSLL-1583). La alarma LSLL-1588 detiene las bombas de alta presión. La alarma LSLL-1583 detiene las bombas de baja y luego las de alta. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación.
1	A	13 Fuga de aceite por las válvulas de muestreo del tanque debido a manipulación	El nivel del tanque disminuye, luego se activa el sensor de bajo nivel en el tanque de acondicionamiento (LSLL-1588) o en el tanque de retorno (LSLL-1583). La alarma LSLL-1588 detiene las bombas de alta presión. La alarma LSLL-1583 detiene las bombas de baja y luego las de alta. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación.
1	A	14 Apertura del circuito de control de los switches de nivel (LSLL-1583 y LSLL-1588) por mal conexionado en las borneras y puntos de conexiones	Detiene las bombas de alta y/o baja presión. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y normalización del circuito de control puede tomar 1 hora

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET  
© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	5
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref. de lubricacion		Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	A	15 Falla en la energía de control de 110VAC	Detiene las bombas de alta y baja presión, bomba de acumuladores. Se activa la descarga de los acumuladores y detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y normalización del circuito de control puede tomar 2 horas
1	A	16 Falla en la energía de control de 24VDC	Detiene las bombas de alta y baja presión, bomba de acumuladores. Se activa la descarga de los acumuladores y detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y normalización del circuito de control puede tomar 2 horas
1	A	17 Falla de las tarjetas de entrada y/o salidas de los PLCs	Detiene las bombas de alta y baja presión, bomba de acumuladores. Se activa la descarga de los acumuladores y detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y normalización del circuito de control puede tomar 2 horas
1	A	18 Apertura del circuito de control de los switches de temperatura (TSHH - 1586) por mal conexionado en las borneras y puntos de conexiones	Detiene las bombas de alta y/o baja presión, desactiva los heaters. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y normalización del circuito de control puede tomar 1 hora
1	A	19 Descalibración del switch de temperatura (TSHH-1586) por exceso de cables en el interior del instrumento	Detiene las bombas de alta y/o baja presión, desactiva los heaters. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y normalización del circuito de control puede tomar 1 hora

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	6
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	A	20 Falla del actuador de la válvula de control (TCV-1591) por falla de la tarjeta electrónica de control o falla en el sistema de transmisión del actuador de la válvula	Incremento de temperatura del aceite en el tanque de acondicionamiento, se activa el switch de temperatura TSHH-1586, o disminución de temperatura del aceite en el tanque de acondicionamiento, se activa el switch de temperatura TSL-1584, detiene las bombas de alta y baja presión, desactiva los heaters. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y normalización del circuito de control puede tomar 4 horas
1	A	21 Falla del actuador de la válvula de control (TCV-1591) por mala selección	Incremento de temperatura del aceite en el tanque de acondicionamiento, se activa el switch de temperatura TSHH-1586, o disminución de temperatura del aceite en el tanque de acondicionamiento, se activa el switch de temperatura TSL-1584, detiene las bombas de alta y baja presión, desactiva los heaters. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y normalización del circuito de control puede tomar 4 horas
1	A	22 Falla en el intercambiador por acumulación de sarro en el interior del intercambiador por mala calidad del agua	Bajo flujo de agua de enfriamiento y pérdida de eficiencia de intercambiador lo cual origina el incremento de temperatura de aceite en el tanque de acondicionamiento, se activa el switch de temperatura TSHH-1586, detiene las bombas de alta y baja presión, desactiva los heaters. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y normalización del circuito de control puede tomar 4 horas

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	7
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	A	23 Falta de agua en el circuito de refrigeración del sistema de acondicionamiento de aceite por problemas de sistema de bombeo del cooling tower	Incremento de temperatura del aceite en el tanque de acondicionamiento, se activa el switch de temperatura TSHH-1586, detiene las bombas de alta y baja presión, desactiva los heaters. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y normalización del circuito de control puede tomar 4 hora.
1	A	24 Válvulas de aislamiento del agua de enfriamiento cerradas o válvula de by pass abierto por operadores y/o mantenedores	Las válvulas de aislamiento del agua de enfriamiento cerradas incrementa la temperatura del aceite en el circuito de acondicionamiento y detiene el Molino Sag por la alarmar TAHH 1593. Las válvulas de aislamiento del agua de enfriamiento cerradas incrementa la temperatura del aceite en el tanque de acondicionamiento y se activa el switch de temperatura TSHH-1586, detiene las bombas de alta y baja presión, desactivando los heaters. Además Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. La válvula de by pass abierto, disminuye la temperatura en el tanque de retorno activando el switch TSL 1584, para las bombas de baja presión, por enclavamiento detiene las bombas de alta presión, activa los heaters del tanque de aceite. En ambos casos activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y normalización del circuito de control puede tomar 30 minutos
1	A	25 Descalibración del switch de temperatura (TSL-1584) por exceso de cables en el interior del instrumento, al realizar trabajos en la caja de conexiones:	Detiene las bombas de baja presión por enclavamiento detiene las bombas de alta presión, activa los heaters. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y normalización del circuito de control puede tomar 3 horas

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	8
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	A	26 Bomba de baja presión no operan por falla en el motor por desgaste de rodamientos	Por enclavamiento paran las bombas de alta presión, se activ la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se espera la reposición de la energía para habilitar y arrancar el sistema. El diagnóstico y normalización de la energía depende del suministro de energía
1	A	27 Bomba de baja presión no operan por falla en el motor por falla en rodamientos por falta de grasa	Por enclavamiento paran las bombas de alla presión, se activ la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se espera la reposición de la energía para habilitar y arrancar el sistema. El diagnóstico y normalización de la energía depende del suministro de energía
1	A	28 Bomba de baja presión no operan por falla en el aislamiento	Por enclavamiento paran las bombas de alta presión, se activ la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se espera la reposición de la energía para habilitar y arrancar el sistema. El diagnostico y normalizacion de la energía depende del suministro de energía
1	A	29 Falla del sistema contraincendio de la sala de lubricación, por rotura de sprinklers o falla en el switch de flujo	Detiene todo el sistema de lubricación (bombas de alta y baja presión, heaters, bombas de acumuladores) descarga los acumuladores y apaga al Molino Sag
1	A	30 Activación involuntaria de los push button de parada de emergencia (ubicada en el panel local de operacion, E-House, MLCB)	Detiene todo el sistema de lubricación (bombas de alta y baja presión, heaters, bombas de acumuladores) descarga los acumuladores y apaga al Molino Sag



RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	9
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion.	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	A	31 Activacion involuntaria del push button de parada de la bomba de baja presión en operacion (ubicada en la botonera local de cada bomba)	Se detiene la bomba de baja presión y por enclavamiento paran las bombas de alta presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se espera la reposición de la energía para habilitar y arrancar el sistema
1	A	32 Fuga de aceite por falla en uniones bridadas, reducciones y tuberías externas por vibración	Si la fuga no es considerable, se originará una disminución de nivel del tanque y se activará el switch de bajo nivel LSLL-1588 y/o 1588. Para las bombas de alta y/o baja, activa el circuito de acumuladores y para el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y la reparación durara 4 horas
1	A	33 Sistema de lubricación detenido por pérdida de nivel de los tanques debido a la fuga de aceite por la apertura de la válvula manual de drenaje #79 del manifold del sistema de acumuladores por manipulación de mantenedores	El nivel del tanque disminuye, luego se activa el sensor de bajo nivel en el tanque de acondicionamiento (LSLL-1588) o en el tanque de retorno (LSLL-1583). La alarma LSLL-1588 detiene las bombas de alta presión. La alarma LSLL-1583 detiene las bombas de baja y luego las de alta. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. La reposición del nivel de aceite 4 horas
1	A	34 Apertura del circuito de control de los switches de temperatura (TSL -1584) por mal conexionado en las borneras y puntos de conexiones	Detiene las bombas de baja presión por enclavamiento detiene las bombas de alta presión, activa los heaters. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y normalización del circuito de control puede tomar 3 horas
1	A	35 Falla del PLC, ubicado en el sistema de control de auxiliares del molino SAG, en el E-House	Detiene la operacion del sistema lubricación y el molino SAG
1	A	36 Falla del PSR, ubicado en el sistema de control del molino SAG, en el E-House	Detiene la operacion del sistema lubricación y el molino SAG



RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	10
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	B No levanta los trunnions del F. E.	1 Falla del motor de las bombas de alta presión 3A o 4A debido a desgaste de rodamientos	Se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby, se normaliza el sistema y puede tomar hasta 0.5 horas
1	B	2 Falla del motor de las bombas de alta presión 3A o 4A debido a falla de rodamientos por falta de grasa	Se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby, se normaliza el sistema y puede tomar hasta 0.5 horas
1	B	3 Falla del motor de las bombas de alta presión 3A o 4A debido a perdida de aislamiento	Se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby, se normaliza el sistema y puede tomar hasta 0.5 horas
1	B	4 Falla de las bombas de alta presión 3 o 4, por falla del acoplamiento debido a fatiga de material por falla del resorte	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa el switch de bajo flujo y presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 0.5 horas
1	B	5 Falla de las bombas de alta presión 3 o 4, por falla del acoplamiento debido a fatiga de material por falta de engrase	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa el switch de bajo flujo y presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 0.5 horas

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complied by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	11
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it falls)
1	B	6 Falla de las bombas de alta presión 3 o 4, por sellos y rodamientos	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa el switch de bajo flujo y presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DC y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 0.5 horas
1	B	7 Falla de las bombas de alta presión 3 o 4, por tornillo desgastado	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa el switch de bajo flujo y presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DC y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 0.5 horas
1	B	8 Falla de la válvula relief PSV 1596 A/B, ubicada en la salida de las bombas de alta presión, no operar por debajo de 10340 kpa	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa la alarma de bajo flujo y presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DC y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 0.5 horas
1	B	9 Falla de divisor de flujo principal (pads y thrust rail) por desgaste de rodamientos y sellos	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa la alarma de bajo flujo y presión, afecta la lectura de medición de flujo del FT-1600, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza la reparación en campo y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 4 ho
1	B	10 Falla de divisor de flujo principal (pads y thrust rail) por daño en el eje de transmisión por obstrucción de una línea de salida por filtro dañado	Perdida de flujo (flow divider) y presión (pads), se activa la alarma de bajo flujo y presión, afecta la lectura de medición de flujo del FT-1600, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza la reparación en campo y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 8 ho

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladen Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	12
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	B	11 Falla de divisor de flujo principal (pads y thrust rail) por defectos en la reparación (overhaul), por existencia de partículas extrañas	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa la alarma de bajo flujo y presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio del flow divider y se normaliza el sistema puede tomar hasta 8 horas
1	B	12 Falla de divisor de flujo principal (pads y thrust rail) por desgaste de componentes internos	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa la alarma de bajo flujo y presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio del flow divider y se normaliza el sistema puede tomar hasta 8 horas
1	B	13 Filtro de aceite de alta presión totalmente saturado por contaminación del aceite debido al ingreso de agua y/o concentrado por los sellos del trunnion	Se activa el switch de presión diferencial PDSH-1604A/B/C/D, Baja el flujo (flow divider), se activa la alarma de bajo flujo. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio de filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora
1	B	14 Filtro de aceite de alta presión totalmente saturado por contaminación del aceite debido al ingreso de agua y/o concentrado por las tapas de inspeccion de los Pads	Se activa el switch de presión diferencial PDSH-1604A/B/C/D, Baja el flujo (flow divider), se activa la alarma de bajo flujo. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio de filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora
1	B	15 Filtro de aceite de alta presión totalmente saturado por contaminación del aceite debido al ingreso de agua y/o concentrado por las tapas de inspeccion al trunnion	Se activa el switch de presión diferencial PDSH-1604A/B/C/D, Baja el flujo (flow divider), se activa la alarma de bajo flujo. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio de filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	13
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricación	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	B	16 Filtro de aceite de alta presión totalmente saturado por mala calidad y/o selección	Se activa el switch de presión diferencial PDSH-1604A/B/C/D. Baja el flujo (flow divider), se activa la alarma de bajo flujo. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio de filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora
1	B	17 Fuga de aceite por soltura de juntas en mangueras de alimentación a los pads, debido a las vibraciones	Puede caer la presión en los pads, se activa las alarmas de baja presión PALL-1604A/B/C/D, se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Dependiendo de la magnitud de la fuga puede incrementarse la temperatura en el trunnion, activandose las alarmas de alta temperatura. El diagnostico y reparacion puede tomar hasta 1 hora
1	C	No levanta los trunnions del D.E.	1 Falla del motor de las bombas de alta presión 4A o 5A, por desgaste de rodamientos
1	C	2 Falla del motor de las bombas de alta presión 4A o 5A, por desgaste de rodamientos por falta de grasa	Se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby, se normaliza el sistema y puede tomar hasta 0.5 horas
1	C	3 Falla del motor de las bombas de alta presión 4A o 5A, por pérdida de aislamiento	Se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby, se normaliza el sistema y puede tomar hasta 0.5 horas



RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	14
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricación	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	C	4 Falla de la bombas de alta presión 4 o 5, por falla del acoplamiento, debido a fatiga de material y falla del resorte	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa el switch de bajo flujo y presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (D y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 0.5 horas
1	C	5 Falla de la bombas de alta presión 4 o 5, por falla del acoplamiento, debido falta de engrase	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa el switch de bajo flujo y presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (D y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 0.5 horas
1	C	6 Falla de la bombas de alta presión 4 o 5, por desgaste de sellos y rodamientos	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa el switch de bajo flujo y presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (D y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 0.5 horas
1	C	7 Falla de la bombas de alta presión 4 o 5, por tornillo desgastado	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa el switch de bajo flujo y presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (D y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 0.5 horas
1	C	8 Falla de la válvula relief PSV 1596 B/C, ubicadas en la salida de las bombas de alta presión, operar por debajo de 10340 kpa	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa la alarm. de bajo flujo y presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (D y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el arranque de la bomba standby y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 0.5 horas

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	15
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricación	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	C	9 Falla de divisor de flujo principal (pads y thrust rail) por desgaste de rodamientos y sellos	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa la alarma de bajo flujo y presión, afecta la lectura de medición de flujo c FT-1610, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan la alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza la reparación en campo y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 4 ho
1	C	10 Falla de divisor de flujo principal (pads y thrust rail) por daño en e eje de transmisión por obstrucción de una línea de salida por filtro dañado	Perdida de flujo (flow divider) y presión (pads), se activa la alarma de bajo flujo y presión, afecta la lectura de medición d flujo del FT-1610, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan la alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza la reparación en campo y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 8 ho
1	C	11 Falla de divisor de flujo principal (pads y thrust rail) por defectos en la reparación (overhaul) y existencia de partículas extrañas	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa la alarma de bajo flujo y presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio del flow divider y se normaliza el sistema puede tomar hasta 8 horas
1	C	12 Falla de divisor de flujo principal (pads y thrust rail) por desgaste de componentes internos	Baja el flujo (flow divider) y presión (pads), se activa la alarma de bajo flujo y presión, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio del flow divider y se normaliza el sistema puede tomar hasta 8 horas
1	C	13 Filtro de aceite de alta presión totalmente saturado por contaminación del aceite debido al ingreso de agua y/o concentrado por los sellos del trunnion	Se activa el switch de presión diferencial PDSH-1614A/B/C/D, Baja el flujo (flow divider), se activa la alarma de bajo flujo. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan la alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio de filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora



RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complied by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	16
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	C	14 Filtro de aceite de alta presión saturado por contaminación del aceite debido al ingreso de agua y/o concentrado por las tapas de inspección de los Pads	Se activa el switch de presión diferencial PDSH-1614A/B/C/D. Baja el flujo (flow divider), se activa la alarma de bajo flujo. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio de filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora
1	C	15 Filtro de aceite de alta presión totalmente saturado por contaminación del aceite debido al ingreso de agua y/o concentrado por las tapas de inspección al trunnion	Se activa el switch de presión diferencial PDSH-1614A/B/C/D. Baja el flujo (flow divider), se activa la alarma de bajo flujo. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio de filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora
1	C	16 Filtro de aceite de alta presión totalmente saturado por mala calidad o selección	Se activa el switch de presión diferencial PDSH-1614A/B/C/D. Baja el flujo (flow divider), se activa la alarma de bajo flujo. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio de filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora
1	C	17 Fuga de aceite por soldadura de juntas en mangueras de alimentación a los pads, debido a las vibraciones	Puede caer la presión en los pads, se activa las alarmas de baja presión PALL-1614A/B/C/D, se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Dependiendo de la magnitud de la fuga puede incrementarse la temperatura en el trunnion, activandose las alarmas de alta temperatura. El diagnostico y reparacion puede tomar hasta 1 hora
1	D Levanta los trunnions del F.E. y D.E. a menos de 3,600 Kpa	1 Incremento de temperatura en el aceite debido a una falla en el sistema de enfriamiento	Disminuye la viscosidad, disminuye la presión, activa la alarma de baja presión PIT 1604, se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Dependiendo de la magnitud de la fuga puede incrementarse la temperatura en el trunnion, activandose las alarmas de alta temperatura. El diagnostico y reparacion puede tomar hasta 1 hora

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	17
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	E Levanta los trunnions del F.E. y D.E. a más de 6,500 Kpa	1 Sobrecarga de mineral en el molino	Se activa una alarma de alta presión PIT 1604, se activa el control de potencia maxima en el motor, no existen trips de parada del molinos.
1	E	2 Activación del sistema de acumuladores, en operación normal del molino	Se activa una alarma de alta presión PIT 1604
1	F Levanta los trunnions del F.E. a menos de 3,600 Kpa	1 Apertura parcial de la válvula relief PSV 1596 A/B, a la salida de las bombas de alta presión, ocasionando fugas de aceite	Se activa la alarma de baja presión PAL 1604.
1	F	2 Desgaste en el tornillo de la bomba de alta presión	Se activa la alarma de baja presión PAL 1604.
1	F	3 Descalibración de la válvula relief interna de la bomba de alta presión, que regula la presión de salida de la bomba	Se activa la alarma de baja presión PAL 1604.
1	F	4 Restricción del flujo de aceite por saturación de los filtros de alta presión	Se activa la alarma PDSH 1604 Se activa la alarma de baja presión PAL 1604.
1	G Levanta los trunnions del F.E. o D.E. a más de 6,500 Kpa	1 Válvulas de salida de bombas de alta presión 3 y 4 o 4 y 5, direccionadas solo para F.E. o D.E. debido a error del operador	Presencia de Vibraciones y ruidos extranos en las bombas de alta presión, se va a incrementar el flujo y la presión en uno de los lados del Molino, mientras que en el otro esta en cero. El molino no va arrancar por alarma de bajo flujo y presión.
1	H Levanta los trunnions del D.E. a menos de 3,600 Kpa	1 Apertura parcial de la válvula relief PSV 1596 A/B, a la salida de las bombas de alta presión, ocasionando fugas de aceite	Se activa la alarma de baja presión PAL 1604.
1	H	2 Desgaste en el tornillo de las bombas de alta presión	Se activa la alarma de baja presión PAL 1604.
1	H	3 descalibración de la válvula relief interna de la bomba de alta presión, que regula la presión de salida de la bomba	Se activa la alarma de baja presión PAL 1604.
1	H	4 Restricción de flujo por saturación de los filtros de alta presión	Se activa la alarma PDSH 1604 Se activa la alarma de baja presión PAL 1604.

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complied by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	18
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	I No lubrica el trunnion de F.E. y D.E.	1 Degradación del aceite por ingreso de agua y/o pulpa debido a sellado inadecuado de los sellos del trunnion	El aceite se degrada, baja la viscosidad, la película de lubricación se reduce, la temperatura aumenta en los bearing pads, activando las alarmas de temperatura. Se activa la alarma de presión diferencial PDSH-1604 por saturación de los filtros. Baja el flujo (flow divider), se activa el switch de bajo flujo, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El cambio de aceite puede tomar hasta 12 horas.
1	I	2 Degradación del aceite por alta temperatura permanente debido a las altas temperaturas que se generan en los bearing pads	El aceite se degrada, baja la viscosidad, la película de lubricación se reduce, la temperatura aumenta en los bearing pads, activando las alarmas de temperatura. Se activa la alarma de presión diferencial PDSH-1604 por saturación de los filtros. Baja el flujo (flow divider), se activa el switch de bajo flujo, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El cambio de aceite puede tomar hasta 12 horas.
1	J No lubrica el thrust rail derecho de F.E.	1 Falla de divisor de flujo del thrust rail derecho por desgaste de rodamientos y sellos	Baja el flujo (flow divider) se activa el switch de bajo flujo afectando la lectura de medición de flujo del FT-1601, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza la reparación en campo y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 4 horas
1	J	2 Filtro de aceite de alta presión saturado por contaminación del aceite debido al ingreso de agua y/o concentrado por los sellos del trunnion	Se activa la alarma de presión diferencial PDSH-1601A/B, Baja el flujo (flow divider), se activa el alarma de bajo flujo (FL-1601). Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio del filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	19
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricación	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	J	3 Filtro de aceite de alta presión saturado por contaminación del aceite debido al ingreso de agua y/o concentrado por las tapas de inspección al trunnion	Se activa la alarma de presión diferencial PDSH-1601A/B. Baja el flujo (flow divider), se activa el alarma de bajo flujo (FL-1601). Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio del filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora
1	J	4 Filtro de aceite de alta presión saturado por mala calidad o selección	Se activa la alarma de presión diferencial PDSH-1601A/B. Baja el flujo (flow divider), se activa el alarma de bajo flujo (FL-1601). Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio del filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora
1	J	5 Falla de divisor de flujo del thrust rail derecho por defectos en la reparación (overhaul) y existencia de partículas extrañas	Baja el flujo (flow divider) se activa el switch de bajo flujo afecta la lectura de medición de flujo del FT-1601, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza la reparación en campo y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 4 horas
1	K	No lubrica el thrust rail izquierdo de F.E.	1 Falla de divisor de flujo del thrust rail izquierdo por desgaste de rodamientos y sellos
1	K	2 Filtro de aceite de alta presión totalmente saturado por contaminación del aceite debido al ingreso de agua y/o concentrado por los sellos del trunnion	Se activa la alarma de presión diferencial PDSH-1602. Baja el flujo (flow divider), se activa el alarma de bajo flujo (FL-1602). Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio del filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora



RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Alsdon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complied by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	20
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	K	3 Filtro de aceite de alta presión saturado por contaminación del aceite debido al ingreso de agua y/o concentrado por las tapas de inspeccion al trunnion	Se activa la alarma de presión diferencial PDSH-1602A/B. Baja el flujo (flow divider), se activa el alarma de bajo flujo (FL-1602), Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio del filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora
1	K	4 Filtro de aceite de alta presión totalmente saturado por mala calidad o selección	Se activa la alarma de presión diferencial PDSH-1602A/B. Baja el flujo (flow divider), se activa el alarma de bajo flujo (FL-1602), Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio del filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora
1	K	5 Falla de divisor de flujo del thru: rail izquierdo por defectos en la reparación (overhaul), por existencia de partículas extrañas	Baja el flujo (flow divider), se activa el switch de bajo flujo, afecta la lectura de medición de flujo del FT-1602, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza la reparación en campo y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 4 horas
1	L Lubrica a menos de 34°C	1 Falla del switch TSL 1584, por descalibración	Va a permitir el arranque de baja y de alta presión, la presión del sistema se incrementa, pudiendo haber danos en magues por alta presión.
1	L	2 Falla del switch TSL 1584, por falla en el mecanismo interno.	Va a permitir el arranque de baja y de alta presión, la presión del sistema se incrementa, pudiendo haber danos en magues por alta presión.
1	M Lubrica a más de 48°C	1 Bajo flujo y/o temperatura alta de agua de refrigeración en el intercambiador de calor debido a suministro deficiente del cooling tower	Se activa la alarma de alta temperatura y la viscosidad del aceite baja.
1	N Lubrica el trunnion de F.E. a más de 55°C	1 Falla en el sistema de refrigeración	Se activa la alarma de alta temperatura y la viscosidad del aceite baja.

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	21
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricación	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	O Lubrica el trunnion de D.E. a más de 55°C	1 Falla en el sistema de refrigeración	Se activa la alarma de alta temperatura y la viscosidad del aceite baja.
1	P Lubrica el trunnion de F.E. y D.E. con un flujo menor de 353.6 LPM (pads y thrust rail)	1 Obstrucción parcial de la tubería manifold por material extraño	Se activa la alarma de bajo flujo (Pads y thrust rail).
1	P	2 Válvulas de aislamiento parcialmente cerradas de las bombas 3 o 4 y 4 o 5 por operaciones y/o mantenedores	Se activa la alarma de bajo flujo (Pads y thrust rail).
1	P	3 Filtros saturados parcialmente	Se activa la alarma de bajo flujo (Pads y thrust rail) y se activa la alarma de presión diferencial.
1	Q Lubrica el thrust rail derecho con un flujo menor de 32.3 LPM	1 Filtros saturados parcialmente	Se activa la alarma de bajo flujo (Pads y thrust rail) y se activa la alarma de presión diferencial.
1	Q	2 Desacople de mangueras de alimentación al thrust rail por vibraciones	Se incrementa la temperatura y se activa las alarmas TAH-1640 A/B
1	R Lubrica el thrust rail izquierdo con un flujo menor de 32.3 LPM	1 Filtros saturados parcialmente	Se activa la alarma de bajo flujo (Pads y thrust rail) y se activa la alarma de presión diferencial.
1	R	2 Desacople de mangueras de alimentación al thrust rail por vibraciones	Se incrementa la temperatura y se activa las alarmas TAH-1640 C/D
1	S No permite la operación del Molino	1 Falla de la señal del transmisor de flujo FT-1600/1601/1602/1610, ubicado en el flow divider (principales, thrust rail) por desajustes en el sensor inductivo, por efectos de vibración	Debido a error de medición, se activa el trip de flujo bajo (FAL 1600/1601/1602/1610) y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (D y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y la reparación puede durar 1 hora y se normaliza el sistema
1	S	2 Falla de la señal del transmisor de flujo FT-1600/1601/1602/1610, ubicado en el flow divider (principales, thrust rail) por fuga de aceite en el divisor de flujo	Debido a error de medición, se activa el trip de flujo bajo (FAL 1600/1601/1602/1610) y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (D y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y la reparación puede durar 1 hora y se normaliza el sistema



RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complred by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	22
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricación	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	S	3 Falla en la señal de presión, PIT. 1604A/B/C/D y 1614 A/B/C/D debido a cámara de presión diferencial dañada o el transmisor de presión envia señales fuera de rango	Debido a error de medicion, se activa el trip de baja presión (PALL-1604 A/B/C/D y 1614 A/B/C/D), se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durar 2 hora y se normaliza el sistema
1	S	4 Falla en la señal de presión, PIT. 1604 A/B/C/D y 1614 A/B/C/D, por válvula de aislamiento cerrada por operador o mantenedor	Debido a error de medicion, se activa el trip de baja presión (PALL-1604 A/B/C/D y 1614 A/B/C/D), se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durar 2 hora y se normaliza el sistema
1	S	5 Filtro de aceite de baja presión totalmente saturado por contaminación del aceite debido al ingreso de agua y/o concentrado por los sellos del trunnion	Se activan las alarmas de presión diferencial PDSH-1594A/B, se activa la alarma por bajo flujo FAL-1592. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se cambia de filtros por 0.5 horas.
1	S	6 Saturacion total de la malla del tanque por ingreso de concentrado por los sellos del trunnion	Contamina el aceite, se saturan aceleradamente de los filtros de baja presión, se activa la alarma de presión diferencial, se activa la alarma de bajo flujo (FAL-1592), se detiene el molino SAG, Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El cambio de aceite y la limpieza de la malla tomara aproximadamante 12 horas

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	23
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	S	7 Falla de la válvula relief PSV 1590 A/B, a la salida de las bombas de baja presión, al operar por debajo de 690 kpa	Se activa la alarma por bajo flujo FAL-1592 y se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Es posible que se incremente la temperatura en el tanque de acondicionamiento porque el aceite ya no esta circulando por el circuito de acondicionamiento, activando la alarma TSH 1586. Es posible que ocurra rebose del tanque de retorno hacia el de acondicionamiento o actue el switch de bajo nivel (LSLL-1588) del tanque de acondicionamiento. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El nivel de aceite baja dentro del tanque de acondicionamiento. El operador detiene las bombas para retirar la caída de objeto. El retiro de objeto tomara 8 horas. Además, se debe tener en cuenta que el tornillo de las bombas pueden amarrarse si es que no se tiene aceite en la camara de compresion por mas 5 min. operando las protecciones del motor y deteniendolo
1	S	8 Rotación invertida de los motores de las bombas de baja presión, luego de un cambio de motor	Se activa la alarma por bajo flujo FAL-1592 y no permite el arranque del molino SAG. Es posible que ocurra rebose del tanque de retorno hacia el de acondicionamiento o actue el switch de bajo nivel del tanque de acondicionamiento. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El nivel de aceite baja dentro del tanque de acondicionamiento. El operador detiene las bombas para retirar la caída de objeto. El retiro de objeto tomara 8 horas. Además, se debe tener en cuenta que el tornillo de las bombas pueden amarrarse si es que no se tiene aceite en la camara de compresión. operando las protecciones del motor y deteniendolo.

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complied by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	24
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it falls)
1	S	9 Falla de las bombas de baja presión 1 o 2 por desgaste de sellos y rodamientos	Se activa la alarma por bajo flujo FAL-1592 y se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El nivel de aceite baja dentro del tanque de acondicionamiento. Es posible que ocurra rebose del tanque de retorno hacia el de acondicionamiento o actue el switch de bajo nivel del tanque de acondicionamiento. El operador detiene las bombas para retirar la caída de objeto. El retiro de objeto tomara 8 horas. Además, se debe tener en cuenta que tornillo de las bombas pueden amarrarse si es que no se tiene aceite en la cámara de compresión, operando las proteccion del motor y deteniendolo.
1	S	10 Falla de las bombas de baja presión 1 o 2 por tornillo desgastado	Se activa la alarma por bajo flujo FAL-1592 y se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El nivel de aceite baja dentro del tanque de acondicionamiento. Es posible que ocurra rebose del tanque de retorno hacia el de acondicionamiento o actue el switch de bajo nivel del tanque de acondicionamiento. El operador detiene las bombas para retirar la caída de objeto. El retiro de objeto tomara 8 horas. Además, se debe tener en cuenta que tornillo de las bombas pueden amarrarse si es que no se tiene aceite en la cámara de compresión, operando las proteccion del motor y deteniendolo.
1	S	11 Falla del sistema de levante y soporte de los pads de alimentación y descarga	Se incrementa la temperatura en los bearing, actua las alarmas de alta temperatura TAHH-1641A/B/C/D/E/F y TAHH-1650A/B/C/D/E/F, se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y reparacion tomara 1 semana

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	25
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion.	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	S	12 Filtro de aceite de alta presión totalmente saturado	Se activa la alarma de presión diferencial PDSH-1604. Baja el flujo (flow divider), se activa el switch de bajo flujo, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza el cambio del filtro y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 1 hora
1	S	13 Falla de divisor de flujo del trust rail derecho o izquierdo por desgaste de rodamientos y sello	Baja el flujo (flow divider) y presión (trust rail), se activa el switch de bajo flujo y presión, afecta la lectura de medición de flujo del FT-1601/1602, se activa la descarga de los acumuladores. Se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. Se realiza la reparación en campo y se normaliza el sistema, puede tomar hasta 4 horas
1	S	14 Falla del flow switch del thrust rail derecho o izquierdo al abrirse el contacto del microswitch, por falla del microswitch	Se activa el trip de bajo flujo FSL-1601A/B y/o FSL-1602A/B se detiene el molino SAG Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparación puede durar 2 horaS y se normaliza el sistema
1	S	15 Falla del flow switch del thrust rail derecho o izquierdo al descalibrarse.	Se activa el trip de bajo flujo FSL-1601A/B y/o FSL-1602A/B se detiene el molino SAG Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparación puede durar 2 horaS y se normaliza el sistema
1	S	16 Soltura de pernos del thrust rail derecho o izquierdo por vibraciones	Se activa la alarma de temperatura TAHH-1640A/B/C/D se detiene el molino SAG Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparación puede durar 6 horas y se normaliza el sistema

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	26
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion.	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	S	17 Daño en thrust rail por desplazamiento axial del molino	Se activa la alarma de temperatura TAHH-1640A/B/C/D se detiene el molino SAG Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durar 48 horas y se normaliza el sistema
1	S	18 Falla en los RTDs por apertura en circuito	Se activa la alarma de temperatura TAHH-1640A/B/C/D , TAHH-1641A/B/C/D/E/F, TAHH-1650 A/B/C/D/E/F se detiene el molino SAG Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durar 2 hora y se normaliza el sistema
1	S	19 Falla en la señal de temperatura TT-1593, ubicado en el intercambiador de calor, por apertura del circuito del RTD, por cortocircuito y por que el transmisor de temperatura envia señales fuera de rango	Para el Molino Sag por la alarma TAHH-1593. Hace operar a valvula TCV-1591 incorrectamente, ocasionando incremento de temperatura en el tanque de acondicionamiento lo cual activa el switch de temperatura TSHH-1586, o disminucion de temperatura del aceite en el tanque de acondicionamiento, se activa el switch de temperatura TSL-1584 , detiene las bombas de alta y baja presión, desactiva los heaters. Se activa la descarga de los acumuladores y se detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y normalizacion del circuito de control puede tomar 2 hora.
1	S	20 Fuga de aceite por rotura o desgaste en uniones bridadas, reducciones y tuberías por falla en cordones de soldadura. en el interior de la sala de lubricación	2)Si la fuga es considerable bajara la presión en el manifold y se activara el switch de presión PSL-1635. Para el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion durara 4 horas.
1	S	21 Falla en los termoswitches (TS-1632A/B) del Heat Tracing del acumulador, por descalibración	No mantiene la temperatura de aceite en el acumulador. Se activa el switch de baja temperatura TSL-1632. La alarma se muestra en los sistemas supervisores y no permite el arranque del molino. El diagnostico y reposición tomara 2 horas.



RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	27
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	S	22 Falla en la señal de presión, PIT-1632, por cámara de presión dañada (ubicado en el sistema de acumuladores)	1) Se detiene la bomba de carga de los acumuladores. Como la bomba esta detenida y si la presión disminuye el switch de presión PSSL-1635 para el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durar 2 horas y se normaliza el sistema.
1	S	23 Falla en la señal de presión, PIT-1632 por válvula de aislamiento cerrada por operadores y /o mantenedores (ubicado en el sistema de acumuladores)	1) Se detiene la bomba de carga de los acumuladores. Como la bomba esta detenida y si la presión disminuye el switch de presión PSSL-1635 para el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durar 2 horas y se normaliza el sistema.
1	S	24 Falla de Motor de la bomba del sistema de acumuladores por desgaste de rodamientos	Detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durar 6 hora y se normaliza el sistema
1	S	25 Falla de Motor de la bomba del sistema de acumuladores por desgaste de rodamientos por falta de grasa	Detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durar 6 hora y se normaliza el sistema
1	S	26 Falla de Motor de la bomba del sistema de acumuladores por falla de aislamiento.	Detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durar 6 hora y se normaliza el sistema
1	S	27 Falla en la válvula relief PSV-1630 debido a descalibración que ocasiona apertura de la válvula en un set menor de 17.570 KPA	No permite el arranque del molino SAG, se activa el switch PSSL 1635. El diagnostico y la reparacion puede durar 2 horas y se normaliza el sistema.
1	S	28 Falla de la bomba de carga de acumuladores por desgaste en los sellos y rodamientos	No permite la operación del molino SAG, se activa el switch PSSL 1635. El diagnostico y la reparacion puede durar 6 horas y se normaliza el sistema.



RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	28
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	S	29 Falla de la bomba de carga de acumuladores por rotura en el acoplamiento debido a fatiga de material por falla del resorte	No permite la operación del molino SAG, se activa el switch PSL 1635. El diagnostico y la reparacion puede durar 6 horas y se normaliza el sistema.
1	S	30 Falla de la bomba de carga de acumuladores por rotura en el acoplamiento debido a fatiga de material por falta de engrase	No permite la operación del molino SAG, se activa el switch PSL 1635. El diagnostico y la reparacion puede durar 6 horas y se normaliza el sistema.
1	S	31 Válvula de aislamiento (ubicado a la salida del tanque #65) de bomba de acumulador cerradas por operadores y/o mantenedores	No permite la operación del molino SAG, se activa el switch PSL 1635. El diagnostico y la reposición puede durar 1/2 hora y se normaliza el sistema.
1	S	32 Presión baja en los acumuladores por descarga continua, debido a falla en modo abierto en el bloque de la válvula SV-1637, por atoro con aceite con partículas en suspensión por válvula check abierta debido a falla en la válvula check	No permite el arranque del Molino. El diagnostico y la reposición del bloque de la válvula SV-1637 puede durar 4 horas y se normaliza el sistema.
1	S	33 Falla de Switch de Presión de Salida de los acumuladores PSL-1635 por descalibración debido al exceso de cables en el interior al realizar trabajos de rutina	Detiene el molino SAG, Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion demora 1 hora.
1	S	34 Falla de Switch de Presión de salida de los acumuladores PSL-163, por descalibración debido a vibración	Detiene el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion demora 1 hora.
1	S	35 Presión baja en los acumuladores por descarga continua debido a la apertura total de la válvula manual de by pass de drenaje hacia los pads #24 por manipulación de mantenedores y/o operadores	No permite el arranque del Molino. El diagnostico y la reposición de la válvula manual de by pass de drenaje hacia los pads n 24 dura 0.5 hora.

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	29
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	S	36 Falla por sobrecarga el motor de la bomba de los acumuladores por exceso de arranques por la calda rapida de presión por descarga continua por la apertura parcial de la válvula manual de by pass de drenaje hacia los pads n 24 por manipulación de mantenedores y/o operadores	Detiene la operación del Molino. El diagnostico y la reposición de la valvula manual de by pass de drenaje hacia los pads n 24 dura 0.5 hora.
1	S	37 Presión baja en los acumuladores por descarga continua por falla en modo abierto de la válvula relief interna en el bloque #83 de la válvula SV-1637	Detiene y no permite el arranque del Molino. El diagnostico y reposición del bloque n83 de la valvula SV-1637 puede durar horas y se normaliza el sistema.
1	S	38 Presión baja en los acumuladores por apertura de la válvula SV-1637 de descarga por falla en la solenoide del pilot	Detiene y no permite el arranque del Molino. El diagnostico y reposición del bloque n83 de la valvula SV-1637 puede durar horas y se normaliza el sistema.
1	S	39 Presión baja en los acumuladores por apertura de la válvula SV-1637 de descarga por falla en el rectificador	Detiene y no permite el arranque del Molino. El diagnostico y reposición del bloque n83 de la valvula SV-1637 puede durar horas y se normaliza el sistema.
1	S	40 Falla de heaters 310HXZ01/02/03/04 del tanque de aceite	Se activa el trip de baja temperatura a 32 C TSL-1584 y no permite el arranque del molino.
1	S	41 Falla en Switch de nivel LSL-1583 del compartimiento de retorno del tanque de aceite, por circuito abierto, debido a mal conexionado o ajustes	No permite el arranque del molino SAG, Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion demora 1 hora.
1	S	42 Falla en Switch de nivel LSL-1588, del compartimiento de acondicionamiento del tanque de aceite, por circuito abierto, debido a mal conexionado en las borneras y puntos de conexiones	No permite el arranque del molino SAG, Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion demora 1 hora.

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complied by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	30
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	S	43 Falla en el transmisor de flujo bajo FAL-1592, ubicado en el retorno del aceite del sistema de enfriamiento, debido a cámara de presión diferencial dañada	No permite el arranque del molino SAG. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion demora 1 hora.
1	S	44 Falla en el transmisor de flujo bajo FAL-1592, ubicado en el retorno del aceite del sistema de enfriamiento, el transmisor de presión envia presión fuera de rango	No permite el arranque del molino SAG. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion demora 1 hora.
1	S	45 Falla en el transmisor de temperatura TAH-1586 ubicado en el tanque de acondicionamiento, por circuito abierto del RTD, y el transmisor de temperatura envia temperatura fuera de rango	No permite el arranque de la bombas de alta presión, no permite el arranque el molino SAG, detiene el funcionamiento de los heaters del tanque de aceite HXZ 01, 02, 03, 04. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion demora 1 hora.
1	S	46 Falla de la señal de transmisor de flujo (FT-1600/1601/1602/1610), ubicado en el flow divider principal y en el trust rail por fuga de aceite en el divisor de flujo	Debido a error de medicion, se activa el trip de flujo bajo (FAL-1600/1601/1602/1610) y no permite el arranque del molino SAG. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durar 1 hora y se normaliza el sistema
1	S	47 Falla de la señal de transmisor de flujo (FAL-1600/1601/1602/1610), ubicado en el flow divider principal y en el trust rail por desajustes en el sensor inductivo, por efectos de vibración	Debido a error de medicion, se activa el trip de flujo bajo (FAL-1600/1601/1602/1610) y no permite el arranque del molino SAG. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durar 1 hora y se normaliza el sistema
1	S	48 Falla en la señal de presión PIT-1604A/B/C/D y 1614 A/B/C/D, ubicado en la descarga a los pads, debido a cámara de presión diferencial dañada	Debido a error de medicion, se activa el trip de baja presión (PAL-1604 A/B/C/D y 1614 A/B/C/D), no permite el arranque del molino SAG. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durar 1 hora se normaliza el sistema

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	31
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
1	S	49 Falla en la señal de presión PIT-1604A/B/C/D y 1614 A/B/C/D, ubicado en la descarga a los pads, el transmisor de presión envía señales fuera de rango	Debido a error de medición, se activa el trip de baja presión (PAL-1604 A/B/C/D y 1614 A/B/C/D), no permite el arranque del molino SAG. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y la reparación puede durar 1 hora se normaliza el sistema
1	S	50 Falla en la señal de presión PIT-1604A/B/C/D y 1614 A/B/C/D, ubicado en la descarga a los pads, por válvula de aislamiento cerrada, por error de mantenedores y/o operadores.	Debido a error de medición, se activa el trip de baja presión (PAL-1604 A/B/C/D y 1614 A/B/C/D), no permite el arranque del molino SAG. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y la reparación puede durar 1 hora y se normaliza al sistema
1	S	51 Descalibración de los switches de presión PSL-1633A/B/C/D de nitrógeno de los acumuladores por exceso de cables en el interior del instrumento, al realizar trabajos en la caja de conexiones	Se activa el switch de baja presión PSL-1633A/B/C/D no permite el arranque del molino SAG. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y la reparación puede durar 1 hora y se normaliza el sistema
1	S	52 Descalibración de los switches de presión PSL-1633A/B/C/D de nitrógeno de los acumuladores por vibración	Se activa el switch de baja presión PSL-1633A/B/C/D no permite el arranque del molino SAG. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y la reparación puede durar 1 hora y se normaliza el sistema
1	T	Suministra con partículas mayores a 60 Micras.	1 Filtros perforados por mala calidad
1	T		2 Filtros con malla mayor a 60 micras por mala selección
1	T		3 Filtros no instalados por falta de repuesto
2	A	No suministra aceite	1 Falla en el bloque de la válvula SV-1637 por atoro debido a
			No opera la válvula SV-1637. daño en el área de contacto entre el trunnion y bearings pads por falta de flujo y presión



RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET  
© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	32
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
2		aceite con partículas en suspensión por válvula check abierta por filtro totalmente saturado	durante una parada de emergencia. El diagnostico y la reparacion puede durar 1 semana para cambiar los bearings pads y se normaliza el sistema.
2	A	2 Falla en el bloque de la válvula SV-1637 por atoro con aceite con partículas en suspensión por válvula check abierta por falla en la válvula check	No opera la valvula SV-1637. daño en el area de contacto entre el trunnion y bearings pads por falta de flujo y presión durante una parada de emergencia. El diagnostico y la reparacion puede durar 1 semana y se normaliza el sistema.
2	A	3 Falla de los divisores de flujos #86 y 89A/B por trabamientos de los rodamientos por desgaste	Se activa la alarma de bajo flujo FAL-1621, se muestra la alarma en el sistema supervisor, podria danar los bearing pads, el tiempo para reponerlos es una semana.
2	A	4 Falla de los divisores de flujos #86 y 89A/B por defectos en la reparacion (overhaul), por existencia de partículas extrañas	Se activa la alarma de bajo flujo FAL-1621, se muestra la alarma en el sistema supervisor, podria danar los bearing pads, el tiempo para reponerlos es una semana.
2	B	1 Falla del switch de presión de nitrogeno de los acumuladores, al abrirse el contacto del microswitch	Se activa el switch de baja presión PSSL-1633A/B/C/D y detiene la bomba de carga de los acumuladores. Como la bomba esta detenida y si la presión disminuye el switch de presión PSSL-1635 para el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durar 2 horas y se normaliza el sistema.
2	B	2 Descalibración de los switches de presión de nitrogeno de los acumuladores por exceso de cables en el interior del instrumento, al realizar trabajos en la caja de conexiones	Se activa el switch de baja presión PSSL-1633A/B/C/D y detiene la bomba de carga de los acumuladores. Como la bomba esta detenida y si la presión disminuye el switch de presión PSSL-1635 para el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durar 4 horas y se normaliza el sistema.

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	33
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
2	B	3 Descalibración de los switches de presión de nitrógeno de los acumuladores por vibración	Se activa el switch de baja presión PSSL-1633A/B/C/D y detiene la bomba de carga de los acumuladores. Como la bomba está detenida y si la presión disminuye el switch de presión PSSL-1635 para el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y la reparación puede durar 4 horas y se normaliza el sistema.
2	B	4 No recarga el sistema de acumuladores por válvula check interna del filtro obstruida y elemento filtrante saturado	La presión de aceite en los acumuladores va disminuyendo hasta activar el switch PSSL 1635. Para el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y la reparación puede durar 2 horas y se normaliza el sistema.
2	B	5 Pérdida de eficiencia por desgaste de la bomba de carga de acumuladores	La presión de aceite en los acumuladores va disminuyendo hasta activar el switch PSSL 1635. Para el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y la reparación puede durar 6 horas y se normaliza el sistema.
2	B	6 Falla en la válvula de relieve PSV-1630 debido a descalibración con una apertura de la válvula en un set menor de 17.570 KPA.	La presión de aceite en los acumuladores va disminuyendo hasta activar el switch PSSL 1635. Para el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y la reparación puede durar 6 horas y se normaliza el sistema.
2	B	7 Presión baja en los acumuladores por descarga continua por falla en modo abierto de la válvula relieve interna en el bloque #83 de la válvula SV-1637	La presión de aceite en los acumuladores va disminuyendo hasta activar el switch PSSL 1635. Para el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnóstico y la reparación puede durar 6 horas y se normaliza el sistema.



RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET  
© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	34
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
2	B	8 Reducción de presión en el sistema de acumuladores PSLL 1635 debido a fuga de aceite por apertura de la válvula manual de drenaje #79 del manifold del sistema de acumuladores por operadores y mantenedores	La presión de aceite en los acumuladores va disminuyendo hasta activar el switch PSLL 1635. Para el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durara 6 horas y se normaliza el sistema.
2	B	9 Reducción de presión en el sistema de acumuladores por descarga continua por la apertura de la válvula manual de by pass de drenaje hacia los pads #24 por manipulación de mantenedores y/o operadores	La presión de aceite en los acumuladores va disminuyendo hasta activar el switch PSLL 1635. Para el molino SAG. Se activa una alarma sonora en el cuarto de control y en la plataforma de molinos. Se activan las alarmas en el sistema supervisor (DCS y VMD) y en el panel de control local de la sala de lubricación. El diagnostico y la reparacion puede durara 6 horas y se normaliza el sistema.
2	C	Suministra aceite con presión inicial mayor a 19,980 Kpa	1 Falla en la señal de presión, PIT-1632, debido a cámara de presión dañada
2	C		2 Falla en la señal de presión, PIT-1632, debido a descalibración e transmisor de presión manda a encender la bomba
2	C		3 Falla en la señal de presión, PIT-1632 por válvula de aislamiento cerrada por operadores y/o mantenedores
2	D	Suministra aceite con presión menor o igual a 8,300 Kpa en menos de 25 segundos	1 Fuga de nitrogeno por fallas en juntas y conexiones neumaticas
2	D		2 Fuga de nitrogeno por rotura de blader por fatiga
2	E	Suministra aceite con un flujo menor a 189 LPM en menos de 25 segundos	1 Falla del control en los calentadores por circuito eléctrico de control abierto (Heat Tracing y/o termoswitch TS-1632A/B)

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET  
© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	35
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
2	E	2 Disminución del flujo por estrangulamiento de los reguladores de flujo FCV -1620 A/B por manipulación de mantenedores y/o operadores	Se activa la alarma de bajo flujo FAL-1621, se muestra la alarma en el sistema supervisor, podría danar los bearing pads, el tiempo para reponerlos es una semana.
2	E	3 Disminución del tiempo de descarga por apertura de los reguladores de flujo FCV -1620 A/B, por manipulación de mantenedores y/o operadores	Podría danar los bearing pads, el tiempo para reponerlos es una semana.
2	F Suministra aceite cuando la presión en los Pads F.E. & D.E. es mayor a 3,500 Kpa.	1 Falla en la solenoide del piloto de la válvula SV-1637 en la descarga de los acumuladores	Se abren la válvula y se descargan los acumuladores, detiene y no permite el arranque del Molino. El diagnóstico y la reposición del bloque n83 de la válvula SV-1637 puede durar horas y se normaliza el sistema.
2	F	2 Falla en el rectificador de la solenoide de la válvula SV-1637 en la descarga de los acumuladores	Se abren la válvula y se descargan los acumuladores, detiene y no permite el arranque del Molino. El diagnóstico y la reposición del bloque n83 de la válvula SV-1637 puede durar horas y se normaliza el sistema.
2	G Suministra aceite con una temperatura diferente a 36C	1 Falla en el Heat Treacing	Se activa la alarma TSL 1632
3 Detener las bombas de alta presión y desenergizar los heaters al detectar bajo nivel en el tanque de acondicionamiento, cuando la distancia es mayor a 1612 mm del techo del tanque (Switch de nivel en reservorio de aceite #8, LSL 1588)	A No detiene las bombas de alta presión y no desenergiza los heaters	1 Soltura de boya del control de nivel y/o trabamiento del mecanismo de accionamiento	Al soltarse las boyas y el nivel de aceite desciende hasta el nivel mínimo por fugas de aceite en el sistema, las bombas de alta presión continúan trabajando, los heaters no se apagan, activa el switch de bajo nivel del LSL 1583, se detienen las bombas de baja presión y luego se detienen las bombas de alta presión, se detiene el Molino SAG. El diagnóstico y reposición tomara 6 horas. Se da la posibilidad de danos a las bombas de bajo.
4 Detener las bombas de baja presión y desconectar los heaters al detectar bajo nivel en el tanque de retorno, la distancia es de 1612 mm del techo del tanque hacia la boya (Switch de nivel en reservorio de aceite #9, LSL 1583)	A No detiene las bombas de baja presión y no desenergiza los heaters	1 Soltura de boya del control de nivel y/o trabamiento del mecanismo de accionamiento	Al soltarse las boyas y el nivel de aceite desciende hasta el nivel mínimo por fugas de aceite en el sistema, las bombas de baja presión continúan trabajando, los heaters no se apagan se activa el switch de bajo flujo FT 1592, se detiene el Molino SAG, es posible que se dañen las bombas de baja presión. diagnóstico y reposición tomara 6 horas.
5 Detener las bombas de alta, baja presión y desconectar los	A No detiene las bombas de baja presión, no detiene las bombas	1 Descalibración del Switch de temperatura por vibración y por	Al fallar de control de temperatura y al existir un sobrecalentamiento en el aceite, el switch de alta temperatur,

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET  
© 1994 Aladen Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complied by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	36
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
5	heaters al detectar una temperatura mayor a 50°C en el tanque de acondicionamiento (Switch de temperatura en reservorio de aceite #3, TSHH-1586)	de alta presión y no desenergiza los heaters	exceso de cables en el interior del instrumento
5		A	2
6	Aliviar la presión mayor a 690 Kpa a la salida de las bombas de baja presión del circuito de acondicionamiento (Válvula relief #22, PSV 1590 A y B)	No alivia la presión	1
7	Detener las bombas de baja presión, alta presión, heaters y acumuladores al ser presionado el botón del panel local HS-1715, MLCB y parada de emergencia del E-House por una persona ante una emergencia (Push Buttom de parada emergencia)	No detiene las bombas de baja, alta presión, heaters y acumuladores	1
7		A	2
7		A	3
8	Detener las bombas de baja presión, alta presión, heaters y acumuladores, al activarse el flow switch de flujo del agua del sistema contra incendio, al activarse los sprinkles por temperatura mayor a 68°C. (Flow switch #X)	No detiene las bombas de alta presión, baja presión y acumuladores	1
8		A	2
8		A	3
9	Aliviar la presión mayor a 10340 Kpa a la salida de las bombas de alta presión	No alivia la presión	1

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complied by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	37
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion .	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
10	(válvula relief #48, PSV 1596 A, B y C) Detener el molino SAG al medir un flujo menor a 332.8 LPM en los divisores de flujo para los thrust rail y pads (Transmisor de Flujo #55, FALL-1600, FALL-1610)	A No detiene el molino SAG 1 Lecturas congeladas del transmisor de flujo por falla en la tarjeta	motor en las bombas de alta pudiendo tripear por sobrecorriente. Al fallar el transmisor y existir bajo flujo entonces baja la presión en los PADS y se activa la alarma PALL-1604A/B/C/C o PALL-1614A/B/C/D y detiene el molino SAG.
11	Detener el molino SAG al medir un flujo menor a 30.4 LPM en los divisores de flujo para los thrust rail (Transmisor de Flujo #58, FALL-1601, FALL-1602)	A No detiene el molino SAG 1 Lecturas congeladas del transmisor de flujo por falla en la tarjeta	Al fallar el transmisor y existir bajo flujo entonces baja el flujo en los Thrust rail y se activa la alarma de bajo flujo FAL-1601A/B o 1602 A/B y detiene el molino SAG.
12	Detener el molino SAG al medir un flujo menor a 837 LPM en la línea de retorno del circuito de acondicionamiento (Transmisor de Flujo FAL-1592 #27)	A No detiene el molino SAG 1 Lecturas congeladas del transmisor de flujo por falla en la tarjeta	Al fallar el transmisor de flujo y existir bajo flujo entonces en caso de ser por fuga, se activara las alarmas de bajo nivel LSL/LSLL-1588 pudiendo parar las bombas y el molino y en caso de ser por obstruccion, se activa la relief y se elevara las temperaturas del aceite, activa la alarma de alta temperatura TSH/TSHH-1586 pudiendo detener el molino SAG.
12		A 2 Desconfiguración del transmisor	Al fallar el transmisor de flujo y existir bajo flujo entonces en caso de ser por fuga, se activara las alarmas de bajo nivel LSL/LSLL-1588 pudiendo parar las bombas y el molino y en caso de ser por obstruccion, se activa la relief y se elevara las temperaturas del aceite, activa la alarma de alta temperatura TSH/TSHH-1586 pudiendo detener el molino SAG.
13	Detener las bombas de baja presión y energizar los heaters cuando la temperatura del tanque de retorno sea menor a 32 C (Switch de Temperatura TSL-1584 #3)	A No detiene las bombas de baja presión y no energiza heaters 1 Descalibración del instrumento por vibración y manipulación	Switch de temperatura en falla y temperatura de aceite baja. Existe un transmisor de temperatura que permite el arranque de los heaters. Sobre-esfuerzo de las bombas, ruidos e incremento de corriente en el motor. Permite que arranque la bombas de baja y alta presión a bajas temperaturas y permite el arranque del molino SAG.
14	Detener el molino SAG al medir un flujo menor a 15 LPM en cada tubería de ingreso del thrust rail (Swich de Flujo #66, FAL-1601A/B, FAL-1602A/B)	A No detiene el molino SAG 1 Descalibración del instrumento por vibración y manipulación	Si el switch de flujo esta en falla y se tiene bajo flujo, se activa las alarmas de temperatura TAHH-1640A/B/C/D pudiendo parar el molino SAG. Se puede dar la posibilidad de danos en el thrust rail.



RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET  
© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complied by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	38
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it falls)
14	A	2	Falla del microswitch o de levas de accionamiento Si el switch de flujo esta en falla y se tiene bajo flujo, se activan las alarmas de temperatura TAHH-1640A/B/C/D pudiendo parar el molino SAG. Se puede dar la posibilidad de danos en el thrust rail.
15	A	1	Detener el molino SAG y aperturar la válvula de descarga SV-1637 de los acumuladores cuando la presión en los pads es menor a 3,500 KPA por más de 5 segundos (Transmisores de Presión) PALL-1604A,B,C,D, PALL-1614A,B,C,D, #61) No detiene el molino SAG y no apertura la válvula de descarga Lecturas congeladas del transmisor de presión por falla en la tarjeta Los transmisores de presión estan en falla y se tiene baja presión, se da la posibilidad de danarse los bearing pads, pudiendose las temperaturas en trunnion se incrementan TA 1641 A/B/C/D/E/F. TAH-1650 A/B/C/D/E/F.
15	A	2	Lecturas congeladas del transmisor de presión por valvula de aislamiento cerrada por operadores y/o mantenedores Los transmisores de presión estan en falla y se tiene baja presión, se da la posibilidad de danarse los bearing pads, pudiendose las temperaturas en trunnion se incrementan TA 1641 A/B/C/D/E/F. TAH-1650 A/B/C/D/E/F.
15	A	3	Desconfiguración del transmisor debido a manipulación no autorizada Los transmisores de presión estan en falla y se tiene baja presión, se da la posibilidad de danarse los bearing pads, pudiendose las temperaturas en trunnion se incrementan TA 1641 A/B/C/D/E/F. TAH-1650 A/B/C/D/E/F.
16	A	1	Detener el molino SAG al medir una temperatura en el trunion mayor a 60°C por mas de 2 segundos (RTDs TAHH-1640A/B/C/D, TAHH-1641A/B/C/D/E/F, TAHH-1650A/B/C/D/E/F) No detiene el molino SAG Lectura errónea por falso contacto del trunnion con el RTD Mala lectura de temperatura y alta temperatura en el trunnion, se da la posibilidad de danarse los bearing pads por la variacion de la viscosidad del aceite.
16	A	2	Cortocircuito en el circuito eléctrico del RTD Mala lectura de temperatura y alta temperatura en el trunnion, se da la posibilidad de danarse los bearing pads por la variacion de la viscosidad del aceite. Se tiene redundancia de la RTD
17	A	1	Detener la bomba de carga de los acumuladores al medir una presión en los bladers de nitrogeno menor a 8,095 Kpa (Switch de Presión PSSL-1633A,B,C,D #78) Permite el arranque de la bomba de carga de los acumuladores Descalibración del instrumento por vibración Los PSSL 1633 ABCD estan en falla y se tiene baja presión de nitrogeno. entonces esto podría afectar la variable de flujo y presión de descarga en una condicion de emergencia. Es probable que actue la alarma de bajo flujo de acumuladores.
18	A	1	Aliviar la presión mayor a 20.515 Kpa a la salida de las bombas de alta presión (Valvula relief #71, PSV-1630) No alivia la presión Descalibración del instrumento por vibración Al no actuar la valvula de relief y existir una sobre-presión en el sistema, se incrementa la vibracion y se incrementa el amperaje del motor de la bomba M6 con la posibilidad de tripear, habria la posibilidad de danar la bomba con la consecuencia de detener el molino.
19	A	1	Detener el molino SAG al medir una presión en el manifold de los acumuladores No detiene el molino SAG Descalibración del instrumento por vibración El PSSL 1635 estan en falla y se tiene baja presión de aceite, entonces esto afectaría la variable de flujo y presión de descarga en una condicion de emergencia. Se activa la alarma de baja

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	39
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
menor a 17,570 Kpa (Switch de Presión PSL-1635 #78)			presión de aceite PSL 1635. Posible dano en los bearing pads durante una condicion de emergencia.
20 Permitir el paso de aceite de la válvula check del filtro de los acumuladores cuando la presión sea mayor 345 Kpa en el circuito de carga de los acumuladores	A No permite el paso de aceite	1 Trabamiento del mecanismo de la válvula check por contaminación y/o descalibración por vibraciones	La válvula check esta en falla y se tiene una presión mayor a 345 Kpa, entonces se da la posibilidad de perforacion o destruccion del filtro esto podria ocasionar la contaminación de aceite y la obstruccion al bloque de la válvula SV 1637 lo cual no permitiria la descarga de los acumuladores da nandose los bearing pads.
21 Indicar variables de proceso (indicadores ubicados localmente, manómetros, termómetros, visores y displays, etc.)	A No indica las variables de proceso	1 Falla del sensor de flujo FT-1621 o tacómetro en la descarga de los acumuladores	No se muestra la indicacion de flujo en la desacarga de los acumuladores no permite el monitoreo y evaluacion de las variables de flujo de la descarga la solucion sera en 2 horas
21	A	2 Falla en los manómetros por presencia de aire en el circuito por falta de purga	Los indicadores de los manómetros se danan.
21	B Indica valores erroneos de proceso	1 Falla en los manómetros por presencia de aire en el circuito por falta de purga	Los indicadores de los manómetros se danan.
22 Identificar mediante placas los tags de los equipos, instrumentos, tuberias y componentes, indicando el origen y destino de los circuitos	A No identifica el tag	1 Se extravian los tags por cambio de instrumentos o equipos	Dificultad de ubicacion de los instrumentos y equipos en el campo y posibilidad de errores de operacion. Demorando las tareas de mantenimiento proactivo y/o correctivo.
22	A	2 Se rompen, se despegan y se deterioran los tags por cambio de instrumentos o equipos	Dificultad de ubicacion de los instrumentos y equipos en el campo y posibilidad de errores de operacion. Demorando las tareas de mantenimiento proactivo y/o correctivo.
22	B Identifica erroneamente los tags	1 Etiquetado incorrecta de los componentes y los equipos	Dificultad de ubicacion de los instrumentos y equipos en el campo y posibilidad de errores de operacion. Demorando las tareas de mantenimiento proactivo y/o correctivo.
23 Indicar alta presión diferencial cuando los filtros esten saturados (Switch de presión diferencial de los filtros)	A No indica alta presión diferencial	1 Obstrucción de las tomas de medición por objetos extraños	No indica la saturacion de los filtros, lo que da un error en el diagnostico.
23	B Indica erroneamente alta presión diferencial	1 Descalibración de los switches de presión diferencial por fatiga o trabamiento del mecanismo	Indica erroneamente la saturacion de los filtros, lo que da un error en el diagnostico.
24 Proteger a las personas y los equipos de descargas electricas (sistema de	A No protege a las personas ni a los equipos	1 Desconexión de las lineas de tierra por mala instalación	Se tiene una mala instalacion de la linea a tierra y ocurre una descarga electrica podria producir lesiones a las personas y danos a los equipos



RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Compiled by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	40
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref. de lubricacion.		Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
24 aterramiento en la sala de lubricación)	A	2 Incremento de la resistencia de la malla de tierra	Si se tiene una alta resistencia de la malla a tierra y ocurre un descarga electrica podria producir lesiones a las personas y danos a los equipos
25 Permitir tomar muestras de aceite (3 valvulas #13 de muestreo) del tanque de aceite	A No permite la toma de muestras	1 Trabamamiento del mecanismo de la vaivula de muestreo	Posiblemente no permitira la evaluacion de la calidad del aceite. Posiblemente no se podra regenerar el aceite.
26 Calentar y mantener la temperatura en la tubería de retorno de aceite (Heater y aislante térmico de la tubería de retorno)	A No calienta	1 Falla en el Heater por apertura de resistencias	Obstrucciones por alta viscosidad del aceite lo que podria ocasionar derrames en el sector de los descansos de los pa por exceso de nivel
26 de retorno)	B No mantiene la temperatura	1 Daño en el aislamiento térmico de la tubería de retorno	Obstrucciones por alta viscosidad del aceite lo que podria ocasionar derrames en el sector de los descansos de los pa por exceso de nivel
27 Filtrar el aceite de reposición al reservorio hasta 24 mesh (filtro superior del reservorio)	A No filtra el aceite	1 Retiro de la malla por descuido	reposición de aceite con ingreso de particulas.
28 Sellar el tanque (tapas del reservorio)	A No sella el tanque	1 Perdida de sellos por manipulación por mantenedores	Ingreso de particulas al tanque de aceite.
29 Soportar y anclar tuberías (abrazaderas, grapas, rieles, canaletas, etc)	A No soporta ni ancla las tuberías	1 Desajuste y rotura por vibración	Fatiga de uniones soldadas, bridadas, fugas de fluidos (aceit y agua).
29	A	2 Soltura o rotura por corrosión	Fatiga de uniones soldadas, bridadas, fugas de fluidos (aceit y agua).
30 Diferenciar mediante el uso de colores equipos, instrumentos componentes y tuberías, identificando el tipo de fluido y sentido del flujo	A No diferencia los equipos, componentes y tuberías	1 Uso de colores inadecuados por falta de pintado de las tuberías y componentes	Puede danar a las personas y equipos, errores en la operaci y en diagnostico y mantenimiento de equipos.
31 Permitir el acceso a la parte superior del tanque a una persona a la vez (escalera del tanque)	A No permite el acceso a la parte superior del tanque a una persona a la vez	1 Deterioro de la estructura	Danos personales
32 Soportar y contener hasta 3 personas para realizar tareas de mantenimiento de manera segura (techo del reservorio)	A No soporta hasta 3 personas para realizar tareas de mantenimiento de manera segura	1 Estructura dañada	Afecta libre desempeno de las tareas mantenimiento
32 de mantenimiento de manera segura (techo del reservorio)	A	2 No existe barandas	Caida del personal.
33 Iluminar la sala de lubricación con un mínimo de 300	A No ilumina la sala de lubricación	1 Fallas en los circuitos de iluminación	Danos del personal. No permite el desenpeno de las tareas mantenimiento

RCM II  
INFORMATION  
WORKSHEET

© 1994 Aladon Ltd

SYSTEM	<b>Molino SAG</b>	No.	0	Complied by	JM, LM, IG, OB	Date	18-Mar-05	Sheet	41
SUB-SYSTEM	<b>Sistema de Lubricación</b>	Ref.	de lubricacion	Reviewed by		Date		of	41

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE (Cause of failure)	FAILURE EFFECT (What happens when it fails)
33 Lumenes (sistema de iluminacion de la sala)	B Ilumina con menos de 300 lúmenes	1 Pérdida parcial de lámparas	Danos del personal. No permite el desenpeno de las tareas mantenimiento
34 Iluminar la salida en caso de corte de energia (sistema de alumbrado de emergencia)	A No indica la salida y no ilumina la salida	1 Falla en el equipo de senalización de emergencia y alumbrado de emergencia	Danos del personal. No facilita la evacuacion.
35 Contener y aislar la filtración de aceite con capacidad de 0,5 m3 (sumidero del piso de la sala)	A No contiene el aceite	1 Capacidad insuficiente para contener fugas de aceite de un derrame total sobre la capacidad de los sumideros	Contaminacion del medio ambiente.
35	B Permite la filtración del aceite	1 Deterioro de la pintura de protección del piso y estructura	Contaminacion del medio ambiente.
36 Contener fugas de aceite (Case drain o reservorio para contener fugas de los divisores de flujo, bombas, instrumentos etc.)	A No contiene las fugas del aceite	1 Daños en la canaleta	Danos personales
37 Proteger el sistema de agente externos y restringir el acceso a personas no autorizadas (sala de lubricación)	A No protege el sistema de agentes externos	1 Daños en la estructura	Ingreso de agentes externos, pulpa, agua, polvo.
37	B No restringe el acceso a personas no autorizadas	1 Puerta abierta	Danos a equipos y danos personales
38 Ventilar la sala de lubricación (ventilador de la sala de lubricación)	A No ventila la sala de lubricación	1 Falla del motor o desbalance de ventilador	No permite una buena ventilacion de la sala de lubricación.
39 Izar y transportar componentes de la sala de lubricación hasta una carga máxima de 1 Ton. (grúa de la sala de lubricación)	A No iza los componentes y no transporta los componentes	1 Falla del teclé	No permite izar los componentes para realizar las tareas de mantenimiento.
40 Permitir el flujo de aceite en ur solo sentido (Válvula check #49, #25)	A Permite el flujo en ambos sentidos	1 Falla el resorte	Retorno de aceite.
41 Permitir el flujo de aceite en ur solo sentido (Válvula check #60, #59, #75)	A Permite el flujo en ambos sentidos	1 Falla del asiento y/o resorte	Posible dano del divisor de flujo.