

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS
PROCESOS DE TRITURACION Y MOLIENDA DE LA
PLANTA DE BENEFICIO MARIA DAMA
FRONTINO GOLD MINES**

MARIA ELENA PACHECO VALENCIA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2005

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS
PROCESOS DE TRITURACION Y MOLIENDA DE LA
PLANTA DE BENEFICIO MARIA DAMA
FRONTINO GOLD MINES**

MARIA ELENA PACHECO VALENCIA

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
ISNARDO GONZÁLEZ JAIMES
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2005

Este Proyecto de Grado está dedicado a cada una de las personas que con su apoyo incondicional y confianza hicieron de este sueño y de esta meta una realidad;

A MIS PADRES, Por su perseverancia, sacrificio y por creer en mí desmedidamente, el presente es solo el comienzo de la cosecha, los frutos venideros serán maravillosos.

A MIS HERMANOS, por su entrega, confianza y apoyo en todo momento.

A MIS TIOS Y TODA MI FAMILIA, por creer en mí y en mis capacidades siempre.

A MIS MAESTROS, por su valiosa orientación y amistad, por guiarme hacia el camino del éxito.

A MIS AMIGOS, por hacer esta etapa mucho más agradable, por enseñarme a vivir y por permitirme hacer parte de sus vidas.

Y a todos aquellos que han enriquecido mi vida y me han ayudado a lograr mis propósitos.

AGRADECIMIENTOS

El más sincero de los agradecimientos, a todas las personas que apoyaron y contribuyeron al logro de esta meta ya fuese con su experiencia, enseñanza, confianza o amistad; los llevaré por siempre en mis recuerdos y en mi corazón por ser los que me ayudaron con éxito a iniciar mi vida profesional.

Al Ingeniero **Wilfredo López**, Gerente de Operaciones de la FRONTINO GOLD MINES por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto, seguir de cerca mi labor y aconsejarme sabiamente.

Al Ingeniero **Armando Villamizar Bohórquez**, Director del departamento de Mantenimiento de la FRONTINO GOLD MINES y Codirector de este proyecto, por compartir su experiencia conmigo, por la valiosa orientación y amistad.

A todo el personal de la Planta de Beneficio de María Dama, y en general a toda la familia FRONTINO GOLD MINES por su colaboración desmedida y amable disposición.

A **Isnardo González Jaimes**, Ingeniero Mecánico, docente y Director del Proyecto de Grado, por el respaldo, por las oportunas y siempre sabias recomendaciones y por su amistad.

A todos mis familiares y amigos.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	21
1. FRONTINO GOLD MINES	23
1.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA	23
1.2 RESEÑA HISTORICA	24
1.3 UBICACIÓN	26
1.4 ASPECTO CLIMÁTICO	27
1.5 ASPECTO ECONÓMICO	27
1.6 MISIÓN	27
1.7 VISIÓN	28
1.8 VALORES	29
1.9 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	30
1.10 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	32
1.10.1 Objetivo General.	32
1.10.2 Objetivos Específicos.	32
1.11 METODOLOGÍA DE DESARROLLO	33
2. PROCESO DE EXTRACCION Y TRATAMIENTO DEL ORO	38
2.1 GENERALIDADES	38
2.2 DESCRIPCION DE PROCESOS EN LAS MINAS	38
2.2.1 Exploración.	38
2.2.2 Explotación.	40

	Pág.
2.2.3 <u>Secuencia de Explotación.</u>	42
2.2.4 <u>Sistema Hidráulico en el interior de la Mina.</u>	43
2.2.5 <u>Sistema de Ventilación.</u>	43
2.2.6 <u>Traslado de Mineral Aurífero.</u>	44
2.3 <u>GENERALIDADES DEL MINERAL</u>	46
2.3.1 <u>Características del Mineral.</u>	46
2.3.2 <u>Caracterización de los Componentes del Mineral.</u>	47
2.4 <u>DESCRIPCIÓN DE PROCESOS EN LA PLANTA DE BENEFICIO</u>	
<u>MARIA DAMA</u>	48
2.4.1 <u>Recepción.</u>	49
2.4.2 <u>Trituración.</u>	50
2.4.3 <u>Molienda.</u>	51
2.4.4 <u>Clasificación.</u>	53
2.4.5 <u>Almacenamiento.</u>	56
2.4.6 <u>Flotación Bulk.</u>	56
2.4.7 <u>Remolienda.</u>	58
2.4.8 <u>Flotación de Plomo.</u>	59
2.4.9 <u>Secado de Plomo.</u>	60
2.4.10 <u>Precipitación.</u>	62
2.4.11 <u>Fundición.</u>	64
3. <u>MANTENIMIENTO ACTUAL EN LA PLANTA DE BENEFICIO MARIA</u>	
<u>DAMA</u>	67
3.1 <u>ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS ORGANIZATIVOS DE LA EMPRESA</u>	
<u>PARA DETERMINAR EL TIPO DE MANTENIMIENTO APLICABLE</u>	67
3.1.1 <u>Localización Administrativa del Departamento de Mantenimiento en la</u>	
<u>F.G.M.</u>	67

	Pág.
3.1.2 Índices Organizativos.	69
3.1.3 Evaluación Organizativa de la Empresa.	72
3.2 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO	73
3.2.1 Estructura Organizacional.	73
3.2.2 Ingeniería de Mantenimiento o Planeación.	77
3.2.3 Administración de trabajos de mantenimiento.	79
3.2.4 Uso de Sistemas Informáticos.	80
3.2.5 Costos de Mantenimiento.	80
3.2.6 Indicadores de Gestión.	81
3.2.7 Almacén y Gestión de Repuestos.	82
3.2.8 Recurso Humano.	82
3.2.9 Outsourcing.	83
3.2.10 Análisis de Fallas.	83
3.2.11 Documentación Técnica.	84
3.2.12 Infraestructura y Equipos.	84
3.2.13 Gestión Tecnológica.	85
3.3 ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DEL MANTENIMIENTO	85
4. CODIFICACION Y CRITICIDAD DE EQUIPOS	89
4.1 DESCRIPCIÓN DE EQUIPO MODELO PARA ESTUDIO DE CRITICIDAD	89
4.2 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	93
4.2.1 Método de Codificación empleado en los equipos.	94
4.3 CRITICIDAD DE EQUIPOS	100
4.3.1 Criterio de la Producción.	101
4.3.2 Criterio de la Calidad.	102
4.3.3 Criterio del Mantenimiento.	103

	Pág.
4.3.4 <u>Calculo del Índice de Criticidad.</u>	104
<u>5. PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO EN LA PLANTA DE BENEFICIO MARIA DAMA</u>	106
5.1 <u>MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA MINERA</u>	106
5.2 <u>TIPOS DE MANTENIMIENTO</u>	107
5.3 <u>DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS EN MANTENIMIENTO CORRECTIVO</u>	109
5.4 <u>DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO</u>	111
5.4.1 <u>Ventajas del Mantenimiento Preventivo.</u>	111
5.4.2 <u>Planeación del Mantenimiento Preventivo.</u>	112
5.5 <u>DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS PILOTO EN MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL</u>	114
<u>6. SISTEMA DE INFORMACION</u>	118
6.1 <u>INFORMACION Y MANEJO DE DATOS</u>	119
6.2 <u>DOCUMENTACIÓN BÁSICA</u>	120
6.3 <u>DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN MANUAL</u>	121
6.3.1 <u>Fichas Técnicas de Equipos.</u>	121
6.3.2 <u>Inspección de Equipos.</u>	124
6.3.3 <u>Instructivos de Lubricación.</u>	125
6.3.4 <u>Solicitudes de Servicios.</u>	126
6.3.5 <u>Ordenes de Trabajo.</u>	127
6.3.6 <u>Hojas de Vida por Equipo.</u>	129
6.3.7 <u>Planeación y Programación del Mantenimiento.</u>	130

	Pág.
6.4	<u>SISTEMA COMPUTARIZADO DE INFORMACIÓN</u> 133
6.5	<u>MODULOS SISTEMA DE INFORMACION COMPUTARIZADO</u> 134
6.5.1	<u>Infraestructura.</u> 135
6.5.2	<u>Equipos.</u> 136
6.5.3	<u>Repuestos y Pedidos.</u> 137
6.5.4	<u>Programación.</u> 138
6.5.5	<u>Ordenes de Trabajo y Solicitud de Servicios.</u> 139
6.5.6	<u>Historial.</u> 140
6.5.7	<u>Consultas e Informes.</u> 140
6.5.8	<u>Niveles de Seguridad.</u> 141
6.6	<u>SELECCIÓN SISTEMA COMPUTARIZADO DE INFORMACION</u> 141
7.	<u>GESTION DEL MANTENIMIENTO</u> 146
7.1	<u>INDICADORES DE GESTION</u> 147
7.2	<u>TIPOS DE INDICADORES</u> 148
7.3	<u>INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO</u> 149
7.3.1	<u>Mantenibilidad.</u> 150
7.3.2	<u>Confiabilidad.</u> 150
7.3.3	<u>Disponibilidad.</u> 151
8.	<u>CONCLUSIONES</u> 152
9.	<u>RECOMENDACIONES</u> 155
	<u>BIBLIOGRAFIA</u> 157
	ANEXOS 159

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Reactivos de Flotación Bulk	56
Tabla 2. Reactivos de Flotación de Plomo	60
Tabla 3. Fundentes de la Fundición	65
Tabla 4. Índices de Evaluación de Aspectos Organizativos	71
Tabla 5. Evaluación Organizacional para la Planta de Beneficio	72
Tabla 6. Clasificación por Secciones	95
Tabla 7. Dígitos asignados por Zona	96
Tabla 8. Clasificación General de Equipos	97
Tabla 9. Clasificación General de Subsistemas	98
Tabla 10. Clasificación General de Componentes	98
Tabla 11. Tasa de Utilización del Equipo	101
Tabla 12. Existencia de un Equipo Auxiliar para Sustituir el Averiado	102
Tabla 13. Repercusión del Equipo en la Cadena Productiva	102
Tabla 14. Pérdidas en la Producción	102
Tabla 15. Repercusión del Equipo en Seguridad y Medio Ambiente	103
Tabla 16. Repercusión del Equipo en la Calidad del Producto	103
Tabla 17. Tasa de Marcha (funcionamiento)	103
Tabla 18. Grado de Complejidad Tecnológica del Equipo	104
Tabla 19. Cálculo del Índice de Criticidad Molino de Barras	105
Tabla 20. Tipos de Mantenimiento	108
Tabla 21. Equipos con Aplicación de Mantenimiento Correctivo	110
Tabla 22. Equipos con Aplicación de Mantenimiento Preventivo	113
Tabla 23. Equipos Piloto para la aplicación del Mantenimiento Productivo	117
Total	117

Pág.

Tabla 24.	Criterios para Seleccionar y Evaluar un Software de Mantenimiento	142
Tabla 25.	Evaluación de Software de Mantenimiento consultados	144
Tabla 26.	Formulación de los Indicadores de Gestión	151

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Logo Frontino Gold Mines	25
Figura 2. Ubicación de la Frontino Gold Mines	26
Figura 3. F.G.M. y la Minería un Proyecto de Sostenibilidad Social	28
Figura 4. Foto Personal de Staff de la F.G.M.	30
Figura 5. Organigrama Frontino Gold Mines	31
Figura 6. Plano de Ubicación Propiedades Mineras F.G.M.	39
Figura 7. Explotación Selectiva	41
Figura 8. Foto Labores Mineras	43
Figura 9. Foto Transporte en Niveles	45
Figura 10. Planta de Beneficio María Dama	45
Figura 11. Descargue Volquetas en Tolvas de Gruesos María Dama	49
Figura 12. Trituradoras de Conos Jaques	50
Figura 13. Clasificador Vibratorio Niagara–Tolva de Finos Providencia	51
Figura 14. Molino de Barras	52
Figura 15. Jig Pan American Duplex – Molinos de Bolas	53
Figura 16. Diagrama Circuito de Recepción y Trituración	54
Figura 17. Diagrama Circuito de Molienda	55
Figura 18. Celdas de Flotación Bulk – Adición de Reactivos	57
Figura 19. Diagrama Circuito de Flotación Bulk	57
Figura 20. Remoedor – Espesadores- Agitadores	59
Figura 21. Celdas de Flotación de Plomo- Piscina de Plomo y Horno	60
Figura 22. Diagrama Circuito de Remolienda	61
Figura 23. Diagrama Circuito de Flotación y Secado de Plomo	62
Figura 24. Bastidores de Precipitación	63
Figura 25. Filtros Prensas	64

	Pág.
Figura 26. Horno de Fundición y Barras Resultantes	65
Figura 27. Diagrama del circuito de Precipitación y Fundición	66
Figura 28. Organigrama del Departamento de Mantenimiento	76
Figura 29. Molino de Barras Hardinge 6' x 8'	90
Figura 30. Adición de Agua y Reactivo A -131 al Molino de Barras	91
Figura 31. Compresor Sistema de Lubricación del Molino de Barras	92
Figura 32. Diagrama de Planeación de Mantenimiento	112
Figura 33. Personal de la planta de beneficio María Dama	115
Figura 34. Charlas de Capacitación al Personal de la planta en la Filosofía del TPM	116
Figura 35. Equipos Piloto para la aplicación del TPM	117
Figura 36. Información y Manejo de Datos para el PMP	120
Figura 37. Documentación Básica para el Programa de Mantenimiento	121
Figura 38. Ficha Técnica del Molino de Barras	122
Figura 39. Inspección Molino de Barras	124
Figura 40. Instructivo de Lubricación Molino de Barras	125
Figura 41. Solicitud de Servicio Molino de Barras	126
Figura 42. Orden de Trabajo Molino de Barras	128
Figura 43. Hoja de Vida Molino de Barras	129
Figura 44. Actividades de Mantenimiento Molino de Barras	131
Figura 45. Programación de Mantenimiento Molino de Barras	132
Figura 46. Interrelación de los Módulos del Sistema Computarizado de Información	135
Figura 47. Infraestructura – Datos de Entrada del Sistema Computarizado de Información	136
Figura 48. Datos de Salida del Sistema Computarizado de Información	140
Figura 49. Ciclo de Gestión de Mantenimiento	146
Figura 50. Indicadores de Mantenimiento	150

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<u>Anexo A. Solicitud de Servicio F.G.M.</u>	<u>159</u>
<u>Anexo B. Reporte Diario</u>	<u>160</u>
<u>Anexo C. Descripción de Equipos</u>	<u>161</u>
<u>Anexo D. Especificaciones de las Bandas Transportadoras</u>	<u>178</u>
<u>Anexo E. Especificaciones de los Rodillos</u>	<u>180</u>
<u>Anexo F. Rodamientos</u>	<u>185</u>
<u>Anexo G. Caracterización de Bombas Hidráulicas</u>	<u>198</u>
<u>Anexo H. Codificación de Equipos Planta de Beneficio Maria Dama</u>	<u>200</u>
<u>Anexo I. Matriz de Criticidad de Equipos</u>	<u>205</u>
<u>Anexo J. Fichas Técnicas de Equipos</u>	<u>207</u>
<u>Anexo K. Inspección de Equipos</u>	<u>216</u>
<u>Anexo L. Informe de Lubricación</u>	<u>217</u>
<u>Anexo M. Instructivos de Lubricación de Equipos</u>	<u>227</u>
<u>Anexo N. Solicitud de Servicio Departamento de Mantenimiento</u>	<u>228</u>
<u>Anexo O. Orden de Trabajo</u>	<u>229</u>
<u>Anexo P. Hoja de Vida por Equipo</u>	<u>230</u>
<u>Anexo Q. Planeación de Actividades por Equipo</u>	<u>231</u>
<u>Anexo R. Programación de Mantenimiento por Equipo</u>	<u>232</u>

RESUMEN

TÍTULO:

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS PROCESOS DE TRITURACIÓN Y MOLIENDA DE LA PLANTA DE BENEFICIO MARIA DAMA FRONTINO GOLD MINES.*

AUTOR:

María Elena Pacheco Valencia.**

PALABRAS CLAVES:

Plan de Mantenimiento Preventivo, Criticidad de equipos, Sistema de Mantenimiento Asistido por Computador (CMS), Gestión de Mantenimiento.

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto de grado modalidad práctica industrial busca la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo inicialmente para la maquinaria perteneciente a los procesos de trituración y molienda de la planta de beneficio María Dama de la empresa minera Frontino Gold Mines, que sirva de base para la implementación y conciencia de la necesidad del mantenimiento preventivo en las demás instalaciones.

El estudio inicia con una revisión del estado de la maquinaria y con la realización de un diagnóstico del sistema actual de mantenimiento que se lleva en la planta de beneficio; luego se realizó la codificación y el análisis de criticidad por equipo que determina el tipo de mantenimiento adecuado a llevar en cada máquina. Posteriormente se realiza el diseño del sistema de información con los formatos y la programación necesaria; paralelo a esto se consultaron diferentes proveedores nacionales de CMS y se realizó un análisis del programa más acorde a las condiciones operacionales de la empresa y de esta manera contar con el criterio de recomendar la adquisición del software más adecuado para mejorar las actividades de mantenimiento en la F.G.M.

Con la recopilación de la información técnica por equipo y las conversaciones con los mecánicos y operarios acerca de sus experiencias con la maquinaria, se procedió a determinar labores adecuadas de mantenimiento que permiten evitar estados inadecuados en los equipos y trastornos en la producción, y así integrarlas dentro de un programa de mantenimiento preventivo que garantice la máxima disponibilidad y confiabilidad de estos equipos.

El resultado de estas actividades busca mejorar las condiciones operacionales de la maquinaria y de la planta en general, y medir a través de índices de gestión de mantenimiento el funcionamiento del plan de mantenimiento preventivo desarrollado.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Isnardo González Jaimes.

SUMMARY

TITLE:

PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN FOR THE GRINDING AND CRUSHING PROCESSES IN THE MARIA DAMA FRONTINO GOLD MINE'S EXTRACTION PLANT.*

AUTHOR:

Maria Elena Pacheco Valencia.**

KEY WORDS:

Preventive Maintenance Plan, Critical equipment, Computer Assisted Maintenance Systems (CMS), Maintenance Management.

DESCRIPTION:

This degree work developed in an industrial internship way, is initially intended to elaborate a Preventive Maintenance Plan for the grinding and crushing equipment located in the Maria Dama Frontino gold mine's extraction plant and to serve as a base for the proper implementation of such plan in the rest of facilities showing the real need of preventive maintenance activities application.

The survey started with an inspection of the actual equipment's state and the completion of an overall diagnosis for the current maintenance system applied in the extraction plant; then a codification and a critical analysis of equipment were developed to determine the appropriate kind of maintenance required in each machine. After that the information system including formats and required activities schedule was designed; at the same time several CMS's Colombian dealers were consulted to discuss with a further analysis the most appropriate program according to the plant's operational conditions and acquire the proper criteria to finally recommend the most adequate software's purchase to improve the maintenance activities in the F.G.M.

Based on a technical data compilation and regular conversations with technicians and operators about former experiences of each machine, the standard of maintenance activities which enables to prevent the occurrence of failures and production stoppages was defined, and included in a preventive maintenance program which assures the highest availability and reliability of equipment.

The result of such activities is intended to improve the operational conditions of the overall plant and equipment, and to measure through the maintenance management indicators the proposed preventive maintenance program's performance.

* Degree work.

** Faculty of Physical and mechanical sciences, Mechanical Engineering school, eng. Isnardo González Jaimes.

INTRODUCCION

La empresa Minera FRONTINO GOLD MINES es una de las más antiguas e importantes del país en explotación subterránea por medio de vetas de mineral auro-argentífero del Distrito Minero Segovia-Remedios en el departamento de Antioquia siendo además el mayor generador de empleos en la región.

En industrias intensivas en capital como la industria minera un adecuado desarrollo y planeación de actividades de mantenimiento puede ser la diferencia entre permanecer activa o desaparecer del mercado, debido a que el cumplimiento de los objetivos de producción está sujeto a la disponibilidad de la planta de procesamiento de minerales; consciente de esta necesidad, se desarrolló un Plan de Mantenimiento Preventivo para los procesos de Trituración y Molienda de la Planta de Beneficio Maria Dama a través de un proyecto de Grado Modalidad Práctica Industrial que busca garantizar la efectividad en el funcionamiento y aumento en la capacidad de producción de la planta, proporcionando la disponibilidad de los equipos existentes y la conservación de los nuevos equipos, dando inicio a las actividades de mantenimiento preventivo en la F.G.M.

Para tal fin, se realizó inicialmente el diagnóstico del sistema actual de mantenimiento en la empresa y específicamente en la planta de beneficio; posteriormente con el conocimiento de la actividad productiva y recopilación de información técnica de los equipos, se elaboró la codificación y criticidad de los mismos para de esta manera determinar las acciones más pertinentes de mantenimiento a llevar en cada uno.

Con la información técnica proveniente de catálogos, manuales, planos y las conversaciones realizadas con los operarios y mecánicos acerca de las experiencias con los equipos, se elaboró el sistema de información manual con los formatos pertinentes, buscando facilidad y agilidad en su diligenciamiento; se realizaron también los instructivos de mantenimiento con las labores más acordes para evitar estados inadecuados en los equipos; paralelo a esto, se consultaron proveedores nacionales de Sistemas de Mantenimiento Asistido por Computadora, se realizó un análisis de cada programa y se recomendó a la Frontino Gold Mines el software que mas se ajusta a las necesidades y condiciones operacionales de la empresa.

El hecho de que el programa desarrollado involucrara actividades de mantenimiento correctivo, preventivo y productivo total, hizo necesaria la capacitación del personal de la planta acerca de la filosofía del TPM con un intercambio de habilidades entre producción y mantenimiento; también se oriento en el manejo del sistema de información a los involucrados con el equipo.

Con la información recopilada en los formatos se busca entre otras cosas medir la efectividad de las actividades y del programa desarrollado a través de índices de gestión de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo y la máxima disponibilidad de la planta sólo será una realidad en la F.G.M. con el compromiso y apoyo de todos los involucrados con los equipos y trabajando en busca de ese objetivo común.

1. FRONTINO GOLD MINES

1.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Durante siglo y medio la empresa minera Frontino Gold Mines, ha explotado el yacimiento auro-argentífero del Distrito Minero Segovia-Remedios y en general del Nordeste Antioqueño, trayendo con esto progreso y estabilidad no solo a sus trabajadores sino a toda la región; sin embargo actualmente se encuentra en un proceso de Liquidación Obligatoria decretada por la Superintendencia de Sociedades, y a través de la cual se busca normalizar el pasivo pensional y establecer un patrimonio que sea cedido en dación de pago a jubilados y trabajadores por medio de acciones de la empresa como pago a sus acreencias.

El proceso de liquidación de la F.G.M. ha venido paralelamente acompañado de una transformación a nivel de la estructura organizacional de la compañía y del establecimiento de un nuevo régimen jurídico de administración en un proceso revitalizador con miras a la conformación de una nueva empresa y cambiar de Compañía Limitada a Sociedad Anónima.

Este proceso se inició a partir del día primero de septiembre del año 2004, y en sus ya casi 6 meses de acciones administrativas al mando del agente especial de Fiduagraria, ha cumplido varias etapas que ponen a la empresa en las proximidades (6 meses) de su liquidación definitiva y paralelamente de la conformación de la nueva compañía, buscando ser una empresa estable y con múltiples oportunidades laborales y personales.

1.2 RESEÑA HISTORICA

La actividad minera en la región se remonta al periodo precolombino y continúa durante la conquista y colonización española. Los cronistas Juan de Castellanos y Fray Pedro Simon desde finales del siglo XVI, impresionados por la abundancia del metal en la zona, divulgaron al viejo mundo la riqueza que yacía en estas tierras. Después vinieron los Ingleses y luego los Norteamericanos, quienes en distintas épocas aprovecharon la generosidad de la tierra y la de los gobiernos como el de Núñez, quien cedió a perpetuidad desde 1887 a través de la ley 38, la propiedad del suelo y subsuelo de Segovia y Remedios.

El origen de esta empresa data del 21 de abril de 1852, cuando se constituyó la compañía inglesa Nueva Granada. Posteriormente ha recibido diferentes nombres: Frontino and Bolivia Gold Mining Company Ltd. y The Marmajito Mines Ltd.

Alrededor de 1910, la gran corporación norteamericana International Mining Corporation le compró a los ingleses todos sus derechos en la Bolivia and Frontino Gold Mining Company Ltd. y simplificó su nombre a FRONTINO GOLD MINES, emprendiendo así un proceso de modernización tecnológica y administrativa.

A finales del siglo XIX, LA FRONTINO GOLD MINES constituía la segunda empresa más importante del país, y la más importante empresa extranjera, que empleaba a unas 700 personas. Estimulada por una fuerte demanda mundial sobre el oro, la producción Antioqueña y Colombiana del metal aumentó velozmente durante los primeros decenios del siglo XX.

a mediados de 1960, la compañía empezó a experimentar serios conflictos sociales como la gran mayoría de empresas extranjeras en Latinoamérica y

adicionalmente se congeló el precio del oro por varias décadas; esto originó que la empresa, en 1976, iniciara trámites para su liquidación; ante esta situación, los acreedores, básicamente trabajadores y jubilados, se acogieron por mayoría a la figura legal del *Concordato*, aceptando que la administración de la empresa se ejerciera a través de un representante legal y un apoderado nombrados por el antiguo propietario. La formula concordataria se abrió paso y entró en plena vigencia a mediados de 1977. A partir de este momento, los planes, programas y decisiones gerenciales, tanto técnicas como administrativas, han quedado en manos de ejecutivos nacionales. Esta tarea se cumplió exitosamente, dando frutos como los recogidos en 1985 con las primeras producciones de la Mina Providencia y las explotaciones de otras secciones en la Mina el Silencio. A finales de la década de los 90 y debido al repunte favorable del precio del oro y su tendencia al alza, se inició la apertura de la mina Sandra k luego de tres años de exploración en el área, con resultados favorables; actualmente esta mina se encuentra en una etapa intensiva de desarrollo.

Figura 1. Logo Frontino Gold Mines.



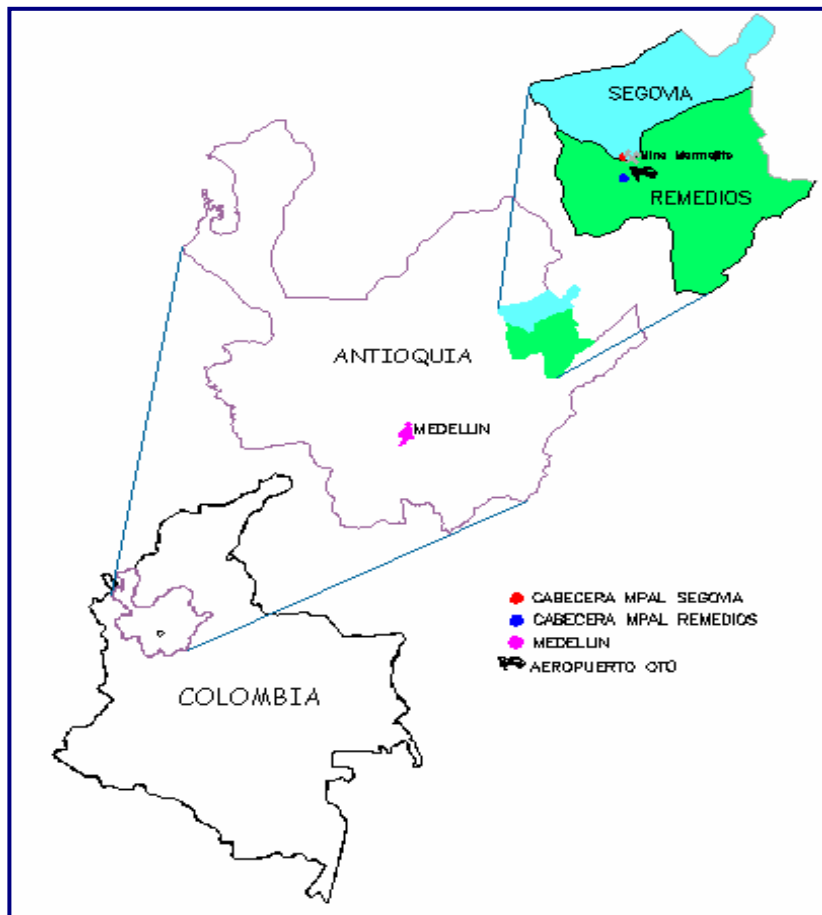
1.3 UBICACIÓN

La empresa F.G.M. se encuentra ubicada en el Alto Nordeste Antioqueño en el Distrito Minero de Segovia –Remedios, sector La Salada, a 110 Km por vía aérea y 229 Km por vía terrestre de la ciudad de Medellín. La altura sobre el nivel del mar es de 650 m.

Ubicada entre los 550 a las 830 msn, con laderas y colinas irregulares y una vegetación de poca capa orgánica.

El territorio Municipal de Segovia – Remedios, se extiende sobre la parte oriental de la cordillera central; limita con los municipios de Zaragoza, Bagre, Sur del Departamento de Bolívar, municipios de Anorí, y Amalfí.

Figura 2. Ubicación de la Frontino Gold Mines.



1.4 ASPECTO CLIMATICO

El clima de la zona, donde se encuentra ubicado el Distrito Minero de Segovia - Remedios es tropical húmedo. La Temperatura varía entre 18°C - 27°C y humedad relativa de 70%. Se caracteriza por ser un clima altamente lluvioso; la precipitación anual es de aproximadamente 2980 mm.

1.5 ASPECTO ECONOMICO

La principal actividad económica de la empresa, y en general de la región, es la explotación y comercio de oro; la empresa Frontino Gold Mines, es la única que produce metales preciosos, oro y plata, y concentrados de plomo de una manera técnica y organizada, garantizando ingresos y prestaciones legales y extralegales sin comparación en la región.

En la actualidad la Empresa cuenta con una planta de personal de 1.057 empleos directos en la región, entre obreros fijos, provisionales, becarios, aprendices, empleados de confianza y personal directivo, distribuidos así:

Personal de Staff:	77 profesionales
Empleados:	96 personas
Trabajadores:	735 personas
Provisionales:	149 personas

Además la empresa sostiene la mesada pensional de más de 1.179 jubilados; del total de este personal se benefician un número muy similar de familias que representan en la actualidad más del 20% de la población segoviana.

1.6 MISION

El día a día que nos encamina a asumir nuestra responsabilidad. La misión de la Frontino Gold Mines, es desarrollar sus proyectos de extracción, transporte, beneficio y comercialización de material aurífero que se

encuentra en los yacimientos avalados por los títulos mineros en los Municipios de Segovia y Remedios, dentro del marco del respeto por el medio ambiente y el desarrollo sostenible, según reza la formula concordataria acordada en el año 1977, entre acreedores, trabajadores y jubilados, y desarrollar programas de bienestar social y laboral que se proyectan y revierten en beneficio de la comunidad.

Figura 3. F.G.M. y la Minería un Proyecto de Sostenibilidad Social.



1.7 VISION

Una mirada al futuro que hemos orientado. En los próximos diez años seremos una empresa cuyo soporte serán los proyectos poli metálicos de las minas Sandra K, Providencia y El Silencio, y demás proyectos de exploración y desarrollo que consolidarán nuestro liderazgo minero en la optimización de las operaciones mineras en el país. Lo anterior generará solidez económica y social en la región y contribuirá con el desarrollo de programas laborales y comunitarios de formación humana, capacitación, desarrollo integral y prevención en salud familiar y social.

Seremos una empresa líder en Antioquia y Colombia en el desarrollo e implementación de políticas de bienestar social y laboral, con el respaldo de la seriedad y cumplimiento que nos distingue, enmarcado en un contexto de desarrollo sostenible.

1.8 VALORES

- **Equidad:** la Frontino Gold Mines, con base en la fórmula concordataria, se constituye en una empresa con el ánimo de generar un beneficio económico y social a sus trabajadores, empleados y jubilados. La distribución de los bienes y beneficios de manera equitativa y sin ambición de una capitalización financiera y recargada a intereses particulares, es la principal razón de ser de la F.G.M., que se ha convertido en el más importante factor de desarrollo económico y social de la región.

La empresa ofrece igualdad de oportunidades a todos sus trabajadores y comunidad en general, sin distinción de raza, clase política, nivel social u origen.

- **Respeto y Tolerancia:** pese a los fuertes conflictos socioeconómicos que ha vivido la región, la imparcialidad de la empresa ha contribuido con una actitud de respeto y equilibrio en torno a las diferencias humanas que han producido crisis de confrontación en la región. Se han asumido de manera tolerante las diferencias en conceptos, intereses y creencias manifestadas por trabajadores, empleados y jubilados.

- **Integridad:** estamos actuando para integrar todos los esfuerzos cotidianos de la administración, de los trabajadores, empleados y jubilados en un sólo potencial de desarrollo económico y social con liderazgo en la región y seguir contribuyendo en el logro de una mejor calidad de vida para todos.

- **Solidaridad y Apoyo:** la compañía F.G.M. es la más grande generadora de empleo en la región y la más solidaria, ya que ha participado económica, técnica y logísticamente en la satisfacción de necesidades de la comunidad.
- **Responsabilidad y Cumplimiento:** la F.G.M. realiza grandes esfuerzos para cumplir responsablemente con las obligaciones contraídas y las metas propuestas. Nuestro cumplimiento es ejemplo de seriedad y respeto.

Figura 4. Foto Personal de Staff de la F.G.M.



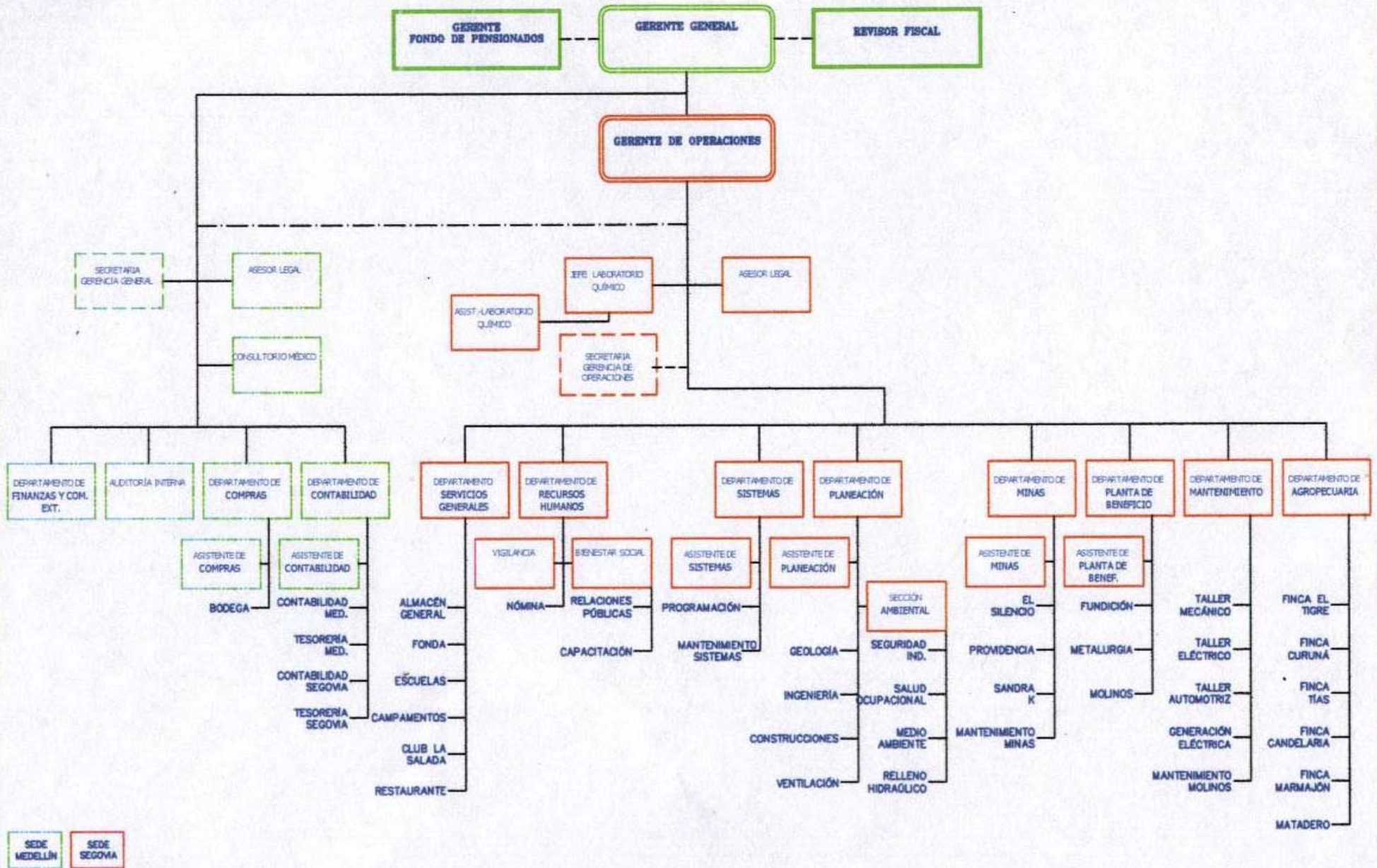
1.9 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

En la figura 5 se observa el organigrama de la F.G.M. donde se puede notar que la empresa cuenta con la sede administrativa en la ciudad de Medellín y la sede de operaciones en el sector de la Salada en el distrito Minero de Segovia-Remedios donde se encuentra entre otras secciones, las diferentes minas, la planta de beneficio, la zona industrial etc.

Figura 5. Organigrama Frontino Gold Mines.



FRONTINO GOLD MINES LTD. ORGANIGRAMA GENERAL



1.10 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.10.1 Objetivo General.

✓ Fortalecer la integración Universidad – Empresa - Estudiante, contemplada en la misión de la Universidad Industrial de Santander, contribuyendo así a la formación integral del egresado, y al aporte útil de soluciones en el área de mantenimiento a las necesidades de la empresa minera FRONTINO GOLD MINES; y a la vez contribuyendo al desarrollo de la industria y la sociedad nacional.

1.10.2 Objetivos Específicos.

✓ Realizar inventario y codificación de los equipos existentes en los procesos de *Trituración* y *Molienda* de la planta de beneficio María Dama.

✓ Realizar el diagnóstico del estado actual de la maquinaria de la planta de beneficio, en los procesos de *Trituración* y *Molienda*.

✓ Elaborar el Sistema de Mantenimiento para los procesos de *Trituración* y *Molienda*, adecuado a las condiciones operacionales de la planta y que involucre Mantenimiento Correctivo y Preventivo.

✓ Contemplar las siguientes fases del Mantenimiento Productivo Total: desarrollo de un Programa de Mantenimiento Preventivo, Capacitación a los Operarios para que ellos presten los primeros auxilios de Mantenimiento, Definición de los módulos necesarios para un Sistema de Información.

✓ Diseñar y definir los formatos necesarios en un Sistema de Información adecuado, tales como fichas técnicas, hojas de vida, órdenes de

trabajo y listas de chequeo; de la maquinaria de los procesos de *Trituración y Molienda* que permitan controlar las actividades propuestas en el plan de mantenimiento.

- ✓ Desarrollar las memorias e instructivos para poder llevar a cabo la implementación del Programa de Mantenimiento propuesto.

1.11 METODOLOGIA DE DESARROLLO

La elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para los procesos de Trituración y Molienda de la Planta de Beneficio María Dama de la empresa Minera FRONTINO GOLD MINES, busca hacer realidad la ejecución programada y planeada del mantenimiento y de esta manera evitar las paradas de emergencia que afectan el planeamiento de producción disminuyendo la calidad del producto final y la recuperación del oro, busca también mantener en la mayor disponibilidad y en condiciones operacionales adecuadas los equipos que hacen parte de estos procesos. Se escogió la planta de beneficio por ser la sección con mayor maquinaria, buscando ser el punto de partida para la implementación del mantenimiento preventivo en todas las secciones de la empresa.

Se proyectó un programa de mantenimiento claro, sencillo y concreto que abarca consigo actividades de mantenimiento correctivo, preventivo y algunos aspectos de TPM, específicamente aquellos que involucran la participación de los operarios de la maquinaria con las operaciones básicas de mantenimiento, así como también la definición y el manejo de los formatos y actividades del sistema de información necesarios para garantizar un control de la gestión de mantenimiento, estableciendo planes y rutinas que desarrollan las acciones mas pertinentes y adecuadas aportando beneficios en la disponibilidad de los equipos y reflejándose en un excelente

estado de la planta, aumentando su producción y protegiendo la inversión de nueva maquinaria; mejorando de esta manera considerablemente la gestión y las condiciones actuales del mantenimiento.

Para probar la importancia y urgencia de la elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo en la Planta de Beneficio María Dama, se realizó inicialmente el diagnóstico del sistema actual de mantenimiento empleado en la empresa, tomando como primera medida índices que califican la necesidad del Mantenimiento Preventivo y realizando a detalle un estudio de diferentes aspectos que evidenciaban las muchas debilidades y pocas fortalezas del mantenimiento en la empresa.

Como primer paso para lograr la elaboración del plan, se observó y estudió en detalle la actividad productiva de la Planta de Beneficio María Dama, para de esta manera entender la importancia que tiene cada proceso en la recuperación y tratamiento de los minerales preciosos; posteriormente se hizo énfasis especial en los procesos de Trituración y Molienda, ordenando e inventariando la totalidad de los equipos de estas áreas; se realizó en acuerdo con el personal del departamento de mantenimiento de la empresa, la metodología de codificación acorde a las condiciones operacionales propias, y así se procedió a realizar la codificación de los equipos de estos procesos. Esta metodología de codificación se empleará en la codificación de la maquinaria restante de la planta de beneficio y demás instalaciones de la empresa; la elaboración de este paso permitió establecer la cantidad y clase de equipos que hacen parte del proyecto.

Se realizó recopilación de la información técnica de diferentes fuentes, que junto con datos tomados directamente de la maquinaria, permitieron la elaboración de las fichas técnicas de los equipos, las cuales son de gran

ayuda para tener información concreta y a la mano de los datos técnicos y de operación para la ejecución de futuros mantenimientos; esta labor fue una de las más largas y tediosas, debido a la falta de información existente y a las condiciones operacionales de la planta, ya que para poder hacer mediciones era necesario encontrar el corto espacio en el que el equipo estuviera fuera de funcionamiento.

Con la información técnica previamente elaborada, se procedió a realizar un análisis de criticidad por equipo que sirvió de base para diferenciar los equipos críticos a los que está enfocado el plan de mantenimiento preventivo, dejando por fuera equipos no críticos, que se pueden mantener con actividades de mantenimiento correctivas.

Se realizó el diseño del sistema de información manual, con la elaboración de formatos, que sirvieran para un adecuado control y registro de las labores de mantenimiento planeadas en cada máquina, con estos formatos se buscó facilidad en el diligenciamiento y en la cantidad adecuada para no saturar las labores del personal; paralelamente con la información técnica, la selección de los equipos y la ayuda del personal de mantenimiento de la planta, se procedió a realizar los instructivos de mantenimiento, basados en la identificación de las fallas y la frecuencia de estas, determinando las labores oportunas de mantenimiento que permiten evitar cada uno de estos estados inadecuados; elaborando de esta manera la programación de mantenimiento preventivo por equipo.

En búsqueda de mejorar el rendimiento del mantenimiento en la F.G.M. y estar acorde a los avances tecnológicos, se consultaron diferentes proveedores nacionales de Sistemas de Mantenimiento Asistido por

Computador, basados en criterios que determinan la conveniencia de selección de un software de mantenimiento, se realizó un estudio y análisis del programa más adecuado para las condiciones de la empresa, ajustable al sistema de codificación y de información diseñado en la Planta de Beneficio; con este estudio, se procedió a recomendar a las directivas de la empresa la adquisición del Sistema de Mantenimiento Asistido por Computador más idóneo en pro de mejorar considerablemente las actividades de mantenimiento.

La vinculación de los operarios de los equipos en las actividades de mantenimiento del mismo, a través de labores básicas de inspecciones y brindando los primeros auxilios en caso de averías, se trabajó brindándole a todo el personal de la planta de beneficio, desde los operarios, hasta el jefe de María Dama, charlas de capacitación acerca de la filosofía del mantenimiento productivo total TPM y capacitaciones de intercambio de conocimientos y roles con los mecánicos de la planta.

El programa de mantenimiento preventivo está basado en la ejecución de inspecciones, ajustes o reparaciones y tareas de lubricación periódicas y basadas en la programación realizada en el plan de mantenimiento estructurado, con el fin de prevenir posibles fallas que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos, afectando su disponibilidad o daños mayores que afecten la vida útil de los mismos.

el sistema de mantenimiento propuesto, a través de sus formatos abarca información de repuestos, materiales, mano de obra y tiempo de ejecución de las actividades, personal encargado de ejecutarlo, entre otras; esto con el propósito de tener indicadores que permitan medir la eficiencia de las labores de mantenimiento a través de los principales indicadores de gestión.

Finalmente se implementó el plan de mantenimiento en su etapa inicial, dando a conocer el programa y orientando en el manejo del sistema de información a todo el personal relacionado con el equipo en la planta de beneficio, involucrando desde la administración, contando con el jefe de la planta de beneficio y el director del departamento de mantenimiento, el personal de mantenimiento y los jefes de turno; con esto se evaluó el programa tomando como modelo para presentación en la empresa y diligenciamiento de los formatos, el equipo más crítico de la planta de beneficio, llevando un control y registro sobre las actividades ejecutadas en él durante el último mes de la práctica.

2. PROCESO DE EXTRACCION Y TRATAMIENTO DEL ORO

2.1 GENERALIDADES

Las actividades mineras de la Frontino Gold Mines, se encuentran dentro del batolito de Segovia, que data del Jurásico, con una composición de variaciones de Cuarzo - Monzoníticas y variaciones locales de Diorita, Cuarzo-diorita horbléndica y Grano-diorita. El yacimiento se califica como hidrotermal, con un sistema de vetas dominadas por vetas madres o principales.

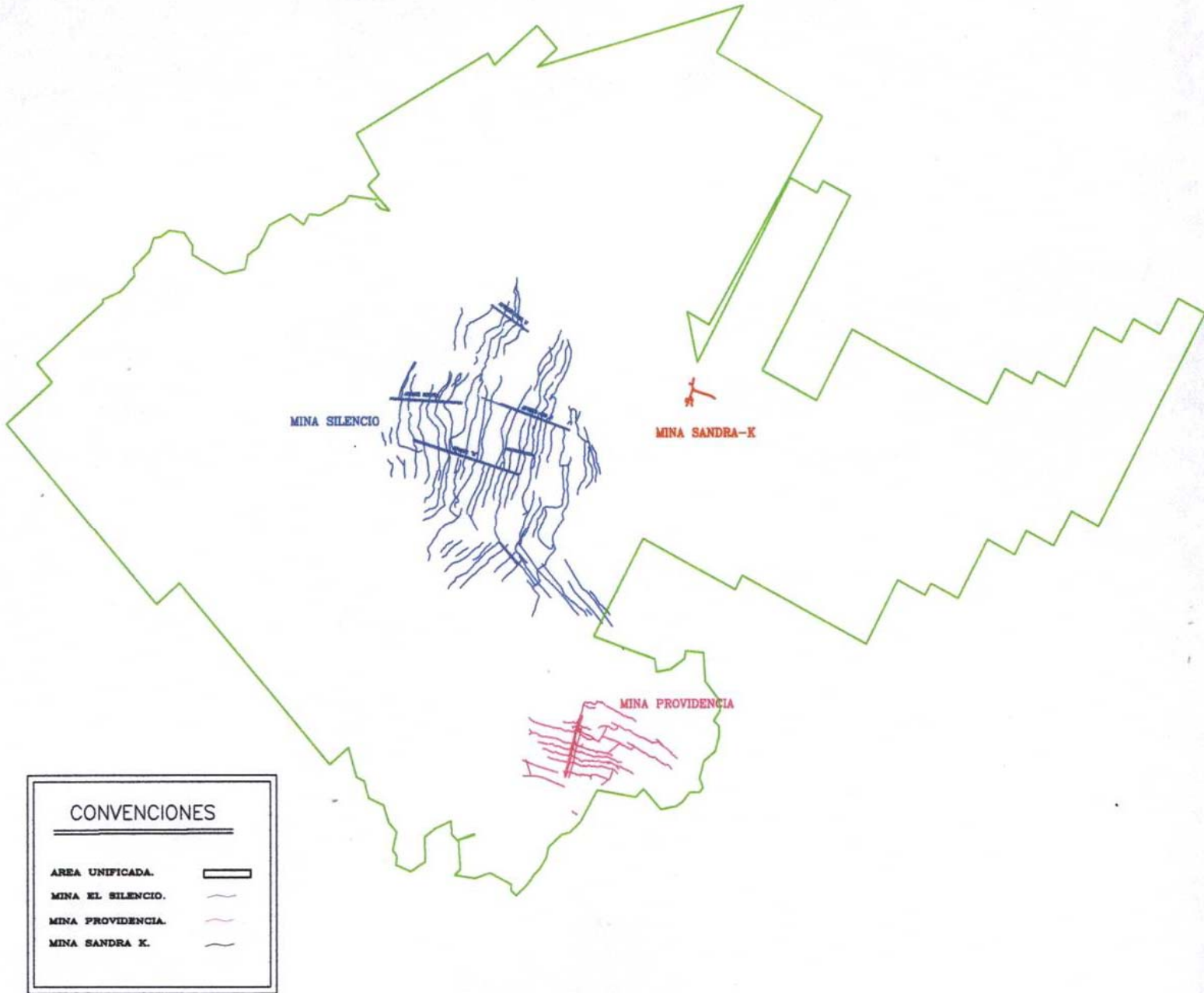
La empresa cuenta actualmente con tres minas activas: la mina El Silencio, que es por su extensión, rumbo y profundidad, considerada la mina subterránea más grande de Colombia y una de las más profundas de Sur América; La mina Providencia base del sostenimiento de la empresa en este momento por su gran riqueza y la mina Sandra K, la más reciente mina en explotación de la empresa.

2.2 DESCRIPCION DE PROCESOS EN LAS MINAS

2.2.1 Exploración. Para las actividades de exploración en superficie, se cuenta con el apoyo del departamento de geología y la empresa tiene en su poder tres taladros de diamantes cuyas referencias son:

- ✓ DIAMEC 230E = 300 m de profundidad
- ✓ DIAMEC 251E = 500 m de profundidad
- ✓ DIAMEC 262D = 1000 m de profundidad

Figura 6. Plano de Ubicación Propiedades Mineras F.G.M.



La exploración al interior de las minas es realizada por varios métodos, entre ellos:

- ✓ Perforación con Taladro Diamantino
- ✓ Muestreo en guías, tambores y conducciones
- ✓ Ensaye químico de las muestras
- ✓ Manejo de software Geoestadísticos y Autocad, utilizados en la generación de planos y cálculo de los recursos del yacimiento.

Todo esto con el objetivo de encontrar la veta madre por la que pueda realizarse satisfactoriamente un proceso de explotación, considerando que el desarrollo de las minas empieza por el apique y en dirección del buzamiento de la veta principal.

2.2.2 Explotación. La explotación se realiza de manera selectiva, resultando en un método de cámaras y pilares de forma irregular; el principio básico de este sistema es el de mantener la estabilidad de la excavación subterránea, producto de la explosión, mediante pilares distribuidos irregularmente en el espacio de arranque. En sectores con leyes altamente atractivas, la rata de recuperación aumenta y con esto, también el espacio abierto derivado de la extracción; en este caso, es necesario recurrir al uso de elementos adicionales de sostenimiento, tales como canastas en madera o muros en concreto reforzado.

- **G = Guías o Niveles.** Son labores que avanzan siguiendo la dirección del filón con una sección promedio de 2,30 m. x 2,20 m. (base x altura) pendiente aproximada del 1%. En general se identifican como niveles 1, 2, 3...n, construidos cada 55 m a partir de la clavada principal; además de ser labores principales de desarrollo se utilizan para transporte y ventilación.

- **X = Cruzada.** Labores de sección y pendiente similar a las guías, avanzadas por estéril con el propósito de comunicar guías o niveles con pozos o tolvas de almacenamiento provisional, el de orientar niveles o guías, el de hacer la recuperación de la veta que ha sido desplazada por una falla geológica y el de tener acceso a otra veta.

Figura 7. Explotación Selectiva.



- **C = Clavada, Apique o Inclinado.** Se avanzan siguiendo la dirección del buzamiento de la veta (28°) con una sección de 5,00 m. x 3,00 m. Aproximadamente cada 55 m en dirección del apique se emboquilla a ambos lados de éste, los niveles o guías se utilizan como medio de desarrollo y preparación de la mina.
- **T = Tambores.** Representan las labores de preparación que se avanzan desde un nivel inferior hasta el nivel inmediatamente superior, con una sección de 2,00 m. x 1,80 m.

- **D = Diagonal o Conducción.** Hacen parte de las labores de explotación con una cara libre, las cuales se avanzan con una sección de 2,00 m. x 1,80 m.
- **Z = Zapas.** Son las uniones transversales entre dos diagonales, terminan la estructura de pilares irregulares y avanzan con una sección de 2,2 m. x 2 m.
- **P = Pilar.** Formación de pilares irregulares por el tipo de explotación utilizado.

2.2.3 Secuencia de Explotación.

- **Perforación.** Realizado por medio de equipos de perforación manual, en máquinas “TOYO 260” o similares, con un consumo de 160 cfm a 90 psi de presión. Las perforaciones son realizadas en las frentes activas; siendo en avance para frentes de desarrollo como guías, tambores, cruzadas o apiques y a dos caras libres en frentes de producción.
- **Voladura.** Realizada utilizando Indugel Plus AP, como carga de fondo y como medio de iniciación se utiliza cordón detonante, detonadores no eléctricos y mecha lenta con fulminante de seguridad.
- **Sostenimiento de las Labores Mineras.** Para el sostenimiento se utilizan canastas en maderas, tacos perpendiculares a la aplicación de la carga, estructuras metálicas, muros de cemento, y/o puertas alemanas en madera y en rieles.

Figura 8. Foto Labores Mineras.



2.2.4 Sistema Hidráulico en el interior de la Mina. El sistema consiste en captar todas las aguas de la mina en los lugares más estratégicos, donde se construyen tanques colectores que son alimentados aprovechando la fuerza gravitacional, y posteriormente mediante el uso de bombas, que pueden ser de pozo verticales multietapas, bombas horizontales multietapas y bombas pequeñas de asistencia; elevar estas aguas escalonadamente a otros depósitos localizados en niveles superiores, y así sucesivamente hasta llevarlos a superficie. El caudal de agua que es necesario evacuar con el fin de mantener la mina en condiciones para poder trabajar es en el caso de la mina El Silencio de 800 gpm aproximadamente, 600 gpm como aproximación para la mina Providencia, y para la mina Sandra K, aproximadamente 150 gpm.

2.2.5 Sistema de Ventilación. Este proceso es fundamental en las labores mineras, porque permite la entrada de aire fresco al interior de las minas. Esto significa que el aire debe barrer todos los frentes activos de la mina, con el fin de llevar fuera los contaminantes perjudiciales de la salud,

manteniendo la composición del aire interno muy semejante al aire exterior; de la calidad del aire depende la seguridad del personal, la productividad y el rendimiento, además de mejorar y mantener adecuadamente el funcionamiento de la maquinaria y equipos.

2.2.6 Traslado de Mineral Aurífero. Este transporte comprende todas las instalaciones, mecanismos y disposiciones para mover el material aurífero y los estériles.

- **Transporte en Tambores y Cámaras.** La carga resultante de estas labores no rueda a través del plano inclinado de la veta en la mayoría de los casos, por lo que es necesario emplear un mecanismo para mover este material hasta la tolva de nivel ubicado sobre la guía en la parte inferior del bloque. En los frentes de explotación se utilizan sistemas de arrastre de carga pendiente abajo mediante rastrillos movidos por cable, accionado por un malacate de doble tambor conocido como azadón.

- **Transporte en Guías.** En las guías y cruzadas se utiliza para el movimiento del mineral coches de 2 toneladas de capacidad, halados por máquinas de transporte o locomotoras. Para el cargue del mineral en las frentes de las guías y cruzadas son usadas palas neumáticas.

- **Transporte en Apiques.** Para izar el mineral de los diferentes niveles es necesario utilizar una elevadora de mineral con barriles o skip con capacidad de 2, 3 ó 3.5 toneladas.

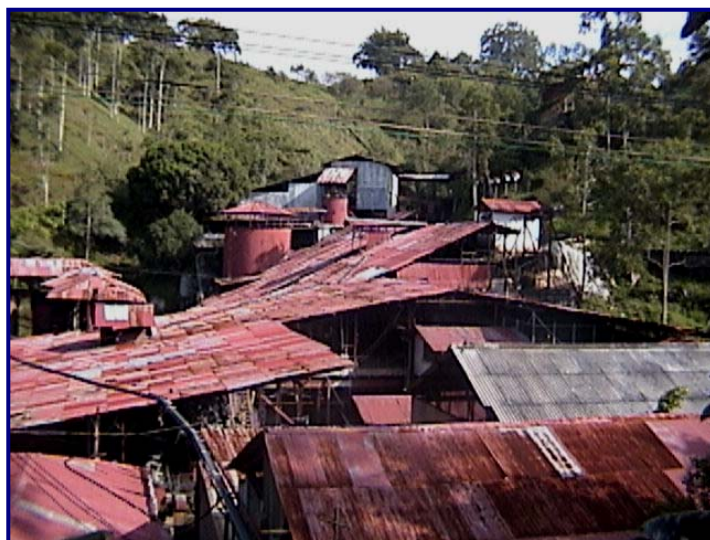
Para la limpieza o avance del fondo del apique, se utiliza como medio elevador del mineral la rezagadora. La carga o mineral proveniente de las minas es llevada en volquetas Superbrigadier de 25 toneladas hasta las tolvas de gruesos de la planta de beneficio.

Figura 9. Foto Transporte en Niveles.



En la planta de beneficio María Dama se lleva a cabo el proceso hidrometalúrgico de procesamiento del mineral y fue el lugar donde se desarrolla el proyecto.

Figura 10. Planta de Beneficio María Dama.



2.3 GENERALIDADES DEL MINERAL

2.3.1 Características del Mineral. La composición del mineral que es procesado en la planta de beneficio María Dama, determina los procesos hidrometalúrgicos que allí se efectúan, y para una posterior comprensión de estos procesos, es importante conocer el mineral, teniendo ciertos conocimientos básicos de mineralogía como: la ley del mineral en función de los minerales de valor, el tamaño de grano de los minerales, las combinaciones de los minerales presentes, la presencia de cantidades menores de minerales potencialmente valiosos y la forma y asociación de los minerales.

El mineral proveniente de las distintas minas que explota la empresa, proviene del filón aurífero (veta), compuesto básicamente por cuarzo lechoso, que llega a constituir hasta el 85% de la veta y sulfuros entre el 3%-13%, sulfuros como galena, pirita, esfalerita y calcopirita; siendo la pirita el sulfuro que se encuentra en mayor proporción.

El oro y la plata se encuentran en pequeñas inclusiones en la matriz cristalina de los sulfuros y en forma diseminada en partes selectivas de la veta.

2.3.2 Caracterización de los Componentes del Mineral.

- **Pirita.** Nombre genérico que se aplica con mucha frecuencia a los sulfuros de hierro, de color amarillo, presentes en casi todos los filones auríferos. La pirita de hierro contiene pequeñas cantidades de níquel, cobalto y cobre, y es empleada industrialmente para la obtención de ácido sulfúrico y sulfato de hierro.

- **Calcopirita.** También llamada pirita de cobre, por su color se parece al oro y engaña fácilmente a los inexpertos, siendo común en algunos filones auríferos, se distingue de la pirita por ser más blanda y del oro por su menor densidad y sobre todo, porque al impactarle se vuelve polvo y el oro en cambio se deja laminar, propiedad que se conoce como ductilidad.
- **Esfalerita.** Corresponde al sulfuro de zinc; tiene brillo no metálico, es incolora cuando es pura y generalmente de color amarillo, castaño o negro, haciéndose más oscura a medida que aumenta el contenido de hierro.
- **Galena.** Llamada también sulfuro de plomo, aparece con frecuencia en los minerales de oro y plata aunque en menor cantidad que la pirita; es quebradiza, de color gris plomo y brillo metálico reluciente. Prácticamente es la única fuente de plomo y una importante mena de plata.
- **Cuarzo.** De los minerales el más próximo a un compuesto químico puro con propiedades físicas constantes; existen una gran variedad de cuarzos. La textura del cuarzo es muy variable, granulosa como azúcar, liso y compacto como el vidrio y su principal característica es su dureza; Generalmente es incoloro o blanco. Es la ganga universal del oro, y es muy raro encontrar un filón de este metal que no lo contenga.
- **Oro.** Aparece en la naturaleza diseminado en pequeñas cantidades; se halla corrientemente en filones relacionados con rocas ígneas de tipo silíceo. La principalmente fuente de oro son los filones hidrotermales de cuarzo y oro, donde junto con la pirita y otros sulfuros, fue depositado por soluciones minerales ascendentes que lo contenían. En la mayoría de filones, el oro está tan finamente dividido y distribuido de una forma tan uniforme, que su presencia no puede ser detectada por simple inspección y se recurre entonces a un estudio geológico para predecir su buzamiento. El

oro está mezclado mecánica y no químicamente con los sulfuros; posee un color que varía en diferentes tonalidades de amarillo, dependiendo de su pureza, haciéndose más pálido al aumentar el porcentaje de plata presente; es maleable y dúctil. La pureza o *Ley* del oro se expresan en partes por millón, funde aproximadamente a 1063 °C y es soluble en agua regia.

- **Plata.** La plata nativa está extensamente distribuida en pequeñas cantidades, principalmente en la zona de oxidación de los depósitos minerales. Es maleable, dúctil y de brillo metálico.

2.4 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS EN LA PLANTA DE BENEFICIO MARIA DAMA

La planta de beneficio María Dama es la sección donde se realiza el proceso hidrometalúrgico al que es sometido el mineral provenientes de las minas El Silencio, Providencia y Sandra K para extraerles la mayor cantidad de valores de oro y plata posible y concentrados de sulfuros de plomo.

La capacidad actual de la planta es de 450 toneladas / día, actualmente se está trabajando en el montaje de nuevos equipos; inicialmente un Grizzli vibratorio, que es un clasificador por vía húmeda para hacer una selección previa de los minerales, también se instalará un Jig Duplex de mayor capacidad; su objetivo es incrementar el tonelaje de mineral a procesar entre un 15% y 18% y con esto aumentar la capacidad de procesamiento alrededor de 600 toneladas/día de mineral. Posteriormente se hará el montaje de una trituradora de conos de cabeza corta y con esta aumentar la capacidad de la planta por el rango de 800 – 1200 toneladas/día de mineral.

El proceso de beneficio de oro a través de cianuración, que es el método que utiliza la F.G.M., cuenta con varias actividades hidrometalúrgicas como Recepción, Trituración, Molienda, Clasificación, Almacenamiento, Flotación Bulk, Remolienda, Precipitación, Flotación de plomo, Secado de plomo y finalmente Fundición.

La descripción de los procesos se hace siguiendo la división por zonas realizada en la codificación de los equipos...Véase el numeral 4.2...

2.4.1 Recepción. El mineral proveniente de las minas es transportado a las tolvas de la planta de beneficio en volquetas Chevrolet Súper-brigadier. La recepción se realiza en una zona llamada Tolvas, donde se pesan las volquetas; el mineral es almacenado temporalmente en la tolva de gruesos que corresponda a la mina de su procedencia, ya sea la tolva de El Silencio y Sandra K con capacidad de 300 toneladas o la tolva de gruesos de Providencia con capacidad de 250 toneladas. Las tolvas cuentan con una estructura inclinada en su desembocadura para descargar el material a la banda transportadora No. 1 que es la encargada de llevar el mineral hacia el proceso de trituración.

Figura 11. Descargue de Volquetas en Tolvas de Gruesos María Dama.



2.4.2 Trituración. El material proveniente de las tolvas de gruesos, es alimentado a las Trituradoras de conos Jaques HJTY (una en stand by) a través de la banda No.1 de 36" de ancho, esta banda cuenta con un detector de metales eléctrico que permite sacar del circuito objetos ferrosos. La trituración se realiza por medio seco y se reduce el tamaño desde una alimentación de 10"-12" y con un contenido de humedad del 5%, hasta un tamaño aproximado de 5/8".

Figura 12. Trituradoras de Conos Jaques.



El material que ha sido triturado es descargado a la banda No.2 ó No.3 dependiendo de si la trituradora que esta trabajando es la Trituradora 1 ó 2 respectivamente; estas bandas llegan a un cajón común que alimenta una banda transportadora No.4, que es la encargada de transportar el mineral hacia el clasificador vibratorio Niagara.

Las trituradoras trabajan en circuito cerrado con el Niagara, el cual realiza la primera clasificación por tamaños del mineral, la descarga de gruesos de la vibradora (+ 5/8 de pulgada) retorna a la trituradora de cono y la descarga de finos (- 5/8 de pulgada) pasa a constituir la alimentación del proceso de molienda.

Los finos del clasificador son transportados a una tolva de finos de transferencia a través de la banda transportadora No.5; esta tolva posteriormente a través de las bandas No. 6 para las minas El Silencio-Sandra K y No.6A para la mina Providencia, descarga el mineral para ser almacenado en sus respectivas tolvas de finos.

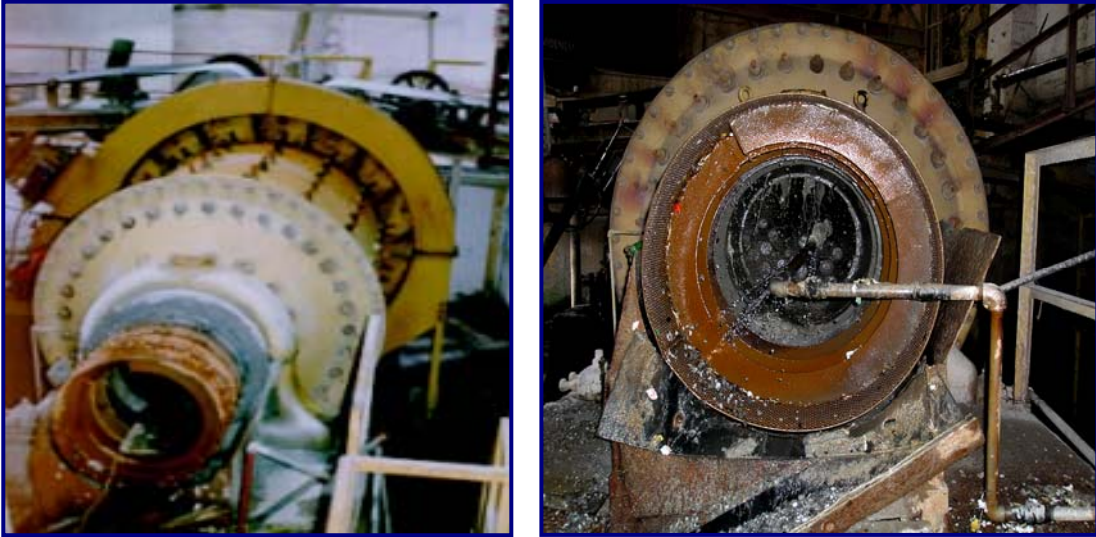
Figura 13. Clasificador Vibratorio Niagara – Tolva de Finos Providencia.



2.4.3 Molienda. La etapa de Molienda, comienza con la descarga de las tolvas de finos en las bandas transportadoras No. 7 Mina El Silencio y Sandra K y las bandas No.7A y No. 8 Mina Providencia; las cuales son las encargadas de transportar el mineral hacia el molino de barras que es uno de los equipos mas importantes de la planta y su función es realizar la molienda primaria en vía húmeda, debido a que en la entrada del molino de barras hay una adición constante de agua.

A la pulpa de salida del molino de barras con un tamaño aproximado del 40% a - 48 mallas, se le hace un muestreo por medio de un ensayero automático, esta muestra se usa para realizar análisis químicos (Au y Ag) y granulométricos diariamente en el laboratorio.

Figura 14. Molino de Barras.



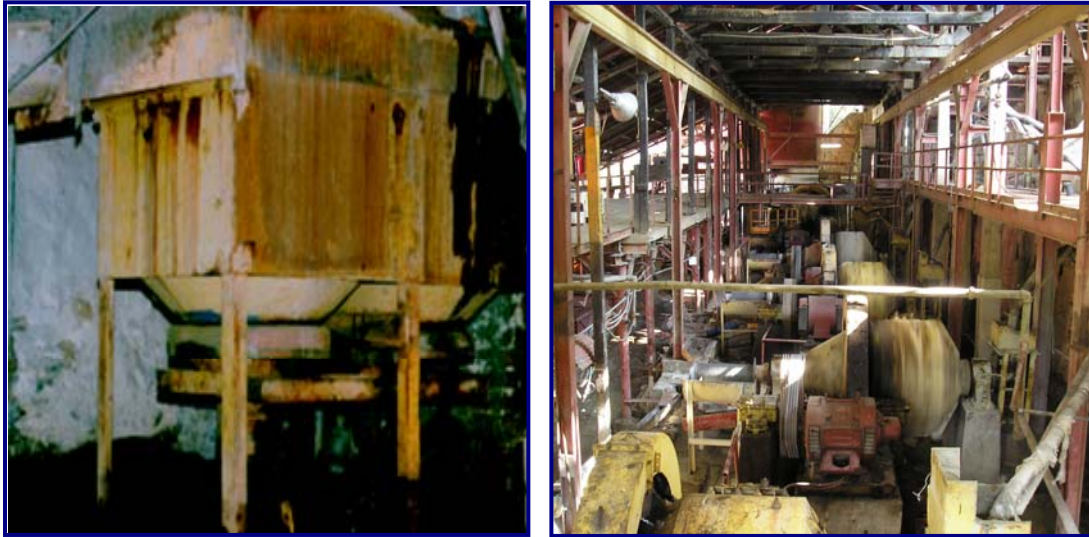
El material resultante de la molienda primaria, alimenta un concentrador gravimétrico Jig Pan American Duplex, donde se hace una clasificación por estratificación según gravedades específicas; dando como resultado por una parte sulfuros o concentración rica y por otra parte arenas o concentración gruesa.

Los sulfuros resultantes, a través de una bomba centrífuga Denver 3" x 3" pasan a un cajón donde se unen con la salida de la flotación bulk y pasan a la etapa de remolienda.

El rebalse de la Jig o gruesos son impulsados por una de las dos bombas centrífugas Wilfley K5 (una en stand by) hacia los hidrociclones Krebs D20B en paralelo donde se realiza una clasificación centrífuga donde el material grueso o Under flow pasa a los molinos de bolas, encargados de realizar la molienda secundaria; la planta cuenta con 5 molinos de bolas uno de los cuales esta en stand by, debido a que la producción solo requiere 4 molinos en funcionamiento constante, la reducción en los molinos de bolas es aproximadamente del 40% a malla 100; el canal de salida de los molinos de bolas alimentan nuevamente esta pulpa al concentrador gravimétrico Jig, constituyendo así el circuito cerrado de molienda. Los finos de los

hidrociclones u Over flow van al acondicionador de arenas Denver, para luego pasar a las celdas de flotación bulk.

Figura 15. Jig Pan American Duplex – Molinos de Bolas.



2.4.4 Clasificación. En si existen varios procedimientos de clasificación, a lo largo de todo el proceso hidrometalúrgico de extracción del oro, estos trabajan en circuitos cerrados con otros procesos. Los equipos pertenecientes a clasificación son:

- ✓ El clasificador vibratorio Niagara, con una clasificación por tamaños a través de sus tamices y la vibración del equipo.
- ✓ El clasificador gravitacional Jig Pan American, que realiza una clasificación en medio húmedo por estratificación de gravedades.
- ✓ Los hidrociclones que realizan una clasificación de partículas finamente diluidas a través de la aplicación de fuerzas centrífugas.

Figura 16. Diagrama Circuito de Recepción y Trituración.

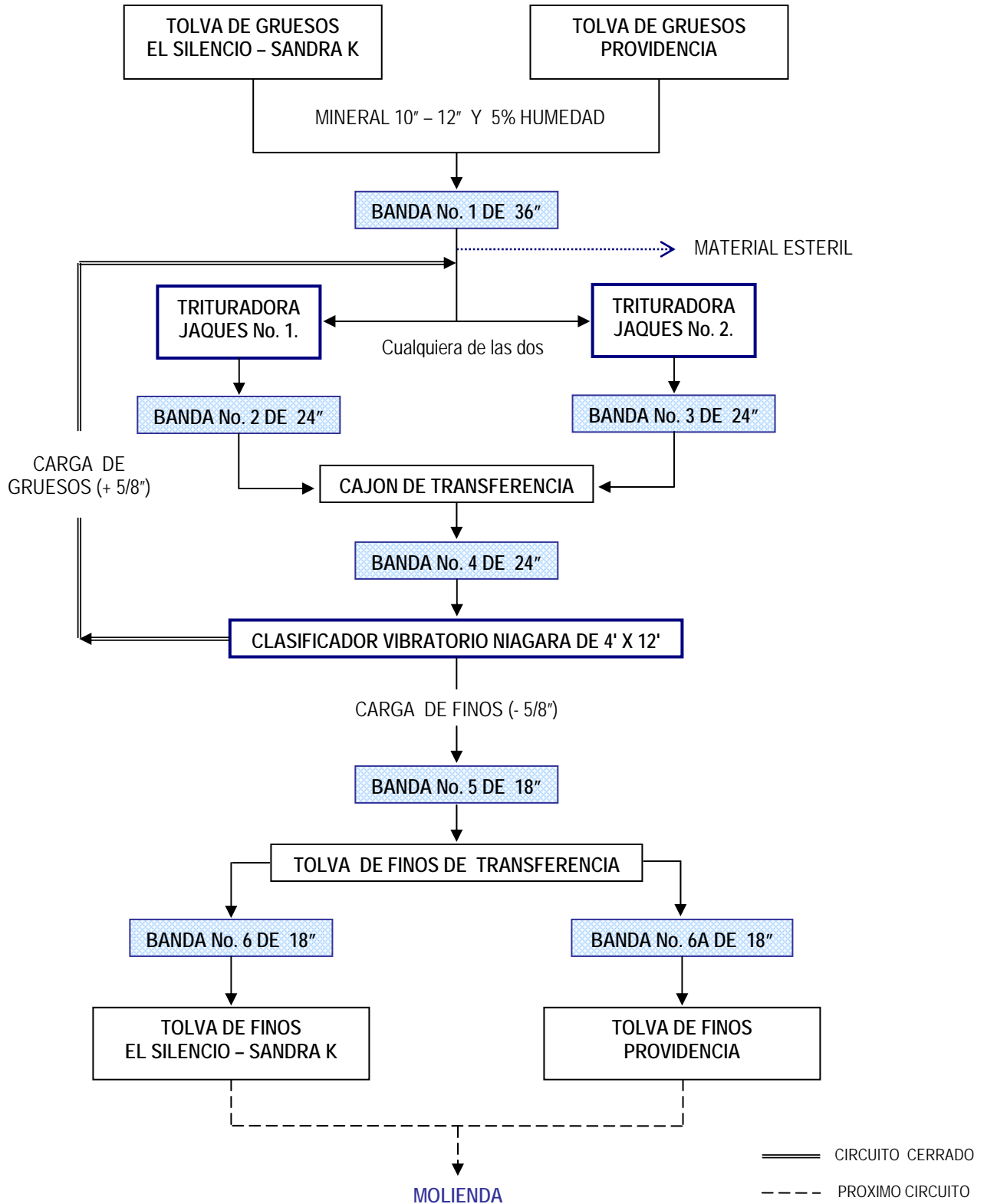
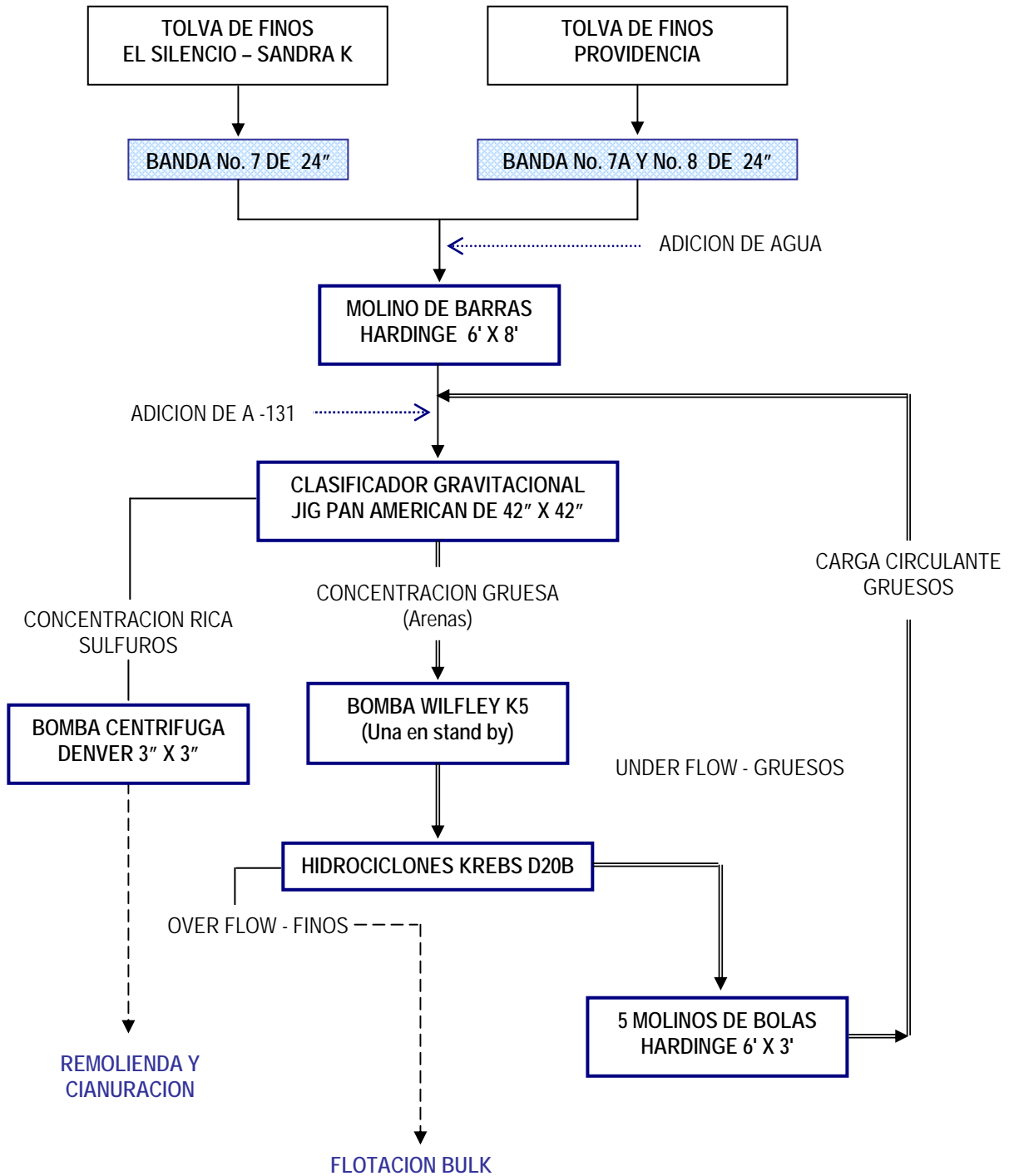


Figura 17. Diagrama Circuito de Molienda.



2.4.5 Almacenamiento. Los equipos pertenecientes al proceso de almacenamiento los constituyen las tolvas que descargan mineral, que almacenan mineral, tales como las tolvas de finos y los shut de transferencia que encontramos a lo largo de producción.

2.4.6 Flotación Bulk. La flotación consiste en un proceso de separación de materiales que tienen las mismas características, esta se efectúa en pulpas acuosas por medio de burbujas de gas, aprovechando las propiedades hidrofóbicas e hidrófilicas de las partículas de mineral.

Para realizar la concentración de sulfuros finos con alto contenido de oro, plata y con sulfuros de plomo (flotación bulk), la pulpa que sale del rebalse de los ciclones primarios, es llevada hasta un acondicionador de arenas Denver de tipo abierto donde se agregan reactivos y acondicionadores que realizan la función de colectores, espumantes, modificadores, reguladores de ph entre otros; los reactivos líquidos se agregan con alimentadores de vaso.

Tabla 1. Reactivos de Flotación Bulk.

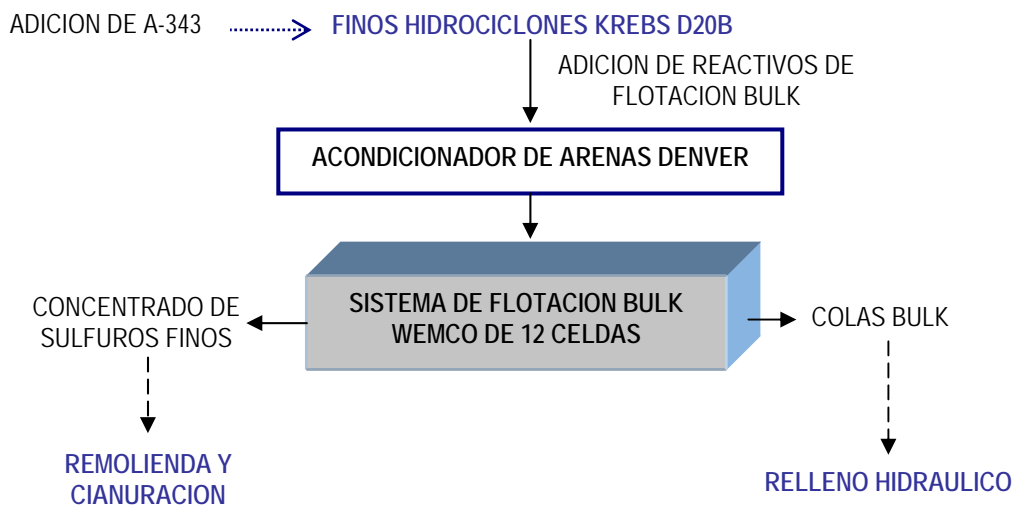
REACTIVO	NOMENCLATURA	PROPIEDAD	COMPOSICIÓN	DOSIFICACIÓN lb. /ton mineral
Aeroxantato	A – 343	Colector	Isopropil xantato de sodio	0,032
Aerofroth	ER – 370	Espumante	Glicol polipropileno	0,001
Aerofloat	A – 131	Promotor	Ácido atiloditio fosfórico	0,086
Soda	Na ₂ CO ₃	Regulador de pH	Carbonato de Sodio	0,216

La carga del acondicionador es impulsada por una bomba interna de aire a un sistema de flotación de 12 celdas Wemco repartidas en 2 secciones de igual cantidad.

Figura 18. Celdas de Flotación Bulk – Adición de Reactivos.



Figura 19. Diagrama Circuito de Flotación Bulk.



2.4.7 Remolienda. Los concentrados de sulfuro, oro y plata pasan a un circuito cerrado de remolienda y clasificación con el objetivo de liberar completamente los metales preciosos de los diferentes sulfuros.

El concentrado de la flotación bulk se une con el concentrado del Jig y pasan a un hidrociclón Krebs de 10", en este se extrae por la descarga de finos del ciclón la mayor cantidad de agua posible que haya sido usada en el proceso anterior, para ser enviada al espesador No.3, donde se decantan los sólidos con la adición de cal y un floculante llamado Superfloc 1820-A; el rebalse de éste espesador, con algún contenido de finos, es reincorporado a la salida del circuito de remolienda para recuperar los contenidos de oro y plata. La descarga de gruesos del ciclón inicia su contacto con el Cianuro de Sodio NaCN que permite que se efectúe la disolución continua de oro y plata y alimenta al remolador Allis Chalmers que es un molino de bolas más pequeño, para una molienda más fina; así se obtiene finalmente una partícula con un tamaño adecuado de 85% a – 325 mallas, para el proceso de cianuración del mineral y ser bombeados junto con la pulpa del espesador No.3 a un segundo ciclón Krebs de 6", cuyo rebalse u over flow va al espesador No. 4 (primer espesador), donde se recupera la primera solución rica en oro y plata. El under flow o gruesos del hidrociclón, constituye el circuito cerrado de remolienda.

Posteriormente el concentrado del espesador No. 4 es enviado a un agitador, este agitador descarga a un espesador (segundo espesador), en donde se recupera el resto de solución rica en valores de oro y plata. La pulpa de éste espesador es enviada a otro agitador que descarga en un nuevo espesador. Finalmente, la pulpa pasa a otros dos espesadores que trabajan en serie, en un continuo proceso de agitación-espesamiento que es el que permite la concentración del mineral valioso.

El último espesador ya ha disuelto la mayor cantidad de oro (90%) y plata (27% - 31%) y por lo tanto los lodos de este proceso, se llevan a un acondicionador para la flotación de sulfuros de plomo.

Figura 20. Remoedor – Espesadores- Agitadores.



2.4.8 Flotación de Plomo. Es un método de concentración de minerales sólidos finamente divididos, que en la planta de beneficio se utilizan para obtener el concentrado de galena como producto secundario. Las colas sólidas del último espesador No. 5 son llevadas hasta un acondicionador Wemco donde son agregados los reactivos para adaptar la partícula y homogeneizar la pulpa.

La descarga del acondicionador alimenta una planta de flotación de 10 celdas, el concentrado es depositado en una tina para su decantación, eliminación de agua y posterior secado.

Tabla 2. Reactivos de Flotación de Plomo.

REACTIVO	DOSIFICACIÓN (lb. / ton)
Cal	1,000
Sulfato de zinc (depresor de la esfalerita)	0,075
Aeroxantato (A – 343)	0,045
Aerofroth (ER – 370)	0,001
Soda	0,009

2.4.9 Secado de Plomo. El concentrado depositado en la tina después de un período de 15 días es secado en un horno rotativo que usa A.C.P.M. como combustible, a razón de cuatro galones por hora; y se realiza a través de un quemador para pulverizar este combustible y la inyección de aire a presión. El producto final es empacado en sacos de 50 kilos, que se marcan y se almacenan para la venta, principalmente a empresas fabricantes de baterías en usos automotrices y máquinas de transporte del mineral aurífero. Las colas del proceso son acondicionadas con agua para eliminar cualquier contenido de NaCN, son muestreadas por 24 horas y junto con las colas de flotación bulk, serán desechadas hacia el relleno hidráulico.

Figura 21. Celdas de Flotación de Plomo- Piscina de Plomo y Horno.



Figura 22. Diagrama Circuito de Remolienda.

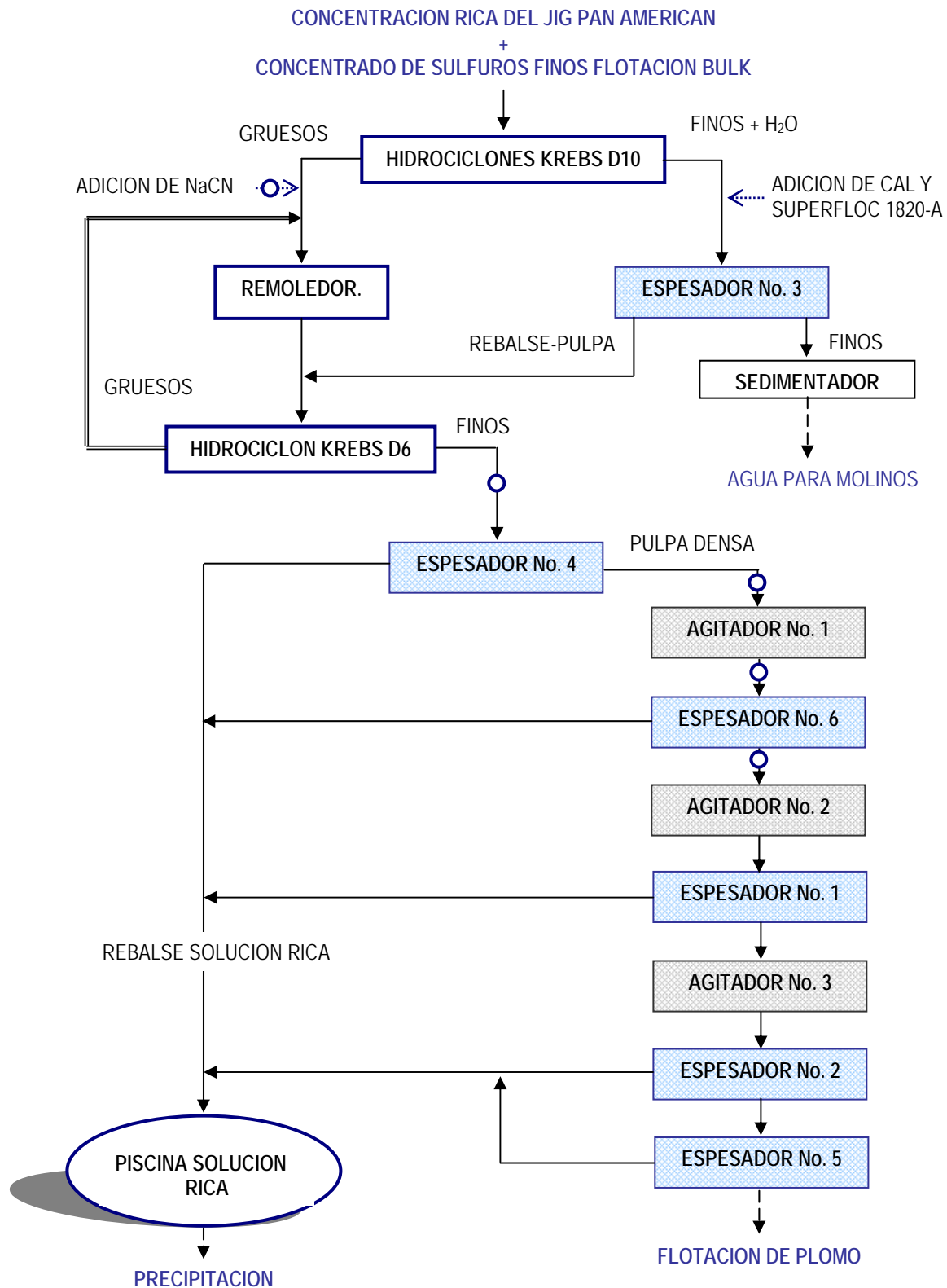
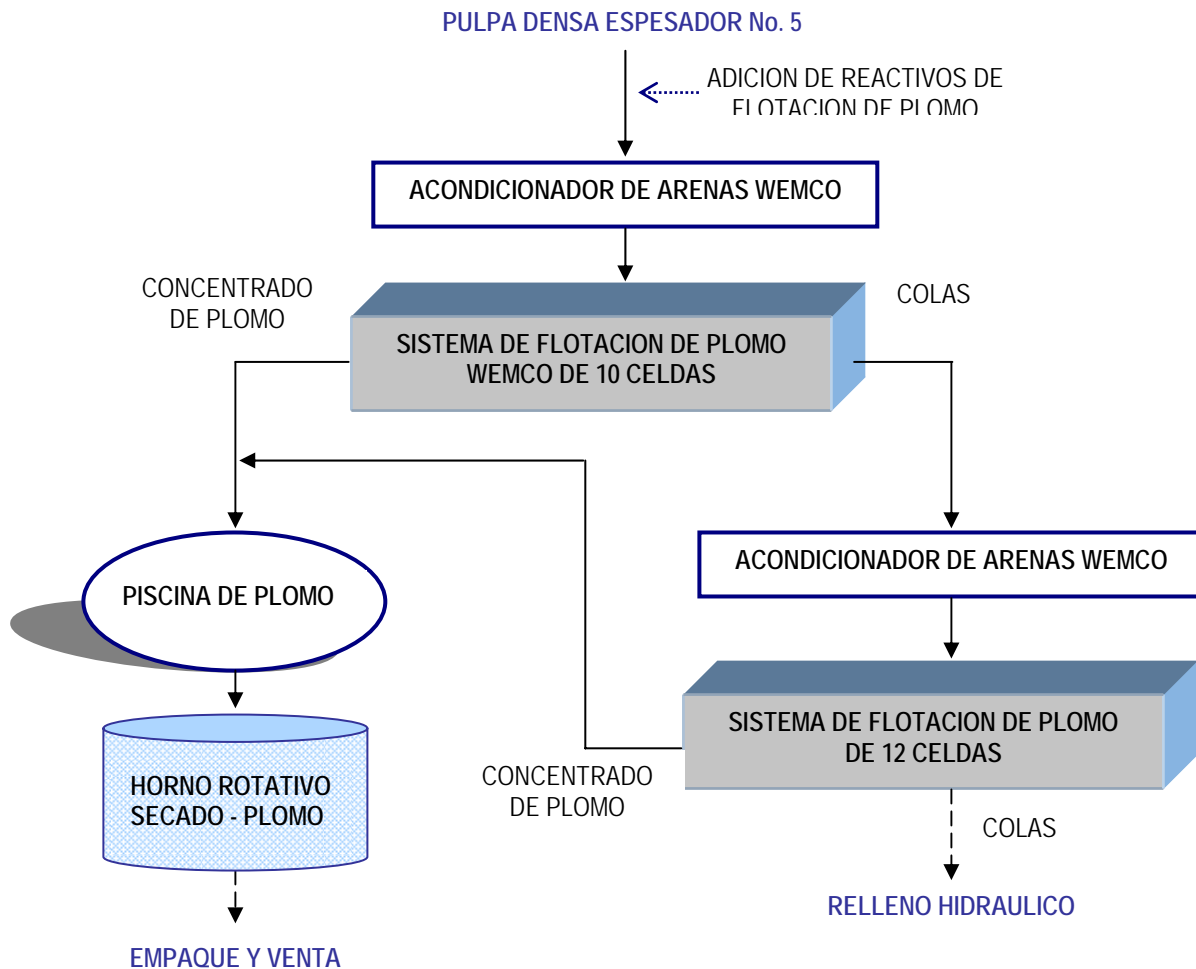


Figura 23. Diagrama Circuito de Flotación y Secado de Plomo.



2.4.10 Precipitación. Para el proceso de precipitación de metales preciosos se usa el método Merrill – Crowe (precipitación al vacío con polvo de zinc), el cual tiene el propósito de remover los valores de oro y plata precipitados de la solución de cianuro.

La solución rica proveniente de los espesadores No.4 y No.6 es clarificada por medio de 23 bastidores o filtros de doble tela, recubiertos exteriormente con tierra diatomácea sílice, de manera que al salir al tubo colector esté absolutamente clara y libre de sólidos suspendidos. Luego, por medio del vacío, la solución es pasada a través de las torres de desoxigenación, ya que

para el proceso de precipitación es necesario remover y extraer el oxígeno disuelto y se hace por medio de una bomba de vacío Gardener Denver de dos pistones.

Figura 24. Bastidores de Precipitación.



La solución es succionada por dos bombas con sello de solución que la hacen pasar a través de dos filtros prensa, teniendo aparte un filtro prensa en stand by; en el flujo de las bombas es adicionado el polvo de zinc mecánicamente a un cono, efectuándose la precipitación, junto con el polvo de zinc se agrega gota a gota solución saturada de acetato de plomo.

La mezcla de solución, metales y precipitados pasa por dos filtros prensa, que tienen en sus marcos revestimiento de papel filtrante, debajo del cual se coloca una lona de tal manera que el precipitado rico queda depositado en el papel y en el espacio entre el marco y la placa, dejando sus valores de oro y plata.

El tonelaje de solución pobre en oro y plata que sale de los filtros prensa es registrado por un pesómetro y luego es bombeado por dos bombas Safran a tres tanques de donde se distribuye al circuito de cianuración.

2.4.11 Fundición. De cada uno de los filtros prensa, se obtiene un precipitado rico en valores de oro y plata y un alto contenido de humedad, este es recogido en períodos que varían de 7 a 15 días, dependiendo de la planeación de producción; el concentrado es recogido en moldes y secado en un horno que usa A.C.P.M. como combustible y aire a presión, suministrado por un quemador de baja presión. El papel de los filtros prensa se quema en otro horno, esto para hacer más limpio el proceso y obtener menos impurezas en las barras.

Una vez seco el precipitado, se pesa y se deposita en un recipiente junto con el papel quemado, donde se mezcla con los fundentes.

La carga mezclada con los fundentes, se coloca en un horno basculante, con 300 Kg. de capacidad, a 1100 °C, posteriormente durante la fundición, se vacían la escoria en copas de hierro, el metal resultante se vierte en copas similares y son llevadas a las lingoteras; la escoria se refunde nuevamente y de allí se saca como producto final un botón.

Las barras de oro-plata resultantes, se lavan, se marcan y se les extrae 6 muestras (3 por cada cara opuesta), se extrae una muestra del botón también, para ser enviadas a análisis químico.

Figura 25. Filtros Prensas.



Tabla 3. Fundentes de la Fundición.

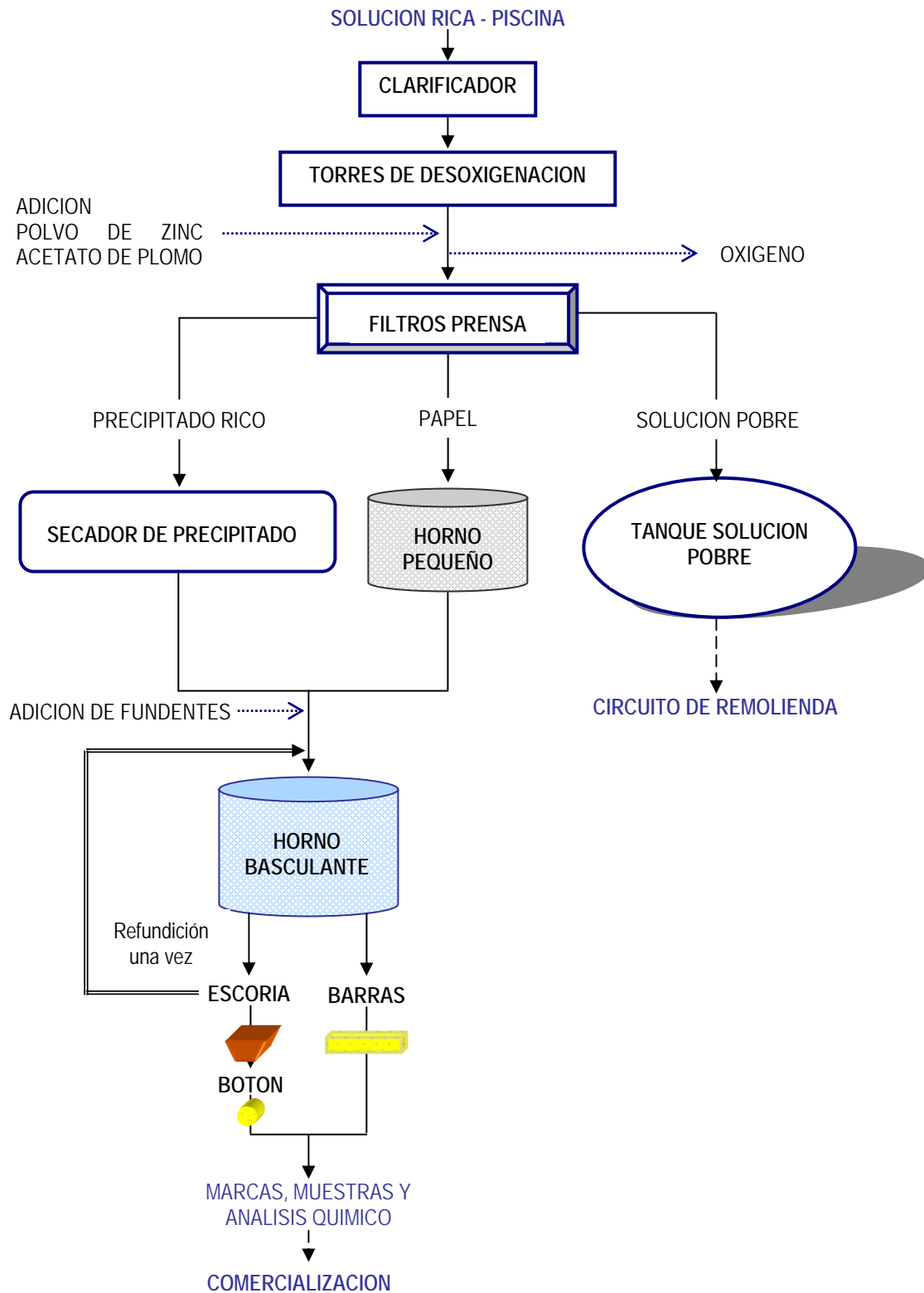
FUNDENTE	PROPORCION	FUNCION
Nitro (Nitrato de Sodio)	35% del precipitado	Oxidante – Ayuda a eliminar impurezas
Bórax (Borato de Sodio)	15% del precipitado	Desempeña el papel de ácido fluidizante – baja el punto de fusión
Soda (Carbonato de Sodio)	20% del precipitado	Ayuda a eliminar impurezas del material

Finalmente se pesa en una balanza de precisión, se grava el peso exacto en la barra, se empaca en un saco de lona y se guarda en una caja fuerte ubicada en la planta, hasta que sea enviado para refinación a la ciudad de Medellín a Fundiciones especiales y posteriormente se comercializa con el banco de la República.

Figura 26. Horno de Fundición y Barras Resultantes.



Figura 27. Diagrama del circuito de Precipitación y Fundición.



3. MANTENIMIENTO ACTUAL EN LA PLANTA DE BENEFICIO

MARIA DAMA

3.1 ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS ORGANIZATIVOS DE LA EMPRESA PARA DETERMINAR EL TIPO DE MANTENIMIENTO APLICABLE

3.1.1 Localización Administrativa del Departamento de Mantenimiento.

- **Marco Institucional.** El departamento de Mantenimiento es una entidad de servicios de la compañía, encargada de garantizar el buen funcionamiento de la maquinaria y equipos necesarios para la producción aurífera. De manera sistemática se realizan programaciones y procedimientos de control para mantener en óptimo estado los medios de producción industrial y automotriz.

- **Aspectos Administrativos.** El departamento de mantenimiento es una unidad administrativa que tiene a su cargo las secciones de:

- Generación de Energía.
- Taller Eléctrico
- Taller Mecánico
- Taller Automotriz
- Mantenimiento Molinos

Cada una de estas dependencias se especializa en labores específicas y relacionadas con servicios de reparación, suministros (agua potable y no potable, energía, repuestos, equipos y transporte), montajes, mejora de mecanismos y dispositivos y generación de soluciones a los inconvenientes que se le presenten a los clientes internos.

Este departamento depende administrativamente de la gerencia de operaciones y aplica enteramente todas las políticas empresariales de desarrollo tecnológico y de prestación de servicios. Todas sus actividades apuntan al mejoramiento continuo de productividad y de calidad.

- **Filosofía Institucional.** Prestar un servicio oportuno y de calidad a todas aquellas dependencias que administran recursos productivos y a aquellos que no lo hacen pero que tienen necesidades las cuales podemos cubrir dado nuestro afán de servir.
- **Misión.** Mantenemos todos los equipos y la maquinaria disponible en un alto porcentaje de operación con óptimas calidades de funcionamiento mediante programas establecidos en cada una de las secciones que conllevan a la satisfacción de las demandas de cada uno de nuestros clientes al interior de FRONTINO GOLD MINES; con un grupo de trabajadores capacitados y/o entrenados técnicamente, que desarrollan labores de servicio y quienes a su vez son objeto de políticas de integración y beneficio de las bondades sociales que genera la empresa.
- **Visión.** En los próximos años, y atendiendo al proceso inminente de transformación empresarial, seremos una dependencia altamente especializada en el mantenimiento de toda la infraestructura industrial y automotriz de la compañía. El departamento de mantenimiento estará decididamente comprometido con las necesidades y exigencias del proceso productivo de la empresa y será inherente a su funcionalidad, será auto sostenible y productiva. Nuestro personal tendrá un alto nivel de satisfacción sociolaboral por las gestiones directivas para consolidar un grupo de colaboradores con sentido de pertenencia.

3.1.2 Índices Organizativos. Tomando en cuenta los aspectos organizativos de la empresa Frontino Gold Mines, que afectan directamente el mantenimiento, se podrá determinar la conveniencia de involucrar a esta en el desarrollo de un mantenimiento preventivo, se analizan ciertos criterios y según la puntuación resultante, se determina que tipo de mantenimiento debe aplicarse a los equipos de la Planta de Beneficio María Dama, que por comodidad de ahora en adelante se citara María Dama.

- **Jornada de trabajo.** Se diferencian dos clases de empresas, las que trabajan en un solo turno y las que cuentan con un número determinado de turnos que cubren las 24 horas del día. En el caso de las empresas que trabajan en un solo turno, si se produce un daño o avería, la producción deberá detenerse y el tiempo que allí se pierde puede ser recuperado extendiendo el turno de trabajo, una vez se solucione el problema.

En el caso de empresas que trabajan durante las 24 horas del día, un daño o avería en un equipo provocará una disminución o perdida de su disponibilidad por que no habrá el tiempo para recuperar la producción perdida, en estos casos deben programarse adecuada y anticipadamente las actividades de mantenimiento que exigen una parada prolongada de los equipos, para tratar de no afectar significativamente la producción. Esto determina la necesidad de programar o no turnos extras para el equipo de mantenimiento.

- **Tamaño de la empresa.** Los costos originados por el daño de un equipo son más relevantes en una empresa grande que en una empresa pequeña, además, el fallo en una empresa grande afectará a un número mayor de empleados que en una empresa pequeña y como la producción es mayor, las perdidas por paradas de producción serán más significativas.

- **Tipo de proceso.** En procesos continuos, un paro debido a una avería implica una reducción en la disponibilidad de los equipos. En el caso de una producción en serie esto implica un paro general, y si se trabaja bajo pedido se sufrirá un retardo en la entrega.

- **Ritmo de la actividad.** La actividad de una empresa se puede considerar como estacional o permanente. Actividad estacional cuando se concentra en periodos determinados del año, actividad permanente cuando su actividad es continua a lo largo de todo del año, y todos los días del mismo.

Cuando se trabaja bajo un ritmo estacional, el mantenimiento se puede realizar en las épocas de baja producción de modo que en los periodos de mayor producción sea difícil que aparezcan averías; pero cuando se trabaja permanentemente, para las actividades de mantenimiento debe recurrirse indiscutiblemente a paradas de producción, es por esto que no se pueden extender mucho dichas actividades, y en ocasiones deben hacerse por etapas.

- **Grado de automatización.** Cuanto más automatizada este la empresa, mayores recursos deberán presupuestarse para mantenimiento.

- **Inversión.** Se pueden clasificar las empresas en las que su inversión en maquinaria, equipos nuevos y en tecnología es mayor a 5000 millones, las que su inversión esta entre 1000 y 5000 millones y las que su inversión es menor o igual a 1000 millones de pesos.

En la siguiente tabla se muestran las características que cualifican a la organización y el puntaje que representan.

Tabla 4. Índices de Evaluación de Aspectos Organizativos.

ASPECTO	PUNTUACIÓN		
<i>JORNADA DE TRABAJO</i>			
Tres turnos	10		
Dos turnos		5	
Un turno			1
<i>TAMAÑO DE LA EMPRESA</i>			
Grande	10		
Mediana		5	
Pequeña			1
<i>TIPO DE PROCESO</i>			
Continuo	10		
Serie		5	
Por lotes			1
<i>RITMO DE LA ACTIVIDAD</i>			
Permanente	10		
Estacional		5	
<i>GRADO AUTOMATIZACIÓN</i>			
Alta	10		
Media		5	
Baja			1
<i>INVERSIÓN</i>			
Grande	10		
Mediana		5	
Pequeña			1

3.1.3 Evaluación Organizativa de la Empresa. Considerando que lo primero que se debe tener en cuenta a la hora de elaborar un plan de Mantenimiento Preventivo es el tipo de industria o empresa en la que se trabajará, se evaluará a la FRONTINO GOLD MINES, haciendo énfasis en los aspectos y características de la Planta de Beneficio María Dama, que es la planta donde se desarrolla el proyecto y a la vez es el punto de referencia para posteriormente extender el plan de mantenimiento preventivo a las demás instalaciones de la empresa, debido a que María Dama es la sección donde se tiene la mayor cantidad y diversidad de equipos por ser ésta el ente productivo de la empresa, donde se procesa el mineral proveniente de las minas en exploración.

Tabla 5. Evaluación Organizacional para la Planta de Beneficio.

ASPECTO	PUNTUACIÓN
JORNADA DE TRABAJO	
Tres turnos	10
TAMAÑO DE LA EMPRESA	
Grande	10
TIPO DE PROCESO	
Continuo	10
RITMO DE LA ACTIVIDAD	
Permanente	10
GRADO AUTOMATIZACIÓN	
Baja	1
INVERSIÓN	
Pequeña	1
TOTAL	42

Utilizando los aspectos organizativos mencionados anteriormente y a partir de los valores expuestos, se estimará la conveniencia de realizar o no realizar un plan de mantenimiento preventivo si el resultado arroja lo siguiente:

- ✓ Si la puntuación suma entre 31 y 61 puntos, es necesaria y de manera urgente, la aplicación del Mantenimiento Preventivo en María Dama.
- ✓ Si la puntuación está entre 26 y 30 puntos, debe realizarse un estudio en profundidad para determinar la conveniencia de la aplicación del Mantenimiento Preventivo en la Planta de Beneficio.
- ✓ Si la puntuación es menor a 26 puntos, María Dama no requiere la implementación de un plan de Mantenimiento Preventivo.

De acuerdo con lo planteado en la escala de valores, se concluye que la *Planta de Beneficio Maria Dama de la empresa Frontino Gold Mines, si requiere la implementación de un programa de Mantenimiento Preventivo* debido a que el puntaje obtenido en la evaluación es mayor a 31 puntos.

3.2 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO

Este diagnostico, busca definir la estructura, política y funciones del área con el fin de establecer criterios que conlleven a su fortalecimiento en términos de rendimiento, eficacia y eficiencia.

3.2.1 Estructura Organizacional.

- **Posición y objetivos de la empresa respecto al mantenimiento.** La Frontino Gold Mines en su política de gestión y ampliación de la capacidad de producción, es consciente del apoyo que brinda el mantenimiento al buen rendimiento de los equipos, y por ende a una satisfactoria producción; es por esto que desea implementar el mantenimiento preventivo con un adecuado

sistema de información, como herramienta base para garantizar el incremento del rendimiento y disponibilidad de los equipos; implementándolo inicialmente en la planta de beneficio María Dama y posteriormente centralizarlo a las demás dependencias de la empresa, con el fin de tener un control de las actividades de mantenimiento.

Actualmente se trabaja en su mayoría con actividades de mantenimiento correctivo; los encargados de mantenimiento son los que deben arreglar rápidamente los daños para que los equipos funcionen correctamente, son los apaga incendios de producción; debido a esto, las falencias son notorias, e igualmente se observa de este modo la imposibilidad de mantener los equipos en su mayor disponibilidad, dificultando el logro de los objetivos de la empresa; el lubricador realiza inspecciones esporádicas y cumple con actividades programadas de lubricación, siendo estas la cuota de actividades de mantenimiento preventivo que se llevan a cabo en María Dama.

- **Interrelación con otras áreas.** Las funciones y responsabilidades del mantenimiento con respecto a la actividad productiva de la organización se encuentran definidas; el departamento de mantenimiento se encuentra al mismo nivel organizacional que el departamento de producción, se cataloga como un procedimiento de apoyo a los procesos operativos de la empresa y tiene la responsabilidad de reparar y mantener la maquinaria en el punto de operación; las actividades de mantenimiento se coordinan directamente con producción para evitar el tiempo muerto y retrasos por paradas innecesarias; a través de planeación financiera mantenimiento esta relacionada con seguridad industrial y ambiental, tiene un manejo directo con almacén para control de repuestos y pedidos de materiales, coordina con el departamento de planeación cualquier adquisición de nueva maquinaria, montajes y cambios técnicos, participa en la escogencia de proveedores y contratistas externos para las actividades de mantenimiento y montaje.

- **Divisiones del mantenimiento.** El departamento de Mantenimiento en la F.G.M. cuenta con divisiones de apoyo a las actividades propias de mantenimiento tanto en minas, como en María Dama; el taller mecánico, la zona de fundición, el taller eléctrico, el taller automotriz y los mecánicos diesel, son los encargados de brindar la ayuda en reparaciones de los equipos que no puedan hacerse directamente en las instalaciones de la actividad productiva, ya sea por el alto grado de dificultad o por falta de las herramientas necesarias. Existe una coordinación directa entre estas secciones, se ayudan y se complementan.

Las actividades en la planta de beneficio son dirigidas por el jefe de mantenimiento molinos, que es, como se conoce al ingeniero encargado de dichas actividades de mantenimiento en María Dama, este debe determinar si las labores pueden realizarse en las instalaciones de la planta, o deben enviarse a los diferentes talleres; él es el encargado de manejar el mantenimiento mecánico, que incluye actividades de reparaciones inmediatas, manejo de maquinas herramientas, soldadura, lubricación, entre otras; en la planta se cuenta con un electricista por turno que se encarga de realizar las reparaciones eléctricas primordiales, está a la disposición para lo que el jefe de mantenimiento molinos le indique.

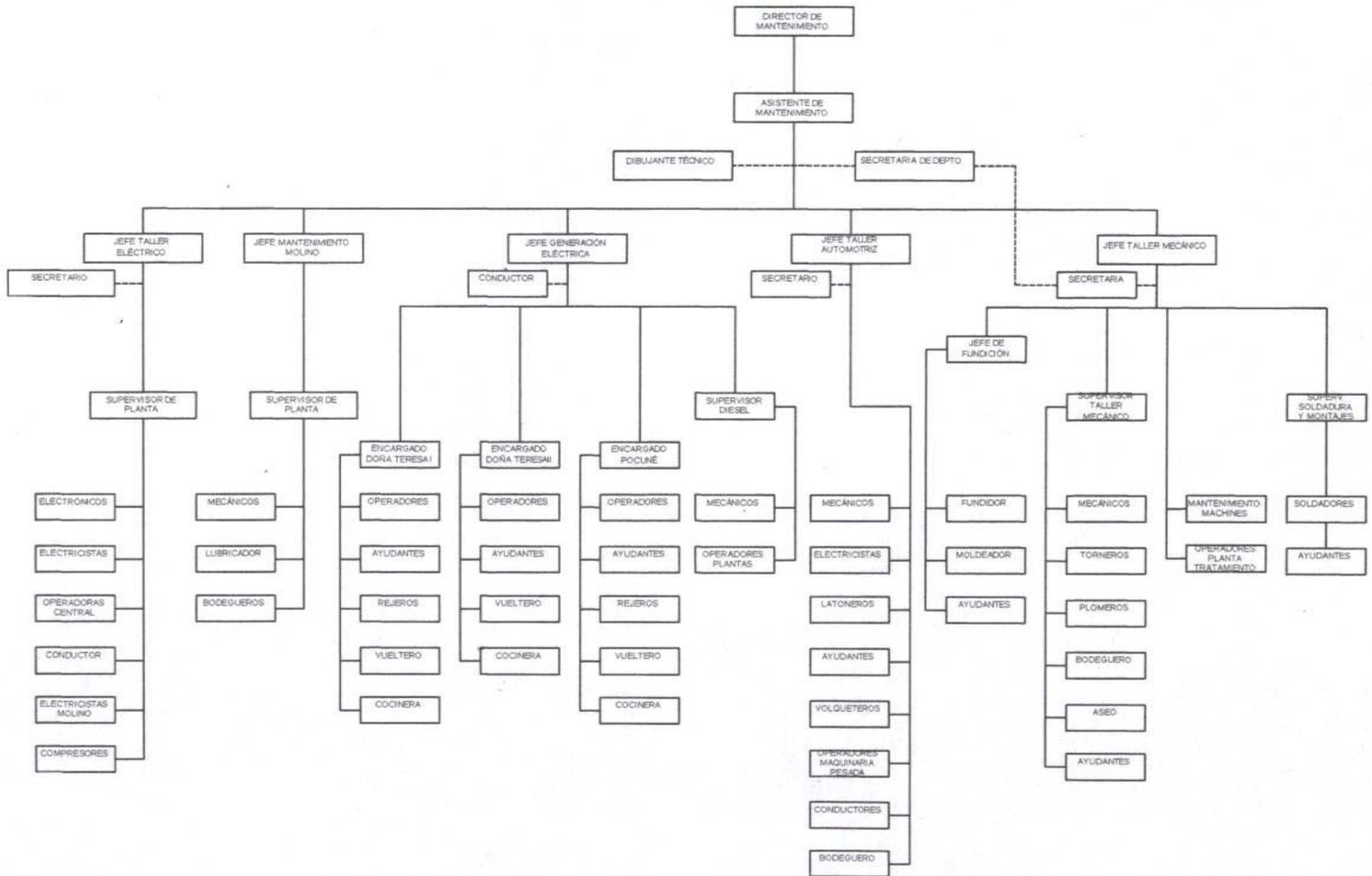
La sección de mantenimiento molinos, tiene bajo su responsabilidad toda la maquinaria y equipos de la Planta de Beneficio, es su labor garantizar la disponibilidad y rendimiento de todos los equipos para llevar a cabo una producción eficiente.

Figura 28. Organigrama del Departamento de Mantenimiento.



FRONTINO GOLD MINES LTD. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

ORGANIGRAMA



- **Administración del mantenimiento.** El Director del Departamento de Mantenimiento es el encargado de las funciones administrativas, está en contacto directo con el gerente de operaciones, no solo es el encargado de mantenimiento, sino de maquinaria y equipos, ya que recomienda sobre adquisición, instalación, puesta en marcha y reforma de equipos en la empresa, independiente de la sección para la que sea requerida, entrega informes a gerencia de cada cambio técnico en la empresa, planea el presupuesto, se encarga de licitaciones y contrataciones externas, controla las actividades realizadas por los talleres eléctrico, automotriz, mecánico y fundición, maneja relaciones con el entorno inmediato como recursos humanos, almacén y las demás dependencias de la empresa; las funciones operativas son manejadas por los jefes de mantenimiento, ya sea de la planta de beneficio o de las minas quienes se encargan de separar las tareas a realizar en dos tipos, Mantenimiento Mecánico, Mantenimiento Eléctrico o Electrónico, contando con los técnicos necesarios y con los respectivos talleres, para el apoyo de sus labores.

3.2.2 Ingeniería de Mantenimiento o Planeación.

- **Planeación de mantenimiento.** No existe en la actualidad un plan de mantenimiento definido, la mayoría, por no decir todas, son acciones correctivas.

Las labores de lubricación se encuentran programadas, gracias a un proyecto de Lubricación Preventivo, elaborado por una estudiante de ingeniería mecánica de la Universidad de Antioquia en el año 2000; actualmente es la única actividad enfocada al mantenimiento preventivo; la persona encargada de la lubricación, es el encargado de hacer inspecciones visuales y sonoras de los equipos.

Las tareas de mantenimiento son ejecutadas con visión reparadora, de acuerdo a experiencia del personal, y a un sondeo aproximado de horas de

funcionamiento, en caso de avería se aprovechan los equipos que cuentan con equipo gemelo en stand by para ponerlo en funcionamiento mientras el otro es reparado.

- **Procedimientos estandarizados.** Se realizan como mencionaba anteriormente, procedimientos basados en un plan y una gama de lubricación de acuerdo al proyecto de grado; no se lleva un seguimiento exacto de horas de operación de los equipos o sus elementos para llevar un control de cambios y reposiciones, el daño, su parada inminente o una alerta provista por las inspecciones realizadas por el lubricador son los indicadores de intervención por parte de mantenimiento en la máquina.

Los lunes generalmente se realiza una parada total o parcial de la planta, en media o el total de la primera jornada; para realizar las actividades de mantenimiento, entre ellas, limpieza, reparación y cambios acumuladas durante la semana y dirigidas por los jefes de turno y el jefe de mantenimiento de María Dama; la excepción a esta programación obedece solo a aspectos productivos, aunque en muchas ocasiones no hay parada de planta sino cada 15 días, y últimamente no es costumbre parar los lunes sino cualquier día de la semana que sea necesario.

- **Políticas de reposición de equipos.** La reposición de maquinaria o equipos se lleva a cabo cuando este ha sobrepasado su vida útil, la inversión en nueva maquinaria en María Dama es poca, y solo se hace basada en políticas de ampliación de la capacidad de producción, o por equipos en estado obsoleto. El jefe de mantenimiento de María Dama, recomienda la sustitución de un equipo cuando éste ya está obsoleto para las necesidades de la planta, el Director de María Dama, y el Director de Mantenimiento estudian y hacen la solicitud a Gerencia y en una reunión con los jefes de departamento, los jefes de turno y el jefe de mantenimiento de la planta en

cuestión, deciden cuando y como hacer esa reposición basados en aspectos financieros, planeación de producción, urgencia, paros, etc.

3.2.3 Administración de Trabajos de Mantenimiento.

- **Ordenes de Trabajo.** Las ordenes de trabajo, que maneja actualmente la empresa, son solicitudes de trabajo ST. Ver Anexo A.

Se utiliza este tipo de solicitud cuando se requieren actividades a gran escala y se hace necesario involucrar a nuevo personal o personal de otra dependencia diferente a la que solicita el trabajo; estas ordenes de trabajo no son programadas ni salen de acuerdo a un estudio detallado del comportamiento de los equipos ni a un análisis de fallas; es más bien una forma de llevar una comunicación y control entre las diferentes dependencias involucradas en el trabajo a realizar; desafortunadamente no se hace ningún tipo de gestión documentada con la solicitud de trabajo y no se cuenta con un histórico de ellas.

- **Administración de Solicitudes.** En María Dama las solicitudes de actividades de Mantenimiento internas, son controladas a través de un reporte diario, que es un formato diligenciado por el jefe de turno (Ingeniero encargado de producción en la Planta de Beneficio) en el que se consignan los trabajos de mantenimiento realizados en cada turno, así como los que no se pudieron elaborar y los que él sugiere que se necesitan para el correcto funcionamiento de producción. Ver Anexo B.

El ingeniero de mantenimiento de María Dama organiza las labores sugeridas por los jefes en el turno anterior y procede a designar labores a cada mecánico según sus capacidades; también desarrolla actividades y montajes pendientes.

3.2.4 Usos de Sistemas Informáticos.

- **Apoyo a administración de Información.** No se maneja ningún tipo de ayuda informática, ni programas especializados (software de mantenimiento), ni bases de datos con respecto a actividades de mantenimiento, clasificación, codificación, ni control de los equipos, no se tiene información concreta de la maquinaria y mucho menos histórico de las actividades desarrolladas en cada una; el almacén general cuenta con un programa para control de entradas y salidas de repuestos y herramientas que involucran también las de la planta; sin embargo esto no tiene nada que ver con respecto al control de gestión de las actividades de mantenimiento.

La empresa, interesada en la necesidad del apoyo informático a las actividades de mantenimiento, principalmente en la implementación de un sistema de información computarizado que ayude y organice el plan de mantenimiento preventivo, que contribuya a la reducción de costos e incremente la disponibilidad, que apoye la optimización de mantenimiento y la administración eficiente de los materiales, entre muchas otras ventajas. El alcance de este proyecto de grado llega a la recomendación de un software de mantenimiento de los que se encuentran en el mercado nacional de acuerdo a un sondeo y conocimiento de algunos de estos y al análisis de las condiciones operacionales específicas de la empresa.

3.2.5 Costos de Mantenimiento.

- **Costos de operación y administración.** Los Insumos, Herramientas y Repuestos requeridos en las labores de mantenimiento de María Dama, son incluidos en el presupuesto de la planta; sin embargo el personal y trabajos externos, se encuentran incluidos en el presupuesto de Mantenimiento, esta metodología hace más difícil la labor de un control de costos; los costos por mano de obra, los costos por materiales y repuestos y el tiempo que

involucra una actividad nunca ha sido manejado y es necesario incluirla como soporte principal al programa de mantenimiento. Los costos nombrados anteriormente se incluirán en el manejo de ordenes de trabajo programadas; es importante un análisis de costos global de las actividades de mantenimiento en la planta y las demás dependencias de la empresa que ayuden a programar un presupuesto anual del departamento de mantenimiento; es importante también un análisis de costos por secciones para determinar la eficiencia de un plan de mantenimiento propuesto, pero es aún más importante un análisis de costos por equipos que involucren, tanto horas de actividad, como insumos, repuestos y herramientas, para de esta manera restablecer o programar de nuevo las actividades de mantenimiento preventivo y sugerir el cambio o repotenciación de la maquinaria.

3.2.6 Indicadores de Gestión.

- **Mediciones de Eficiencia y Rendimiento.** Hasta el momento no se ha realizado ninguna clase de estudio, que mida la eficiencia de las labores de mantenimiento ni en María Dama, ni en ninguna otra dependencia de la empresa; tampoco uno que mida la disponibilidad, eficacia, y rendimiento de la maquinaria.
- **Mediciones de Confiabilidad y Mantenibilidad.** Como con los anteriores indicadores, no se ha realizado ningún estudio que mida la probabilidad que cualquier equipo de la planta no falle en servicio durante cierto tiempo determinado con anterioridad (Confiabilidad); así como tampoco se tiene la certeza del tiempo que demorará la reparación de una máquina que ha fallado, aunque cabe destacar que la experiencia del personal de mantenimiento y la facilidad operativa y constitutiva de la mayoría de los equipos permite una adecuada mantenibilidad.

3.2.7 Almacén y Gestión de Repuestos.

- **Relación con manejo de inventarios y compras.** El almacén de repuestos e insumos esta localizado dentro de la zona industrial de la empresa, pero por fuera de la planta de beneficio; esta sección es la encargada de pedir y almacenar un stock mínimo de repuestos, herramientas e insumos para María Dama; el Director de la Planta de Beneficio en acuerdo con el Jefe de mantenimiento, analiza los pedidos y la necesidad de mantener un número mínimo de los repuestos de mayor rotación de la maquinaria, para en el momento de una avería, contar con una disponibilidad inmediata de los mismos; en algunos casos las partes de los elementos de los equipos se tienen almacenados en una bodega dentro de la planta de beneficio, para así incluso hacer más efectivo su traslado; si no es el caso, una persona autorizada busca los repuestos o insumos en el almacén general y los transporta hasta María Dama; el control de lubricantes y herramientas es muy estricto, en el caso de los lubricantes, no son enviados en su totalidad, sino en una cantidad suficiente semanal para evitar un mal uso de ellos.

3.2.8 Recurso Humano.

- **Capacidad y Calificación de empleados.** El personal de Mantenimiento es calificado en las labores para las que fueron contratados; el jefe de Mantenimiento de María Dama es Ingeniero Mecánico, cuenta con un asistente en el turno diurno que es Técnico Mecánico Industrial del Sena y los diferentes mecánicos son Técnicos Mecánicos, o Soldadores, o Técnicos en manejo de Máquinas Herramientas; sin embargo se ha tratado que todos los encargados de mantenimiento en la planta, puedan desempeñarse en las diferentes labores que se requieren y no que se dediquen a un trabajo en especial; es por esto que puede considerarse la planta como una escuela

para los mecánicos que allí laboran y entre las labores que desempeñan están, soldadura, manejo de máquinas herramientas, montajes de equipos, lubricación y reparaciones generales.

3.2.9 Outsourcing.

- **Contratación y Administración de terceros.** En algunas circunstancias en el que el personal de mantenimiento de la planta no es suficiente y se tienen trabajos específicos, se recurre a contratación outsourcing, estudiada, analizada y presupuestada por el departamento de mantenimiento y aprobada por la gerencia de operaciones.

La elaboración de elementos o repuestos que no puedan realizarse en el taller mecánico o eléctrico de la empresa, son enviadas a Medellín o a la ciudad idónea para su fabricación e igualmente son estudiadas por el personal del departamento de mantenimiento.

3.2.10 Análisis de Fallas.

- **Diagnóstico de condición de equipos.** No se han adelantado estudios de análisis, que permitan determinar el estado de los equipos ni de sus componentes, así como tampoco se lleva un registro por equipos para un posterior análisis de fallas; la empresa cuenta con equipos de análisis de funcionamiento de los equipos como pistola de temperatura, analizador de balanceo de equipos, analizador de estado de rodamientos, sin embargo estos equipos no se encuentran en la planta; muchos de ellos no son totalmente confiables en cuanto a precisión, y por eso no se utilizan en la actualidad; es de destacar la intención y el apoyo que han tenido las directivas de la empresa para hacer la gestión de mantenimiento mucho mas confiable y práctica.

3.2.11 Documentación Técnica.

- **Administración y Control de catálogos y planos.** La información técnica como catálogos, manuales y planos de la maquinaria de María Dama, se encuentra dispersa en las diferentes secciones, ya sea en la Oficina de Mantenimiento, Mantenimiento María Dama, Dirección María Dama, Almacén e incluso Planeación, esto trae como consecuencia escasez de información o información errónea de los equipos.

Los planos han tratado de actualizarse teniendo en cuenta nuevos montajes, pero aún hay muchas máquinas que no tienen la totalidad de los planos de sus elementos y la mayoría de los mismos se encuentran en la oficina de Planeación que es donde labora el dibujante de la empresa, dando pie a desinformación y a falta de un acceso rápido de los mismos.

3.2.12 Infraestructura y Equipos.

- **Área física para mantenimiento.** Mantenimiento es un departamento grande y ubicado en la zona industrial, los talleres de apoyo se encuentran cerca, son de fácil acceso y distribuidos de tal manera que no es difícil el traslado de maquinaria entre María Dama y los mismos. En la Planta de Beneficio específicamente, se cuenta con una zona para el taller de mantenimiento, con las herramientas y equipos de trabajo necesario, así como una oficina para el jefe, esto facilita su labor debido al trabajo centralizado y al estar en el lugar para el momento de una emergencia. Las herramientas disponibles son las necesarias, están inventariadas en el almacén general, su estado es relativamente bueno, aunque la mayoría de falencias están en las herramientas de precisión.

3.2.13 Gestión Tecnológica.

- **Estado de equipos y carga de trabajo.** En general el estado de los equipos es bueno, pero no se han realizado estudios de diseño y aprovechamiento de su capacidad, su estado puede mantenerse e incluso mejorarse con la elaboración del Plan de Mantenimiento Preventivo y un estudio detallado de cada equipo para evitar fallas imprevistas que ocasionen paros en la producción y daños irremediables en el equipo; teniendo en cuenta el especial cuidado que debe brindárseles en cuanto a limpieza, por estar expuestos a un ambiente corrosivo debido a los químicos utilizados en los procesos propios de producción.

La carga de trabajo de Mantenimiento en María Dama, es en tres turnos, estando en el turno de día el mayor número de mecánicos, además del jefe y asistente del jefe de mantenimiento, en los otros turnos queda un mecánico de turno encargado de realizar las actividades pendientes y solucionar los daños de emergencia, un día a la semana hay parada de planta y se realizan las actividades que no se han podido realizar en el transcurso de ella y que exigen parada de la maquinaria.

3.3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO

Con el fin de hacer más eficiente el proceso productivo, y aumentar la capacidad de producción de la planta de Beneficio María Dama de la Frontino Gold Mines, la empresa ha emprendido la ampliación de la planta a través de la adquisición de nuevos equipos y el mejoramiento tecnológico de otros, consciente de la necesidad de conservar la nueva maquinaria adquirida y de mantener en la mayor disponibilidad posible todos los equipos de la planta, se propone elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los procesos de Trituración y Molienda de María Dama, que luego se

implemente a los demás procesos de la planta y a las otras dependencias de la empresa, para contar con el mantenimiento que conserve y mantenga los equipos en su mayor disponibilidad y así reducir los gastos directos e indirectos.

En la actualidad la empresa no cuenta con un sistema de administración de mantenimiento que incluya planeación, programación y ejecución de las actividades del mantenimiento. La ejecución de dichas actividades se hace de acuerdo a la planeación de producción, a la experiencia del jefe de mantenimiento de la planta y de los mecánicos más expertos, sin contar con rutinas o itinerarios programados y actuando a medida que se presenten los daños o a manifestaciones de posibles averías detectadas a través de la inspección visual o sonora realizada por el lubricador y por los operarios de las máquinas.

Algunas de las fallas encontradas, en el diagnóstico del mantenimiento actual y que buscan mejorarse son las siguientes:

- ✓ El mantenimiento es encaminado hacia actividades correctivas, con visión reparadora, apaga incendios, aprovechando los equipos en stand by para no incurrir en paro de la actividad productiva, las pocas tareas de inspección visual y sonora la realiza el lubricador de la planta, pero sin contar con mucha experiencia para la detección potencial de fallas.
- ✓ Falta mas apoyo y participación por parte de los operarios de los equipos, para ayudar a la detección de fallas y para realizar actividades menores de mantenimiento, como limpieza, lubricación, ajustes, e instalación de algunos elementos, esto además de crear sentido de pertenencia del operario quien es el que mejor conoce la máquina, ayuda a disminuir la carga

laboral del personal de mantenimiento, para dedicar este tiempo a labores preventivas y mejorar la conservación y estado de la maquinaria.

✓ Existe escasez de información técnica de muchos equipos debido a su antigüedad; los catálogos, manuales y planos que se tienen se encuentran dispersos en varias oficinas imposibilitando el conocimiento total y el alcance de cualquier persona a las máquinas; en muchos casos la información de un equipo o de sus elementos es exclusividad del mecánico que más la haya reparado y esta información no se encuentra consignada ni organizada en ningún lugar; también se presenta el caso de equipos auxiliares de los que no se tiene ninguna clase de información debido a que no se han efectuado reparaciones en ellos por parte del último jefe de mantenimiento o del personal que actualmente labora.

✓ No se cuenta con un sistema de información en el que se lleve un registro de las actividades efectuadas a cada equipo, ni información condensada de la maquinaria, ni una gama o rutina de actividades de mantenimiento; no se manejan tampoco ordenes de trabajo que permitan una administración y control de la gestión de mantenimiento y que faciliten también un análisis de fallas y seguimiento de equipos con visión de mejoras funcionales, que posteriormente permita impartir un diagnóstico y evaluación de todas las máquinas.

✓ Debido a que no se manejan costos de mantenimiento y que no se cuenta con un sistema apropiado para cuantificar los costos por mano de obra y repuestos de cada máquina en particular, no se han realizado análisis ni estudios de los sobrecostos directos e indirectos en los que incurre el mantenimiento en la planta y que radican en una disminución de la producción.

✓ El stock de repuestos y lubricantes que se encuentren de los equipos, debe ser tal que el costo de mantenerlos almacenados no supere el costo indirecto que produzca el no tenerlos a la mano en el momento que se necesita y viceversa, es por esto que la relación, mantenimiento María Dama - Almacén General debe estar acorde a las condiciones operacionales de la planta; debe tratarse de manejar los repuestos y lubricantes recomendados por fabricantes y por el personal de mantenimiento, que hayan demostrado efectividad y de un proveedor conocido, debido a que el continuo cambio de proveedores trae consecuencias perjudiciales para los equipos por la diferencia en medidas, materiales y condiciones operacionales.

✓ Una adecuada distribución de planta, montaje, limpieza y condiciones ambientales afectan considerablemente el funcionamiento de los equipos; debe buscarse la manera de disminuir las condiciones ambientales adversas propias de la actividad productiva, protegiendo y manteniendo la planta y por ende los equipos lo mas aseado que se pueda, esta es una manera de conservar la maquinaria y evitar reparaciones de emergencia solo por limpieza.

La implementación del mantenimiento preventivo en los equipos de Trituración y Molienda permitirá reducir el tiempo muerto en producción asociado a labores de mantenimiento, conservar la vida útil de los equipos, aumentar la disponibilidad de los mismos previniendo defectos que incurran en averías de emergencia y demostrar que un sistema de información bien documentado garantiza una mejor gestión de mantenimiento, se reducen los costos inevitables del mismo y los de producción y mejora las condiciones laborales, al involucrar a los operadores en las actividades de conservación de la maquinaria.

4. CODIFICACIÓN Y CRITICIDAD DE EQUIPOS

4.1 DESCRIPCIÓN DE EQUIPO MODELO PARA ESTUDIO DE CRITICIDAD

Una descripción general de los principales equipos que hacen parte de los procesos de Trituración y Molienda, ayudará a entenderlos y a comprender el modo de funcionamiento de los mismos, esto facilitará más adelante la identificación del análisis de criticidad; esta descripción será complementada con la ficha técnica por equipo... Véase el numeral 6.3.1...

Se tomó como equipo modelo el Molino de Barras, por ser considerado uno de los equipos más importantes dentro del proceso productivo, se ilustrará cada una de las actividades desarrolladas en el proyecto, basadas en este equipo. Para la descripción de los equipos restantes de los procesos de Trituración y Molienda, véanse los Anexos C, D, E, F, G.

- **Molino de Barras Hardinge 6´ X 8´.** El tipo de circuito llevado a cabo en la planta de beneficio María Dama es un circuito de reducción de tamaño convencional. Un molino de barras es esencialmente un cilindro que transforma partículas grandes en partículas más pequeñas, aplicando esfuerzos por impacto y corte a través de barras molidoras de acero al manganeso, lo suficientemente duras y frágiles para que se rompan antes de doblarse y trabajando por percusión y fricción.

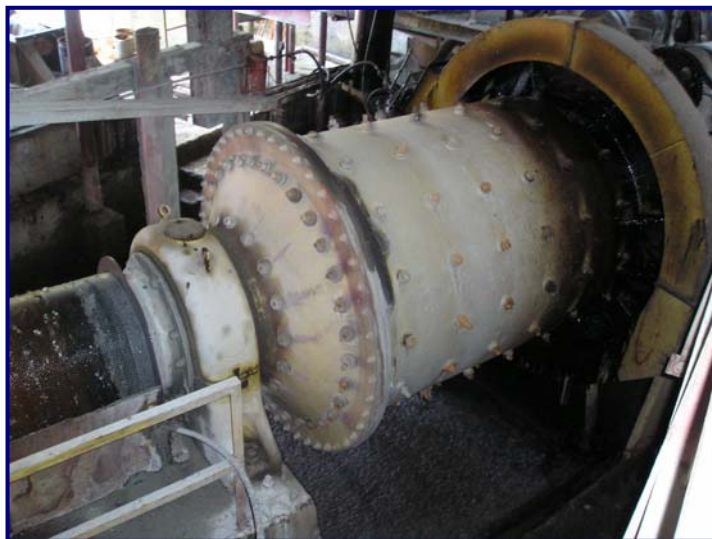
El molino de barras está constituido por un cilindro horizontal, forrado en su interior con 48 forros de acero al manganeso en el centro, 16 forros en la entrada y 16 en la salida, para un total de 80 forros. El cilindro es cargado aproximadamente al 38.85% de su volumen interno está lleno de carga molidora; cuando las barras están nuevas, puede cargarse el molino con un promedio de 100 - 120 barras molidoras, cuando esta cargado por barras

nuevas y por barras desgastadas, puede alojar de 100 - 170 barras moledoras. El Cilindro emplea el movimiento de la masa de las barras de 117 Kg. cada una; como estos cuerpos están completamente sueltos, móviles y son relativamente grandes y pesados comparados con las partículas del material a triturar, las barras moledoras son arrastradas y levantadas por la rotación del tambor con un ángulo tal que la fuerza de gravedad (su peso), supera las fuerzas de cohesión y fuerzas centrífugas de rotación del tambor, caen y ejercen la acción de percusión y fricción que es lo que reduce el tamaño de las partículas. Las barras, al girar dentro del molino, producen el quebramiento del mineral que se encuentra entre ellas, ya que las barras al llegar a la cima bajan rodando sobre las demás formando una especie de tijeras que ejerce un efecto reductor en el material.

El molino de Barras Hardinge de 6' x 8' tiene una capacidad de 25 ton / hr si la alimentación es menor o igual a 5/8"; y así obtiene una descarga aproximada de 48 mallas.

Esta compuesto por varios subsistemas destacando los de arranque, transmisión y lubricación.

Figura 29. Molino de Barras Hardinge 6' x 8'.

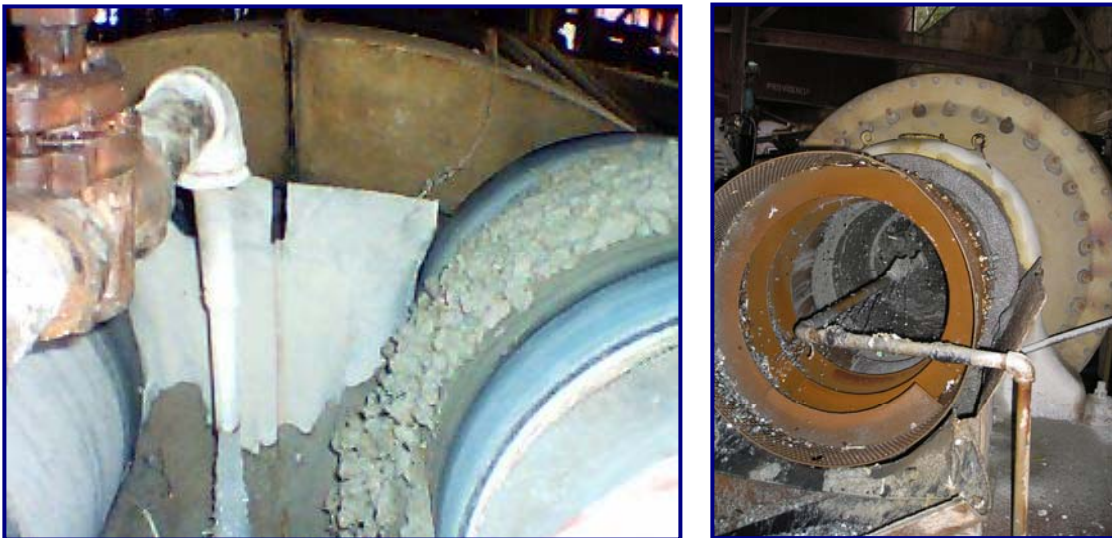


El molino es alimentado a través del codo o shut de alimentación de 12" de diámetro y de placa de acero al manganeso y se descarga por el cedazo de lamina perforada de 31 1/8" de diámetro y de longitud de 36" con un espiral en su interior que es el que permite el transporte y movimiento del mineral para descargar la gravilla en la parte final. La pequeña caída hidráulica que existe entre la entrada y la salida es la que permite el flujo del material a través del molino.

Al molino Hardinge se le agrega agua en la entrada, para realizar la molienda en medio húmedo. En la salida del molino de barras se le adiciona al mineral el reactivo A-131 (Ditiofosfato), el cual ayuda al proceso de flotación pero debido al tiempo que demora en reaccionar debe adicionarse desde el molino.

El agua es transportada por una tubería de 2" de diámetro que al llegar al codo o shut del molino sufre una reducción a tubería de 1" y de este modo aumenta su presión; se gradúa el caudal de agua en la máxima abertura de la válvula mariposa allí instalada.

Figura 30. Adición de Agua y Reactivo A - 131 al Molino de Barras.



- ✓ **Sistema de Arranque.** Realizada a través de un motor Siemens de 95 Kw. a 732 rpm y un reductor Falk que entrega una velocidad de 153 rpm con un factor de servicio de 1.9; acoplados a través de un acople semi rígido.

- ✓ **Sistema de Transmisión.** La transmisión de potencia del molino es por medio de Corona-Piñón en acero fundido, con una reducción de 138 a 19 dientes que permiten una velocidad final del molino de 21,1 rpm.

- ✓ **Sistema de Lubricación.** Un compresor de aire que actúa con un motor AC de 5.5 hp (1400 rpm de velocidad con reducción por poleas; de 250-500 voltios - con 7A - a una frecuencia 50Hz, motor jaula de ardilla y con una presión de trabajo P 90-150psi), se encarga de manejar un inyector temporizado para lubricar la corona del molino de barras; este temporizador está programado para lubricar durante 5 segundos cada 30 minutos o 1 hora, dependiendo de las condiciones del lubricante. Existe un control sobre el tiempo de los intervalos de la inyección de grasa y es dado por el compresor mediante un sensor de presión que inicia el funcionamiento del motor; adicionalmente también hay un control eléctrico con un temporizador para determinar el tiempo que se debe durar el chorro de inyección de grasa.

Figura 31. Compresor del Sistema de Lubricación del Molino de Barras.



4.2 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

La codificación de los equipos, maquinas y sistemas, es un importante punto de partida al iniciar con cualquier programa de mantenimiento preventivo; muestra una visión global de los equipos a incluir en dicho programa de una forma organizada, y elimina posibles errores dentro del proceso.

Antes de realizar la codificación es necesario realizar un ordenamiento e inventario de los equipos, se debe encontrar el equilibrio práctico de detalle de gestión que interesa a cada planta en particular.

Desde el comienzo de la codificación de los equipos se esperan obtener beneficios, debido a que se consigue una mayor organización de los trabajos, se pueden controlar mejor las acciones y los recursos y también organizar los equipos según el histórico, para que todas las acciones, las reparaciones y los recursos que intervinieron en el mantenimiento de un equipo queden almacenados en su respectiva hoja de vida y posteriormente en el soporte informático.

Esta codificación se desarrolla con el fin de facilitar la recopilación de datos e información acerca de las labores de mantenimiento, igualmente pensando a futuro con la incorporación de las actividades de mantenimiento en un Sistema de Información Computarizado (Software de Mantenimiento), que facilite el cumplimiento de los objetivos de esta dependencia; la codificación debe estar acorde a las necesidades de la Frontino Gold Mines, responder a las características del equipo o sistema y brindar la posibilidad de intercambio de equipos y componentes entre las diferentes secciones de la empresa, debido a que, en la mayoría de las secciones se manejan equipos de la misma clase y puede darse el caso de intercambio de equipos, como motores, azadones, etc.; en el interior de la planta de beneficio, es usual la intercambiabilidad de los equipos en los diferentes procesos.

Cuando ocurra lo anteriormente mencionado, quedará registrado en la hoja de vida del equipo o componente y no se alterará su codificación.

El primer paso realizado en el análisis de equipos consistió en efectuar un inventario de todas las máquinas operantes en los procesos de Trituración y Molienda de la Planta de Beneficio María Dama, desglosando cada uno de los subsistemas que la componen y los elementos principales de estos, tomando como un punto determinante, la importancia de los componentes en la adecuada funcionalidad del equipo, y asignando a cada una de ellas un código de referencia para la determinación de su calificación, y para un posterior control a través del sistema de información y organización de los formatos utilizados en este.

La codificación de los equipos se realizó con la aprobación de los jefes de las diferentes secciones del departamento de mantenimiento, de una manera general, para de este modo en un futuro poder aplicarla a todas las instalaciones de la empresa.

4.2.1 Método de Codificación Empleado en los Equipos. El sistema de codificación empleado, consta de un código alfanumérico de 12 dígitos; según recomendaciones de metodologías de codificación, el número máximo de dígitos aceptables en un sistema de codificación, no debe exceder de 15 dígitos, la facilidad de utilizar este sistema alfanumérico, permite una rápida identificación, la creación de 1296 ítems, facilidad de reconocimiento y asociación respecto a lo que se esta refiriendo.

En la codificación elegida, los dos primeros dígitos corresponden a la ubicación general del equipo dentro de las instalaciones de la empresa, es por esto que la empresa se dividió en sus diferentes secciones (entendiendo

por sección cada uno de los sectores que componen la empresa y que cuentan con maquinaria a las que se les desarrollen actividades de mantenimiento, como son: Mina Providencia, Mina Silencio, Planta de Beneficio, Taller Mecánico, etc.), y a cada uno se le asignó un código numérico de dos dígitos; en el caso particular, el proyecto se desarrolla en la Planta de Beneficio Maria Dama y es por esto que la codificación comenzará con 04.

Tabla 6. Clasificación por Secciones.

SECCION	CODIGO
Mina Providencia	01
Mina El Silencio	02
Mina Sandra K	03
Planta De Beneficio María Dama	04
Taller Automotriz	05
Taller Eléctrico	06
Taller Mecánico	07
Centrales Hidroeléctricas	08
Planta Diesel	09
Construcciones	10
Laboratorio Químico	11
Geología	12
Agropecuaria	13
Almacén	14
Club La Salada	15
Hospital	16
Fonda	17
Escuela La Salada	18
Gerencia	19
Recursos Generales	20
Instalaciones Locativas	21
Planta Procesamiento de Agua Doña Ana.	22

Posteriormente se realiza una clasificación por medio de las zonas que comprende cada planta, facilitando la ubicación del equipo dentro de un proceso productivo definido, y el cual debe conservarse para los mismos procesos en otras dependencias; este fraccionamiento se hizo basados en las funciones desarrolladas en la producción de la planta de beneficio, comprendió 11 zonas, conformando los dos segundos dígitos del código y son caracteres alfabéticos; cabe aclarar que las bandas transportadores no hacen parte de ninguna zona en particular, sino que son elementos de la zona en la cual están transportando mineral, es así como la banda No. 1 pertenece al proceso o zona de Trituración, por que hace parte de ese procedimiento productivo.

Tabla 7. Dígitos asignados por Zona.

ZONA	CODIGO
Recepción	RC
Trituración	TN
Molienda	ML
Clasificación	CL
Almacenamiento	AL
Flotación Bulk	FB
Remolienda	RM
Precipitación	PN
Flotación Plomo	FP
Secado de Plomo	SP
Fundición	FN

Determinada hasta ahora esta nomenclatura, se continua con la clasificación general del tipo o clase particular de equipo que opera, asignándole dos caracteres alfabéticos más; esto permite una identificación pronta del equipo que esta referenciado, como se mencionó anteriormente, deben conservarse estos dígitos para todas las clases de equipos en las diferentes secciones de

la empresa, de la misma manera que para la clasificación de los componentes.

Tabla 8. Clasificación General de Equipos.

EQUIPOS	CODIGO
Tolvas almacenamiento	TV
Azadón	AZ
Bascula	BS
Banda Transportadora	BT
Detector de Metales	DM
Grizzli Estacionario	GE
Estructuras de Transferencia	CT
Trituradora de conos Jaques	TJ
Electroimán	EI
Clasificador Niagara	NG
Carro Transportador	CR
Molino De Barras	MR
Ensayero	ES
Clasificador Jig Pan American	JG
Molino De Bolas	MB
Bomba Centrífuga Denver	BD
Bomba Centrífuga Wilfley	BW
Bomba de Desplazamiento Positivo	BP
Hidrociclón	HC
Compresor	CM
Puente Grúa	PG

A este par de dígitos alfabéticos, le siguen un par de números que indicarían el subsistema dentro del equipo, destacando como subsistema aquel que realice una función primordial en el funcionamiento del mismo, (subsistema de lubricación, de arranque, de transmisión, hidráulico, etc.)

Tabla 9. Clasificación General de Subsistemas.

SUBSISTEMA	CODIGO
Arranque	01
Transmisión	02
Hidráulico	03
Electrónico	04
Lubricación Aceite	05
Lubricación Grasa	06
Control	07
Movimiento dinámico	08

Es importante diferenciar entre equipo y componente, definiendo el componente como un elemento que cumple una función técnica específica indispensable para el funcionamiento del equipo y diferenciándolo del equipo con unos dígitos alfabéticos adicionales dentro del código asignado.

Tabla 10. Clasificación General de Componentes.

COMPONENTE	CODIGO
Motor	MO
Reductor	RT
Bomba	BB
Corona – Piñón	CP
Excéntrica	EX
Transmisión por cadena	TC
Transmisión por correas	TB
Juego de engranajes	JE
Rodillos	RD
Eje principal	EJ
Vibradores	VB
Amortiguadores	AM
Acople flexible	AF
Impulsor	IM
Chumaceras de Babbit	CH

Por ultimo se le asigna un numero consecutivo de dos dígitos; para identificar al equipo de una misma especie al que se este refiriendo; en la planta es particularmente para identificar equipos que tienen gemelos en stand by, varios equipos similares como los molinos de bolas y las bandas transportadoras, que han sido denominadas de la forma habitual que son conocidos en el entorno de la planta; esto para no alterar la identificación por parte de los operarios y para que no se presten a futuras equivocaciones, es por esto que dentro del consecutivo, podemos encontrar 06A que corresponde a la banda transportadora denominada 6A en María Dama.

Entonces el código estará especificado de la siguiente manera:

SECCIÓN-ZONA-EQUIPO-SUBSISTEMA-COMPONENTE-CONSECUTIVO

Un ejemplo para la codificación:

Motor del Sistema de Lubricación de aceite de la Trituradora Jaques 1

04 TN - TJ 05 MO 01

Donde:

04: SECCIÓN - Planta de Beneficio María Dama

TN: ZONA - Trituración

TJ: EQUIPO – Trituradora de Conos Jaques

05: SUBSISTEMA - Lubricación de aceite

MO: COMPONENTE - Motor

1: CONSECUTIVO – No.1

El código debe estar en un lugar visible de la máquina, y todos los operarios y mecánicos de mantenimiento, deben conocer el código, para que todas las operaciones que se realicen, sean referidas al código que

Tablas de codificación de los equipos, véase el Anexo H.

4.3 CRITICIDAD DE EQUIPOS

El estudio de criticidad es necesario, ya que determina según ciertos factores, los equipos denominados críticos dentro de los procesos de Trituración y Molienda de la planta de beneficio María Dama; según análisis de estos resultados se puede determinar el tipo de actividades de mantenimiento específicos a aplicar, entre actividades correctivas, preventivas o la selección de los equipos pilotos para la implementación del mantenimiento productivo total.

Cabe resaltar que el tipo de proceso productivo continuo, la elaboración de los productos finales, la importancia y respaldo económico de la empresa no solo para sus empleados sino para toda la región en general influyen considerablemente en la valoración de los puntajes del análisis del índice de criticidad, el cual se hizo concienzudamente y con la ayuda del director de la planta de beneficio y el jefe de mantenimiento de la misma.

La criticidad se define como la incidencia que tiene cada equipo o maquina dentro de la operación de la empresa¹.

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar por su importancia los elementos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el análisis de criticidad ayuda a determinar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional, entendiéndose confiabilidad operacional como: 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 en un tiempo determinado.

¹ PRANDO, Raúl. Manual de Gestión de Mantenimiento a la Medida. Montevideo: Piedra Santa S.A., 1996. p.19.

Para el cálculo del índice de criticidad se tomaron diferentes criterios; cada uno tiene una valoración característica, y al realizarse el estudio de criticidad de los equipos de la planta se le asigna la calificación que le corresponda; la sumatoria de la valoración individual de estos factores determina si el equipo es o no crítico y da una señal del tipo de mantenimiento que debe aplicársele.

Los criterios para realizar este análisis y determinar el índice de criticidad, están basados en los aspectos más importantes que influyen en la operación de un equipo dentro de una empresa, como son la *repercusión en la producción, la influencia en la calidad del producto y la complejidad del mantenimiento* que debe realizársele².

4.3.1 Criterio de la Producción. Tiene en cuenta aquellos criterios fundamentales que podrían llegar a afectar el proceso productivo, induciendo a paradas de emergencia que retrasan el proceso productivo, afectan la calidad del producto y aumenta considerablemente los gastos de mantenimiento.

- ✓ Tasa de utilización del equipo.
- ✓ Existencia de un equipo auxiliar para sustituir el equipo averiado.
- ✓ Repercusión del equipo en la cadena productiva.

Tabla 11. Tasa de Utilización del Equipo.

NIVEL	CALIFICACIÓN	CARACTERISTICAS
ALTO	4	Superior al 80%
MEDIO	2	Entre el 50 y el 80%
BAJO	1	Inferior al 50%

² TORRES, Bernardo. Análisis y Desarrollo de la Aplicación Informática para el Mantenimiento Preventivo. Valencia. 2000. p.35-38.

Tabla 12. Existencia de un Equipo Auxiliar para Sustituir el Averiado.

NIVEL	CALIFICACIÓN	CARACTERISTICAS
ALTO	5	Sin posibilidad
MEDIO	3	Posibilidad de acceder al stock
BAJO	1	Existencia del duplicado

Tabla 13. Repercusión del Equipo en la Cadena Productiva.

NIVEL	CALIFICACIÓN	CARACTERISTICAS
ALTO	5	Influencia total
MEDIO	3	Influencia relativa
BAJO	1	Influencia nula

4.3.2 Criterio de la Calidad. La parada o falla del equipo, produce una alteración en el flujo y circuito del proceso productivo y por ende afecta la calidad y pureza del producto final, agregando aún más gastos indirectos por las pérdidas a las que conlleva la disminución de la calidad del producto.

- ✓ Pérdidas en la producción.
- ✓ Repercusión del equipo en la seguridad industrial y medio ambiente.
- ✓ Repercusión del equipo en la calidad del producto.

Tabla 14. Pérdidas en la Producción.

NIVEL	CALIFICACIÓN	CARACTERISTICAS
ALTO	4	Mayor a \$6.000.000 (hora)
MEDIO	2	Entre \$3.000.000 y \$6.000.0000 (hora)
BAJO	1	Menor a \$3.000.000 (hora)

Tabla 15. Repercusión del Equipo en la Seguridad y el Medio Ambiente.

NIVEL	CALIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
ALTO	5	Riesgo fatal
MEDIO	3	Riesgo relativo
BAJO	1	Sin riesgo

Tabla 16. Repercusión del Equipo en la Calidad del Producto.

NIVEL	CALIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
ALTO	5	Muy importante
MEDIO	3	Relativamente importante
BAJO	1	Sin influencia

4.3.3 Criterio del Mantenimiento. El tiempo que el equipo este funcionando, permite o no espacios para la intervención en actividades de mantenimiento, incurriendo entonces en la necesidad de paradas de producción para trabajos en el equipo, la complejidad del equipo asocia con él la necesidad de un mayor control de variables y herramientas de trabajo para intervenciones de mantenimiento más complejas, influyendo todo esto además de tiempo improductivo en aumento considerable de los costos directos e indirectos asociados con el mantenimiento.

- ✓ Tasa de marcha.
- ✓ Grado de complejidad tecnológica del equipo.

Tabla 17. Tasa de Marcha (funcionamiento).

NIVEL	CALIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
ALTO	4	En servicio todos los turnos
MEDIO	2	En servicio por lo menos una vez al día
BAJO	1	En servicio cada n días

Tabla 18. Grado de Complejidad Tecnológica del Equipo.

NIVEL	CALIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
ALTO	4	Sistemas electrónicos o computarizados de control
MEDIO	2	Sistemas mecánicos de precisión y varios motores
BAJO	1	Mecánicamente simples sin ningún sistema de precisión

Los equipos según su criticidad se clasifican en tres grupos:

- ✓ Índice mayor a 25 puntos: equipos críticos, para los cuales se dispondrá un plan programado de mantenimiento.
- ✓ Índice entre 15 y 28 puntos: equipos que en un determinado momento pueden llegar a ser críticos (importantes), los cuales se podrán someter a un mantenimiento correctivo.
- ✓ Índice menor a 15 puntos: equipos poco importantes en el proceso, que pueden ser sometidos a un mantenimiento correctivo.

4.3.4 Cálculo del Índice de Criticidad. Con estas tablas de valoración, se puede determinar el índice de criticidad para cada equipo. Se hará una matriz del índice de criticidad muestra para el Molino de Barras.

Para el cálculo del índice de criticidad de los demás equipos pertenecientes a los procesos involucrados en este proyecto, véase el Anexo I.

El índice de criticidad de estos equipos es variable, encontrando equipos que no necesitan de la planeación de mantenimiento preventivo, por la facilidad de tener un equipo en stand by y por su poca influencia en el proceso productivo.

Tabla 19. Cálculo del Índice de Criticidad Molino de Barras.

EQUIPO: MOLINO DE BARRAS HARDINGE 6' X 8'	
CRITERIO	CALIFICACIÓN
Tasa de utilización del equipo	4
Existencia de un equipo para sustituir el equipo averiado	5
Repercusión del equipo en la cadena productiva	5
Perdidas en la producción	4
Repercusión del equipo en la seguridad y medio ambiente	3
Repercusión del equipo en la calidad del producto	5
Tasa de marcha	4
Grado de complejidad tecnológica del equipo	2
TOTAL	32

Según lo señalado con anterioridad, *el Molino de Barras tiene un índice de criticidad mayor de 25 puntos por lo que es un equipo crítico dentro de la planta de beneficio Maria Dama y debe disponer de la planeación de un Programa de Mantenimiento Preventivo.*

Esto era de esperarse; aunque el molino de barras es uno de los pocos equipos que no produce continuas paradas de emergencia por mantenimiento en la planta asociada también a su relativa sencillez funcional; con solo entender el proceso se puede ver que si este molino falla, y ante la imposibilidad de un equipo gemelo en stand by, se paraliza la producción desde molienda en adelante, la necesidad de que el proceso hidrometalúrgico del oro-plata esté en un circuito de continuo movimiento, una parada o falla en el proceso de molienda, afectará considerablemente el producto final. Solo una continua inspección, cuidados preventivos y análisis de las variables y componentes susceptibles a fallas, podrá mantener el molino de barras con una alta disponibilidad y con gran eficiencia funcional.

5. PLAN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO EN LA PLANTA DE BENEFICIO MARIA DAMA

5.1 MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA MINERA

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa. Mantener es realizar operaciones tales como: limpieza, lubricación, inspección, conservación, reparaciones y mejoras que permitan conservar el potencial de un equipo para asegurar su continuidad y garantizar la calidad de la producción³.

Mantenimiento no es un mal necesario, ni un generador de costos, sino un “Factor de Beneficio” y una Inversión.

El mantenimiento es un proceso de negocios clave en industrias intensivas en capital como la industria minera debido a que el cumplimiento de los objetivos de cada unidad productiva está sujeto a la disponibilidad de la planta. En este sentido, la aplicación de las técnicas correctas de planificación y gestión del mantenimiento es fundamental.

Un alto ejecutivo de una importante empresa minera dijo: Cuando los tiempos son buenos, nada gana dinero como una mina; pero cuando los tiempos son malos, sostener la operación de una mina es una labor muy complicada. En la actualidad la minería atraviesa momentos difíciles; precios bajos, reducida demanda de productos, elevados niveles en los inventarios de metales y alto precio de combustibles. La administración minuciosa de los activos de las

³ GONZÁLEZ, Carlos Ramón. Ingeniería de Mantenimiento. Bucaramanga, 2001. p. 1.

empresas y la integración de tecnología en las actividades productivas, son de alta prioridad en esta industria⁴.

Dentro de los principales objetivos del mantenimiento se tiene:

- ✓ Aumento de la disponibilidad, confiabilidad y efectividad de los equipos e instalaciones.
- ✓ Optimización de los costos de mantenimiento.
- ✓ Aumento de la productividad de los recursos.
- ✓ Aumento de la utilidad de las empresas.

Para implementar el sistema de mantenimiento que más convenga, se debe considerar el tipo de bien a mantener, la política empresarial respecto al mantenimiento, la organización del mantenimiento, la capacidad del personal de mantenimiento en la planta y en los talleres de la empresa, la frecuencia de empleo de los equipos, los costos y la planeación de producción.

5.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Existen diferentes tipos de mantenimiento, siendo la comparación de los logros o beneficios obtenidos de ellos el mejor camino para definir su aplicabilidad. Un resumen de sus características se presenta en la tabla 20.

La filosofía del mantenimiento de una planta es básicamente la de tener un nivel mínimo de personal de mantenimiento que sea consistente con la optimización de la producción y la disponibilidad de la planta sin que se comprometa la seguridad; los tipos de mantenimiento considerados en la planta de beneficio María Dama son:

- ✓ Mantenimiento Correctivo
- ✓ Mantenimiento Preventivo
- ✓ Mantenimiento Productivo Total (TPM)

⁴ RODRIGUEZ, Dagoberto. Sistemas EAM en la Minería. Mantenimiento Mundial (online). 2002. www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/nit.asp

Tabla 20. Tipos de Mantenimiento.

TIPOS	DESCRIPCIÓN
Mantenimiento Reparativo o Correctivo	Se efectúa a un equipo cuando la avería ya se ha producido para restablecerla a su estado operativo habitual. Es un mantenimiento que genera crisis pues podría paralizar el proceso productivo del equipo o de la planta por una falla imprevista. Muchas empresas confían la operación de su planta a este tipo de mantenimiento y sus empleados se convierten en "bomberos" apagando incendios. Sólo se aplica si es económicamente mejor que el Preventivo y en equipos no críticos o secundarios. No requiere elevado nivel técnico ni gran infraestructura administrativa o de diagnóstico. Brinda poca seguridad en la operación del equipo, ambiente de trabajo desfavorable por vibraciones y ruidos, paradas imprevistas con consecuencias indeterminables, riesgo de avería de elementos de difícil adquisición, gran stock de repuestos y mayor cantidad de personal por falta de planificación en las reparaciones.
Mantenimiento Preventivo (MP)	El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado. Programar intervenciones o cambios de algunos componentes o piezas según intervalos predeterminados (estadísticamente) o según eventos regulares (horas de servicio, número de piezas producidas, kilómetros recorridos, vacaciones colectivas). Su finalidad es reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de una máquina o instalación para planificar intervenciones que se ajusten al máximo a la vida útil del elemento.
Mantenimiento Predictivo	Se basa en el conocimiento del estado o condición operativa de una máquina o instalación. La medición de estos parámetros (vibración, ruido, temperatura, esfuerzos internos) permite programar la intervención del elemento antes de producirse la falla. Existen varias técnicas predictivas que dan información sobre la máquina en funcionamiento: análisis de vibraciones, análisis de aceites, termografía, ultrasonido y ensayos no destructivos.
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	Incorpora la idea del auto-mantenimiento de los equipos por personal de producción y no exige alta especialización pues se limita, en sus primeras etapas, a intervenciones de primer nivel (limpieza, engrase, sustitución, reglajes, control del nivel de lubricación). En etapas avanzadas los operarios hacen diagnósticos preliminares sobre las fallas y se les da autonomía en la toma de decisiones.
Mantenimiento Proactivo	Persigue conocer la causa de un problema para eliminar aparición de averías, aplicando acciones de anticipación antes que de reacción. Las prácticas proactivas pueden llevar a la modificación de elementos estructurales y al rediseño operativo del equipo para la eliminación de averías.
Mantenimiento basado en Confiabilidad	Articula la planificación del mantenimiento (preventivo) y la eliminación de las causas de avería (proactivo) sobre la base del conocimiento del estado operativo de los equipos basado en (predictivo). El objetivo es alcanzar una máxima confiabilidad de la planta a través de un "proceso que determina lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúa desempeñando las funciones deseadas".

5.3 DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS EN MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este tipo de mantenimiento sólo se realiza cuando el equipo es incapaz de seguir operando; no hay elemento de planeación para este tipo de mantenimiento. Este es el caso que se presenta cuando el costo adicional de otros tipos de mantenimiento no puede justificarse, este tipo de estrategia a veces se conoce como estrategia de operación hasta que se produzca el fallo.

El mantenimiento correctivo se basa en dos tipos de acciones:

- ✓ Paliativas: soluciones provisionales al problema surgido en un equipo o instalación.
- ✓ Curativas: soluciones definitivas al fallo o avería que se presentó.

La aplicación de mantenimiento correctivo implica un alto grado de análisis y responsabilidad sobre los equipos incluidos, debido a que deben conocerse todas las posibles fallas y soluciones de las piezas presentes e incluye la ejecución de acciones rápidas y efectivas frente a imprevistos; por esto la justificación del mantenimiento correctivo sobre un equipo se soporta por cualquiera de los siguientes factores:

- ✓ Si el equipo no se halla en una línea o punto crítico del proceso y no ocasiona serios trastornos a la producción o al mantenimiento.
- ✓ El equipo se halla en estado de obsolescencia o desuso.
- ✓ Existe un equipo gemelo.
- ✓ Es fácilmente costeable un nuevo equipo.

En la planta de Beneficio María Dama, existe la posibilidad de aplicación de mantenimiento correctivo en los equipos que cumplen con las anteriores

condiciones, sin embargo debe resaltarse la importancia de que ese mantenimiento correctivo sea la mejor opción, por lo que deben evaluarse periódicamente estos factores para verificar la certeza de la decisión tomada. El departamento de mantenimiento molinos, cuenta con los equipos, la capacidad humana y los elementos necesarios para desarrollar tareas de este tipo, pues de por sí, las acciones que se llevan a cabo actualmente son actividades correctivas.

Los equipos involucrados en cada tipo de mantenimiento, son determinados según el análisis de criticidad realizado a cada uno. Ver Anexo I.

Los equipos determinados para la aplicación de mantenimiento correctivo son:

Tabla 21. Equipos con Aplicación de Mantenimiento Correctivo.

EQUIPO	CODIGO
Azadón Tolva de Gruesos Mina Silencio - Sandra K	04RC-AZ01
Azadón Tolva de Gruesos Mina Providencia	04RC-AZ02
Azadón Tolva de Finos Mina Silencio - Sandra K	04AL-AZ01
Banda Transportadora No.2	04TN-BT02
Banda Transportadora No.3	04TN-BT03
Compresor	04ML-CM
Puente Grúa	04ML-PG
Bomba Centrifuga Wilfley K4	04CL-BW
Detector de Metales	04TN-DM
Calzón o Shut de Transferencia	04TN-CT
Grizzli Estacionario	04TN-GE
Electroimán	04CL-EI
Ensayero	04ML-ES
Carro Transportador Tolva de Finos Silencio - Sandra K	04AL-CR01

5.4 DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo es el que se ejecuta a los equipos de una planta en forma planificada y programada anticipadamente, con base en inspecciones periódicas debidamente establecidas según la naturaleza de cada máquina y encaminadas a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o daños mayores que afecten la vida útil de las máquinas.

5.4.1 Ventajas del Mantenimiento Preventivo.

Entre las innumerables ventajas del mantenimiento preventivo, en María Dama son fundamentalmente importantes, la reducción de fallas intempestivas que produzcan paros no programados de producción, reduciendo considerablemente la recuperación del oro, disminuyendo la eficiencia global del proceso productivo, en esta etapa en la que se encuentra la empresa y con los planes de aumento de capacidad de producción de la planta, se hace necesario reducir los costos directos e indirectos generados por fallas en el equipo, garantizar la disponibilidad, eficiencia y la conservación de la nueva maquinaria; para esto se realiza una planeación del mantenimiento a través de un sistema de inspecciones, labores de lubricación y trabajos de mantenimiento sistematizados, realizando ajustes y/o reparaciones antes que se produzca una falla técnica que conduzca al mantenimiento en paro o crisis.

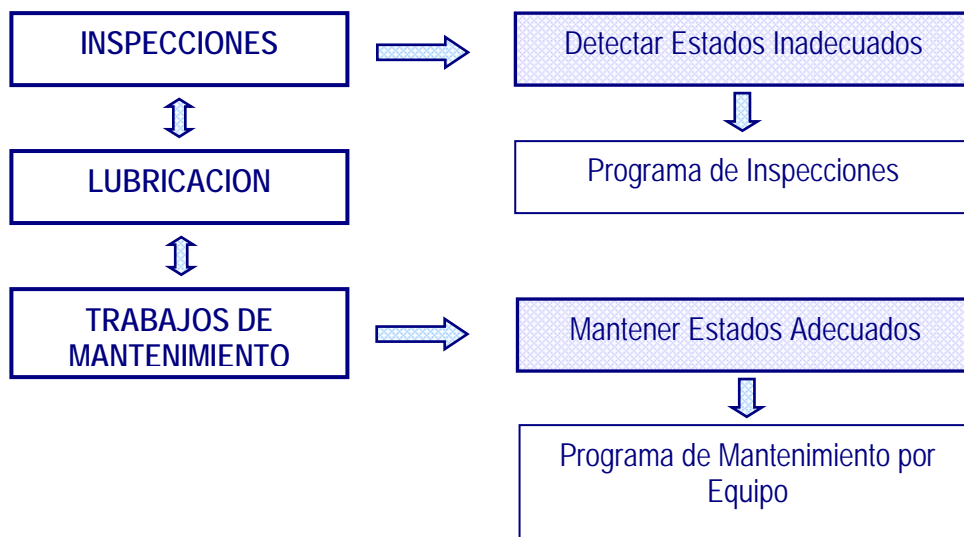
Las fuentes de información que se utilizan para la determinación de estas labores de mantenimiento, vienen principalmente de los manuales de mantenimiento, manuales de inspección, manuales de operación, manuales de reparación con los que cuenta cada equipo, de la información proveniente de las reparaciones realizadas y de la experiencia del personal de mantenimiento de la planta.

5.4.2 Planeación del Mantenimiento Preventivo.

La planeación del mantenimiento preventivo esta dirigida a la búsqueda de objetivos como:

- ✓ Disponibilidad y confiabilidad orientada hacia la producción y operación efectiva.
- ✓ Máxima utilización del tiempo y espacio de los equipos.
- ✓ Detección prematura de fallas.
- ✓ Optimización de los procedimientos de trabajo.
- ✓ Mejoras de los controles de trabajo.
- ✓ Optimización.
- ✓ Mejora de los preparativos para intervenciones planeadas.

Figura 32. Diagrama de Planeación de Mantenimiento.



La mayoría de los equipos pertenecientes a los procesos de Trituración y Molienda, han sido incluidos en la programación de mantenimiento preventivo, debido a la importancia y las características propias del proceso productivo no es aceptable que un equipo falle y pare la producción.

Tabla 22. Equipos con Aplicación de Mantenimiento Preventivo.

EQUIPO	CODIGO
Clasificador Vibratorio Niagara	04CL-NG
Clasificador Gravitacional Jig Pan American	04CL-JG
Bomba Centrifuga Horizontal Denver 3 x 3	04CL-BD
Bomba Centrifuga Wilfley K5	04ML-BW01
Bomba Centrifuga Wilfley K5A	04ML-BW02
Hidrociclón Primario D-20B No.1	04CL-HC01
Hidrociclón Primario D-20B No.2	04CL-HC02
Tolva de Gruesos Mina Silencio - Sandra K	04RC-TV01
Tolva de Gruesos Mina Providencia	04RC-TV02
Banda Transportadora No.1	04TN-BT01
Banda Transportadora No.4	04CL-BT04
Banda Transportadora No.5	04AL-BT05
Banda Transportadora No.6	04AL-BT06
Banda Transportadora No.6A	04AL-BT06A
Banda Transportadora No.7	04ML-BT07
Banda Transportadora No.7A	04ML-BT07A
Banda Transportadora No.8	04ML-BT08
Molino de Bolas No.1	04ML-MB01
Molino de Bolas No.2	04ML-MB02
Molino de Bolas No.3	04ML-MB03
Molino de Bolas No.4	04ML-MB04
Molino de Bolas No.5	04ML-MB05
Tolva de Transferencia	04AL-TV
Tolva de Finos Mina Providencia	04AL-TV02
Tolva de Finos Mina Silencio - Sandra K	04AL-TV01

5.5 DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS PILOTO EN MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

T- significa Total. Algo que es Total, incumbe a toda la empresa. Por su complejidad, pertenece al Sistema y no a alguna de sus partes (áreas o departamentos).

P - significa Productividad. La productividad es un resultado. Es la consecuencia de hacer las cosas de una determinada manera y para esto es necesario saber que hacer, tener la tecnología y practicar eficientemente la técnica.

M – Significa Mantenimiento. En primer lugar es necesario erradicar la asociación existente, de la palabra Mantenimiento como sinónimo de Talleres y Reparaciones. Se debe asociar el término, con la conservación, el mejoramiento, la disciplina, las buenas prácticas y el estado motivacional de todos los involucrados.

TPM, es una sigla que resume una política empresarial, desafiando a toda la organización a mejorar su productividad, optimizando el uso de sus recursos con el objetivo de liderar la competencia en los mercados⁵.

Mantenimiento productivo total es una cultura de trabajo que requiere de un total involucramiento del personal, desde el convencimiento de la alta dirección y por ende del rompimiento de paradigmas a nivel Dirección. TPM además promueve el trabajo en equipo del personal, principalmente cierra la brecha entre producción y mantenimiento.

⁵ PUENTE, Gustavo. El Mantenimiento Productivo Total, Herramienta o Política. Mantenimiento Mundial (online). 2004.
www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/nit.asp

La filosofía del Mantenimiento Productivo Total está soportada por pilares fundamentales, que miden y ratifican su éxito según la interpretación y veracidad en la aplicación que se realice; en la planta de beneficio María Dama se desarrollaron los 3 primeros pilares; el desarrollo del Plan de Mantenimiento Preventivo, la elaboración de un Sistema de Información Manual con las recomendaciones del Sistema de Información Computarizado que mas le conviene a la empresa y la capacitación mediante charlas por turnos de producción a todo el personal de la planta acerca de la filosofía de TPM y el intercambio de conocimientos y habilidades entre mantenimiento y producción.

Los pilares que fundamentan el TPM son:

- ✓ Desarrollo de un buen programa de MP
- ✓ Los operadores prestan los primeros auxilios de Mantenimiento
- ✓ Mantener un excelente Sistema de Información
- ✓ Capacitación a todos los niveles
- ✓ Todos los grupos de trabajo (Áreas) aportan al Mantenimiento
- ✓ Lograr altos índices de efectividad por medio de la EGP

Figura 33. Personal de la planta de beneficio María Dama.



Figura 34. Charlas de Capacitación al Personal de la planta en la Filosofía del TPM.



La implementación del TPM es una labor mucho más ardua y como primera medida necesita la realización de un eficaz mantenimiento preventivo, es por esto que solo se seleccionaron dos equipos para que se lleven a cabo en ellos labores de Mantenimiento Productivo Total; la selección de estos equipos es influenciada principalmente por su importancia en el proceso

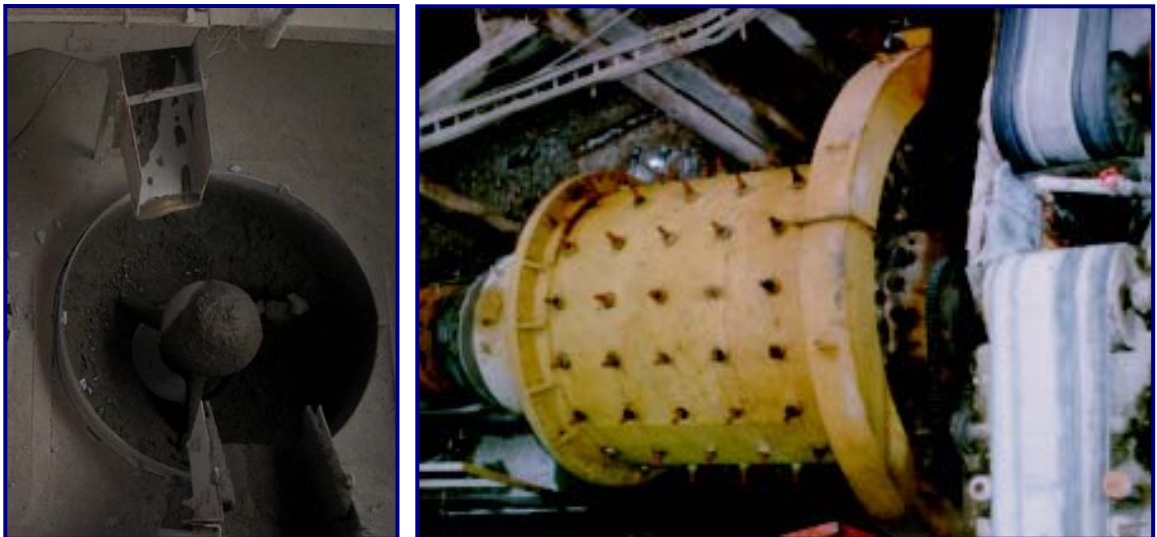
productivo, por ser los equipos con mayor criticidad de la planta y por ser también los equipos en los que se lleva un mayor control y vigilancia por parte de producción.

En el siguiente capítulo se explican y muestran los formatos diseñados en el sistema de información con las actividades correspondientes a cada equipo, según el tipo de mantenimiento que debe aplicárseles.

Tabla 23. Equipos Piloto para la aplicación del Mantenimiento Productivo Total.

EQUIPO	CODIGO
Trituradora de Conos Jaques No.1	04TN-TJ01
Trituradora de Conos Jaques No. 2	04TN-TJ02
Molino de Barras Hardinge	04ML-MR

Figura 35. Equipos Piloto para la aplicación del Mantenimiento Productivo Total.



6. SISTEMA DE INFORMACION

Debido a las innumerables circunstancias, parámetros y variables con los que se enfrenta diariamente mantenimiento, es necesario reconocer el Sistema de Información como el mejor camino para las soluciones eficientes a los problemas presentados en mantenimiento, y encaminada a la correcta y oportuna planeación de actividades en los equipos y la evaluación de su gestión.

Un buen manejo de la información brinda las siguientes ventajas:

- ✓ Suministra información confiable y oportuna para la toma de decisiones.
- ✓ Es fuente para el análisis estadístico y para la obtención de indicadores de gestión y de costos del sistema de mantenimiento imperante.
- ✓ Facilita la presentación de datos.
- ✓ Contribuye al control continuo de las posibles desviaciones de los objetivos trazados en las políticas gerenciales del mantenimiento.

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la empresa minera Frontino Gold Mines involucra la determinación de los formatos y la elaboración de un Sistema de Información que sirva de apoyo a las actividades de mantenimiento y que contribuya a lograr el objetivo común de conseguir la máxima disponibilidad de los equipos y de la planta en general con la conservación y mejora de la maquinaria existente y de la nueva maquinaria adquirida en busca de la ampliación de la capacidad de la planta de beneficio María Dama.

Un sistema de información, permite manejar todos los aspectos de la operación de mantenimiento, permitiendo contar con un historial de los activos de la empresa que generará una organización eficiente en el área de mantenimiento al planificar los trabajos y recursos, así como al explorar y analizar la información de gestión y costos que justifiquen las tareas ya realizadas y las que se realizarán, generando con ello la reducción de costos en la gestión de los activos.

Los beneficios se traducen en un intercambio de información más eficiente, mejora en el flujo de trabajo e incremento de la productividad, eliminación de paradas no programados, mejoría en la eficiencia del equipo, y la reducción de los niveles de inventario.

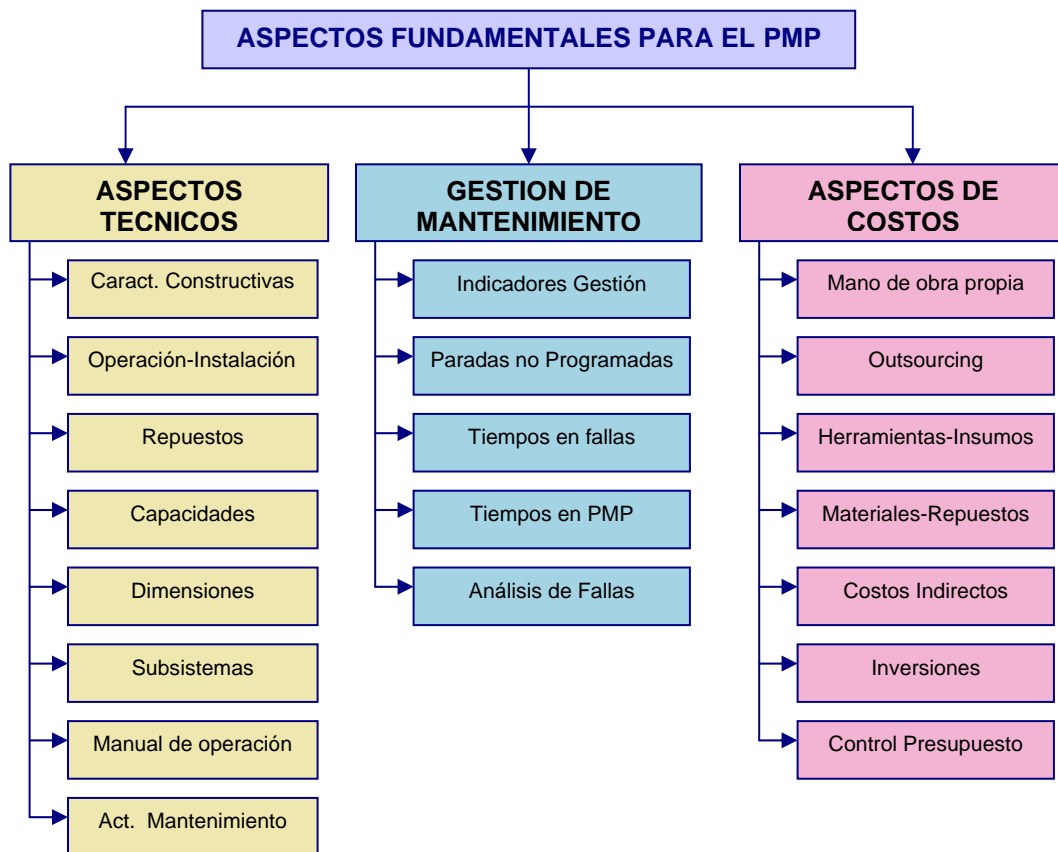
6.1 INFORMACION Y MANEJO DE DATOS

El sistema de información y los formatos que este maneja deben ser claros y sencillos con facilidad de diligenciamiento y de interpretación de tal manera que se convierta en una herramienta de ayuda de información estandarizada y organizada, llena de datos útiles y fiables para la planeación, ejecución y control de las actividades, y no por el contrario en un aspecto negativo y complejo para el personal que los manejen; es por esto que se hace necesario también la capacitación de las personas que contribuyen con la captación de datos y diligenciamiento de los mismos acerca del sistema y de sus objetivos principales para lograr los resultados que se esperan.

La elaboración de estos formatos se muestra aplicada sobre el Molino de Barras Hardinge que es el equipo modelo seleccionado de la planta de beneficio María Dama.

Los datos e información que se manejan en un Programa de Mantenimiento Preventivo (PMP), cubren aspectos Técnicos, de Costos y de Gestión de Mantenimiento; que contribuyen a un control y eficiente manejo de las actividades de mantenimiento.

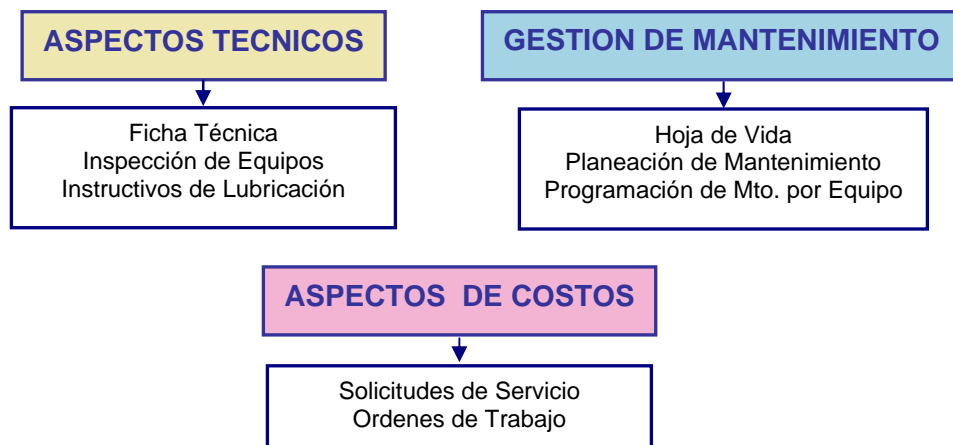
Figura 36. Información y Manejo de Datos para el PMP.



6.2 DOCUMENTACION BASICA

Los formatos diseñados permitirán una recolección de datos fiable, un manejo y evaluación de la información efectivo y un respaldo a toda la gestión del programa de mantenimiento. La documentación diseñada esta vinculada con los aspectos anteriormente vistos y clasificada en un grupo de estos para su mayor comprensión.

Figura 37. Documentación Básica para el Programa de Mantenimiento.



6.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN MANUAL



6.3.1 Fichas Técnicas de Equipos. Es un documento donde se consigna la información de un equipo, los subsistemas y principales elementos que lo conforman. Contiene características funcionales, estructurales, dimensionales, de fabricación, lubricación e instalación; así como referencias de planos y fotos, equipos asociados y en general toda la información relevante que permita al personal interesado, conocer e identificar rápidamente las partes y funcionalidad en el proceso productivo del equipo en mención. Para la elaboración de la ficha técnica se deben consultar catálogos de operación, instalación, manuales de servicio, registro de mantenimiento y mediciones directas en la máquina entre otras fuentes de información para asegurar que la ficha de cada equipo quede lo mas completa posible.

La elaboración de la ficha técnica y de los demás formatos del sistema de información contiene el nombre del equipo asociado a la codificación

realizada en la planta para de esta manera tener el control de las actividades referenciadas siempre a un código designado.

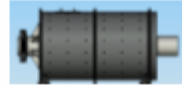
La ficha técnica fue realizada para todos los equipos incluidos en los procesos de estudio de este proyecto, para ver las fichas técnicas de otros equipos, véase Anexo J.

Figura 38. Ficha Técnica del Molino de Barras.

Molino de Barras 04ML-MR 1 / 3							
		FICHA TECNICA MOLINO DE BARRAS					PLANTA DE BENEFICIO MARIA DAMA
		Descripción	MOLINO DE BARRAS 5' 1/2' x 8'	Marca			
		Serial No.	671-41	No. Codificación	04ML-MR		
ESPECIFICACIONES							
<p>Función. Molino de percusión y fricción por medio de barras molidoras, realiza la molienda primaria, reduciendo el tamaño de la partícula de aproximadamente 5/8" a 48 mallas; aplicando esfuerzos por impacto y corte en medio húmedo.</p> <p>Sistema de Transmisión. Por medio de Corona-Piñón.</p> <p>Sistema de Lubricación. Lubricación automática y temporizada de la transmisión- 5 segundos, cada 30 minutos; bomba de lubricación de grasa accionada por aire comprimido suministrado por un compresor de 5,5 Hp.</p> <p>Sistema de Agua: La molienda es en medio húmedo, en la llegada del mineral se le agrega agua de una tubería de 1", através de una válvula de compuerta a razón de 1,29 Ton/hr.</p> <p>La salida del mineral se hace a través de un cedazo de lámina perforada con agujeros de 3/8" de diámetro, 3/8" de espesor, con una longitud de 36" y un diámetro exterior de 31 1/8".</p>							
DIMENSIONES, ELEMENTOS Y FACTORES PRINCIPALES							
DIAMETRO	LONGITUD	CAPACIDAD	DIAMETRO DE ALIMENTACIÓN	DIAMETRO DE SALIDA	VELOCIDAD		
					Molino	Periférica	Crítica
51/2'	8'	26 Ton/Hr <small>Inf. Rafael Durán</small>	25 1/4"	24 5/8"	21,1 RPM	398 FPM	31,5 RPM
BARRAS MOLEADORAS	DIAMETRO	LONGITUD	PESO	MATERIAL	CAPACIDAD (BARRAS)		
	3 1/2" (9 cm)	90 1/2" 230 cm	117 Kg.	Acero SAE 1090 Bonificado	Usadas 150-170	Nuevas 100-120	
FORROS MC4 - Mepsa	MATERIAL	TIPO-CANTIDAD-DIMENSIONES				TORNILLOS SUJETADORES Acero SAE 1045	
		Centro	Tipo A	32	30 1/2" x 13 1/4"	Centro	φ rosca = 1 1/4" L = 7" rosca NC
	Entrada		Tipo B	16	30 1/2" x 13 1/4"	Entrada	φ rosca = 1 1/2" L = 8" rosca NC
	Salida	Tipo C	16	27 1/2" x 4 3/8" x 13 1/4"	Salida		
ACOPLES 04ML-MR02AF	Flexible	Tapa Rejillas	Ref: 2120H Falk Ref: 1120 T Falk		Acoplamiento entre reductor y eje de la transmisión		
	Rígido	φ Int: 34 mm - acero φ Ext: 57 mm-caucho	φ eje (mm)	φ Reductor: 63,5 φ Motor: 100	Acoplamiento entre motor y reductor de acero 4340 maquinado, cubierto con caucho		



FICHA TÉCNICA MOLINO DE BARRAS



PLANTA DE
BENEFICIO
MARIA DAMA

SISTEMA DE TRANSMISIÓN

04ML-MR02CP

ELEMENTO	RODAMIENTOS		TRANSMISIÓN				
	CANT.	REFERENCIA	No. DIENTES	PASO	ANG. ENVOLV	DIAMETRO	MATERIAL
EJE DE TRANSMISIÓN	2	22228EASK.MC3					
CORONA			138	1 1/2"	20 °	DP: 110"	Acero fundido
PINON			19	1 1/2"	20 °	DP: 23"	Acero fundido

SISTEMA LUBRICACIÓN DE TRANSMISIÓN

04ML-MR06

ELEMENTO	MODELO	CARACTERÍSTICAS				
Lincoln St. Louis. Modelo: 82288						
BOMBA (Accionada por un motor de aire 80 - 100 PSIG.)	82050 Serie E	Diámetro	Ratio	Tipo	Long. Vástago	Tuberías NPT
TEMPORIZADOR	68358	2 1/2"	50:1	Alta Presión	27 3/8"	3/8"
		115 V			50 HZ	

LUBRICACIÓN

Motor - Reductor	Acople - Chumaceras - Rodamientos	Transmisión Corona- Piñón
ACEITE PINONES EP 220 (Ludecol)	GRASA MULTIPROPOSITO EP2 (Minerol)	GRASA CRATER 2X FLUID (Ludecol)

EQUIPOS ASOCIADOS

MOTOR

04ML-MR01MO

MARCA	POTENCIA	VELOCIDAD	FRECUENCIA	VOLTAJE (V)		CORRIENTE (A)	
SIEMENS	95 Kw.	732 rpm	50 Hz Trifásico	Estator	500	Estator	140
				Rotor	315	Rotor	184

REDUCTOR

04ML-MR01RT

MARCA	POTENCIA	VELOCIDAD		RATING	FACTOR DE SERVICIO
FALK 2090 Y1 Ejes paralelos	100 HP	In	732 rpm	4,7 : 1	1,9 Reducción simple
		Out	153 rpm		



FICHA TÉCNICA MOLINO DE BARRAS



PLANTA DE
BENEFICIO
MARIA DAMA

PLANOS EXISTENTES

MD 0367 Tomillo Sujetador de Forros Molino de Barras	MD 1136 Dimensiones Generales Motor Siemens
MD 0367A Arandela para tomillo Sujetador de Forros	MD 1214 Tapas Entrada y Salida del Molino de Barras
MD 0812A Tomillo sujeción forros superiores entrada - salida - tambor central	MD 1215 Desamollo tapas Entrada y Salida con forros
MD 0812B Tomillo sujeción forros inferiores entrada - salida	MD 1216 Forros Molino de Barras Tipo C.
MD 1030 Forros Molino de Barras Tipo A-B	MD 1266 Acople Molino Barras
MD 1124 Campana y Cedazo de Salida de Mol. Barras	MD 289 Forros Molino Barras
MD 1135 Acople Moto-Reductor Molino de Barras	MD 305 Piñón de la Transmisión de Molino de Barras
	MD 822 Buje de Bronce de Molino de Barras
	MD 861 Eje de Transmisión de Molino de Barras

6.3.2 Inspección de Equipos. Las inspecciones de los equipos están basadas en rutinas de mantenimiento sugeridas por el fabricante y analizadas en la planeación del mantenimiento, teniendo en cuenta las sugerencias del personal de mantenimiento experimentado en trabajos realizados anteriormente en el equipo; la frecuencia de la inspección es determinada para cada equipo. El formato es sencillo para evitar pérdidas de tiempo por parte del personal de mantenimiento y su objetivo principal es el de detectar estados o condiciones inadecuados que deben ser restituidos; incluye información general del equipo (nombre, ubicación, código), tipo y descripción de la inspección a realizar, ya sea mecánica, eléctrica o electrónica, observaciones y estado de la inspección entre otras.

Figura 39. Inspección Molino de Barras.

		INSPECCIÓN DE EQUIPOS DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO					
CONTROL	X					FRONTINO GOLD MINES	
REV.							
PAG.	1						

EQUIPO	MOLINO			CODIGO: D4ML-MR	INSP. No.				
UBICACIÓN				FECHA	1				
TIPO DE INSPECCIÓN:		MEC.	X	ELECT.:		ELECTR.		LUB.	
DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN: VERIFICAR EL ESTADO DEL CILINDRO, LOS TORNILLOS SUJETADORES, LOS FORROS, EL CEDAZO, EL SHUT Y DEMÁS COMPONENTES ESTRUCTURALES									
OBSERVACIONES: SE AJUSTARON LOS TORNILLOS DE LOS FORROS CENTRALES REEMPLAZAR EL SHUT DE ADMISION, EN LA PROXIMA PARADA - LAMINAS DESGASTADAS LOS FORROS CENTRALES, YA ESTAN DE CAMBIAR MUY DESGASTADOS, CUANDO LLEGAN LOS TORNILLOS SUJETADORES ES NECESARIO EL CAMBIO INMEDIATO									
ESTADO DE LA INSPECCION:		BUENO:	<input type="checkbox"/>	ACEPTABLE:	<input checked="" type="checkbox"/>	IRREGULAR:	<input type="checkbox"/>		
MECANICOS MARIA DAMA		JEFE MECANICOS MARIA DAMA			DIRECTOR MANTENIMIENTO.				

Con estas inspecciones se puede controlar el desgaste prematuro de correas, desalineamientos de poleas y piñones, ruidos anormales en rodamientos, fugas de lubricante y aire, puntos calientes en los tableros

eléctricos y transformadores, conexiones flojas de conductores, temperaturas anormales de los motores y equipos, niveles bajos de lubricantes, desgastes prematuros de elementos, vibraciones anormales, etc. Formato de Inspección de Equipos. Ver anexo K.

6.3.3 Instructivos de Lubricación. En este documento se detalla la programación de actividades de lubricación a realizar por equipo, incluye la información general del equipo, las partes a lubricar, los lubricantes empleados y las frecuencias de lubricación; con el objetivo de prevenir cualquier tipo de falla por lubricante y aumentar la vida útil de los equipos. La lubricación es una de las principales actividades del mantenimiento preventivo, una correcta planeación de la lubricación, mantiene al equipo operando en condiciones apropiadas.

Figura 40. Instructivo de Lubricación Molino de Barras.


CONTROL. SI X NO REV. PAG. 1 LUB.No. 1	LUBRICACIÓN DE EQUIPOS DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	 FRONTINO GOLD MINES																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">EQUIPO</td> <td style="width: 25%;">MOLINO DE BARRAS</td> <td style="width: 25%;">CODIGO:</td> <td style="width: 25%;">04ML- MR</td> </tr> <tr> <td>UBICACIÓN</td> <td>P.B. MOLIENDA</td> <td>FRECUENCIA</td> <td>CADA 4 DÍAS</td> </tr> <tr> <td>PARTE A LUBRICAR:</td> <td>TRANSMISION CORONA - PIÑON</td> <td>LUBRICANTE</td> <td>GRASA CRATER 2X FLUID</td> </tr> </table>			EQUIPO	MOLINO DE BARRAS	CODIGO:	04ML- MR	UBICACIÓN	P.B. MOLIENDA	FRECUENCIA	CADA 4 DÍAS	PARTE A LUBRICAR:	TRANSMISION CORONA - PIÑON	LUBRICANTE	GRASA CRATER 2X FLUID																																																																			
EQUIPO	MOLINO DE BARRAS	CODIGO:	04ML- MR																																																																														
UBICACIÓN	P.B. MOLIENDA	FRECUENCIA	CADA 4 DÍAS																																																																														
PARTE A LUBRICAR:	TRANSMISION CORONA - PIÑON	LUBRICANTE	GRASA CRATER 2X FLUID																																																																														
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; border: 1px solid black;">FECHA</td> <td style="width: 5%; border: 1px solid black;">v</td> <td style="width: 5%; border: 1px solid black;">p</td> <td style="width: 15%; border: 1px solid black;">FECHA</td> <td style="width: 5%; border: 1px solid black;">v</td> <td style="width: 5%; border: 1px solid black;">p</td> <td style="width: 15%; border: 1px solid black;">FECHA</td> <td style="width: 5%; border: 1px solid black;">v</td> <td style="width: 5%; border: 1px solid black;">p</td> <td style="width: 15%; border: 1px solid black;">FECHA</td> <td style="width: 5%; border: 1px solid black;">v</td> <td style="width: 5%; border: 1px solid black;">p</td> <td style="width: 15%; border: 1px solid black;">FECHA</td> <td style="width: 5%; border: 1px solid black;">v</td> <td style="width: 5%; border: 1px solid black;">p</td> </tr> <tr> <td>FEB 7 /05</td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FEB 12 /05</td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FEB 17 /05</td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FEB 22 /05</td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			FECHA	v	p	FECHA	v	p	FECHA	v	p	FECHA	v	p	FECHA	v	p	FEB 7 /05	✓															FEB 12 /05	✓															FEB 17 /05	✓															FEB 22 /05	✓														
FECHA	v	p	FECHA	v	p	FECHA	v	p	FECHA	v	p	FECHA	v	p																																																																			
FEB 7 /05	✓																																																																																
FEB 12 /05	✓																																																																																
FEB 17 /05	✓																																																																																
FEB 22 /05	✓																																																																																
OBSERVACIONES:																																																																																	

En la planta de beneficio se realizó un estudio donde se determinan los lubricantes con sus especificaciones, y asociadas al equipo respectivo, como material de apoyo para el departamento de mantenimiento de la planta y

como complemento a los instructivos de lubricación; para conocer este informe, véase Anexo L. Para el formato de Instructivos de Lubricación de equipos, ver Anexo M.

6.3.4 Solicitudes de Servicios (ST). Es el formato en el cual se reportan los daños o anomalías que presentan los equipos. Son realizadas por los usuarios de la empresa incluido mantenimiento; en algunos casos, son provenientes de las inspecciones o rondas realizadas por el personal y los programas sistemáticos.

Figura 41. Solicitud de Servicio Molino de Barras.

Control: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		SOLICITUD DE SERVICIO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		 FRONTINO GOLD MINES	
S.S. No.	1				
FECHA					
REV.					
PAG.	1				
EQUIPO : MOLINO DE BARRAS HARDINGE				CODIGO: 04ML-MR	
TIPO DE DAÑO	MEC. <input checked="" type="checkbox"/>	ELECT. <input type="checkbox"/>	ELECTR. <input type="checkbox"/>	OTRO: <input type="checkbox"/>	
TIPO ACTIVIDAD	PREVENTIVO <input checked="" type="checkbox"/>	MONTAJE <input type="checkbox"/>	CAMBIO <input type="checkbox"/>	LUBRICACION <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	CORRECTIVO <input type="checkbox"/>	INSTALACION <input type="checkbox"/>	REVISION <input type="checkbox"/>	OTRO <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DESCRIPCION DEL TRABAJO: CAMBIO DE LOS FORROS DE MANGANESO DEL CENTRO TIPO A Y B MC4 MEPSA CON SUS RESPECTIVOS TORNILLOS					
PRIORIDAD: EXTRA URGENTE: <input type="checkbox"/>		URGENTE: <input checked="" type="checkbox"/>		NORMAL: <input type="checkbox"/>	
BAJA: <input type="checkbox"/>					
PARO DEL EQUIPO	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	COMPONENTE INTERVENIDO:		CILINDRO DEL MOLINO	
ESTADO DESEADO: FORROS CENTRALES NUEVOS Y AJUSTADOS CON LA MAYOR PRECISION					
OBSERVACIONES:					
HORA Y FECHA DE ENTREGA :		20 ENERO DE 2005			
FECHA CUMPLIMIENTO :		28 ENERO DE 2005			
SOLICITA : JEFE DE TURNO MARIA DAMA			APRUEBA : JEFE MECANICOS MOLINO		
			PRIORIDAD APROB. : URGENTE		
ELABORÓ		FIRMA JEFE M.COS. MARIA DAMA		FIRMA DIRECTOR M.TTO.	
ING. MARIA ELENA PACHECO					

La ST contiene la información general del equipo referenciado al código, un número consecutivo para su identificación y control, el tipo de daño que presenta el equipo, la actividad a realizársele, la descripción detallada de la actividad y el estado deseado, la prioridad asignada a la ST, observaciones y fechas de elaboración y cumplimiento. Cada solicitud debe ser aprobada por un superior del área solicitante o, de mantenimiento el cual debe confirmar también la prioridad que le asigna quien la elaboro.


El formato diseñado es utilizado más como un ST interna del departamento de mantenimiento para actividades propias, esto debido a que la empresa ya cuenta con un formato muy completo y extenso de solicitudes de servicio; se buscó agilidad y facilidad para el sistema de información de María Dama. Formato de Solicitud de Servicio del departamento de mantenimiento. Ver Anexo N.

6.3.5 Ordenes de Trabajo (OT). Es el formato en el que se procede a designar labores e intervenciones de mantenimiento a cierto equipo. Puede ser originada directamente por una solicitud de servicio o ser el resultado de la programación de mantenimiento. Aunque en algunos casos se usa un solo formato par la OT y la ST, la elaboración de dos formatos independientes, da respuestas rápidas a trabajos menores en intervenciones que no ameriten una elaboración detallada, la OT es una ayuda básica y permite recolectar datos relevantes de la ejecución del trabajo y establecer costos de cada ejecución. La OT contiene información como: datos generales del equipo (nombre, código, ubicación, criticidad), tipo y gestión de mantenimiento, así como un consecutivo para el control y análisis de indicadores y costos, contiene también información de repuestos, del personal encargado de ejecutar el trabajo, tiempos de duración y fechas de asignación y de ejecución; las ordenes de trabajo, deben ser evaluadas previamente con el visto bueno del encargado de mantenimiento en la planta y de los jefes de turno o producción. La elaboración de OT generada a través de una ST, se

exceptúa cuando se presenta como emergencia por falla imprevista del equipo; cuando la magnitud del trabajo es tan pequeña en costos, materiales y mano de obra, no se amerita su elaboración y ésta se registra como evento.

Estas órdenes generan las herramientas y el formato base para el control del registro de históricos por equipos. Para ver el formato de OT elaborado. Véase el Anexo O.

Figura 42. Orden de Trabajo Molino de Barras.

Control: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		ORDEN DE TRABAJO DE DEPARTAMENTO DE MAINTENIMIENTO			
REV.				FRONTINO GOLD MINES	
PAG. 1					
EQUIPO: MOLINO DE BARRAS HARDINGE		CODIGO: 04ML-MR		ORDE N ^o .	
UBICACION: P.B. MOLIENDA		CRITICIDAD: 32 - CRITICO			
CENTRO DE COSTO		FECHA ENTREGA			
TIPO DE MANTENIMIENTO: MEC. <input checked="" type="checkbox"/> ELECT. <input type="checkbox"/>		ELECTR. <input type="checkbox"/> OTRO: _____			
COMPONENTE INTERVENIDO: CILINDRO					
PARADA DEL EQUIPO SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		GESTION MTO. CORR. <input type="checkbox"/> TPM. <input type="checkbox"/>		PREVENT. <input checked="" type="checkbox"/>	
REPUESTOS					
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR		
MC4 TIPO A - TIPO B	FORROS DE MANGANESO MEPSA DE 30 1/2" X 13 1/4"	32 - 16			
PERSONAL					
NOMBRE			HR. INICIO	HR. FINAL	
OMAR TOBON - OSCAR MOLINA (MECANICOS PLANTA)			07:00:00 a.m.	03:00:00 p.m.	
1. FECHA INICIO TRABAJO: <u>28/01/05</u>		HORA INICIO: <u>7 am</u>		HORA FINAL: <u>3 pm</u>	
2. FECHA FINAL TRABAJO: <u>28/01/05</u>		HORA INICIO: _____		HORA FINAL: _____	
TRABAJO A DESARROLLAR: FORRADA DEL CILINDRO CENTRAL DEL MOLINO DE BARRAS					
OBSERVACIONES:					
MECANICOS MARIA DAMA		Vo. Bo. JEFE MCCS. MARIA DAMA		Vo. Bo. JEFE TURNO MARIA DAMA	
ELABORÓ		VERIFICÓ		APROBÓ	
ING. MARIA ELENA PACHECO		JEFE MECANICOS MARIA DAMA		DIRECTOR DE MANTENIMIENTO	

6.3.6 Hojas de Vida por Equipo. Es llamada también Formato de Registro Histórico de Mantenimiento y como su nombre lo indica lleva condensado el registro detallado y cronológico de las actividades que son realizadas en cada equipo, se considera uno de los principales formatos para la evaluación de indicadores de gestión y trabaja muy de la mano con las ST y las OT porque allí se indican las actividades que deben realizarse y por ende se puede llevar el control de cumplimiento de estas y de las estadísticas de fallas del equipo.

Figura 43. Hoja de Vida Molino de Barras.

CONTROL		SI X NO		HOJA DE VIDA POR EQUIPO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			
REV.						FRONTINO GOLD MINES	
PAG.							
EQUIPO	MOLINO DE BARRAS HARDINGE			CODIGO	04ML-MR		
FECHA	DESCRIPCION ACTIVIDAD			REPUESTOS	DURACION	RESPONSABLE	
FEB 7/05	CAMBIO VALVULA DE BRONCE Y CODO DE TUBERIA DE AGUA			VALV. COMPUERTA 1" CODO 1"	20 MIN	FERNANDO MONSALVE Mecánico de Turno	
FEB 7/05	CARGO FULL NIVEL DE ACEITE DE CHUMACERAS TRUNIONS			PINONES 220 - Ludecol.	1 HORA	JOSE CARDONA Lubricador	
FEB 9/05	LUBRICACION CHUMACERAS TRANSMISION Y RODAMIENTOS DEL MOTOR			GRASA MULTIPROPOSITO EP2 Mineral.	30 MIN	JOSE CARDONA Lubricador	
FEB 14/05	CAMBIO ACEITE CHUMACERAS TRUNION DE ENTRADA			PINONES 220 - Ludecol.	30 MIN	JOSE CARDONA Lubricador	
FEB 14/05	LUBRICACION REJILLA ACOPLE FLEXIBLE MOTOR REDUCTOR-TRANSMISION			GRASA MULTIPROPOSITO EP2 Mineral.	1 HORA	JOSE CARDONA Lubricador	
FEB 14/05	CARGUE ACEITE DEL MOTOR REDUCTOR			PINONES 220 - Ludecol.	1 HORA	JOSE CARDONA Lubricador	
FEB 14/05	SE REALIZO INSPECCION GENERAL DEL MOLINO ** (VER NOTA)				30 MIN	JOSE CARDONA Lubricador	
FEB 21/05	CAMBIO DE ARANDELA DE LA CHUMACERA DE ENTRADA.			ARANDELA DE 1 1/2"	1 HORA	OMAR TOBON Mecánico	
FEB 28/05	REFUERZO CON LAMINA Y VOLTEO CEDAZO DE SALIDA (Lado Derecho)			LAMINA ACERO DE 3/8" SOLDADURA 6011	9 HORAS	OMAR PINO	
	REPARACION TOTAL DEL CHUTE - EMBUDO ADMISION			LAMINA ACERO DE 3/8" SOLDADURA 6011		OMAR TOBON JULIO MORALES OSCAR MOLINA	
MAR 1/05	LUBRICACION MANUAL TRANSMISION CORONA - PINON *(nota)			GRASA CRATER 2XFLUID Ludecol	10 MIN	JOSE CARDONA Lubricador	
OBSERVACIONES							
EN INSPECCION DEL 14 DE FEB- SE OBSERVA QUE SE DEBE REPARAR EN LA PROXIMA PARADA LA ENTRADA DEL MOLINO Y VOLTEAR EL CEDAZO. * EL 28 FEB DANO GRAVE DEL COMPRESOR QUE ALIMENTA AIRE PARA EL SISTEMA DE LUBRICACION AUTOMATICO. SALE DE OPERACION EL COMPRESOR. SE ALIMENTA AIRE DIRECTAMENTE DE COMPRESORAS EL SILENCIO.							
ELABORÓ		VERIFICÓ		VERIFICÓ		APROBÓ	
ING. MARIA ELENA PACHECO		JEFES TURNO MARIA DAMA		JEFE MCO. MOLINO		DIRECTOR DE MANTENIMIENTO	

Las Hojas de vida incluyen la información general del equipo, el registro de la actividad con la fecha en la que se lleva a cabo la misma, el responsable o ejecutor de la tarea, tiempo de duración y repuestos asociados a la actividad así como las observaciones que surgen en la elaboración de la actividad, estas observaciones permiten hacer cambios a la planeación del mantenimiento. Es necesario medir el registro de las actividades, es decir tomar la decisión conjunta en el departamento de mantenimiento acerca de cuales son las actividades que se registran en la hoja de vida con un mínimo de complejidad en la intervención. El formato de hoja de vida por equipo, ver Anexo P.

6.3.7 Planeación y Programación del Mantenimiento. Después de determinados los anteriores formatos y según la efectividad y seriedad en el diligenciamiento se tiene la planeación de mantenimiento por equipo, que incluye la frecuencia de las actividades a realizar y el personal idóneo de realizar dicha actividad con la información general del equipo contando con la criticidad del mismo, y las respectivas observaciones; este formato es llamado comúnmente Gama y permite tener a la mano las actividades que se sugieren deben realizársele a cada equipo.

Es necesario tener un control de la programación de mantenimiento para todos los equipos incluidos en el plan, de manera que se hayan presupuestado las actividades a realizar y basadas en la planeación que se tenga por equipo, para no incurrir en traslape de actividades deben verificarse todas las actividades de diferente frecuencia para cada equipo y todas las actividades de la misma frecuencia para todos los equipos, es necesario que la programación de mantenimiento preventivo no incurra en sobresaturación de actividades.


Esta planeación fue desarrollada aprovechando e conocimiento de los mecánicos y operarios de la planta así como de los manuales y

recomendaciones de fabricantes y expertos en otras empresas con equipos similares. Para conocer los formatos de Actividades de mantenimiento por equipo y Programación de mantenimiento. Véanse los Anexos Q y R.

Figura 44. Actividades de Mantenimiento Molino de Barras.

<table border="1"> <tr> <td>CONTROL</td> <td>SI</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>REV.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PAG.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		CONTROL	SI	NO	REV.			PAG.			ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO POR EQUIPO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO PLANTA DE BENEFICIO MARIA DAMA	 FRONTINO GOLD MINES
CONTROL	SI	NO										
REV.												
PAG.												
EQUIPO: MOLINO DE BARRAS		CODIGO: 04ML-MR										
UBICACION: P. B. MOLIENDA		CRITICIDAD: A										
RECOMENDACIONES:												
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO: DIARIA												
ACTIVIDAD		PERSONAL										
Limpie e inspeccione condiciones de el cilindro y partes exteriores Cada 4 días - Lubrique las chumaceras Trunions Revise e inspeccione ruidos y vibraciones		Operador Lubricador Operador-Lubricador										
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO: SEMANAL												
ACTIVIDAD		PERSONAL										
Inspeccione el estado de los sellos Inspeccione el estado de los cauchos del acople Alinear tornillos y remueva impurezas extrañas Inspeccione y cambie dado el caso el shut de entrada y los forros del mismo		Operarios-Lubricador Operarios-Lubricador Operarios-Lubricador Operarios-Mecánicos										
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO: MENSUAL												
ACTIVIDAD		PERSONAL										
Inspeccione y corrija malos estados de las partes en movimiento Inspeccione el estado del cedazo de salida Inspeccione el estado del acople flexible Cada 2 meses - Cambie el aceite del motoreductor Cada 2 meses - Inspeccione el estado de los forros de entrada-salida y centro		Mecánico Mecánico Mecánico Lubricador Mecánico										
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO: SEMESTRAL												
ACTIVIDAD		PERSONAL										
Remueva todo el lubricante de la Transmisión - protejala de agentes corrosivos Cambie completamente el lubricante (mantenga el nivel de aceite adecuado)		Lubricador Lubricador										
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO: ANUAL												
ACTIVIDAD		PERSONAL										
En el caso de desmontaje de la transmision, cambie tanto la Corona como el Piñon		Mecánico										
OBSERVACIONES												
ELABORÓ		VERIFICÓ										
ING. MARJA ELENA PACHECO		JEFE MGOS. MOLINO										
		APROBÓ										
		DIRECTOR MITO.										

Figura 45. Programación de Mantenimiento Molino de Barras.

CONTROL SI NO		PROGRAMA DE MAINTENIMIENTO POR EQUIPO DEPARTAMENTO DE MAINTENIMIENTO	 FRONTINO GOLD MINES
REV.			
PAG.			
PLANTA DE BENEFICIO MARIA DAMA		MOLINO DE BARRAS Y COMPONENTES	
ZONA: MOLIENDA			
FRECUENCIA			
1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>
9 <input type="checkbox"/>	10 <input checked="" type="checkbox"/>	11 <input type="checkbox"/>	12 <input type="checkbox"/>
13 <input type="checkbox"/>	14 <input type="checkbox"/>	15 <input type="checkbox"/>	16 <input type="checkbox"/>
17 <input type="checkbox"/>	18 <input type="checkbox"/>	19 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>
21 <input type="checkbox"/>	22 <input type="checkbox"/>	23 <input type="checkbox"/>	24 <input type="checkbox"/>
25 <input type="checkbox"/>	26 <input type="checkbox"/>	27 <input type="checkbox"/>	28 <input type="checkbox"/>
29 <input type="checkbox"/>	30 <input type="checkbox"/>	31 <input type="checkbox"/>	32 <input checked="" type="checkbox"/>
33 <input type="checkbox"/>	34 <input type="checkbox"/>	35 <input type="checkbox"/>	36 <input type="checkbox"/>
37 <input type="checkbox"/>	38 <input type="checkbox"/>	39 <input type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>
41 <input type="checkbox"/>	42 <input type="checkbox"/>	43 <input type="checkbox"/>	44 <input type="checkbox"/>
45 <input type="checkbox"/>	46 <input type="checkbox"/>	47 <input type="checkbox"/>	48 <input type="checkbox"/>
49 <input type="checkbox"/>	50 <input type="checkbox"/>	51 <input type="checkbox"/>	52 <input type="checkbox"/>
		EQUIPO: Molino de Barras	
		CODIGO: 04ML - MR	
		CRITICIDAD: 32 Crit. A. (< 25)	
		TIPO DE MTTTO.: Mecánico	
TRABAJO A DESARROLLAR: <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Limpie el cilindro y los componentes del Molino <input checked="" type="checkbox"/> Revise el estado del Cedazo, Chute de Entrada, Espiral, Campana. <input checked="" type="checkbox"/> Inspeccione rodamientos y chumaceras Trunions <input type="checkbox"/> Lubricar chumaceras Trunions. 			
FRECUENCIA			
1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>
9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	11 <input checked="" type="checkbox"/>	12 <input type="checkbox"/>
13 <input type="checkbox"/>	14 <input type="checkbox"/>	15 <input checked="" type="checkbox"/>	16 <input type="checkbox"/>
17 <input type="checkbox"/>	18 <input type="checkbox"/>	19 <input type="checkbox"/>	20 <input checked="" type="checkbox"/>
21 <input type="checkbox"/>	22 <input type="checkbox"/>	23 <input type="checkbox"/>	24 <input type="checkbox"/>
25 <input type="checkbox"/>	26 <input type="checkbox"/>	27 <input type="checkbox"/>	28 <input type="checkbox"/>
29 <input type="checkbox"/>	30 <input type="checkbox"/>	31 <input type="checkbox"/>	32 <input checked="" type="checkbox"/>
33 <input type="checkbox"/>	34 <input type="checkbox"/>	35 <input type="checkbox"/>	36 <input type="checkbox"/>
37 <input type="checkbox"/>	38 <input type="checkbox"/>	39 <input type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>
41 <input type="checkbox"/>	42 <input type="checkbox"/>	43 <input type="checkbox"/>	44 <input type="checkbox"/>
45 <input type="checkbox"/>	46 <input checked="" type="checkbox"/>	47 <input type="checkbox"/>	48 <input type="checkbox"/>
49 <input type="checkbox"/>	50 <input type="checkbox"/>	51 <input type="checkbox"/>	52 <input type="checkbox"/>
		EQUIPO: Motor Molino de Barras	
		CÓDIGO: 04ML-MR01MO	
		TIPO DE MTTTO.: Eléctrico	
TRABAJO A DESARROLLAR: <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Revisión de contactor y guardamotor, ajuste de bomes, medición de amperaje <input checked="" type="checkbox"/> Revise o reemplace los rodamientos del motor <input checked="" type="checkbox"/> Complete o reemplace el nivel de aceite 			
FRECUENCIA			
1 <input type="checkbox"/>	2 <input checked="" type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input checked="" type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>
9 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	11 <input type="checkbox"/>	12 <input checked="" type="checkbox"/>
13 <input type="checkbox"/>	14 <input type="checkbox"/>	15 <input checked="" type="checkbox"/>	16 <input type="checkbox"/>
17 <input type="checkbox"/>	18 <input type="checkbox"/>	19 <input type="checkbox"/>	20 <input checked="" type="checkbox"/>
21 <input type="checkbox"/>	22 <input type="checkbox"/>	23 <input type="checkbox"/>	24 <input type="checkbox"/>
25 <input type="checkbox"/>	26 <input type="checkbox"/>	27 <input type="checkbox"/>	28 <input type="checkbox"/>
29 <input type="checkbox"/>	30 <input type="checkbox"/>	31 <input type="checkbox"/>	32 <input checked="" type="checkbox"/>
33 <input type="checkbox"/>	34 <input type="checkbox"/>	35 <input type="checkbox"/>	36 <input type="checkbox"/>
37 <input type="checkbox"/>	38 <input type="checkbox"/>	39 <input type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>
41 <input type="checkbox"/>	42 <input type="checkbox"/>	43 <input type="checkbox"/>	44 <input type="checkbox"/>
45 <input type="checkbox"/>	46 <input checked="" type="checkbox"/>	47 <input type="checkbox"/>	48 <input type="checkbox"/>
49 <input type="checkbox"/>	50 <input type="checkbox"/>	51 <input type="checkbox"/>	52 <input type="checkbox"/>
		EQUIPO: Transmisión Corona-Piñon MR.	
		CÓDIGO: 04ML-MR02CP	
		TIPO DE MTTTO.: Mecánico	
TRABAJO A DESARROLLAR: <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Revise el estado de los dientes <input checked="" type="checkbox"/> Revise e inspeccione las condiciones de lubricación <input checked="" type="checkbox"/> Revise el sistema de lubricación y el compresor 			
ELABORO ING. MARIA ELENA PACHECO		VERIFICO JEFE MOOS. MOLINO	
		APROBO DIRECTOR DE MANTENIMIENTO	

Es importante y fundamental para el éxito del plan de mantenimiento que el sistema de información, sea tomado muy en serio, diligenciado de la mejor manera los formatos y con un compromiso permanente entre mantenimiento y producción en pro del objetivo común de lograr conservar la planta de

beneficio en el grado mas alto de productividad y eficiencia al impedir las interrupciones de operación de los equipos. Los formatos mencionados anteriormente constituyen la base para la implementación del sistema de información, es necesario que esa información sea recopilada organizadamente y se tenga en un biblioteca ya sea en la oficina del jefe de mecánicos de la planta o en la del jefe de la planta de beneficio, pero debe estar condensada y clasificada en un lugar donde se pueda acceder rápidamente. Independiente de las ventajas y la necesidad de la implementación del sistema de información, la gran desventaja que este sea manual es que no permite que la administración de mantenimiento pueda tomar decisiones acertadas a los problemas presentados, por falta de conocimiento e identificación de las causas reales de los mismos.

6.4 SISTEMA COMPUTARIZADO DE INFORMACIÓN

Un sistema computarizado de información es un sistema de clasificación, almacenamiento y recuperación de datos; es un sistema de intercambio de información e interacción hombre máquina por medio de actividades dirigidas y controladas en donde las entradas son datos y las salidas son información; este sistema ayuda y soporta el proceso de toma de decisiones donde se hace necesario el manejo de gran cantidad de información, que permita conocer el estado de los trabajos, evaluar el funcionamiento de los equipos y costear los procesos, pudiéndose así fijar metas u objetivos. La gestión del mantenimiento, o dicho de otra forma, la Organización, la Planificación, la Ejecución y el Control, son las actividades que el Computador o Herramienta Informática ayudan a gestionar.

Con el propósito de mejorar y hacer más eficientes las actividades de mantenimiento, las empresas cada vez más están adquiriendo un software de mantenimiento, que no es sólo un programa, sino que es un Sistema de

Gestión de Mantenimiento Asistido por Computador (GMAC) o CMS por sus siglas en inglés.

Una adecuada selección del GMAC que mas le convenga a la empresa, así como involucrar a los factores y directivos fundamentalmente, forzándolos a la toma de decisiones sobre los aspectos negativos, e impulsar las acciones correctivas adecuadas; capacitar el personal antes de adquirir la herramienta y alimentar la conciencia de apoyo y ayuda para en un futuro aliviar las extenuantes cargas que produce el mantenimiento correctivo por un mantenimiento programado y con un sistema de información apoyándolo, son los factores que influyen en el éxito de la implementación del sistema en la empresa. Analizando estos aspectos se puede concluir que el resultado y el éxito solo vienen con la vinculación de tres elementos fundamentales, *Tecnología, Organización y Competencia del personal.*

Un sistema computarizado de información, contribuye a reducir costos e incrementar disponibilidad, mediante facilidades que apoyan la optimización del mantenimiento y la administración eficiente de los materiales y los recursos humanos. Se obtienen ahorros con la eliminación de los paros no programados, la programación del mantenimiento en períodos no críticos, la mejora en la eficiencia del equipo, y la reducción de los niveles de inventario.

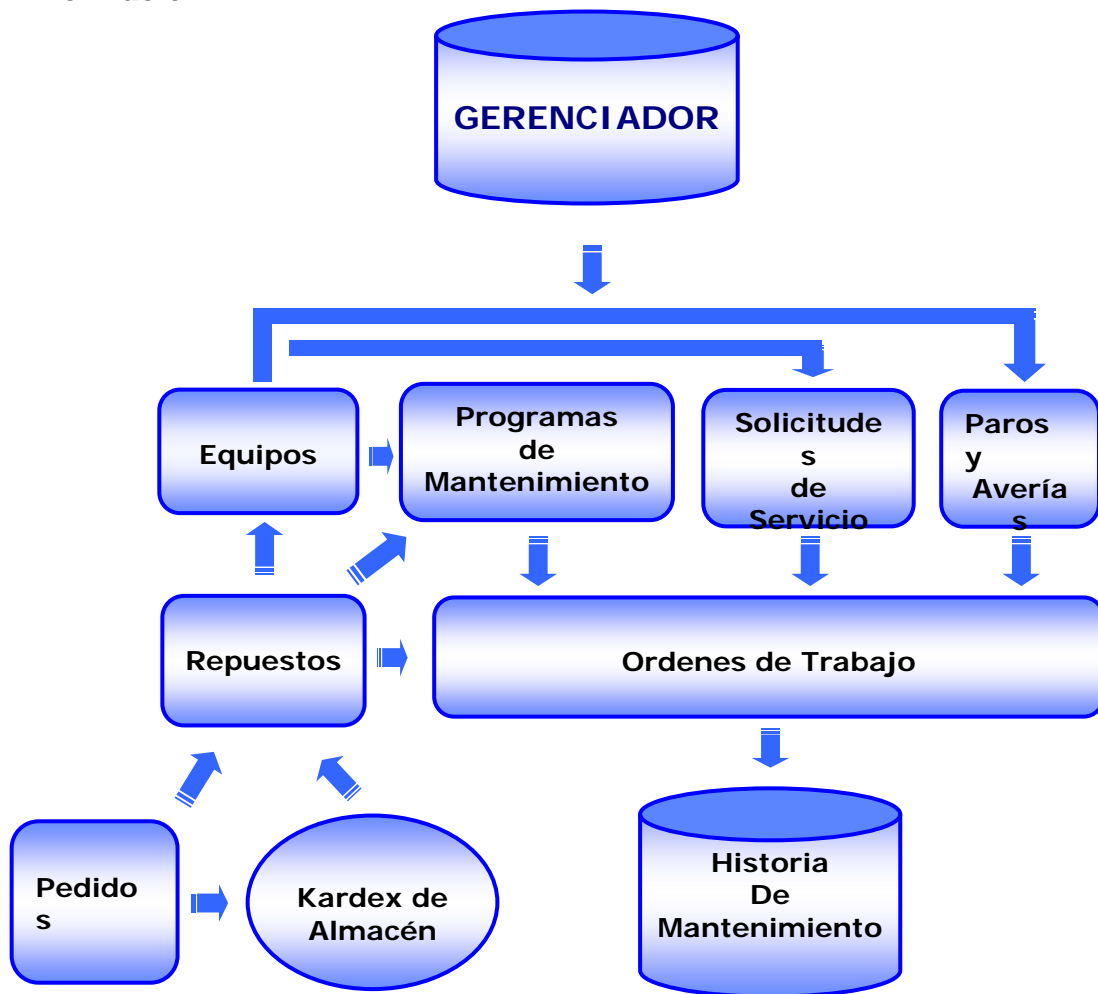
6.5 MODULOS DEL SISTEMA DE INFORMACION COMPUTARIZADO

Un sistema de gestión de mantenimiento debe contar con ciertos parámetros básicos y módulos que faciliten su uso y se adapten a las necesidades de la empresa.

Debido a la ubicación de la empresa, a que las diferentes sedes productivas están distribuidas geográficamente y a que se requiere un control centralizado en su gestión de mantenimiento, es necesario tener en mente una interfaz Intranet, donde cada sucursal administra sus propios datos. El

administrador central controla y consolida los datos corporativamente; todo a un click de distancia y con la facilidad de Internet. Lo esencial es seleccionar el software que más se acomode a las condiciones operacionales de la Frontino Gold Mines.

Figura 46. Interrelación de los Módulos del Sistema Computarizado de Información.



6.5.1 Infraestructura. El Software debe contar con una infraestructura inicial, como preliminares donde se definan parámetros básicos y necesarios para que el programa funcione correctamente, se adicionan datos generales

de la organización de tipo administrativos, físicos, de recursos humanos entre otros; algunas de esas entradas pueden ser:

- ✓ Discriminación de ubicaciones físicas y administrativas.
- ✓ Definición e información de contrataciones de terceros (outsourcing).
- ✓ Manejo y documentación de centros de costos.
- ✓ Registro de empleados de mantenimiento.
- ✓ Acciones técnicas.
- ✓ Caracterización de los equipos.
- ✓ Manejo del almacén e información de lubricantes, entre otros datos específicos de cada proveedor.

Figura 47. Infraestructura – Datos de Entrada del Sistema Computarizado de Información.



6.5.2 Equipos. En este módulo se recopila la información sobre los recursos físicos de la empresa, de manera que se pueda ingresar a los formatos básicos del sistema de información tales como:

- ✓ Fichas técnicas.
- ✓ Hojas de vida.

- ✓ Planos – Fotos.
- ✓ Repuestos y Componentes (asociándolos directamente con cada equipo).
- ✓ Información de la Ubicación.
- ✓ Centro de Costos.
- ✓ Evaluación del estado Operacional de la maquinaria.
- ✓ Seguimiento a la Garantía de cada equipo y componente.
- ✓ Reportes e Indicadores de Desempeño entre otros.

6.5.3 Repuestos y Pedidos. Para favorecer las políticas de optimización de costos, este modulo facilita el control de los repuestos, materiales y accesorios de mantenimiento, la idea es que el software sea compatible con el software del almacén general y se pueda trabajar en unión con el departamento de compras. Es deseable también en muchos casos que se generen pedidos automáticamente dependiendo del inventario y los repuestos utilizados en la programación de mantenimiento y las órdenes de trabajo. Con el registro de cada artículo involucrado, también se tiene:

- ✓ Ubicación física.
- ✓ Planos y asociación con equipos.
- ✓ Parámetros de inventario como punto mínimo, máximo y de pedido.
- ✓ Unidades de compra y consumo.
- ✓ Fecha de las actividades.
- ✓ Asociación con Proveedores.
- ✓ Pedidos de Mantenimiento al almacén y del almacén a compras.
- ✓ Valorización de inventarios.
- ✓ Reportes variados.

El manejo del Kárdex en el sistema es opcional, sin embargo aporta parámetros que facilitan el control de repuestos e inventarios.

- ✓ Conceptos de entrada y salida del almacén.
- ✓ Método de costeo.
- ✓ Historia y resumen detallado de transacciones.
- ✓ Consultas y reportes de movimientos detallados y parciales.

El manejo de pedidos puede hacerse automática o manualmente y es necesario denominarlos por código, cantidad y costo, dependiendo de las actividades de mantenimiento realizadas o la programación de estas.

6.5.4 Programación. Después del estudio de los recursos físicos provenientes de información técnica, de manuales, catálogos y experiencia del personal, se programan actividades sistemáticas, constituyendo la planeación del mantenimiento. En este módulo se programa para cada máquina los mantenimientos preventivos, trabajos estándar y otras actividades como inspecciones, reparaciones, etc., las cuales son soportadas por una orden de trabajo (OT). La programación puede hacerse en función de:

- ✓ Periodicidad, Frecuencia ó contadores.
- ✓ Variables de estado o eventos.

También debe contener:

- ✓ Programación de rutas e inspecciones.
- ✓ Presupuesto propio, comentarios e instrucciones.
- ✓ Definición de contratos de Mantenimiento.
- ✓ Programación automática por tiempos definidos.
- ✓ Generación automática de OT's para labores programadas.
- ✓ Reprogramación y ajustes en cualquier momento.
- ✓ Variedad e reportes para preajustes y análisis de gestión.

6.5.5 Ordenes de Trabajo y Solicitudes de Servicios. Módulo dedicado a operaciones de mediana y alta importancia que brindan una certeza sobre la ejecución de operaciones; es este reporte un documento de campo que sirve de ayuda al operario de mantenimiento a realizar su tarea en el área designada, en la forma descrita y utilizando las herramientas adecuadas. Pueden ser generadas manualmente por el personal de mantenimiento y sus beneficiarios ó automáticamente por la programación y planes de mantenimiento. Incluye:

- ✓ Equipo – Código – Responsable – Centro de Costo.
- ✓ Numeración automáticamente consecutiva.
- ✓ Presupuesto de tiempo, mano de obra, repuestos y materiales.
- ✓ Historia de Mantenimiento por OT.
- ✓ Seguimiento a fechas de control.
- ✓ Seguimiento a garantías para trabajos de terceros.
- ✓ Chequea existencia de repuestos al generar la OT - genera el pedido.
- ✓ Diferentes estados y tipos de trabajos y actividades para cada OT.
- ✓ Facilidad de reprogramación, cambio ó anulación.
- ✓ Inventario permanente de las OT.
- ✓ Registro, análisis de fallas y comentarios para Indicadores de Gestión.
- ✓ Registro de los empleados de Mantenimiento.
- ✓ Costos en su totalidad de las OT's ó SS

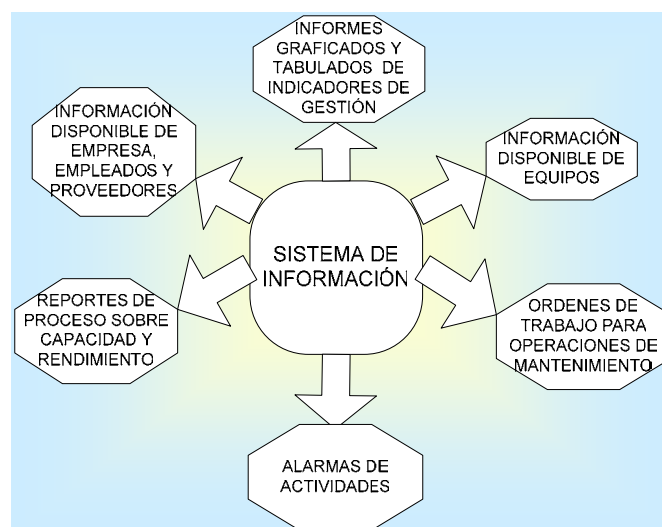
En este módulo también se manejan las solicitudes de servicios a mantenimiento, la solicitud es un formato independiente y debe llevarse su seguimiento, el usuario puede atenderla como solicitud o convertirla automáticamente en una orden de trabajo, la disposición de reportes acerca de las SS facilita un control de la historia de mantenimiento por equipo.

6.5.6 Historial. Este aspecto puede tratarse como un módulo aparte o generarse automáticamente dentro de los módulos anteriores, los principales aspectos que debe manejar son:

- ✓ Análisis de Fallas.
- ✓ Índices de gestión para cualquier período.
- ✓ Reportes de garantías para trabajos externos.
- ✓ Reportes especializados en historia por grupos o específicos.
- ✓ Variedad de consultas y reportes por criterios como: ubicación, tipo de trabajo, tipo de mantenimiento, fecha, responsable, equipo, prioridad, actividades y costos.

6.5.7 Consultas e Informes. Las consultas e impresiones de informes y reportes, pueden, o no ser considerados un modulo aparte, dependiendo del ofrecimiento del proveedor y requerimiento del usuario; por facilidad de manejo y accesibilidad, es preferible que cada módulo genere su propios reportes y se cuente independientemente con las opciones de ajustarlos, modificarlos, cambiarles nombre e imprimirlos. Ver figura 48.

Figura 48. Datos de Salida del Sistema Computarizado de Información.



6.5.8 Niveles de Seguridad. En este módulo se pueden crear usuarios, validar y asignar procesos a usuarios entre otros, entre los que se pueden distinguir usuarios con plena autonomía de modificar, agregar y borrar datos, y usuarios que sólo pueden acceder a observar o con diferentes niveles de acceso, según el uso que deban darle al software, entre los aspectos que se pueden encontrar están:

- ✓ Definición de acceso a cada usuario y administrador con claves.
- ✓ Seguridad a nivel de ejecución de procesos y menús.
- ✓ Generación de Back up.
- ✓ Borrado selectivo de históricos.
- ✓ Posibilidad de cambio en todos los módulos.

En el módulo de seguridad también podría incluirse el criterio de alarmas, donde se reporten de alguna manera las actividades pendientes y que están por vencerse así como el agotamiento de inventarios o cualquier aspecto a tener en cuenta, y que deba mostrarse por una señal ya sea sonora o visual.

6.6 SELECCIÓN DEL SISTEMA COMPUTARIZADO DE INFORMACION

El sistema de información seleccionado debe cumplir con ciertas condiciones básicas para que el impacto entre el personal de la empresa quienes son los usuarios de éste, sea lo más positivo posible:

- ✓ Debe satisfacer los objetivos, necesidades y requerimientos particulares de mantenimiento en la empresa.
- ✓ La calidad en cuanto a la facilidad de uso, de documentación y de actualización del mismo por parte de los proveedores, debe arrojar resultados confiables, certeros y en un tiempo corto, debe ajustarse al sistema de información manual elaborado con anterioridad en la empresa, ya

que serán sus herramientas de soporte y debe contar con el respaldo de asesorías y ayudas por parte del proveedor; entre otras cosas.

✓ La eficiente operación del sistema en cuanto a restricciones operacionales, costos, personal requerido y tecnología de soporte.

Todos estos aspectos deben tenerse en cuenta para tener una idea clara de la selección del GMAC adecuado para la F.G.M. Tomando en cuenta cada criterio de selección del software y evaluando los proveedores consultados, se recomienda la adquisición del sistema más apropiado para las condiciones particulares de la empresa.

Tabla 24. Criterios para Seleccionar y Evaluar un Software de Mantenimiento⁶.

CRITERIOS DE SELECCIÓN SOFTWARE DE MANTENIMIENTO	
1	El Proveedor debe poseer los programas fuente.
2	El sistema debe operar en el ambiente o plataforma utilizado por la empresa.
3	El Proveedor debe brindar nuevas versiones, asesorías y garantías.
4	El sistema debe ser de fácil operación, no exigiendo la participación de personal especializado para la ejecución de sus tareas cotidianas.
5	Debe existir la posibilidad de comercialización modular y de fácil navegabilidad entre las pantallas, ventanas y módulos.
6	Debe permitir filtraciones y selecciones en los reportes y listados.
7	Debe contar con independencia y facilidad en la recolección de datos.
8	Debe facilitar la integración con software de gestión de materiales y repuestos.
9	Debe posibilitar el monitoreo de servicios de terceros.
10	Debe contar con niveles de seguridad y acceso restringidos.
11	Debe asegurar que la capacidad de memoria RAM y equipos sea consecuente con los que cuenta la empresa.
12	Debe garantizar rápida respuesta a consultas y presentación de resultados.
13	Debe permitir una alta flexibilidad operacional, cambio de títulos, informes, leyendas y creación de nuevos reportes.
14	Debe manejar un control de costos de material, de repuestos y de mano de obra.
15	Debe contar con aplicación y experiencia en empresas similares, afines, conocidas –

⁶ TAVARES, Lourival Augusto. Criterios para Seleccionar y Evaluar un Software de Mantenimiento. (online). 2003. www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/nit.asp

	con la misma actividad productiva.
16	Debe tener costos y condiciones de pagos adecuados. – Economía y Calidad.

Los proveedores de Sistemas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computador fueron consultados directamente como alcance de este proyecto, se obtuvo de ellos información detallada, cotizaciones y recomendaciones; estos fueron:

- **Opción 1. AM Administrador de Mantenimiento de WIN Software Asociados Ltda.; en su versión Wb Pro.** Sistema de Información para Gestión de Mantenimiento cubriendo todos los aspectos del ciclo. Práctico, ROI acelerado, Sencilla funcionalidad; versión Extra / Intranet orientada a la Gran Empresa. Cubre toda actividad de mantenimiento y satisface los requerimientos de las normas ISO9000 y QS900 respecto a Mantenimiento. Presta todos los servicios profesionales conexos a la Implementación de sus Soluciones: Planeación, Asesoría, Capacitación, y Apoyo permanente.
- **Opción 2. NOVASOFT Soluciones Inteligentes de R & R Sistemas Integrados Ltda.** Compañía especializada en la implementación y desarrollo de Software Administrativo, Financiero y de Recurso Humano, la cual provee Aplicaciones de Gestión Empresarial para la toma de decisiones; contempla algunas actividades básicas de mantenimiento, sin ser un sistema de ayuda a la Gestión de Mantenimiento.
- **Opción 3. 7i Administración del Ciclo de Vida de los Activos de Datastream Systems, Inc.** Es la solución técnica más avanzada sobre la gestión de activos en forma global, incluyendo funciones que abarcan actividades de: mantenimiento, compras, productividad, presupuestos, planeación de proyectos y uso de los activos. Datastream 7i es una

aplicación multi-organizacional; cuenta con una arquitectura totalmente Web y diseño modular. Facilita las posibilidades de adquisición a través de compra directa o de arriendo.

- **Opción 4. MP2 Solución Escalable para Mantenimiento de todo tipo de Activos de Datastream Systems, Inc.** Es un desarrollador de línea completo y escalable de software para la Administración Sistematizada de Mantenimiento. Se cuenta con diferentes versiones de MP2 comprendiendo los módulos necesarios para una completa gestión de mantenimiento; debido a su arquitectura abierta puede integrarse fácilmente con otros sistemas de software y es compatible con Internet. Tiene distribuidores nacionales y es un producto ampliamente conocido a nivel mundial.

Tabla 25. Evaluación de Software de Mantenimiento consultados.

CRITERIO - EVALUACION	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Programas fuente	☆		☆	☆
Plataforma utilizada	☆			
Actualizaciones – Garantías	☆	☆	☆	☆
Facilidad operacional	☆	☆		☆
Comercialización Modular	☆	☆	☆	☆
Filtraciones especializadas	☆		☆	
Independencia de Datos	☆	☆	☆	☆
Integración de Software	☆		☆	
Monitoreo de Outsourcing	☆	☆	☆	☆
Niveles de Seguridad	☆	☆	☆	☆
RAM de Equipos F.G.M.	☆	☆		
Respuestas Rápidas	☆	☆	☆	☆
Flexibilidad operacional	☆		☆	☆
Control de Costos	☆	☆	☆	☆

Empresas Afines	★			
Economía y Calidad	★	★		

Basados en los criterios para seleccionar y evaluar un Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computador, teniendo en cuenta también los requerimientos de hardware y software, la evaluación mostrada y muchos aspectos más, los cuales fueron analizados en una reunión conjunta con el Jefe del departamento de Mantenimiento y con la asesoría del Jefe del Departamento de Sistemas de la empresa, se recomienda prestar especial interés a la propuesta de la empresa WIN Software Asociados Ltda.; con el programa **AM Administrador de Mantenimiento** en su versión Wb Pro.

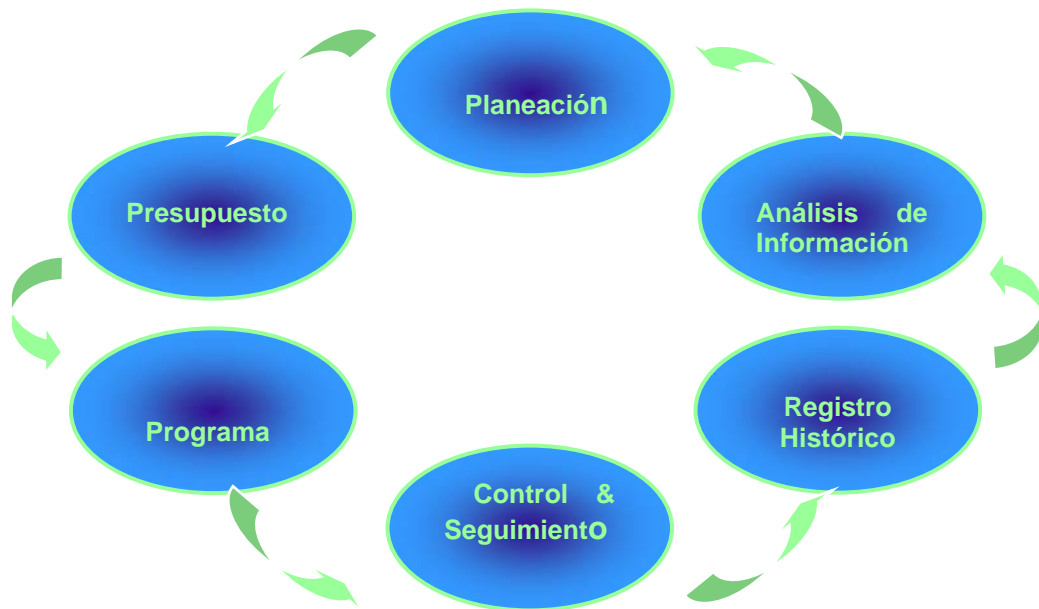


7. GESTION DE MANTENIMIENTO

La Frontino Gold Mines ha comenzado el proceso de posicionar en un importante lugar las labores de mantenimiento, y ha orientado su gestión a vincular eficientes ingenieros de mantenimiento y gerentes con la aplicación de técnicas de mejoramiento continuo, calidad y oportunidad. Con el manejo de un sistema de información y actividades planeadas de mantenimiento preventivo y algunas actividades de TPM en la Planta de Beneficio María Dama; se busca dar comienzo en esta sección, a lo que se llevaría a las otras dependencias para hacer de la empresa, una gestora experta en mantenimiento.

La medición de la gestión requiere tener un control de las variables y los elementos que determinan, directa o indirectamente, el éxito de la organización; pero, además, implica saber utilizar los resultados de la medición para redireccionar las acciones hacia los objetivos de la empresa.

Figura 49. Ciclo de Gestión de Mantenimiento.



7.1 INDICADORES DE GESTION

Se entiende como gestión la obtención de productos mediante la transformación de recursos. Esos productos y recursos tienen que alcanzar algunas características y condiciones para que se pueda considerar una buena gestión. La planeación y el control de la gestión de mantenimiento se logran mediante indicadores. Un indicador es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor productivo definido en la empresa, en los procesos o en las personas, que da una idea clara sobre el servicio prestado de mantenimiento, sirve para controlar mejor la gestión de mantenimiento.

Los indicadores de gestión o eficiencia también llamados (de seguimiento, de control, de administración, etc.), permiten la valoración de la *eficiencia* en la utilización de los recursos durante el tiempo que se adelanta el plan, programa o proyecto. Estos indicadores asumen la tarea de valorar los rendimientos o productividad física de insumos, recursos y esfuerzos, encaminados a obtener ciertos objetivos, condicionados por presupuesto, calidad y tiempo.

Según su utilidad los índices de gestión deben ser:

- ✓ Pocos
- ✓ Claros de entender y calculables
- ✓ Útiles para conocer rápidamente como van las cosas y por qué

Según su gestión los índices deben:

- ✓ Identificar los factores claves de la producción
- ✓ Definir índices que los evalúen.
- ✓ Establecer registros de datos que permita su cálculo periódico.
- ✓ Establecer valores estándares para dichos índices - objetivos.

- ✓ Tomar las oportunas acciones y decisiones ante las desviaciones que se detecten.
- ✓ Se trata no sólo de efectuar un control por objetivos sino también un control de los objetivos para adecuarlos a cada circunstancia.
- ✓ Mostrar las tendencias del comportamiento de mantenimiento, de acuerdo a las estrategias adoptadas.
- ✓ Mostrar la posición relativa respecto de un punto de referencia, para los diferentes factores y con base en los datos históricos de los procesos.
- ✓ Servir como meta u objetivo para cambiar la forma de ejecución y planificación.

7.2 TIPOS DE INDICADORES

Existen diferentes índices de gestión, clasificados principalmente en:

- **Índices de Gestión de Equipos.** Busca esencialmente la Fiabilidad Operacional. Entre estos indicadores se tienen: Tiempo medio entre fallas, Tiempo medio para reparación, Tiempo medio para falla, *Disponibilidad de los equipos*, Tiempo medio entre mantenimientos preventivos, Tiempo medio para intervenciones preventivas, No-conformidad de los mantenimientos, Sobrecarga y Alivio de servicios de mantenimiento.
- **Índices de Gestión de Costos ó índices de Gestión Financiera.** La evaluación del costo total de mantenimiento se evalúa con los criterios de Personal, Material, Terceros, Depreciación y Pérdidas; subdivididos en costos directos, indirectos y administrativos. Entre estos indicadores están: Costo del mantenimiento por facturación, Costo del mantenimiento por el valor de reposición, Componente del costo de mantenimiento, Progreso en los esfuerzos de reducción de costos, Costo relativo con personal propio, Costo relativo con material, Costo de mano de obra externa, Costo de

mantenimiento con relación a la producción, Costo de capacitación, Costo de mantenimiento por valor de venta, Costo global.

- **Índices de Gestión de Mano de Obra.** Orientados en el sentido de obtenerse un mayor aprovechamiento del recurso humano disponible, propiciando al personal mayor seguridad y satisfacción en el desempeño de sus funciones. Entre estos indicadores se tienen: Trabajo en mantenimiento programado, Trabajo en mantenimiento correctivo, Otras actividades del personal de mantenimiento, Capacitación del personal de mantenimiento, Horas No apuradas (ociosas) del personal de mantenimiento, Estructura - personal de control, Estructura - personal de Supervisión, Estructura - Envejecimiento de personal - Edad, Clima social - Movimiento de Personal, Efectivo real o efectivo medio diario, Tasa de frecuencia de accidentes, Tasa de gravedad de accidentes.

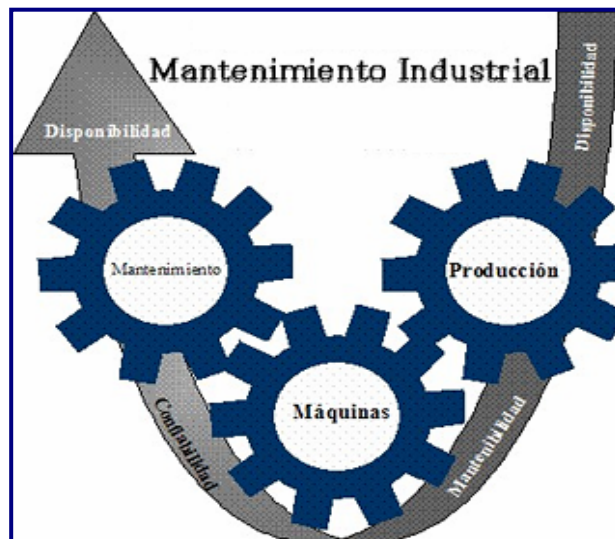
7.3 INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO

La importancia de los indicadores de gestión es comúnmente conocida, sin embargo es la implementación de nuevos planes y nuevas estrategias las que traen normalmente a colación estos términos, en este caso el diseño e implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo en la Frontino Gold Mines busca obtener indicadores de gestión para las actividades de mantenimiento y para el funcionamiento de los equipos, estos podrán implementarse gracias y a través del sistema de información diseñado y posteriormente manejarse como un módulo independiente y fundamental para la toma de decisiones en la planeación del mantenimiento en el sistema de información computarizado.

Generalmente la manera de evaluar la Gestión de Mantenimiento es a través de los índices básicos que son: *Confiability*, *Disponibilidad* y *Mantenibilidad*, debido a que el Plan de Mantenimiento Preventivo se

encuentra en una etapa inicial y por ser la primera vez que se llevan a cabo este tipo de mediciones en la empresa, son precisamente estos los indicadores propuestos para la evaluación y control del PMP en la planta de beneficio María Dama.

Figura 50. Indicadores de Mantenimiento.



7.3.1 Mantenibilidad. Es la probabilidad que un equipo o maquina se le pueda dar el mantenimiento planeado en su diseño, incluyendo material, tiempo y mano de obra. Dicho de otra forma es la economía y la facilidad para dar mantenimiento. Se busca que sea en el menor tiempo posible, con el mínimo de materiales y con la menor mano de obra. Se dice que la *Mantenibilidad* es alta cuando el mantenimiento requerido por la maquina es mínimo, obteniéndose una excelente economía.

7.3.2 Confiabilidad. Es la seguridad de funcionamiento de una pieza, órgano o máquina. Es el grado de confianza que puede concederse a un elemento, ateniéndose a la calidad de los materiales empleados, la perfección con que ha sido labrado, y la multiplicidad y cuidado de los

controles y pruebas a que ha sido sometido. Cuando un elemento satisface a todas estas condiciones, se puede tener una seguridad casi absoluta en su funcionamiento.

7.3.3 Disponibilidad. Tiene que ver con la relación de tiempo que esta operando o en capacidad de hacerlo en condiciones seguras comparado con el tiempo total al referirse a una maquina. Como un ejemplo la disponibilidad de una maquina fue del 75% en el mes, quiere decir que estuvo un 25% del tiempo del mes en mantenimiento. Este termino también es aplicable a la capacidad técnico-administrativa de tener en existencia un material (repuesto o insumo), listo para su uso en el lugar y el momento oportuno.

Tabla 26. Formulación de los Indicadores de Gestión.

INDICADOR	FUNCION	FORMULA
MANTENIBILIDAD	Indica el tiempo promedio para reparar un equipo	$TPPR = \frac{\sum^{NO} TFS}{NP}$
CONFIABILIDAD	Presenta estadísticamente el tiempo promedio entre fallas de un equipo	$TPEF = \frac{\sum^{NO} TEO}{NO}$
DISPONIBILIDAD	Porcentaje del tiempo en que el equipo está a disposición y desempeña su actividad.	$ID = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$

Donde:

TPPR: Tiempo promedio para reparar.

TFS: Tiempo fuera de servicio por paradas no programadas.

NP: Número de fallos durante el tiempo en observación.

TEO: Tiempo del equipo en funcionamiento.

NO: Número de veces que el equipo estuvo en operación.

TPEF: Tiempo promedio entre fallas.

8. CONCLUSIONES

En la actualidad el mantenimiento está destinado a ser el pilar fundamental de toda empresa que se respete y que considere ser competitiva; la empresa minera Frontino Gold Mines consciente de esto, apoyó y permitió la realización de este Proyecto de Grado en Modalidad Practica Industrial como el primer paso para hacer del Mantenimiento Preventivo una realidad en todas las instalaciones de la empresa.

Basados en la experiencia profesional y personal obtenida en el tiempo transcurrido de esta practica Industrial y con la satisfacción del deber hecho se puede concluir principalmente que:

✓ La experiencia adquirida en la Frontino Gold Mines, es una enriquecedora lección de vida, la F.G.M. es una gran empresa, una gran escuela y un espacio propicio para el desarrollo profesional ameno de personas que comienzan su vida profesional; se afianzaron los conocimientos teóricos y se creó la posibilidad de desarrollar habilidades prácticas que serán de gran utilidad en el futuro para enfrentar las situaciones que se presenten en la realidad industrial.

1. Es de destacar la importancia del vínculo Universidad –Industria, abriendo posibilidades en una nueva región del país para los estudiantes de la Universidad Industrial de Santander, a través de un mutuo beneficio que hace partícipes a los estudiantes en la solución de problemas específicos del sector industrial.

✓ Se efectuó un estudio y descripción claro y conciso de los procesos hidrometalúrgicos que se desarrollan en la Planta de Beneficio María Dama de la Frontino Gold Mines, haciendo énfasis especial en los procesos de Trituración y Molienda que es en donde se enfoca este proyecto.

✓ Se realizó un diagnóstico del sistema actual de mantenimiento en la planta y en la empresa en general, que sirvió de base para recomendaciones al departamento de mantenimiento, en busca de su consolidación y reconocimiento dentro de la empresa.

✓ Se desarrolló el sistema de codificación de la maquinaria, para ser utilizado en todas las dependencias de la empresa, ejecutándose e implementándose en los equipos pertenecientes a los procesos estudiados; este sistema es acorde con la codificación que se lleva en un GMAC, es de fácil entendimiento y aplicación, y permite la rápida implementación de nuevos códigos.

✓ Se ejecutaron los estudios previos, de conocimiento técnico, descripción y criticidad de los equipos para de esta manera tener las bases necesarias para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo.

2. Se estructuró e implementó un sistema de información de mantenimiento a través del diseño de formatos claros y fáciles de diligenciar; con éste, se tendrá información de la maquinaria concreta y rápidamente, se agilizarán las labores de mantenimiento, se tendrá un registro histórico y se podrán determinar indicadores que permitan evaluar la gestión de mantenimiento.

✓ Se diseñó un Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos pertenecientes a los procesos de Trituración y Molienda de la planta de Beneficio María Dama, acorde a las necesidades y condiciones operacionales de la Frontino Gold Mines; incluyendo éstas actividades correctivas, preventivas y las actividades básicas del TPM que contemplan la colaboración de los operarios con las actividades de mantenimiento de los equipos.

✓ Se capacitó al personal de la planta en la filosofía del TPM y en el conocimiento, toma de datos y diligenciamiento de los formatos del sistema de información, para evitar alterar sus condiciones laborales normales y garantizar la efectividad y fiabilidad de la información registrada.

El estudio realizado demuestra la importancia de la adquisición de un sistema de información computarizado para la Gestión de mantenimiento, que complemente y contribuya a la implementación del mantenimiento preventivo en la empresa; el proveedor del software recomendado se ajusta a las necesidades de la empresa, cuenta con prestigio y experiencia, teniendo como clientes a grandes empresas nacionales. Es necesario también para la implementación del programa de mantenimiento preventivo y del GMAC en María Dama y demás dependencias de la empresa, la vinculación o adjudicación de personal capacitado y comprometido que se encargue exclusivamente de esto.

9. RECOMENDACIONES

- ✓ Es importante continuar con el proyecto en los procesos restantes de la Planta de Beneficio y demás dependencias de la empresa, para hacer de la programación e implementación del mantenimiento preventivo una realidad en la Frontino Gold Mines.
- ✓ El Sistema de Información estructurado debe seguir llevándose aunque sea en una etapa inicial manualmente, todo el personal de mantenimiento y de producción deben conocer y ayudar en el diligenciamiento de los formatos, ya que es un mutuo beneficio Mantenimiento - Producción en la mejora de los equipos.
- ✓ Debe asegurarse la fiabilidad en la toma de datos que serán ingresados al sistema de información para de esta manera constituirlos en la información clave para la toma de decisiones y posibles detecciones, análisis y mejoras de fallas potenciales.
- ✓ Deben realizarse estudios especializados con métodos de control de condición como análisis vibracional, termografía y montajes que permitan hacer una evaluación objetiva y real del estado de los equipos, determinando el tipo de actividades que debe aplicársele a cada uno. Ese estudio lo realizan empresas especializadas que cuenten con la tecnología y el conocimiento adecuado para esto.
- ✓ Establecerse una adecuada política de rotación de equipos, cuando se cuente con su auxiliar en stand by, de manera que se pueda disminuir al máximo el desgaste en el arranque y problemas asociados.

- ✓ La adquisición de un Sistema de Información Asistido por Computador y en general la implementación del Mantenimiento Preventivo en la empresa requiere del compromiso de todos los entes de la empresa, Sistemas-Mantenimiento-Planeación y Gerencia deben apoyar, organizar y trabajar conjuntamente, forzándose esencialmente en la toma de decisiones sobre los aspectos positivos, negativos e impulsar acciones correctivas adecuadas.

- ✓ El proyecto de ampliación de la Planta de Beneficio María Dama involucra la adquisición de nuevos equipos, en los cuales deben desarrollarse de manera inmediata medidas de Mantenimiento Preventivo, para poder conservarlos, mantenerlos y evitar el agotamiento de su vida útil, el conocimiento total de los equipos, de todos sus componentes y sistemas facilitan la realización de actividades de mantenimiento sobre ellos, que se notarán en buen funcionamiento y eficiencia del equipo.

BIBLIOGRAFÍA

AVILA E, Rubén. Fundamentos de Mantenimiento. Guías económicas, técnicas y administrativas. México: Limusa, 1995. 178 p.

BOHORQUEZ, Oscar Rodolfo. Sistema de Información para el Control de Mantenimiento de la Planta Extractora de Aceite de Palma Agroince Ltda. y Cía. Bucaramanga, 2004, 230 p. Trabajo de Grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica.

DOMINGUEZ, Gerardo. Indicadores de Gestión y Resultados. 4 ed. Biblioteca Jurídica Dike. 2002.

DUFFUAA, Salih. RAOUF, Abdul y DIXON, John. Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control. México: Limusa, 2000. 419 p.

GONZÁLEZ, Carlos Ramón. Ingeniería de Mantenimiento. Bucaramanga: Publicaciones UIS. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2001.

GONZÁLEZ, Renso A. Elaboración Del Manual De Mantenimiento Preventivo Para Equipos Móviles Utilizados En La Explotación Minera. Bucaramanga, 1999. 55 p. Monografía de Postgrado (Especialista en gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento.

INDUSTRIA METALICA SUDAMERICANA S.A. IMSA. Rodillos para equipo de manejo de materiales a granel. Sabaneta: IMSA, 2000. 5 p.

INSTRUCTION MANUAL JAQUES. Manual de la trituradora de conos Jaques. Richmond Victoria: JAQUES, 1987.

MANTENIMIENTO MUNDIAL. El portal del Mantenimiento. (Online).
<http://www.mantenimientomundial.com/internal.dstm.com.ar/sites/mn/nota>

PERALTA, Jairo y ESTRADA, Alvaro. Gestión de Mantenimiento para Equipos Críticos de Embotellado en Bavaria S.A. Bucaramanga, 2001, 120 p. Monografía de Postgrado (Especialista en gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento.

PEREZ, Carlos Mario. Sistemas de Información en Mantenimiento. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento. Santafé de Bogotá: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2002.

PRANDO, Raúl. Manual de Gestión de Mantenimiento a la Medida. Montevideo: Piedra Santa, 1996.

PROGRAMA STANDARD FAG. Catalogo para la selección de rodamientos, cat. WL41510/2. Alemania: FAG, 1988, 794 p.

TARAZONA, Pedro Nel y GOMEZ, Iván Darío. Programa de Mantenimiento Preventivo para la Planta de Beneficio de la empresa Avidesa Mac Pollo S.A. Bucaramanga, 2004, 202 p. Trabajo de Grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica.

TORRES, Bernardo. Análisis y Desarrollo de la Aplicación Informática para el Mantenimiento Preventivo. Valencia: Alfa omega, 2000.

ANEXO C. Descripción de Equipos.

- **Trituradora de Conos Jaques 3' X 0.** Las trituradoras de conos se caracterizan por sus superficies de trituración convergentes (la superficie externa tiende a ser paralela a la superficie del cono); generalmente al disminuir el tamaño de la partícula la superficie externa de trituración va cambiando a un cono en posición vertical y se vuelve cada vez más paralela a la superficie de la campana giratoria. Las superficies de las trituradoras se construyen normalmente de acero al manganeso, y se reemplazan con secciones nuevas o se reconstruyen aplicándoles capas de soldadura.

La Trituradora Jaques 3' x 0 es la encargada de triturar el material proveniente de las minas desde un tamaño máximo de 10"-12" y suministrarlo al circuito de molienda en un tamaño de 5/8", generalmente la trituradora de conos es una trituradora secundaria; sin embargo las condiciones de operación y la capacidad que maneja la planta actualmente permite utilizarla como trituradora primaria y secundaria a la vez, teniendo así una sola etapa de trituración. Cabe aclarar que en los proyectos futuros de la empresa esta el ampliar su capacidad de producción a 800 ton/día como meta a corto plazo y a 1200 ton/día posteriormente, por lo que será necesario instalar otra trituradora para llevar a cabo dos etapas de trituración

Tabla 27. Montaje de la Trituradora.

Conjunto de Carcaza superior	6.63 Toneladas
Conjunto de Carcaza inferior	6.35 Toneladas
Conjunto del eje principal	2.72 Toneladas
TOTAL	15.7 Toneladas

Esencialmente, la trituradora consiste en un cono central que gira mediante la transmisión por correas del movimiento de un motor eléctrico. El material es triturado por la acción excéntrica del cono protegido con forros de acero al manganeso.

Figura 51. Trituradora de Cono Convencional – Cono de Repuesto.



Para poder llevar a cabo su función, la trituradora está dotada de unos subsistemas de lubricación de aceite y de grasa, y de un subsistema hidráulico (que permite subir y bajar el cono), en los cuales existen dispositivos de medida y seguridad de algunas variables.

✓ **Sistema de Lubricación de Aceite.** *El aceite de lubricación, está depositado en un tanque de almacenamiento de 130 litros, es descargado por una tubería que lleva el aceite a la Trituradora y otra de mayor diámetro regresa el aceite al tanque.*

El aceite es bombeado a través del filtro, (que retiene todos los sólidos de diámetro mayor de 0.00016”) y a través de un radiador enfriado por aire, en

este punto se mide la temperatura de suministro de la trituradora; luego fluye hacia la trituradora donde el flujo de aceite se divide en dos partes:

- Una que pasa a través de un pistón hacia los anillos de desgaste, la excéntrica y luego fluye hacia el colector de la trituradora y sale por la tubería de retorno de aceite.
- La otra parte del aceite, es descargada a las chumaceras del contraeje.

La tubería y los accesorios de la tubería de retorno del aceite lubricante deben ser de acero (no galvanizado) y deben manejar 150 psi de presión del aceite; la temperatura del aceite de retorno se mide a medida que el flujo de aceite regresa al tanque.

El radiador es enfriado por aire suministrado por un ventilador movido por un motor eléctrico, existe un termostato en el tanque que está entrelazado con el ventilador de tal manera que el ventilador arranca cuando el aceite alcanza una temperatura de 43 °C. La temperatura de retorno del aceite lubricante debe nivelarse aproximadamente entre 45 °C - 54 °C a una temperatura ambiente de 20 °C. La temperatura de suministro del aceite lubricante también debe nivelarse aproximadamente a 38 °C – 45 °C.

Termostatos: En los tanques existen dos termostatos y hay otro colocado en el calentador. Todos estos termostatos son exactamente iguales y miden la temperatura del aceite de lubricación, están colocados en el extremo del recipiente y pueden ser ajustados quitando la tapa y utilizando un pequeño destornillador en la ranura para rotar el dial a la fijación deseada.

- ✓ El termostato superior lee la temperatura de retorno del aceite de la trituradora y se fija a 70 °C, si la temperatura del aceite supera este valor, se ilumina la luz correspondiente en el panel de control.

- ✓ El termostato inferior colocado a la derecha está fijado a 43 °C y enciende el ventilador del enfriador de aceite si la temperatura sobrepasa este valor.
- ✓ Un termostato colocado en la parte inferior izquierda está fijado a 27 °C y enciende el calentador de aceite si la temperatura cae por debajo de este valor.

El panel de control que observan los operarios, está dotado de indicadores lumínicos que muestran la siguiente información sobre el sistema de lubricación del cono:

- ✓ Temperatura alta del aceite. Si la temperatura de retorno del aceite sube por encima del límite de seguridad de 70 °C, se activa un termostato y se para inmediatamente la trituradora.
- ✓ Filtro de aceite Bloqueado. Si durante a operación, se ensucia el elemento del filtro, la diferencia de presión excederá de 15 psi y se desviará el paso por el filtro. Al mismo tiempo un microsuique instalado al filtro se activa y produce un aviso de prevención. Si esto ocurre se debe realizar la limpieza del filtro lo más pronto posible.

Esta unidad también está equipada con indicadores visuales no eléctricos, que muestran señales de “No hay elemento”, “Limpio”, “Necesita limpieza ” y Bypass “Desvío”

- ✓ Flujo bajo de aceite. Si por alguna razón la bomba del aceite deja de operar, o si se presenta una filtración lo suficientemente grande de aceite, de tal manera que el flujo de aceite caiga a un nivel peligroso, se activa un microsuique de la tubería de retorno del lubricante e inmediatamente se para la trituradora.
- ✓ Nivel bajo de aceite. Si el nivel del tanque de aceite se rebaja a 40 cm. por debajo de la tapa del tanque, se activa el suiuche de nivel bajo de aceite y la trituradora se para inmediatamente.

✓ **Sistema Hidráulico.** La trituradora tiene un soporte hidráulico para ajustar la presión del eje principal y por consiguiente, el ajuste (posición del cono) que es el que condiciona el tamaño de salida del material de la trituradora. Hay dos líneas de tubería desde el tanque hasta la trituradora.

Existen dos unidades en el sistema hidráulico de la Trituradora:

- El conjunto hidráulico de distribución: se encarga de transportar el fluido a través de una tubería de alta presión hasta el cilindro hidráulico, haciendo que el pistón y el eje principal suban o bajen según lo deseado; manteniendo así la fijación del grado de trituración del cono de la máquina.
- La unidad Hidráulica de bombeo: esta montada sobre la misma base que la unidad de lubricación, la bomba de engranajes acoplada a un motor eléctrico, suministra el fluido al conjunto hidráulico de distribución, el aceite es descargado desde un tanque de 40 litros.

Figura 52. Sistema de Lubricación de Aceite y Sistema Hidráulico.



✓ **Sistema de Lubricación de Grasa.** Este sistema se encarga de lubricar la chumacera de la araña, parte superior de la trituradora de conos Jaques. Tiene un tambor de grasa de 200kg, con una manguera de 3/8" de diámetro. Está dotado de una unidad de control temporizada por reloj de la bomba de grasa dentro de la consola de control. El reloj controlador de la bomba de grasa (MEC – PS2487) cada vez que se arranca la máquina, el contador de lubricación (RUN) comienza y recorre el tiempo fijado, cuando esté termina arranca el contador INTERVAL. Estos ciclos de lubricación e intervalos se mantienen, repitiéndose mientras la máquina esté funcionando. Cada reloj tiene dos lámparas Leds marcadas con ON y UP para encendido y parada. También hay un suiche de operación TIMER CONTROLLER (controlador por reloj) y LUB CONTINUOS (lubricación continua).

El sistema de Lubricación de grasa funciona lubricando la chumacera de la araña de la Trituradora durante 3 minutos cada 30 minutos mientras este en funcionamiento.

Figura 53. Trituradora de Conos Jaques 3' x 0.



- **Bandas Transportadoras.** En la planta de beneficio existen actualmente 10 bandas transportadoras denominadas banda No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 6A, 7, 7A y 8; las cuales están constituidas por bandas con diferente número de lonas de nylon y cojines de caucho dependiendo de la función, tamaño y cantidad de mineral a transportar específicamente, las bandas son sostenidas, movidas de modo adecuado y dispuestas para transportar sobre ellas los cuerpos sólidos.

Las lonas de nylon constituyen la estructura interna de la banda y son las que proporcionan la resistencia a la tensión longitudinal y transversal.

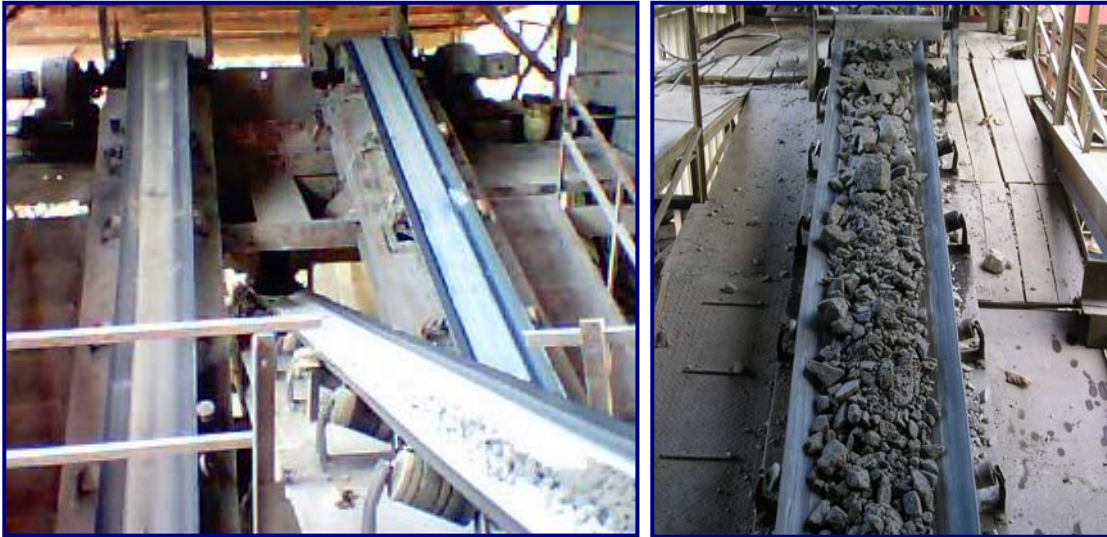
Los cojines de caucho en las capas centrales, le brindan a la banda una firme adherencia interna y una gran capacidad de amortiguación a grandes impactos. Ver Anexo D.

Las bandas transportadoras se adaptan a una gran variedad y cantidad de materiales, exigen poca energía y sirven para transportar cuerpos sólidos a grandes distancias.

La banda cargada se apoya sobre grupos de rodillos, llamados rodillos de carga y dispuestos para que formen un canal central, las bandas de María Dama varían entre 18", 24" y 36" de ancho y el número, dimensiones de los rodillos así como las estaciones de carga, guardan cierta proporcionalidad con el ancho de banda; los rodillos están espaciados de modo que entre ellos no se produzca deformación alguna de la banda.

Los rodillos de retorno de la banda son cilindros espaciados a intervalos mayores que los destinados a soportar la banda cargada. Ver Anexo E. Los rodillos llevan rodamientos de bolas que soportan su movimiento rotacional; para conocer las especificaciones de los rodamientos de los equipos pertenecientes a los procesos tema de este proyecto. Ver anexo F.

Figura 54. Bandas Transportadoras de María Dama.



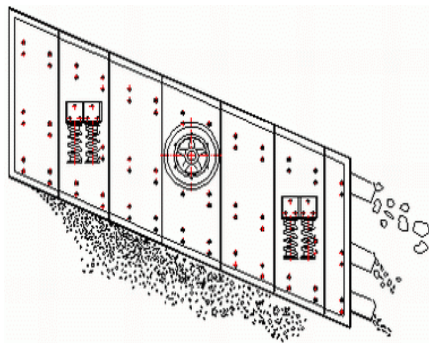
- **Zaranda Vibratoria Niagara 4' X 12'.** Es el equipo que realiza la primera etapa de clasificación en el proceso productivo de María Dama; trabaja en circuito cerrado con la Trituradora de Conos, y su clasificación es a través de cribado, por lo que es conocida también comúnmente como Criba Vibratoria Tyler.

El cribado es separación mecánica de partículas basadas en el tamaño, esta separación se logra utilizando una superficie perforada uniformemente que actúa como un calibrador múltiple de pasa – no pasa. Idealmente, las partículas que son más grandes que las aberturas quedan retenidas sobre la superficie, mientras que las partículas más pequeñas (en dos dimensiones por lo menos) pasan por la malla; el material retenido sobre la superficie es el material de sobre-tamaño o sobre-medida (malla superior de 1 ½" x 1 ½" en acero AISI 1070) que retorna el material a la trituradora de conos, el que pasa por la malla es el sub-tamaño o infra-tamaño (malla inferior de 5/8" x 5/8" en acero AISI 1070) que desaloja el material a la banda transportadora No.5 que alimenta las tolvas de finos, y el material que pasa por una

superficie pero que es retenido por una superficie subsiguiente, es el material intermedio, que retorna a la trituradora de conos también. Para la separación de gruesos a un tamaño de 4,75 mm y mayor, recomiendan utilizar cribas vibratorias horizontales o inclinadas con un movimiento a alta velocidad, diseñadas primordialmente para levantar las partículas de la superficie.

La zaranda vibratoria Tyler tiene una inclinación de 20° con la horizontal gira a una velocidad de 820 rpm y con 200 oscilaciones por minuto por lo que utiliza resortes como medio de amortiguación y un contrapeso que ayuda a su movimiento. La superficie de una criba es el medio que contiene las aberturas para el paso del material de sub-tamaño; la superficie debe ser lo suficientemente fuerte para soportar el peso del material que esté cribando, y sin embargo, suficientemente flexible para ceder a las fuerzas vibratorias que se le aplican; a la vez, debe ser lo suficientemente ligera para proporcionar un porcentaje razonable de área abierta para dar un tonelaje de procesamiento adecuado. La zaranda vibratoria Niagara cuenta con las mallas en arreglo de triple enlace.

Figura 55. Zaranda Vibratoria Niagara.

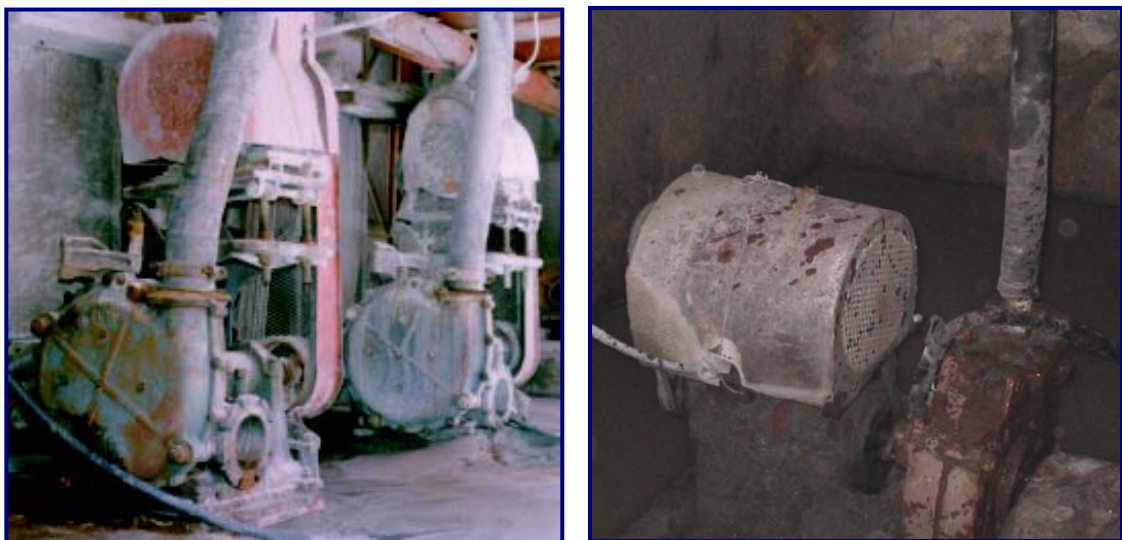


- **Bombas Centrífugas.** En los procesos de clasificación y molienda se cuentan con bombas centrífugas para el transporte y elevación de la pulpa, existen 2 bombas centrífugas Wilfley K5 (una en stand by) que alimenta la pulpa a los hidrociclones, una bomba Wilfley k4 que alimenta los desechos de la K5 a su cajón alimentador nuevamente y una bomba centrífuga Denver que impulsa los sulfuros de salida del Jig al proceso de flotación.

Las bombas centrífugas consisten de la rotación de un impeler montado en el interior de una carcasa. El fluido entra en el centro de la estructura por la tubería de succión; como el impeler gira, el fluido es acelerado a la circunferencia por las paletas curvas que posee el impeler, de esta manera la energía cinética del fluido es convertida en energía de presión o energía potencial que permite elevar el fluido a niveles superiores.

Estas bombas, tienen el impeler en poliuretano debido a que es el material más idóneo para resistir la alta abrasividad de las pulpas y arenas que manejan.

Figura 56. Bombas Centrífugas Wilfley K5 – Denver.



Las Wilfley K5 proveen una alta rata de flujo constante a baja presión y a cabeza constante, que es lo requerido para los hidrociclones, ya que cuando una bomba alimenta varias hidrociclones como es el caso, es importante que el distribuidor esté diseñado de tal manera que deje pasar la misma cantidad de líquido y sólidos a cada hidrociclón, por lo que deberán tener en cada una de sus entradas la misma presión. Las tuberías de descarga y de succión deben ser lo más cortas posibles para reducir las pérdidas por fricción y manejar velocidades bajas para evitar que el contacto de los sólidos aceleren los problemas de erosión.

Para especificaciones completas y caracterización de las bombas que hacen parte de los procesos estudiados. Ver Anexo G.

- **Hidrociclones Krebs D20B.** Son utilizados como un método de separación de mezclas de sólidos en dos o más productos, teniendo como base la velocidad con que caen los granos a través de un medio fluido, usualmente se utilizan cuando las partículas a separar son demasiado finas para ser separadas eficientemente por cribado.

Es un dispositivo pequeño y barato con mucha aceptación en la industria debido principalmente a su simpleza mecánica, a su bajo costo inicial y al espacio reducido necesario para su instalación. La simpleza mecánica se debe a que el hidrociclón consiste en una cámara cilíndrica unida a otra cónica, tiene una entrada en la sección cilíndrica, generalmente rectangular y en forma de voluta, lo que mejora la alimentación; hay además dos salidas en los extremos de su eje central, una al final de su parte cónica, llamada salida inferior o ápex y otra en el otro extremos llamada salida superior, rebose o vortex.

Los dos hidrociclones Krebs existentes en la planta de beneficio, están dispuestos en paralelo a 7 PSI de presión con una entrada de alimentación de 6 pulgadas de diámetro, una salida o vortex de finos de 6 pulgadas de diámetro y un orificio de descarga o ápex de 2 pulgadas de diámetro.

Es un equipo clasificatorio de operación continua que utiliza la fuerza centrífuga y la inercia causando que los sólidos giren en torno a las paredes y por su peso caigan acelerando la velocidad de asentamiento de las partículas; ha demostrado ser un eficiente clasificador de partículas finas en soluciones diluidas; utilizado ampliamente en circuitos cerrados de molienda.

El funcionamiento de las corrientes existentes en el hidrociclón radica en que en primer lugar se produce un remolino primario que desde la entrada hasta la salida de su sección cónica recorre el hidrociclón próximo a sus paredes interiores, siendo solamente el fluido cercano a la pared el que sale por el ápex, arrastrando al mismo tiempo los sólidos con más masa. El resto del fluido, que suele ser la mayor parte, se desplaza en dirección contraria en un remolino secundario dentro del primario, que tiene una mayor fuerza centrífuga y en el cual son arrastrados las partículas con menos masa; este remolino secundario sale por el tubo de la parte cilíndrica, siendo en general la mezcla más diluida que la de la entrada, al contrario de lo que sucede con la salida del ápex, que es masa concentrada que la de la entrada.

Figura 57. Hidrociclones Krebs D20B.



Molinos de Bolas Hardinge 6' X 3'. Es un cilindro giratorio similar al molino de barras, solo que en este caso realiza la labor de molienda secundaria y los medios moledores son bolas de acero al cromo-molibdeno con revenido opcional, de alta tenacidad, gran dureza , alta gravedad especifica y resistencia al desgaste, cargado diariamente por 2Kg de peso en bolas moledoras por tonelada de mineral triturado, lo que generalmente son 250-300 bolas diarias en tamaños de 2" y 2 ½" de diámetro y pesos de 0,54 y 1,1 Kg. respectivamente, en lugar de barras moledoras.

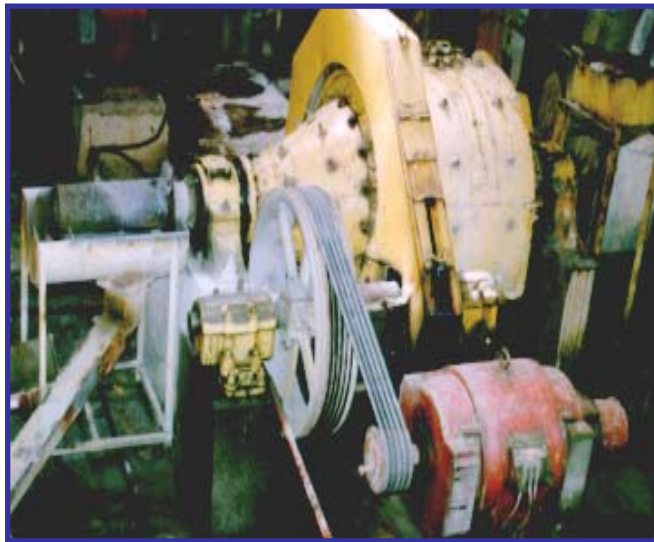
El cilindro o tambor debe protegerse contra el desgaste y para reducir el deslizamiento entre el mismo y los medios de molienda; en la planta de beneficio se cuentan con 5 molinos de bolas de los cuales el molino No. 1 y No.3 están forrados con 54 forros de caucho, mientras que los demás molinos poseen 64 forros de acero al manganeso; la molienda realizada es en medio húmedo y los molinos de bolas reciben el mineral proveniente del underflow o arenas de los hidrociclones en paralelo, trabajando de este modo en un circuito cerrado con cargas relativamente altas (60 Ton/h), de manera que el material tenga poca oportunidad de ser quebrado una segunda vez antes de ser extraído del circuito cerrado por medio de un clasificador en nuestro caso, el clasificador gravitacional Jig Pan American.

En la molienda húmeda la corrosión debe considerarse como el factor que más contribuye al desgaste aportado por la corrosión que sufre sus partes y medios moledores.

La carga moledora (bolas) tiene movimiento de cascada y catarata, fracturando las partículas por impactos y esfuerzos continuos y repetitivos. Las bolas al estar en contacto con el revestimiento interior del tambor, se mueven en la misma dirección y con una velocidad proporcional a la del tambor.

Estos molinos giran en promedio a una velocidad de 26 rpm. en sentido antihorario, tienen una entrada de 15" y una salida de 12", la alimentación es realizada a través de un cajón alimentador de 24 ½" x 24 ½" x 20" que descarga en el molino por tubería de 4". La transmisión es realizada a través de correas en V y una posterior reducción por Corona – Piñón incorporada en la estructura del cilindro del molino.

Figura 58. Molinos de Bolas Hardinge 6' x 3'.



EQUIPOS AUXILIARES.

- **Detector de Metales.** Este detector está ubicado en la banda transportadora No. 1 de 36" y es el encargado de avisar la presencia de metales ferrosos en la carga de la banda, para de esta manera ser sustraído este elemento y evitar que altere el funcionamiento de la Trituradora de cono Jaques.

El detector de metales Thermo Ramsey Oretronic II modelo 30-200, cuenta con:

- ✓ Bobina Generadora: protegida con recubrimiento de polivinilo, con alta resistencia al impacto, montada sobre la banda de una manera pendular.
- ✓ Bobina Receptora: protegida con recubrimiento de polivinilo, montada debajo de la banda transportadora.
- ✓ Estructura de Soporte: fabricada en fibra de vidrio, se instala sobre la estructura o chasis de la banda transportadora.
- ✓ Unidad de Control: equipo en estado sólido controlado por un microprocesador con aislamiento, gabinete NEMA 4.

La bobina generadora produce corrientes magnéticas pulsantes, las cuales son alcanzadas por las bobinas receptoras, no obstante, si entre las bobinas aparece un elemento metálico, se introducen en estas corrientes de Foucault, las que a su vez generan un campo magnético secundario alcanzado por las bobinas receptoras. El detector mide solamente el efecto de este campo magnético secundario, durante el tiempo que el campo primario no funciona, el que con la ayuda del sistema electrónico adecuado produce la señal de alarma.

El sistema utilizado por RAMSEY, puede discernir entre la pieza metálica a detectar de el mineral que transporta la banda, debido a que tiene una conductividad mucho menor que la del metal a ser detectado, esto puede detectarse porque el tiempo de caída del campo magnético secundario (delay-time), es función de la conductividad del material, siendo mayor cuanto mayor es esta conductividad.

- **Pesometro Digital.** El sistema de pesaje en banda en movimiento, permite tomar datos del peso de material que pasa por la banda transportadora No. 8.

Es un sistema de pesaje Ramsey serie 10-20B, posee un amplio rango de entradas y salidas digitales para aplicarse en diversas operaciones de procesos. Consiste básicamente de tres componentes principales: El Puente

de Pesaje/ Bastidor ensamblado, Sensor de Velocidad e Integrador. Cada componente realiza una función distinta en el proceso de pesaje de material en movimiento sobre la banda transportadora, en forma exacta.

✓ Puente de Pesaje / Bastidor: Es una pieza completa, pre-ensamblada en fábrica, consiste de un bastidor y un marco soporte con una celda de carga de precisión tipo puente “Strain Gauge” aplicadas en tensión y con un sólo rodillo de pesaje.

✓ Sensor de Velocidad Digital Ramsey Modelo 60-12: Es directamente acoplada a la polea conducida, maneja un rango de velocidad de 20-200Rpm; utiliza un generador de pulsos, produciendo una salida eléctrica proporcional a la velocidad real de la banda.

✓ Integrador Ramsey Microtech II. Modelo 10-301: Es un instrumento manejado por computadora, usado para conocer flujo y cantidad de material transportado, representando el peso lineal (Libras/Pie) de mineral en movimiento y su velocidad (Pies/Min). Por el proceso apropiado de la entrada de estas dos señales, el integrador entrega una señal visible eléctrica, representando el flujo y la cantidad total de material en movimiento, que ha pasado por el puente de pesaje.

El sistema de pesaje 10-20B y equipos asociados trabajan entre rangos de temperaturas de -50°C y $+85^{\circ}\text{C}$, y deben ser protegidos contra la humedad.

Figura 59. Pesometro Digital Ramsey.



- **Ensayero Automático.** Ubicado a la salida del molino de barras en el interior del canal que del molino conduce el mineral a la Jig, toma muestras temporizadas cada 30 minutos y estas son llevadas a análisis químico para conocer sus propiedades, verificar el correcto funcionamiento de los procesos anteriores y predecir un comportamiento del mineral en los procesos posteriores.

Es un muestreador cortante automático de operación y secuencia continua Ramsey modelo CS-400 de alto servicio, operado con cadena de eslabón sencillo y sprockets.

El muestreador cortante tipo "C" es diseñado para operar en la descarga de una banda transportadora o un shut de salida como en este caso. Cuenta con un motor de ½ HP, trifásico a 50 Hz, 500V con freno, tiene una carrera de 24 pulgadas a 6 ln/sg.

ANEXO D. Especificaciones de las Bandas Transportadoras.

Las bandas transportadoras **ICOBANDAS S.A.** son bandas resistentes a la abrasión, desgarre, fricción, cortaduras, inclemencias del tiempo (ozono y humedad). Los cojines de caucho de sus capas centrales le brindan una firme adherencia interna y una gran capacidad de amortiguación a grandes impactos.

Tabla 28. Propiedades de las bandas transportadoras.

PROPIEDADES FÍSICAS	UNIDAD	REF: ANL-125		REF: ANL-250
# Lonas		3		4
Espesor Cubierta Superior	Pulgadas	1/8	3/16	3/16
Espesor Cubierta Inferior	Pulgadas	1/16		5/64
Espesor Cojines	Pulgadas	1/16		5/64
Espesor Total	Pulgadas	5/16	3/8	9/16
Peso	Gr/Pulg/mt	250	305	417
Carga de Trabajo recomendada	Lbs/Pulgada	210		560
Carga Ultima garantizada	Lbs/Pulgada	2100		5600
Adherencia entre Cubierta y Lona	Lbs/Pulgada	50		50
Adherencia entre Lona y Lona	Lbs/Pulgada	50		50

Tabla 29. Especificaciones de las bandas transportadoras.

CUBIERTAS	Caucho
CAPAS CENTRALES	Cojines- Caucho y Lonas de nylon
MEDIDAS	Ancho: hasta 48" (1200 mm) Largo: hasta 200m
COLOR	Negro
TOLERANCIA	Ancho $\pm 1\%$ Largo $- 2\%$ y $+ 4\%$ Espesor $\pm 1/32$
DUREZA	$60^0 \pm 4$ shore A
BORDES	Cortados o Forrados con caucho
UNION	Mecánica o Vulcanizada

ANEXO E. Especificaciones de los Rodillos.

imsa

RODILLOS PARA EQUIPO DE MANEJO
DE MATERIALES A GRANEL.

Industrias Metálicas Sudamericanas S.A.

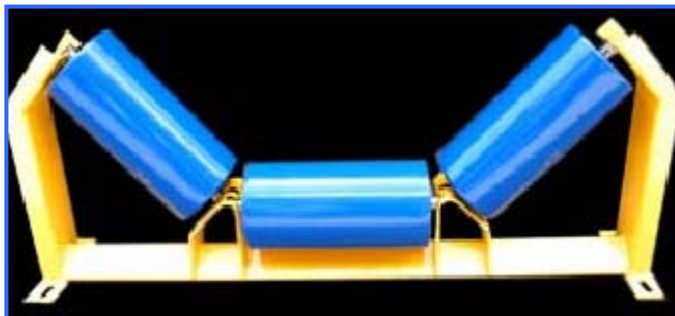


Rodillos fabricados con tecnología de LONG-AIRDOX; Cumplen con la norma CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association).

Empresa especializada en la fabricación de rodillos para minería.

1. Rodillos montados en rodamientos, para proporcionar más capacidad de carga alta.
2. Maquinado y remachado entre el tubo y el flanche para evitar deslizamiento.
3. Dos piezas forman el sello laberinto para evitar la humedad y la entrada de polvo.
4. Retenedor para evitar la entrada de agua.
5. Usando adaptadores se puede instalar el rodillo en cualquier tipo de artesa.

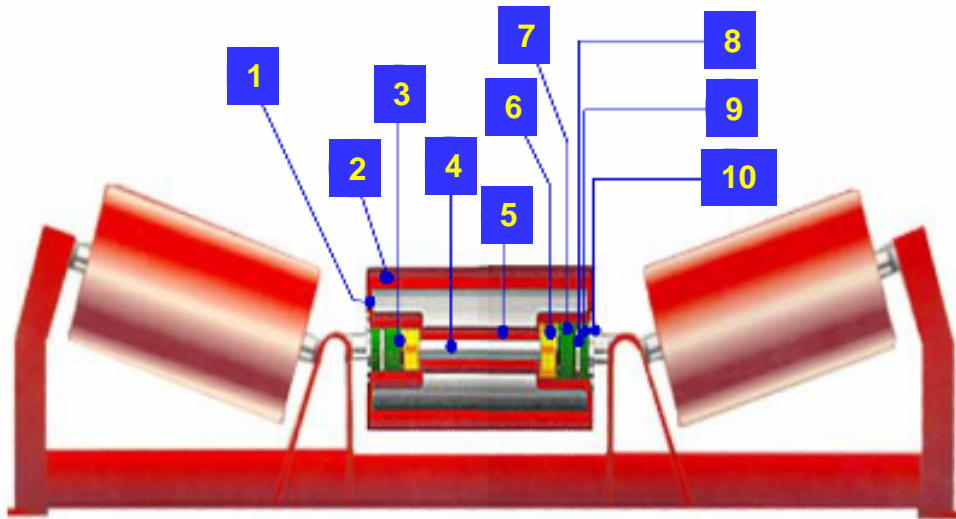
Figura 60. Configuración de los Rodillos para Bandas Transportadoras.



ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES DE LOS RODILLOS.

1. Flanche en lamina CR, estampado o fundido
2. Tubo: Con costura calibre 9. Sch.40
3. Pin candado – Exterior
4. Eje: Calibrado 7/8. SAE 1010, maquinado para ajuste de rodamiento (20 mm) y caras en los extremos
5. Tubo refuerzo o pasaje de lubricación, diámetro 1 ¼ calibre 18
6. Rodamientos 6204 (lubricado)
7. Sello laberinto en polipropileno (Exterior)
8. Buje
9. Retenedor
10. Tapa del retenedor

Figura 61. Especificaciones de los componentes de los Rodillos.

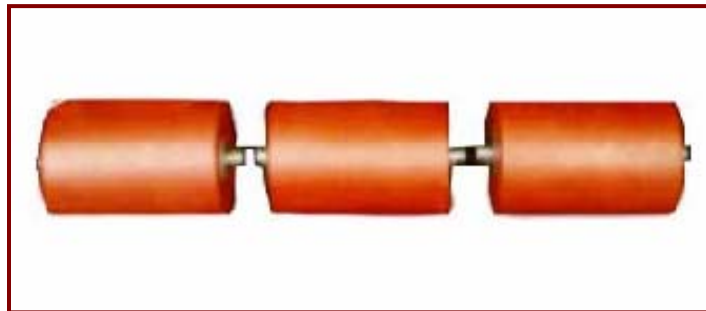


La forma constructiva de los elementos de soporte, permite cambiar los rodillos en forma fácil y rápida.

TIPOS DE RODILLOS

- **Rodillos de Carga.** Los rodillos de carga también llamados de arrastre, van instalados a lo largo de la banda transportadora; sirven para conducir la banda y la carga de un extremo a otro.

Figura 62. Rodillos de Carga.



- **Rodillos de Impacto.** Instalados en los puntos de carga del transportador; utilizado para absorber el impacto y evitar un posible daño en la banda. Es un rodillo de 2. 7/8" al que se le ensamblan anillos de caucho, que tienen una dureza entre 80-85 grados Shore.

Figura 63. Rodillos de Impacto.



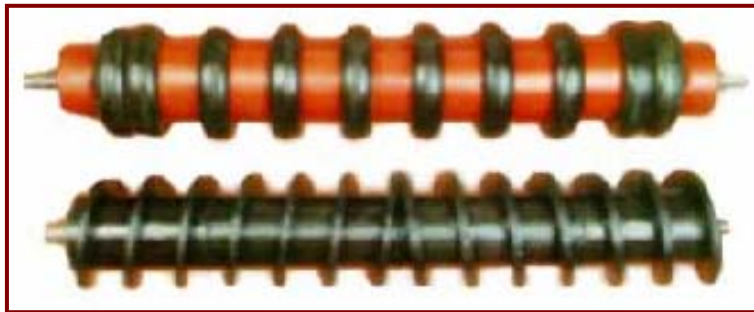
- **Rodillos de Retorno.** Son rodillos horizontales, normalmente colocados en la parte inferior del equipo, para que la banda no cuelgue.

Figura 64. Rodillos de Retorno.



- **Rodillos Limpiadores.** Utilizados para la limpieza de la banda; poseen unos discos de caucho longitudinales, o poseen espirales de caucho.

Figura 65. Rodillos Limpiadores.



ESTACIONES DE CARGA O ARRASTRE.

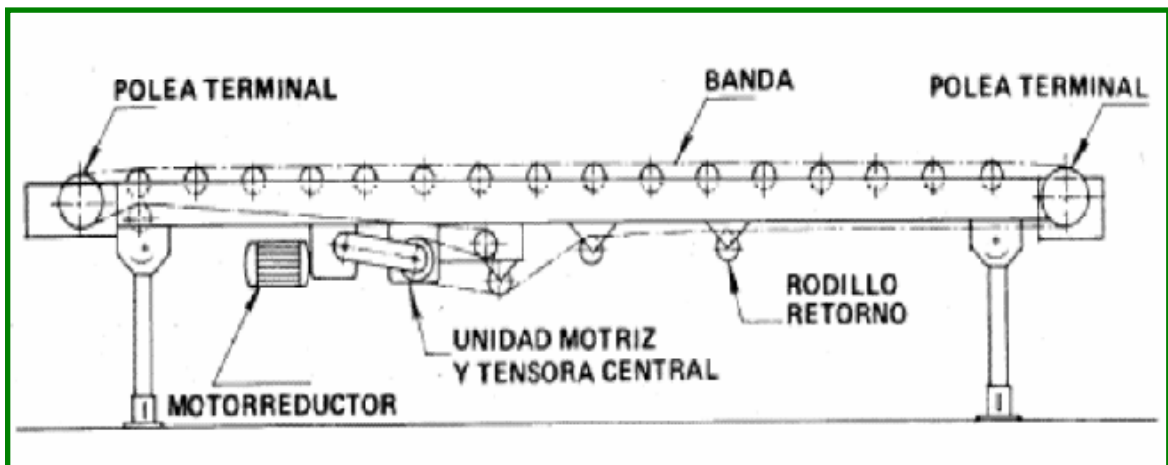
La configuración más usada, es la de tres rodillos. Los dos rodillos extremos están inclinados 20° ó 30° mientras el rodillo central está colocado en posición horizontal.

El soporte tiene dos platinas perforadas en los extremos, para asegurar fácilmente la estación al chasis. La forma constructiva de los elementos del soporte, permite cambiar los rodillos en forma fácil y rápida.

Para especificar un rodillo IMSA deben consignarse los siguientes datos:

RG. TIPO DE RODILLO (CARGA, IMPACTO, RETORNO, LIMPIADOR) – DIÁMETRO – LONGITUD TUBO – LONGITUD EJE – DISTANCIA ENTRE CARAS – LONGITUD DE CARAS.

Figura 66. Montaje y Estación de una Banda Transportadora.



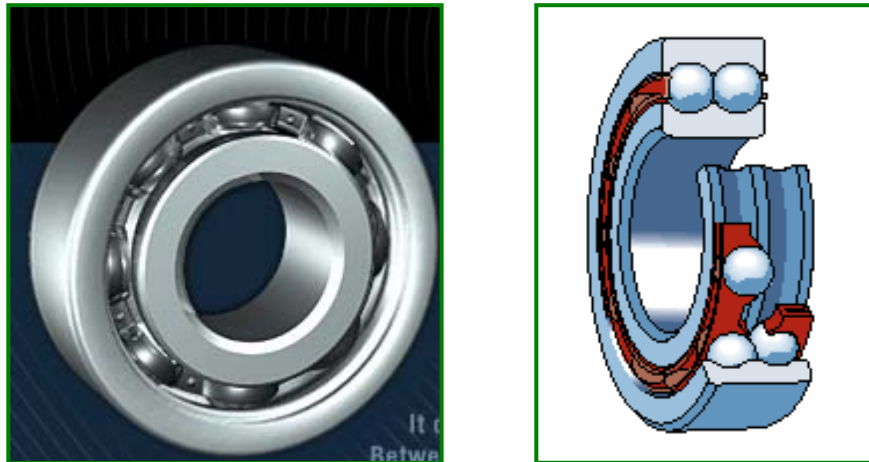
ANEXO F. Rodamientos.

RODAMIENTOS RIGIDOS DE BOLAS

- **Información.** Los rodamientos rígidos con una hilera de bolas, soportan cargas radiales y axiales, además son apropiados para números de revoluciones elevadas. La capacidad de alineamiento de los rodamientos rígidos es pequeña, por esta razón los sitios de apoyo deben estar bien alineados. Los rodamientos rígidos con dos hileras de bolas, no poseen ranuras para la entrada de las bolas, por lo que pueden transmitir esfuerzos axiales en dos direcciones. La jaula de este rodamiento es de poliamida 66 reforzada con fibra de vidrio. Las jaulas de poliamida soportan temperaturas constantes de 120 °C y pueden permanecer en servicio algunas horas hasta 150 °C, por corto tiempo hasta 180 °C. Los rodamientos rígidos de bolas de dos hileras no son apropiados, si deben compensarse desalineaciones.
- **Ajustes.** Para Conseguir un guiado preciso del eje es conveniente que el juego del rodamiento montado sólo tenga unas pocas micras. Pero ha de ser lo suficientemente grande para que el rodamiento, debido a dilataciones distintas de las partes anexas no quede sometido a esfuerzos indebidos. Ya que los ajustes de montaje y las condiciones de servicio son muy variadas, los rodamientos no se fabrican solamente con juego normal (C0) sino también en otros grupos de juego. Estos rodamientos se denominan con los signos pospuestos C2 (Juego radial menor que el C0, normal), C3, C4 y C5 (Juego radial mayor que el C0, normal). El juego radial normal C0 se ha determinado de tal forma que en la zona media de diámetros, con ajustes normales y bajo condiciones de servicio igualmente normales resulte el juego de servicio correcto. Estos ajustes, son aplicables a todos los tipos de rodamientos.

- **Normas.** Para rodamientos rígidos con una y dos hileras de bolas, norma DIN 625.

Figura 67. Rodamientos Rígidos de Bolas.



- **Signos Pospuestos Rodamientos Rígidos de Bolas.**

RSR Una tapa de Obturación.

ZR Una tapa de protección

2RSR Dos tapas de Obturación

2ZR Dos tapas de protección

N Ranura circular de sujeción para anillo elástico.

Figura 68. Especificaciones de Rodamientos Rígidos de Bolas.

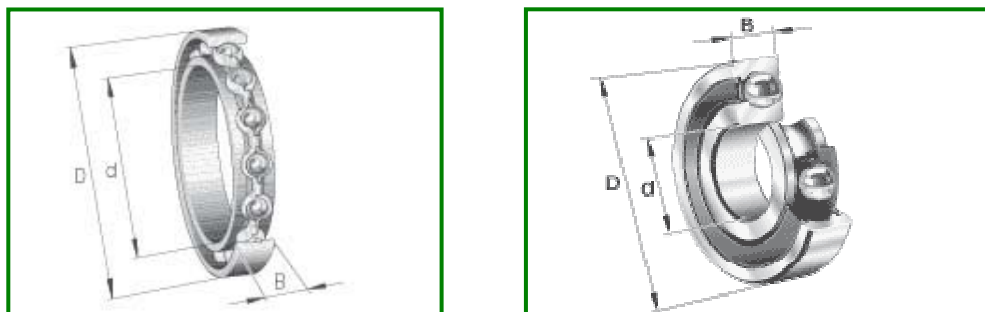


Tabla 30. Equipos con Rodamientos Rígidos de Bolas.

EQUIPO	RODAMIENTO	CANT.	TIPO	FAB.	DIAMETR O EJE
Bomba Wilfley K5	6215.2RSR.C3	1	Rígidos de bolas con una hilera	FAG	75 mm
Bomba Wilfley K5	7318.BECB	2	Rígidos de bolas con una hilera, en pareja	SKF	90 mm
Rodillos Bandas Transportadoras 18" y 24"	6204. 2RSR.C3	2	Rígidos de bolas con una hilera	FAG	20 mm
Rodillos Bandas Transportadoras 36"	6304. 2RSR.T.C3	2	Rígidos de bolas con una hilera	FAG	20 mm
Compresor	6205.2RSR.C3	2	Rígidos de bolas con una hilera	FAG	25 mm
Azadón	6206	6	Rígidos de bolas con una hilera	FAG	30 mm
Azadón	6209	4	Rígidos de bolas con una hilera	FAG	45 mm
Azadón	6305	2	Rígidos de bolas con una hilera	FAG	25 mm
Azadón	6309	2	Rígidos de bolas con una hilera	FAG	45 mm
Azadón	6210	2	Rígidos de bolas con una hilera	FAG	50 mm
Azadón	6212	2	Rígidos de bolas con una hilera	FAG	60 mm

RODAMIENTOS DE BOLAS DE CONTACTO ANGULAR CON DOS HILERAS.

- **Información.** El rodamiento de contacto angular con dos hileras de bolas, corresponde por su construcción a una pareja de rodamientos de contacto angular con una hilera de bolas en la disposición en O. El rodamiento puede absorber fuerzas radiales elevadas y axiales en ambos sentidos. Es un rodamiento principalmente apropiado para apoyos en los que se exija una gran rigidez de guiado axial. La jaula de estos rodamientos es de poliamida 66, reforzada con fibra de vidrio. Llevan un relleno de grasa. Estos rodamientos tienen a un lado ranuras para la entrada de las bolas, por lo que los rodamientos deben montarse de tal forma, que la carga principal sea absorbida por los caminos de rodadura sin ranuras.

- **Normas.** Para rodamientos de contacto angular con dos hileras de bolas, norma DIN 628.

- **Signos Pospuestos Rodamientos de Bolas de Contacto Angular.**

B.TVH Construcción interna modificada. Jaula de garras maciza de Poliamida reforzada con fibra de vidrio, guiada por las bolas.

32B, 33B Angulo de contacto $\alpha = 25^\circ$

- **Tolerancias.** El juego radial de los rodamientos no partidos y sin ranura para la entrada de las bolas es de aproximadamente un 50% del juego axial; en los rodamientos con ranura par ala entrada de las bolas, de un 70%. En los rodamientos con aro interior partido el juego axial y radial son iguales.

Figura 69. Especificaciones de Rodamientos de Bolas de Contacto Angular.

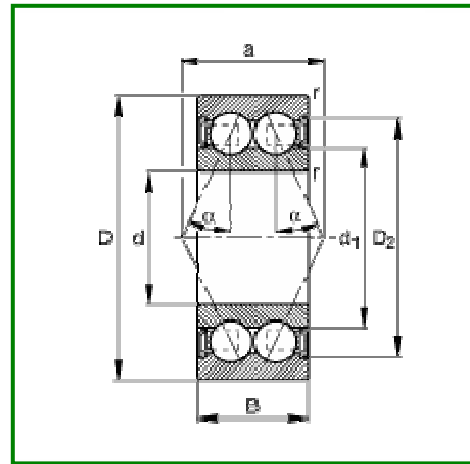
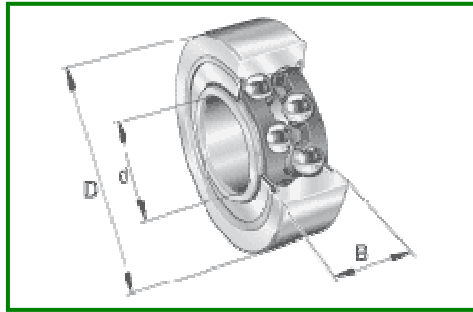


Tabla 31. Equipos con Rodamientos de Bolas de Contacto Angular con dos hileras.

EQUIPO	RODAMIENTO	CANT.	TIPO	FAB.	DIAMETRO EJE
Bomba			De Contacto angular		
Denver 3 x 3"	3308B.2RSR.TVH	2	con dos hileras de bolas	FAG	10 mm

RODAMIENTOS DESMONTABLES DE BOLAS.

- Información.** Los rodamientos desmontables de bolas, tienen el mismo aro interior que los rodamientos rígidos de bolas. Sin embargo, en el aro exterior sólo tiene un borde, por lo que el rodamiento puede ser despiezado. El perfil circular del camino de rodadura del aro exterior en el fondo de la garganta, pasa sin cantos a un camino de rodadura corto cilíndrico. El aro interior y el exterior se montan por separado, lo cual es de

gran ventaja principalmente en montajes en serie. Los rodamientos desmontables de bolas, sólo se fabrican hasta un agujero de 25 mm.

- **Tolerancias.** El diámetro exterior de los rodamientos desmontables de bolas, esta tolerada de forma uniforme con +0,010/0 mm. Las restantes tolerancias coinciden con las tolerancias de los demás rodamientos radiales.
- **Normas.** Para rodamientos desmontables de bolas, norma DIN 615.

Tabla 32. Equipos con Rodamientos Desmontable de Bolas.

EQUIPO	RODAMIENTO	CANT.	TIPO	FAB.	DIAMETRO EJE
Bomba de sistema hidráulico de Trituradora Jaques	E E6.C3		Desmontable de Bolas	FAG	6

RODAMIENTOS OSCILANTES DE RODILLOS.

- **Información.** El rodamiento FAG oscilante de Rodillos es un rodamiento para absorber las más elevadas cargas (especialmente radiales). Contiene dos hileras de rodillos-tonel, que se adaptan angularmente sin esfuerzos en el camino de rodadura cóncavo-esférico del aro exterior. Así se compensan errores de alineación entre los apoyos y flexiones del eje. Contienen una cantidad máxima de rodillos de gran diámetro y gran longitud. Debido a una oscilación estrecha entre los rodillos y los caminos de rodadura se obtiene uniforme de las tensiones y una elevada capacidad de carga. Son fabricados con agujeros cilindros o cónicos.

- **Temperatura de Servicio.** Rodamientos oscilantes de rodillos cilíndricos mantienen una temperatura de servicio de 150° C. Los rodamientos con un diámetro exterior superior a 240 mm, generalmente están estabilizados térmicamente hasta una temperatura de 200° C.

Tabla 33. Temperaturas Máximas de Servicio.

Signo Pospuesto (según DIN 623)	S0	S1	S2	S3
Temperatura máxima de servicio	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C

- **Tolerancias.** Las tolerancias de los rodamientos se han normalizado de la norma DIN 620. Además de la tolerancia normal, la norma mencionada contiene las clases de tolerancias P6, P6X, P5, P4 y P2. Los rodamientos con estas tolerancias mas restringidas son apropiados para guiados muy precisos del eje y para números de revoluciones muy elevados. También se encuentran las ejecuciones de clases de tolerancias SP (Precisión especial), UP (ultra precisión) y HG (Precisión elevada).

- **Normas.** Para rodamientos oscilantes de rodillos, norma DIN 635.

- **Signos Pospuestos Rodamientos Oscilantes de Rodillos.**

A Construcción interna modificada.

B Construcción interna modificada.

E Ejecución reforzada.

K Agujero cónico.

M Jaula maciza de latón guiada por los rodillos.

S Ranura y orificios de lubricación en aro exterior.

TVPB Jaula de ventanas maciza de poliamida 66 reforzada con fibra de vidrio. Guiada en el aro exterior.

Las jaulas de Poliamida soportan temperaturas constantes de 120 °C y pueden permanecer en servicio algunas horas hasta 150 °C, por corto tiempo inclusive hasta 180 °C.

ESK Ejecución reforzada. Ranura circunferencial y orificios de lubricación en el aro exterior. Agujero cónico.

EAS.M.C3 Ejecución reforzada. Construcción interna modificada. Ranura circunferencial y orificios de lubricación en el aro exterior. Jaula maciza de latón guiada por los rodillos. Juego radial mayor que el normal.

Figura 70. Rodamientos Oscilantes de Rodillos.



Manguitos de Montaje.

Con ayuda de los manguitos de montaje se fijan los rodamientos con agujero cónico sobre ejes cilíndricos. Para estos ejes se admiten tolerancias de mecanizado más amplias del diámetro. Los manguitos de montaje traen conjuntamente tuercas y elementos de seguridad. El montaje y desmontaje de grandes rodamientos se facilita con ayuda del sistema de hidráulica. Para este caso existen manguitos de montaje con ranuras para la alimentación del aceite y conexiones para la bomba (HG).

- **Signos Pospuestos Para Manguitos.**

A Manguito de desmontaje con diámetro modificado de la rosca.

H Manguito de desmontaje para sistema hidráulico, conexión a la bomba en el lado de la rosca.

HG Manguito de desmontaje para sistema hidráulico, conexión a la bomba en el lado de la rosca, tuerca con elemento de seguridad y agujeros roscados para tornillos de montaje.

Figura 71. Accesorios de Montaje.



Figura 72. Especificaciones de Rodamientos Oscilantes de Rodillos.

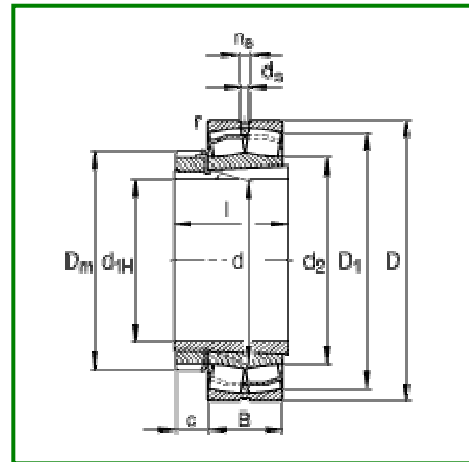
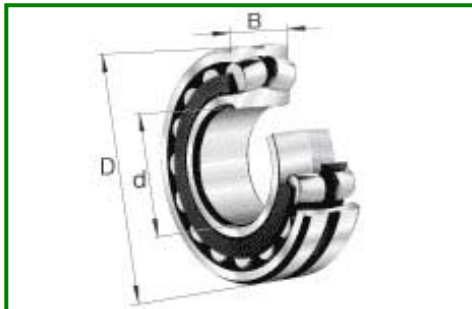


Tabla 34. Equipos con Rodamientos Oscilantes de Rodillos.

EQUIPO	RODAMIENTO	CANT.	TIPO	FAB.	DIAMETRO EJE
Jig Pan American	22207ESK.TVPB	4	Oscilantes de Rodillos con manguito de montaje	FAG	1 1/8 "
Jig Pan American	22309ESK.TVPB	2	Oscilantes de Rodillos con manguito de montaje	FAG	1 1/2 "
Jig Pan American	22210ESK.TVPB	2	Oscilantes de Rodillos con manguito de montaje	FAG	1 3/4"
Jig Pan American	22217ESK.TVPB	2	Oscilantes de Rodillos con manguito de montaje	FAG	3"
Jig Pan American	Rod. 48290 Cuña. 48220	2	Rodillos Cónicos Sencillos	TIMKEN	5"
Niagara	22320EAS.M.C3	2	Oscilantes de Rodillos con agujero cilíndrico	FAG	100 mm
Trituradora de conos	22317EAS.M.C3	1	Oscilantes de Rodillos con agujero cilíndrico	FAG	85 mm
Trituradora de conos	22319EAS.M.C3	1	Oscilantes de Rodillos con agujero cilíndrico	FAG	95 mm
Transmisión Molino de Barras	22228EASK.M.C3	2	Oscilantes de Rodillos con manguito de montaje	FAG	125 mm

Tabla 35. Especificaciones Dimensionales de Rodamientos.

Denominación Abreviada		Eje	Dimens.										Peso	
Rodamiento Oscilante de rodillos FAG	Manguito de montaje FAG		d	d1	D	B	r _s min	D _m	l	c	n _s	H	J1	Rodamiento (+ manguito de montaje) Kg.
			mm							≈		≈	≈	
22207ESK.TVPB	H307	30	35	30	72	23	1,1	52	35	10	4,8	63	43	0,548
22309ESK.TVPB	H2309	40	45	40	100	36	1,5	65	50	12	6,5	86	58	1,58
22210ESK.TVPB	H310	45	50	45	90	23	1,1	70	42	13	4,8	82	59	0,882
22217ESK.TVPB	H317	75	85	75	150	36	2	110	63	19	6,5	136	99	3,65
22320EAS.M.C3	-----	100	100	---	215	73	3	---	---	---	12,2	184	124	12,6
22319EAS.M.C3	-----	95	95	---	200	67	3	---	---	---	12,2	172	115	9,77
22317EAS.M.C3	-----	85	85	---	180	60	3	---	---	---	9,5	155	104	7,1
22228EASK.M.C3	H3128	125	140	125	250	68	3	180	97	24	12,2	224	164	18,4

Denominación Abreviada		Agujero	Ancho	Radio de respaldo máximo R	Peso
Rodamiento TIMKEN		d	B		
CONO		127 mm 5"	38,1 mm 1,5"	3,5 mm 0,14"	2,18 Kg 4,81 Lb
48290					

	Diámetro exterior D	Ancho C	Radio de respaldo máximo de alojamiento r	Peso	Ancho de rodamiento T
TAZA	182,562 mm 7,1875"	73,025 mm 2,8750"	0,8 0,03	2,63 Kg 5,8 Lb	85,728 mm 3,3751"
*48220D					

* Ranura en centro de diámetro exterior, orificios en centro de diámetro exterior.

Denominación Abreviada	Eje	Dimensiones					Peso
Rodamiento Rígido de Bolas		d	D	B	r _s min	D _n	≈ Rodamiento Kg
FAG		mm					
6215.2RSR.C3	75	75	130	25	1,5	---	1,21
6204.2RSR.C3	20	20	47	14	1	---	0,105
6304.2RSR.T.C3	20	20	52	15	1,1	---	0,148
6206	30	30	62	16	1	---	0,192
6209	45	45	85	19	1,1	---	0,405
6309	45	45	100	25	1,5	---	0,848
6210	50	50	90	20	1,1	---	0,453
6212	60	60	110	22	1,5	---	0,783

Denominación Abreviada	Eje	Dimensiones					Peso
Rodamiento Desmontable de Bolas		d	D ¹⁾	B	r _s min	r _{1s} min	≈ Rodamiento Kg
FAG		mm					
E E6.C3	6	6	21	7	0,3	0,15	0,011

Denominación Abreviada	Eje	Dimensiones					Peso	
Rodamiento de Bolas de Contacto Angular		d	D	B	r _s min	a	Rodamiento ≈ Kg	
		mm				≈		
FAG								
3308B.2RSR.TVH	40	40	90	36,5	1,5	46	0,905	

Denominación Abreviada	Eje	Dimensiones								Peso
Rodamiento de una hilera de bolas por contacto angular por parejas		d	d1	D	B	D ₁	r _{1,2} min	r _{3,4} min	a	Pareja ≈ Kg
		mm	≈			≈				
SKF										
7318 BECB	90	90	128	190	43	155	3	1,1	80	10,5

ANEXO G. Caracterización de Bombas Hidráulicas.

Tabla 36. Especificaciones Técnicas de Bombas Hidráulicas.

FABRICANTE	CLASE-TIPO	CAUDAL [gpm]	POT.	CABEZA	RPM
WILFLEY K5	Centrífuga Horizontal Con sumidero alimentador	φ Succión: 8" φ Descarga: 5" φ Impulsor: 18" %sólidos:50 Capacidad 650 – 1200 Capacidad normal: 850	Motor: 55 Kw.	Con 850 gpm de curva H= 60 ft	Motor: 1475 Curva: 870
WILFLEY K4	Centrífuga Horizontal	φ Succión: 6" φ Descarga: 4" φ Impulsor: 16" %sólidos:50 Capacidad 400 –750 Capacidad normal: 500	Motor: 25 Hp	Con 500 gpm de curva H= 40 ft	Motor: 1470 Curva: 820
DENVER 3X3 SRL FRAME 2	Centrífuga Horizontal Alabes abiertos con alma metálica	φ succión: 3" φ Descarga: 3" φ Impulsor: 10 ¼" Capacidad 70-300	Motor: 10 Hp	De curva H = de 58 a 80 ft NPSH req. 24'	Motor: 1500
BARNES	Desplazamiento Positivo Engranajes	φ Succión φ Descarga: 15/16" Capacidad de 40 L/min.	Motor: 2,2Kw	Presión suministrada hasta 1000 Kpa	Motor: 1420

FABRICANTE	TRANSMISION	MATERIALES	CARACTERISTICAS DEL FLUIDO
WILFLEY K5	por correas Correa C114 φ Polea mot.= 8 3/8" φ Polea Cond.=13 3/8" Dist. Centros =42 1/4"	Carcasa: Fundición Gris Impulsor-rotor tapa: Poliuretano	Pulpa de arenas de la molienda ρ = 1500 g/l % sólidos = 50,2
WILFLEY K4	por correas Correa B83 φ Polea motriz = 10" φ Polea Cond.=12 1/2" Dist. Centros = 27"	Carcasa: Fundición Gris Impulsor-rotor tapa: Poliuretano	Pulpa de arenas de la molienda ρ = 1500 g/l % sólidos = 50,2
DENVER 3X3 SRL FRAME 2	por correas Correas B46 φ Polea motriz =7" φ Polea Cond. =7" Dist. Centros =13 3/4"	Carcasa: Fundición Gris Impulsor-rotor tapa: Poliuretano	Concentrados Jig – sulfuros con valores ρ = 1007 g/l % sólidos = 7
BARNES	Acople directo	Carcasa: Fundición Gris Engranajes: Acero 4340	Aceite de Lubricación Piñones EP 220 (Ludocol)

ANEXO H. Codificación de Equipos Planta de Beneficio Maria Dama.

Tabla 37. Codificación de equipos: Zona de Recepción.

	RECEPCIÓN
CODIGO	EQUIPO
04RC-TV01	Tolva de Gruesos Mina Silencio - Sandra K
04RC-TV02	Tolva de Gruesos Mina Providencia
04RC-AZ01	Azadón Tolva de Gruesos Mina Silencio - Sandra K
04RC-AZ02	Azadón Tolva de Gruesos Mina Providencia
04RC-AZ01MO01	Motor Azadón tolva de Gruesos Mina Silencio - Sandra K
04RC-AZ01MO02	Motor Azadón tolva de Gruesos Mina Providencia

Tabla 38. Codificación de equipos: Zona de Trituración.

	TRITURACIÓN
CODIGO	EQUIPO
04TN-BT01	Banda Transportadora No.1
04TN-BT01MO01	Motor Banda Transportadora No.1
04TN-BT01RT01	Reductor Banda Transportadora No.1
04TN-BT02TC01	Transmisión por Cadena Banda Transportadora No.1
04TN-BT02JE01	Juego de Engranajes Banda Transportadora No.1
04TN-BT08RD01	Rodillos Banda Transportadora No.1
04TN-DM	Detector de Metales
04TN-CT	Calzón o Shut de Transferencia
04TN-GE	Grizzli Estacionario
04TN-TJ01	Trituradora de Conos Jaques No. 1
04TN-TJ01MO01	Motor de Trituradora de Conos Jaques No. 1
04TN-TJ02TC01	Transmisión por Correas de Trit. Jaques No.1
04TN-TJ02CP01	Transmisión por Corona – Piñón de Trit. Jaques No. 1
04TN-TJ02EJ01	Eje Principal de Trituradora de Conos Jaques No. 1
04TN-TJ05MO01	Motor del Sistema de Lubricación de aceite de Trit. Jaques No. 1
04TN-TJ05BB01	Bomba del Sistema de Lubricación de aceite de Trit. Jaques No. 1
04TN-TJ06MO01	Motor del Sistema de Lubricación de grasa de Trit. Jaques No. 1

04TN-TJ06BB01	Bomba del Sistema de Lubricación de grasa de Trit. Jaques No. 1
04TN-TJ03MO01	Motor del Sistema Hidráulico de Trit. Jaques No.1
04TN-TJ03BB01	Bomba del Sistema Hidráulico de Trit. Jaques No.1
04TN-TJ02	Trituradora de Conos Jaques No. 2
04TN-TJ01MO02	Motor de Trituradora de Conos Jaques No. 2
04TN-TJ02TC02	Transmisión por Correas de Trit. Jaques No.2
04TN-TJ02CP02	Transmisión por Corona – Piñón de Trit. Jaques No. 2
04TN-TJ02EJ02	Eje Principal de Trituradora de Conos Jaques No. 2
04TN-TJ05MO02	Motor del Sistema de Lubricación de aceite de Trit. Jaques No. 2
04TN-TJ05BB02	Bomba del Sistema de Lubricación de aceite de Trit. Jaques No. 2
04TN-TJ06MO02	Motor del Sistema de Lubricación de grasa de Trit. Jaques No. 2
04TN-TJ06BB02	Bomba del Sistema de Lubricación de grasa de Trit. Jaques No. 2
04TN-TJ03MO02	Motor del Sistema Hidráulico de Trit. Jaques No.2
04TN-TJ03BB02	Bomba del Sistema Hidráulico de Trit. Jaques No.2
04TN-BT02	Banda Transportadora No.2
04TN-BT01MO02	Motor Banda Transportadora No.2
04TN-BT01RT02	Reductor Banda Transportadora No.2
04TN-BT02TC02	Transmisión por Cadena Banda Transportadora No.2
04TN-BT08RD02	Rodillos Banda Transportadora No.2
04TN-BT03	Banda Transportadora No.3
04TN-BT01MO03	Motor Banda Transportadora No.3
04TN-BT01RT03	Reductor Banda Transportadora No.3
04TN-BT02TC03	Transmisión por Cadena Banda Transportadora No.3
04TN-BT08RD03	Rodillos Banda Transportadora No.3

Tabla 39. Codificación de equipos: Zona de Molienda.

	MOLIENDA
CODIGO	EQUIPO
04ML-BT07	Banda Transportadora No.7
04ML-BT01MO07	Motor Banda Transportadora No.7
04ML-BT01RT07	Reductor Banda Transportadora No.7
04ML-BT02TC07	Transmisión por Cadena Banda Transportadora No.7
04ML-BT02TB07	Transmisión por Correas Banda Transportadora No.7
04ML-BT08RD07	Rodillos Banda Transportadora No.7
04ML-BT07A	Banda Transportadora No.7A

04ML-BT01MO07A	Motor Banda Transportadora No.7A
04ML-BT01RT07A	Reductor Banda Transportadora No.7A
04ML-BT02TC07A	Transmisión por Cadena Banda Transportadora No.7A
04ML-BT02TB07A	Transmisión por Correas Banda Transportadora No.7A
04ML-BT08RD07A	Rodillos Banda Transportadora No.7A
04ML-BT08	Banda Transportadora No.8
04ML-BT01MO08	Motor Banda Transportadora No.8
04ML-BT01RT08	Reductor Banda Transportadora No.8
04ML-BT02TC08	Transmisión por Cadena Banda Transportadora No.8
04ML-BT08RD08	Rodillos Banda Transportadora No.8
04ML-MR	Molino de Barras Hardinge
04ML-MR01MO	Motor del Molino de Barras Hardinge
04ML-MR01RT	Reductor del Molino de Barras Hardinge
04ML-MR06	Sistema de Lubricación de grasa del Molino de Barras
04ML-MR02CP	Transmisión por Corona - Piñón del Molino de Barras
04ML-MR02AF	Acople de Transmisión del Molino de Barras
04ML-ES	Ensayero
04ML-BW01	Bomba Centrifuga Wilfley K5
04ML-BW01MO01	Motor de la Bomba Wilfley K5
04ML-BW02TB01	Transmisión por Correas de la Bomba Wilfley K5
04ML-BW08IM01	Impulsor de la Bomba Wilfley K5
04ML-BW02	Bomba Centrifuga Wilfley K5A
04ML-BW01MO02	Motor de la Bomba Wilfley K5A
04ML-BW02TB02	Transmisión por Correas de la Bomba Wilfley K5A
04ML-BW08IM02	Impulsor de la Bomba Wilfley K5A
04ML-MB01	Molino de Bolas No.1
04ML-MB01MO01	Motor del Molino de Bolas No.1
04ML-MB02TB01	Transmisión por Correas del Molino de Bolas No.1
04ML-MB02CP01	Transmisión por Corona - Piñón del Molino de Bolas No.1
04ML-MB08CH01	Chumaceras de Babbit del Molino de Bolas No.1
04ML-MB02	Molino de Bolas No.2
04ML-MB01MO02	Motor del Molino de Bolas No.2
04ML-MB02TB02	Transmisión por Correas del Molino de Bolas No.2
04ML-MB02CP02	Transmisión por Corona - Piñón del Molino de Bolas No.2
04ML-MB08CH02	Chumaceras de Babbit del Molino de Bolas No.2
04ML-MB03	Molino de Bolas No.3
04ML-MB01MO03	Motor del Molino de Bolas No.3
04ML-MB02TB03	Transmisión por Correas del Molino de Bolas No.3

04ML-MB02CP03	Transmisión por Corona - Piñón del Molino de Bolas No.3
04ML-MB08CH03	Chumaceras de Babbit del Molino de Bolas No.3
04ML-MB04	Molino de Bolas No.4
04ML-MB01MO04	Motor del Molino de Bolas No.4
04ML-MB02TB04	Transmisión por Correas del Molino de Bolas No.4
04ML-MB02CP04	Transmisión por Corona - Piñón del Molino de Bolas No.4
04ML-MB08CH04	Chumaceras de Babbit del Molino de Bolas No.4
04ML-MB05	Molino de Bolas No.5
04ML-MB01MO05	Motor del Molino de Bolas No.5
04ML-MB02TB05	Transmisión por Correas del Molino de Bolas No.5
04ML-MB02CP05	Transmisión por Corona - Piñón del Molino de Bolas No.5
04ML-MB08CH05	Chumaceras de Babbit del Molino de Bolas No.5
04ML-CM	Compresor
04ML-CM01MO	Motor del Compresor
04ML-CM02TB	Transmisión por Correas del Compresor
04ML-PG	Puente Grúa
04ML-PG01MO	Motor del Puente Grúa

Tabla 40. Codificación de equipos: Zona de Clasificación.

	CLASIFICACIÓN
CODIGO	EQUIPO
04CL-BT04	Banda Transportadora No.4
04CL-BT01MO04	Motor Banda Transportadora No.4
04CL-BT01RT04	Reductor Banda Transportadora No.4
04CL-BT02TC04	Transmisión por Cadena Banda Transportadora No.4
04CL-BT08RD04	Rodillos Banda Transportadora No.4
04CL-EI	Electroimán
04CL-NG	Clasificador Vibratorio Niagara
04CL-NG01MO	Motor del Clasificador Vibratorio Niagara
04CL-NG08VB	Vibrador del Clasificador Vibratorio Niagara
04CL-NG08AM	Amortiguadores del Clasificador Vibratorio Niagara
04CL-NG02TB	Transmisión por Correas del Clasificador Vibratorio Niagara
04CL-JG	Clasificador Gravitacional Jig Pan American
04CL-JG01MO	Motor del Jig Pan American

04CL-JG01RT	Reductor del Jig Pan American
04CL-JG02TB	Transmisión por Correas del Jig Pan American
04CL-JG08EX	Excéntrica del Jig Pan American
04CL-BD	Bomba Centrifuga Horizontal Denver 3 x 3
04CL-BD01MO	Motor de la Bomba Denver 3 x 3
04CL-BD02TB	Transmisión por Correas de la Bomba Denver 3 x 3
04CL-BD08IM	Impulsor de la Bomba Denver 3 x 3
04CL-BW	Bomba Centrifuga Wilfley K4
04CL-BW01MO	Motor de la Bomba Wilfley K4
04CL-BW02TB	Transmisión por Correas de la Bomba Wilfley K4
04CL-BW08IM	Impulsor de la Bomba Wilfley K4
04CL-HC01	Hidrociclón Primario D-20B No.1
04CL-HC02	Hidrociclón Primario D-20B No.2

Tabla 41. Codificación de equipos: Zona de Almacenamiento.

	ALMACENAMIENTO
CODIGO	EQUIPO
04AL-BT05	Banda Transportadora No.5
04AL-BT01MO05	Motor Banda Transportadora No.5
04AL-BT01RT05	Reductor Banda Transportadora No.5
04AL-BT02TC05	Transmisión por Cadena Banda Transportadora No.5
04AL-BT08RD05	Rodillos Banda Transportadora No.5
04AL-BT06	Banda Transportadora No.6
04AL-BT01MO06	Motor Banda Transportadora No.6
04AL-BT01RT06	Reductor Banda Transportadora No.6
04AL-BT02TC06	Transmisión por Cadena Banda Transportadora No.6
04AL-BT08RD06	Rodillos Banda Transportadora No.6
04AL-BT06A	Banda Transportadora No.6A
04AL-BT01MO06A	Motor Banda Transportadora No.6A
04AL-BT01RT06A	Reductor Banda Transportadora No.6A
04AL-BT08RD06A	Rodillos Banda Transportadora No.6A
04AL-TV	Tolva de Transferencia
04AL-TV02	Tolva de Finos Mina Providencia
04AL-TV08VB02	Vibradores de la Tolva de Finos Mina Providencia

04AL-TV01	Tolva de Finos Mina Silencio - Sandra K
04AL-AZ01	Azadón Tolva de Finos Mina Silencio - Sandra K
04AL-AZ01MO01	Motor Azadón Tolva de Finos Mina Silencio – Sandra K
04AL-CR01	Carro Transportador Tolva de Finos Silencio - Sandra K
04AL-CR01MO01	Motor Carro Transportador Tolva de Finos Silencio - Sandra K

ANEXO I. Matriz de Criticidad de Equipos.

Tabla 42. Calculo del Índice de Criticidad de Equipos.

Equipo / Criterio de evaluación	Tasa utilización del equipo	Existencia de equipo gemelo	Repercusión en cadena productiva	Pérdidas en producción	Repercusión en seguridad y medio ambiente	Repercusión en calidad del producto	Tasa de marcha	Complejidad tecnológica	Criticidad Total
RECEPCION									
Tolvas de Gruesos	4	5	3	1	3	3	4	1	24
Azadones	2	3	1	1	1	1	2	1	12
TRITURACION									
Trituradoras de Conos Jaques	4	1	5	4	3	5	4	4	30
Banda Transportadora 1	4	3	3	2	1	1	4	1	19
Bandas Transportadoras 2-3	2	1	3	2	1	1	4	1	15
MOLIENDA									
Molino de Barras Hardinge	4	5	5	4	3	5	4	2	32
Banda Transportadora 7	4	3	3	2	1	1	4	1	19
Banda Transportadora 7A	4	3	3	2	1	1	4	1	19
Banda Transportadora 8	4	3	3	2	1	1	4	1	19
Bombas Centrifugas Wilfley K5	2	1	5	4	3	5	4	1	25
Molinos de Bolas	4	1	5	4	3	5	4	2	28
Compresor	2	3	3	1	1	1	2	1	14
Puente grúa	1	3	1	1	3	1	1	1	12

Equipo / Criterio de evaluación	Tasa utilización del equipo	Existencia de equipo gemelo	Repercusión en cadena productiva	Pérdidas en producción	Repercusión en seguridad y medio ambiente	Repercusión en calidad del producto	Tasa de marcha	Complejidad tecnológica	Criticidad Total
CLASIFICACION									
Clasificador Vibratorio Niagara	4	5	5	4	3	3	4	1	29
Banda Transportadora 4	4	3	3	2	1	1	4	1	19
Clasificador Gravitacional Jig	4	5	5	4	3	5	4	1	31
Bomba Centrífuga Denver 3x3	4	3	5	4	1	5	4	1	27
Bomba Centrífuga Wilfley K4	1	3	1	1	1	1	2	1	11
Hidrociclones	4	1	5	4	3	5	4	1	27
ALMACENAMIENTO									
Tolvas de Finos	4	5	3	2	3	3	4	1	25
Tolvas de Transferencia	2	3	3	1	3	1	2	1	16
Banda Transportadora 5	4	3	3	2	1	1	4	1	19
Banda Transportadora 6	4	3	3	2	1	1	4	1	19
Banda Transportadora 6A	4	3	3	2	1	1	4	1	19

- Equipos Críticos - Equipos Piloto para TPM
- Equipos Críticos – Equipos con aplicación de Mantenimiento Preventivo
- Equipos Importantes - Equipos con aplicación de Mantenimiento Preventivo
- Equipos No Críticos - Equipos con aplicación de Mantenimiento Correctivo

ANEXO J. Fichas Técnicas de Equipos.

Trituradora de Cono No.1 04TN-TJ01 1 / 4						
	FICHA TECNICA TRITURADORA DE CONO No. 1					PLANTA DE BENEFICIO MARIA DAMA
Descripción	TRITURADORA DE CONO JAQUES 3'X0	Marca Ref.	JAQUES 3-0 HJTY	Tipo No. Codificación	EQUIPO GIRATORIO 04TN-TJ01	
ESPECIFICACIONES						
<p>FUNCIÓN. Triturar el material proveniente de las minas desde un tamaño máximo de 12" y suministrarlo al circuito de molienda en un tamaño de 5/8". Trabaja en circuito cerrado a través de las bandas transportadoras No. 2 y No. 4 con la Criba Vibratoria Niagara.</p> <p>Sistema de Transmisión. Reducción primaria a través de correas y reducción secundaria por medio de Corona-Piñón.</p> <p>Sistema de Lubricación de Aceite. Lubrica las partes sometidas a rozamiento y desgaste; el flujo de aceite se divide en dos partes: Una que pasa a través de un pistón hacia los anillos de desgaste, la excéntrica y luego fluye hacia el colector de la trituradora y sale por la tubería de retorno de aceite. La otra parte del aceite, es descargada a las chumaceras del contraeje.</p> <p>Sistema de Hidráulico. Permite ajustar la presión del eje principal y por consiguiente, el ajuste (posición del cono) que es el que condiciona el tamaño de salida del material de la Trituradora.</p> <p>Sistema de Lubricación de Grasa. Se encarga de lubricar la chumacera de la araña, parte superior de la Trituradora, está dotado de una unidad de control temporizada por reloj de la bomba de grasa dentro de la consola de control, y aplica la grasa durante 3 minutos cada 30 minutos mientras se este en funcionamiento.</p> <p>✓ Cuenta con dispositivos de medida y seguridad como termostatos y alarmas para el control de ciertas variables (ver Descripción de Equipos)</p>						
DIMENSIONES, ELEMENTOS Y FACTORES PRINCIPALES						
DIAMETRO	LONGITUD	PESO	CARRERA	DIAMETRO ALIMENTACION	CAPACIDAD	VELOCIDAD
87"	120"	15,7 Ton	5/8"	12"	60 Ton/Hr Rr: 2,44 <small>Inf. Raibel Durán</small>	720 RPM
TRANSMISIÓN POR CORREAS 04TN-TJ02TC01	CORREA	POLEA CONDUCTORA		POLEA CONDUcida		
	D158 Dyco Duper Blue Ribbon <small>ver Inf. Correas</small>	ϕ Int: 10" - ϕ Ext: 13 1/2"		ϕ Int: 22 5/8" - ϕ Ext: 23 3/8"		
		Distancia centros: 88 5/16"		Material: Fundición Gris		
TRANSMISIÓN CORONA-PIÑÓN 04TN-TJ02CP01			NO. DIENTES	PASO	DIAMETRO	MATERIAL
	CORONA		47			Acero 4340
	PINON		19		3 5/8"	Acero 4340



FICHA TÉCNICA TRITURADORA DE CONO No. 1



PLANTA DE
BENEFICIO
MARIA DAMA

EJE PRINCIPAL 04TN-TJ02EJ01	RODAMIENTOS	DIAMETRO	LONGITUD	MATERIAL
	22317EAS.MC3 22319EAS.MC3	Inicio. 3 5/8" Final. 3 3/16"	37 3/8" Cúenros. 25,4X12,7 22x11	Acero 4340

LUBRICACIÓN

<i>Sistema de Lubricación de Aceite</i> Excentrica, Buje, Cono parte Inferior, Araña Inferior, Transmisión <i>Sistema Hidráulico</i> Pistón Hidráulico	Acoples, Sellos, Contraeje, Rodamientos del motor.	<i>Sistema de Lubricación De Grasa</i> Buje Arana Superior, Cono parte Superior
ACEITE PINONES EP220 (Ludecol)	GRASAMULTIPROPOSITO EP2 (Mineroil)	GRASAHT-0 (Ludecol)

EQUIPOS ASOCIADOS

MOTOR PRINCIPAL							04TN-TJ01M001	
MARCA	POTENCIA	VELOCIDAD	FRECUENCIA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	CONEXIÓN		
REUANCE	125 HP	1475 RPM	50 HZ TRIFASICO	Estator 500	Estator 129	Δ- Jaula De Ardilla		

SUBSISTEMAS

LUBRICACION DE ACEITE						
MOTOR						04TN-TJ05M001
MARCA	POTENCIA	VELOCIDAD	FRECUENCIA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	CONEXIÓN
MESHTRIC	2,2 Kw.	1420 Rpm	50 Hz Trifásico	Estator 500	Estator 4	Δ- Jaula De Ardilla
BOMBA						04TN-TJ05BB01
MARCA	TIPO - CLASE	REF.	ACOPLE	CAUDAL	PRESION	ACEITE
BARNES	Desplazamiento Positivo - De Engranajes	2293L3000 80-H1303 CA4822	Acople Directo	40 lpm	1000 Kpa	PINONES EP 220



FICHA TÉCNICA TRITURADORA DE CONO No. 1



PLANTA DE
BENEFICIO
MARIA DAMA

LUBRICACION DE GRASA

MOTOR

04TN-TJ06M001

MARCA	POTENCIA	VELOCIDAD	FRECUENCIA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	CONEXIÓN
BROOK CROMPTON PARKINSON	0,25 Kw.	1380 Rpm	50 Hz Trifásico	500	1,33-0,77	Δ -Y Jaula De Ardilla

BOMBA

04TN-TJ06BB01

MARCA	TIPO - CLASE	REF.	TAMBOR	RELOJ	LUBRICACION	GRASA
MODLUBE	Desplazamiento Positivo – Pistón	Type No. M703/P2 Serial No. 164 Reg. No. 58027	De grasa 44 gal.	MEC-PS2487	3 minutos cada 30 min.	HT-0 Ludecol

HIDRÁULICO

MOTOR

04TN-TJ03M001

MARCA	POTENCIA	VELOCIDAD	FRECUENCIA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	CONEXIÓN
BROOK CROMPTON PARKINSON	0,25 Kw.	1380 Rpm	50 Hz Trifásico	500	1,33-0,77	Δ -Y Jaula De Ardilla

BOMBA

04TN-TJ03BB01

MARCA	TIPO - CLASE	REF.	ACOPLE	CAUDAL	PRESION	ACEITE
BARNES	Desplazamiento Positivo – De Engranajes	2293L3000 80-H1303 CA4822	Acople Directo	17 Lpm	1000 Kpa	PINONES EP 220

AUXILIARES

ELEMENTO	DIAMETRO	RANURAS LUB.	MATERIAL
ANILLO DESGASTABLE DEL EJE	φ 8 3/4" - feje: 2 1/2" - e: 1 1/2"		BRONCE
ANILLO DESGASTABLE DEL PISTON	φ 10 1/4" - feje: 4 1/2" - e: 7/8"	(4) φ 5/16" - P: 6mm	BRONCE
ANILLO DESGASTABLE DE LA EXCÉNTRICA	φ 18" - feje: 12" - e: 3/4"	(6) φ 5/16" - P: 7mm	BRONCE
BUJE EXTERIOR DE LA EXCÉNTRICA	φ 18 3/8"		BRONCE



FICHA TÉCNICA TRITURADORA DE CONO No. 1



PLANTA DE
BENEFICIO
MARIA DAMA

PLANOS EXISTENTES

MD 1102B – 1102B1 Eje Principal Trituradora J.	MD 1143 Eje de la Transmisión
MD 1102D Unidad hidráulica y de Lubricación	MD 1148 Sello de Hall Prene
MD 1103 Polea del Motor - Conductora	MD 1150 Bujes para la Araña
MD 1103A Polea del Niño – Conducida	MD 1172 Eje Principal
MD 1127 Buje interior para la Excéntrica	MD 1201 Núcleo del Manto
MD 1128 Buje exterior para la Excéntrica	MD 1201A Anillo y Retenedor guardapolvo
MD 1129 Piezas desgastables de bronce	MD 1202 Acople para Bomba de Lubricación
MD 1129A Disco desgastable del Pistón	MD 1212 Excéntrica
MD 1129B Disco desgastable de la Excéntrica	MD 1213 – 1213A Corona para la Excéntrica
MD 1131 Disco convexo desgastable	MD 1234 Estructura General
MD 1132 Cóncavo (anillo) inferior de Araña	MD 1237 – 1247 Acople para Motor y Bomba de Lubricación
MD 1137 Centro de control de Motores	MD 1249A Montaje Estructural
MD 1139 Eje y Piñones de Bomba de Lubricación	MD 1260 Diagrama Unifilar de la Trituradora



FICHA TECNICA MOLINO DE BOLAS No. 1



PLANTA DE
BENEFICIO
MARIA DAMA

Descripción	MOLINO DE BOLAS 6' x 3'	Marca	HARDINGE	Tipo	EQUIPO ROTATORIO
		Serial No.	2279	No. Codificación	04ML-MB01

ESPECIFICACIONES

Función.

Molino de percusión y tracción por medio de bolas molidoras, realiza la molienda secundaria, reduciendo el tamaño de la partícula de aproximadamente 40% a malla 48 hasta 40% a malla 100; aplicando esfuerzos por impacto y corte en medio húmedo. Trabajan en circuito cerrado con los hidroclonones primarios y el clasificador vibratorio Jig Pan American.

Sistema de Transmisión.

Inicialmente Por medio de correas y posteriormente por medio de Corona-Piñón.

- ✓ Cuentan con un cajón colector alimentado por mangueras de 4' de diámetro provenientes de los hidroclonones primarios, su salida retoma por medio de canales rectangulares y metálicos al clasificador Jig.
- ✓ La salida del mineral se hace a través de un cedazo en lámina de 1/4" de espesor, con agujeros de 3/8" de diámetro, con una longitud total de 36" y un diámetro de 12".

DIMENSIONES, ELEMENTOS Y FACTORES PRINCIPALES

DIAMETRO	LONGITUD	CAPACIDAD	DIÁMETRO DE ALIMENTACION	DIÁMETRO DE SALIDA	VELOCIDAD		
					Molino	Eje	Crítica
6'	3'	59,28 Ton/Hr Inf. Rafael Durán	15"	12"	27 RPM	193 RPM	48 RPM

BOLAS MOLEDORAS	DIAMETRO	CARGUE	PESO	MATERIAL	CAPACIDAD (BOLAS)	
	2" 2 1/2"	Tapa en cilindro de 16" x 11 1/2"	0,54Kg 1,1 Kg	Acero al Cromo - Molibdeno	2 Kg. bolas X In mineral	250-300 bolas diarias

FORROS Vulco	MATERIAL	TIPO-CANTIDAD-REFERENCIA			ANILLOS-LEVANTADORES		
		54 Forros de Caucho	Coraza Tapa de Alimentacion	16	MHD2311012	Anillo Central de Alimentacion	1
		Coraza del Cilindro	12	MHD2312012	A. Periférico Alm.	8	MHD2311022
		Coraza Cilindro con Man Roll	1	MHD2312032	Anillo Central de Descarga	8	MHC2313042
		Coraza Tapa Registro	1	MHD2312022	A. Periférico Desc.	8	MHD2313032
		Coraza Exterior Tapa Descarga	16	MHD2313012	L. Simétrico Alm.	16	MX80406402
					L. Simétrico Clin.	12	MX8090795T
		Coraza Interior Tapa Descarga	8	MHD2313022	L. Simétrico Reg.	1	MX8090408T
					L. Simétrico Desc.	16	MX8030731T
					L. Simétrico Desc.	8	MX80304902



FICHA TÉCNICA MOLINO DE BOLAS No. 1



PLANTA DE
BENEFICIO
MARIA DAMA

TRANSMISIÓN CORONA-PIÑÓN

04ML-MB02CP01

ELEMENTO	DIMENSIONES		TRANSMISIÓN				
	φ EJE	LONGITUD	No. DIENTES	PASO	ANG. ENVOLV	DIAMETRO	MATERIAL
EJE DE TRANSMISIÓN	4 15/16"	98 1/2"					Acero 4340
CORONA			118	2 1/2"	20 °	DP: 93,9"	Acero fundido
PINÓN	4 15/16"		17	2 1/2"	20 °	DP: 13,53"	Acero fundido

TRANSMISIÓN POR CORREAS 04ML-MB02TB01	CORREA	POLEA CONDUCTORA			POLEA CONDUCTIDA		
	5 correas en V Ref. U24U Uycos Super Blue Ribbon. Ver Información Correas	φ Polea	φ Eje	Ranuras	φ Polea	φ Eje	Ranuras
		16"	motor	5	58 5/8"	4 15/16"	8
	Poleas de Acero Fundido			Distancia entre centros: 58,6"			

CHUMACERAS DE BABBIT 04ML-MB08CH01	SOPORTE (Trunnions)	TRANSMISIÓN	MATERIAL Babbit grado AS1M /- de media a base de plomo, para cargas y velocidades moderadas
	Cantidad: 2	Cantidad: 3	
	φ Exterior: 14 1/2"	φ Exterior:	
	φ Interior: 14 7/16"	φ Interior:	
	3 ranuras de lubricación de 1/4"		

LUBRICACIÓN

Rodamientos Motor	Acople- Chumaceras transmisión	Chumaceras trunnions	Transmisión Corona- Piñón
GRASAMULTIPROPOSITO EP2 (Minerol)	MOBIL DTE 26 (Mobil)	GRASAMOBIL BLOCK GREASE 1 (Ludocol)	GRASACRATER 2X (Ludocol)

EQUIPOS ASOCIADOS

MOTOR							04ML-MB01M001	
MARCA	POTENCIA	VELOCIDAD	FRECUENCIA	VOLTAJE (V)		CORRIENTE (A)		CONEXIÓN
GENERAL ELECTRIC	75 HP	730 rpm	50 Hz Infasico	Estator	500	Estator	88	ΔΔ
				Rotor	220	Rotor	183	Anillos Rozantes



FICHA TÉCNICA MOLINO DE BOLAS No. 1



PLANTA DE
BENEFICIO
MARIA DAMA

PLANOS EXISTENTES

MD 0146A	Eje y piñón conductor Molino de Bolas	MD 0826	Cedazo salida Molino de Bolas
MD 0146B	Eje Molino de Bolas	MD 1004	Montaje ejes Molino de Bolas
MD 0280	Piñón conductor Molino de Bolas	MD 1205-1206-1208	Desarrollo cono entrada Molino
MD 0493	Ensamble forros	MD 1206A	Forros de caucho Molino de Bolas
MD 0703	Ensamble General Molino de Bolas	MD 1219	Desarrollo general de Forros



FICHA TECNICA CLASIFICADOR VIBRATORIO NIAGARA



PLANTA DE
BENEFICIO
MARIA DAMA

Descripción	CLASIFICADOR VIBRATORIO ZARANDA 4' X 12'	Marca	TYLER	Tipo	ZARANDA VIBRATORIA
		Serial No.	R-1004-C-5-G	No. Codificación	04C L-NG

ESPECIFICACIONES

Función.
Tambor vibratorio Tyler Rocket 4' x 12' que realiza la primera clasificación del mineral oro-argenteo a través de 2 superficies inclinadas que redirecciona por vibración y gravedad el mineral al circuito de trituración o lo envía a la tolva de flujos de transferencia para el circuito de molienda.

Sistema de Transmisión.
Reducción a través de correas.
Sistema Dinámico.

Movimiento vibratorio a través de un contrapeso en el eje principal y amortiguación a través de 4 resortes de gran resistencia. La rotación del eje es en la misma dirección del flujo de mineral.

La frecuencia natural que soporta la estructura es 2 1/2 veces la velocidad de operación de la Zaranda.

✓ Para una adecuada clasificación del mineral, la tolva de la zaranda, consta de un vibrador eléctrico.

DIMENSIONES, ELEMENTOS Y FACTORES PRINCIPALES

ANCHO	LONGITUD	ALTURA	No. OSCILACIONES	CAPACIDAD	VELOCIDAD	INCLINACION
4'	12'	3,8'	200 Osc/min. Carrera: 3/8"	Actual: 176 Ton/hr	Real: 700 Rpm Nominal: 820 Rpm	Ángulo de 20° horizontal.

SUPERFICIES		LARGO	ANCHO	TIPO ARRASTRO	DIMENSIONES ARRASTRO	CALIBRE ALAMBRE	GANCHOS
		3 Ángulos Superiores y 3 Inferiores.	SUPERIOR C/U	48"	46 1/2"	Triples estribo	1 1/2" x 1 1/2"
	INFERIOR C/U	48"	46 1/2"	Triples estribo	5" x 5,8"	AISI 1070 1/4"	Capa Metálica L= 1" a 60"

TRANSMISIÓN POR CORREAS 04CL-NG02TB	CORREA		POLEA CONDUCTORA			POLEA CONDUCTIDA		
	3 correas e V ref: 883 RENOX L= 80" A: 2" Ver Información Correas		φ Polea	Rpm	L total	φ Polea	Rpm	D. centros
			7 15/16"	1470	2 3/8"	15"	820	22 5/16"
		Material: Acero Medido	φ Eje: 1 5/8" Hierro	L. Canal 19/32"	Material Acero Medido	φ Eje: 3 15/16" Hierro	L Total Eje 69 1/16"	

AMORTIGUADORES 04CL-NG08AM	4 Resortes de (Mat. 2 en cada lado, con 43" de separación Entre resortes.	DIÁMETROS			PASO	No. ESPIRAS	LONGITUD
		φ Int.	φ Ext.	Calibre	1 1/4"	6	18" - se comprime 11/16" con 120 kg.
		8 3/8"	10 5/8"	1 1/8"			



FICHA TECNICA CLASIFICADOR VIBRATORIO NIAGARA



PLANTA DE
BENEFICIO
MARIA DAMA

AUXILIARES

ELEMENTO	CANT	REFERENCIA	UBIC.	DIAM.	DIMENSIONES	OTROS
RODAMIENTOS	2	22228EASK.M.C3	Eje de Transmisión	100 mm		
VIGAS ESTRUCTURALES	5		Transversales			Proteccion-caucho
CONTRAPESO	2		Eje de Transmisión	27.5"		Material Hierro
CAJON TRANSFERENCIA	1		Salida Niagara		L: 23 ½" H: 48" A 50 ½"	Lamina Hierro 1/8"

LUBRICACIÓN

Rodamientos Moto reductor - Rodamientos Eje	GRASAMULTIPROPOSITO EP2 (Minerol)
---	-----------------------------------

EQUIPOS ASOCIADOS

VIBRADORES

04CL-NG08VB

MARCA	DESCRIPCION	MODELO	SERIAL No.	FRECUENCIA	VOLTAJE	CORRIENTE
ERIEZ	Hi-V Vibratory Equipment	556	115819-9 7/00	50 Hz	120 V	10 A

MOTOR

04CL-NG01MO

MARCA	POTENCIA	VELOCIDAD	FRECUENCIA	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	CONEXION
TOSHIBA	15 HP	1470 Rpm	50 Hz Trifásico	Estator 500	Estator 17	4 polos Jaula de Aradura

PLANOS EXISTENTES

MD 0345- MD 0345B	Canal de soporte de las mallas del Niagara	PLANOS DEL FABRICANTE
MD 1248	General Tamiz Vibratorio Niagara 4' x 12'	S0-3677 Dibujo General del Niagara
MD 1254	Platina de sujeción de anillos	S109405 Montaje Resorte del Niagara
MD 18102	Motor del Niagara	S110280 Ensamble General del Niagara
		S114890 Ensamble Eje-Rodamientos del Niagara
		S114955 Superficies / Partes estructurales Niagara
		S115052 Ensamble Excéntrica del Niagara

ANEXO K

ANEXO L. Informe de Lubricación.

La lubricación es una de las principales actividades del mantenimiento preventivo, una correcta planeación de la lubricación, mantiene al equipo operando en condiciones apropiadas.

La lubricación en la planta de beneficio María Dama es una de las actividades de este tipo de mantenimiento que se lleva en la actualidad. Por lo tanto el adecuado cumplimiento de las actividades de lubricación incluidas en el plan de mantenimiento, al igual que un estudio detallado del lubricante más conveniente, es fundamental para garantizar un correcto funcionamiento de los equipos y ampliar su disponibilidad.

El lubricante es la sangre vital para el funcionamiento de las máquinas y es el responsable de mantener con vida el proceso productivo de la empresa. Una falla del lubricante puede generar traumatismos graves que se manifiestan, entre otras, en costosas reparaciones, paradas improductivas, elevación en los costos de mano de obra, cambio de repuestos o necesidad de reposiciones de las máquinas y pérdida de calidad del producto.

Los lubricantes son materiales puestos en medio de partes en movimiento con el propósito de brindar enfriamiento (transferencia de calor), reducir la fricción, limpiar y sellar el espacio entre los componentes, aislar contaminantes y mejorar la eficiencia de operación.

Todo equipo industrial tiene una vida útil durante la cual la empresa obtiene una producción determinada. Un papel importante del lubricante es ayudar a la máquina a alcanzar el límite de vida útil o, en el mejor de los casos, superarlo.

Lubricar es encontrar la mejor manera de aplicar el lubricante apropiado, en el lugar requerido, en la cantidad correcta, en el momento preciso, al menor costo y con el mayor valor agregado posible.

Un adecuado plan de lubricación debe considerar los siguientes aspectos, que lo hagan efectivo y propicio para aplicarlo en una empresa.

- ✓ El lubricante asignado a cada mecanismo sea el correcto.
- ✓ El mecanismo esté programado en la semana que le corresponde de acuerdo con su frecuencia asignada.
- ✓ La cantidad de lubricante asignada a cada mecanismo sea la adecuada.
- ✓ Contemple los equipos existentes en la planta, relacionando su ubicación.
- ✓ Se realice para cada máquina independientemente de las demás.
- ✓ El personal encargado de la lubricación esté bien capacitado en esta área y que tenga una preparación en el mantenimiento de cada uno de los equipos.

En cuanto al ultimo aspecto debe tenerse en cuenta, que el lubricador debería ser el mecánico mas experto y el mejor de la planta, ya que debe combinar sus actividades de lubricador con las de inspección de los equipos, y de esta manera brindar un certero diagnostico de las posibles fallas y del funcionamiento de la maquinaria; si al lubricador se le enseña como funciona cada equipo, podrá entender porque requiere una lubricación especial para sus condiciones de trabajo, de lo contrario se corre el riesgo que pretenda aplicar el mismo lubricante a todos los equipos o que no tenga las precauciones necesarias para evitar contaminaciones, o no le dé importancia al correcto nivel del lubricante. Estos y otros errores pueden ser fatales para la máquina y en general causan traumas en el proceso productivo.

Para establecer un programa de lubricación lo primero que hay que hacer es tramitar las “Hojas de Lubricación” de cada equipo, este programa va de la

mano con el plan de mantenimiento preventivo global de Maria Dama, y sus actividades van relacionadas con las frecuencias de dicho plan; en las hojas de lubricación, se recopila la siguiente información:

1. *Descripción del equipo:* incluyendo los equipos que necesiten lubricación y que hacen parte los procesos de estudio.
2. *Parte a lubricar:* especificando la parte a lubricar, y asociando las partes similares.
3. *Sistema de lubricación:* Se refiere a la forma en que dicha parte de la máquina es lubricada.
4. *Lubricante recomendado:* contando en formato aparte con las especificaciones técnicas de cada lubricante utilizado.
5. *Homologación y selección de lubricantes nuevos:* con las características técnicas, comparar diferentes marcas con una tabla de equivalencias, para tratar de ajustarse a lubricantes de compañías nacionales.
6. *Frecuencias de lubricación:* dependiendo de las condiciones de operación del equipo, condiciones ambientales y condiciones de servicio del lubricante.
7. *Análisis periódico del lubricante:* para calificar el comportamiento del tipo de lubricante y evaluar condiciones no adecuadas de servicio del equipo.

Es importante mantenerse siempre actualizado el record de mantenimiento de las máquinas y equipos, solo una historia completa y precisa de su funcionamiento y operación permitirá el óptimo desempeño del lubricante.

“Se recomienda que los implementos para la aplicación del lubricante deben ser exclusivos de cada producto. No utilizar el mismo recipiente para almacenar diferentes lubricantes, pues los residuos del producto anterior

pueden contaminar el nuevo producto almacenado y ocasionar problemas en sus equipos. Es recomendable extremar la limpieza de los mismos”.

- **Especificaciones para Lubricantes**

SAE: Clasificación por viscosidad.

ASTM: Define los métodos de pruebas.

API: Clasificación por rendimiento

- **Aditivos para lubricantes.** Es un material que brinda una propiedad nueva o necesaria que no esta originalmente presente en el fluido, o refuerza una propiedad necesaria ya presente de algún modo en el fluido.

Las siguientes son las grasas y aceites lubricantes que se utilizan en la actualidad, en los procedimientos de lubricación de los equipos de la planta de beneficio Maria Dama de la Frontino Gold Mines.

ACEITES

- **Piñones Ep 220 (Ludocol).** Aceite lubricante elaborado a partir de bases parafínicas de alta calidad con aditivos de extrema presión EP del tipo fósforo-azufre. Estos aceites ofrecen excelente protección al desgaste bajo severas condiciones de carga, contra la herrumbe y corrosión, tienen alto índice de viscosidad, buena estabilidad térmica, resistencia a la formación de espuma, excelente demulsibilidad y contiene inhibidores de oxidación.

Son recomendados para aplicar donde se requieran aceites industriales EP para engranajes abiertos y cerrados, unidades de engranajes sinfín y tipo corona, engranajes hipoidales y lubricación en general de gran equipo industrial sometido a altas temperaturas; son especialmente apropiados para los sistemas de lubricación por circulación.

Tabla 43. Características Aceite Piñones EP 220.

Características: GRADO ISO 220

Producto	Gravedad Específica @ 15.6°C	Punto de Fluidez °C	Punto de inflam. °C	Viscosidad		Índice de Viscosidad
				cSt a 40 °C	cSt a 100 °C	
Piñones EP 220	0.901	0	285	220	17.0	85

- Mobil Dte 26 (Mobil).** Los Mobil DTE serie 20 son aceites hidráulicos desarrollado para satisfacer los requerimientos de las modernas bombas hidráulicas de alta presión y alta descarga. Tienen excelentes características antidesgaste, de demulsibilidad, estabilidad a la oxidación, protección contra la herrumbre y resistencia a la formación de depósitos. Estos aceites Premium están aprobados por la mayoría de fabricantes de bombas y componentes hidráulicos en servicio industrial estacionario o móvil.

Tabla 44. Características Aceite Mobil Dte 26.

Características: ISO VG 68

Producto	Gravedad API	Punto de Fluidez °C	Punto de inflam. °C	Viscosidad		Índice de Viscosidad
				cSt a 40 °C	cST a 100 °C	
Mobil DTE 26	29	-18	215	71.2	8.1	95

- Mobilube Hd 140 (Mobil).** Son lubricantes multipropósito para engranajes de extrema Presión (EP) con un nivel de desempeño API GL-5/MIL-L-2105B, para los monogrados y API GL-5, MIL-L-2105D Y Mack GO-H, para los multigrados. Son recomendados para transmisiones mecánicas y diferenciales de automóviles, así como

transmisiones mecánicas, ejes y mandos finales de otros equipos automotrices principalmente de construcción y agrícola.

Los aceites **mobilube HD** tienen excelentes propiedades de extrema presión EP de acuerdo con los resultados obtenidos en pruebas para ejes a diferentes combinaciones de carga y velocidad. Estos aceites proveen una gran protección contra la herrumbre y la corrosión, resisten la formación de espuma y son compatibles con los materiales utilizados en empaquetaduras y sellos.

Tabla 45. Características Aceite Mobilube Hd 140.

Características: SAE 140

Producto	Gravedad API	Punto de Fluidez °C	Punto de inflam. °C	Viscosidad		Indice de Viscosidad
				cSt a 40 °C	cSt a 100 °C	
Mobilube HD140	22.5	-9	220	512	31.0	85

GRASAS

- **Grasa Ht-0 (Ludecol).** Es una grasa sintética formada con fluidos provenientes de hidrocarburos, sintetizados, siliconas y aditivos de cobre – wolframio - aluminio que le confieren propiedades para soportar altas cargas (400.000 PSI) y brinda una buena protección contra la corrosión en un amplio rango de temperaturas -55°C a 330°C.

Es recomendada especialmente para la aplicación en sistemas centralizados de lubricación de cojinetes.

Tabla 46. Características Grasa Ht-0.

Producto	Grado NLGI	Tipo de Jabón	Punto de Goteo °C	Viscosidad cSt a 40 °C	Color
Grasa HT-0	--	Sintético	No tiene	90 - 100	Marrón

- **Grasa Multifak Ep2 (Texaco).** Se recomienda especialmente como grasa multipropósito utilizada para uso general en la industria, en aplicaciones agrícolas, marinas, de construcción transportes, etc. Se utiliza en sistemas de lubricación centralizada y es resistente al agua. La **Multifak EP2**, tiene aditivos de extrema presión que la hacen apta para operar bajo altas cargas continuas de impacto y a altas velocidades.

Esta grasa es apropiada para la lubricación de cojinetes de bolas, rodillos, planos de bronce y babbit, puede aplicarse con pistolas manuales o mediante sistemas de lubricación centralizadas. Posee muy buena estabilidad mecánica, protege la herrumbre y resiste el lavado por agua. No es corrosiva a metales no ferrosos y de acero.

Tabla 47. Características Grasa Multifak Ep2.

Producto	Grado NLGI	Tipo de Jabón	Punto de Goteo °C	Viscosidad cSt a 100 °C	Penetración Trabajada a 25°C	Color
Multifak EP2	2	De Litio	177	15.7	280	Pardo Oscuro

- **Grasa Crater 2x (Texaco- Ludecol).** Elaboradas especialmente para lubricar cables, cadenas, acoples flexibles y engranajes abiertos en equipos de dragado, en movimiento de tierras y minas, mezcladores de caucho y

molinos de bolas; y en general en aplicaciones donde se requiera un producto adhesivo y de trabajo pesado.

Son lubricantes semisólidos a temperatura ambiente, de color negro y aspecto asfáltico que se adhieren tenazmente a las superficies metálicas reduciendo su desgaste, al formar una película que incrementa la vida útil del equipo, especialmente cuando se tiene contaminación con agua, agua de mar, lodo. Para facilitar su aplicación se debe calentar hasta que se licuó.

Tabla 48. Características Grasa Crater 2x.

Producto	Gravedad API	Punto de Fluidez °F	Punto de Inflam. °C	Viscosidad cSt a 100 °C	Color
Crater 2X	9	80	400	420	Negro

- Grasa Crater 2x Fluid (Ludocol).** Es una grasa con las mismas características de la grasa cráter 2X, la diferencia radica en que a ésta le agregan un disolvente, que favorece su aplicabilidad, se usa para engranajes abiertos; sistemas de transmisión tipo corona.
- Grasa Mobilblock Grease T (Parafina + Hd 140) (Ludocol).** Es una grasa comprimida en forma de bloques, de consistencia dura, elaborada en jabones de sodio-bario recomendada para la lubricación de cojinetes planos que requiere este tipo de características, especialmente en los molinos y hornos de la industria del cemento, industria minera y en las calandrias de la industria del papel. Debido a que esta grasa salió del mercado, La preparación actual de la grasa Mobilblock la realiza la persona encargada de la lubricación en las instalaciones de la planta; a una caja de parafina se le agrega el 50% de grasa de Extrema Presión EP; posteriormente 2 galones de aceite HD140 y una o dos libras de azufre; el azufre se le adiciona para

rebajar la temperatura; debido a que esta mezcla se deja hervir agitándola constantemente.

Tabla 49. Características Grasa Mobilblock Grease T

Producto	Grado NLGI	Tipo de Jabón	Punto de Goteo °C	Viscosidad cSt a 40 °C	Color
Mobil Block Grease T	--	Sodio- Bario	180	29-35	--

Tabla 50. Equivalencias de Lubricantes.

MOBIL	TEXACO	ESSO	LUDECOL	MINEROIL
MOBILGEAR 630	MEROPA 220	SPARTAN EP 220	PIÑONES EP 220	ENGRANAJES 220
MOBIL DTE 26	RANDO HD 68	NUTO H 68	HIDRÁULICO ESPECIAL LD 68	HIDRÁULICOS 68
MOBILUBE HD 140	MULTIGEAR 140	ESSO GEAR OIL GX		GIRAX 140
MOBILTEMP SHC100			GRASA HT-0	
MOBILUX EP2	MULTIFAK EP2	VIDOK EP2		GRASA MULTIPROPOSITO EP2
TUREX 510 -520	CRATER 2X	SURETT N 270K	GRASA CRATER 2X	SURCRAF 500
MOBILARMA 729	CRATER 2X FLUID	SURETT FLUID 4K	CRATER 2X FLUID	SURCRAF EP FLUIDA
MOBILBLOK GREASE				MINEROIL BLOKE

Tabla 51. Clasificación de los Lubricantes utilizados por Equipo.

LUBRICANTE	EQUIPO	COMPONENTE A LUBRICAR
PIÑONES EP 220 (Ludocol)	Trituradora Jaques	<i>Sistema de lubricación aceite</i> - excéntrica, buje, cono parte inferior, araña inferior, transmisión. <i>Sistema Hidráulico</i> – Pistón hidráulico
	Bandas Transp.	Cadenas del sistema de Transmisión.
	Molino de Barras	Moto reductor- Chumaceras Trunions
MOBIL DTE 26 (Mobil)	Bomba Denver 3'x3'	Cilindros
	Bomba Wilfley K4	Cilindros
	Bomba Wilfley K5	Cilindros
	Molinos de Bolas	Chumaceras de transmisión
	Compresor	Pistón, bielas y anillos
MOBILUBE HD 140 (Mobil)	Bandas Transp.	Moto reductor
	Jig Pan American	Moto reductor, piñones, sprockets
GRASA HT-0 (Ludocol)	Trituradora Jaques	<i>Sistema de lubricación grasa</i> - Buje araña superior, cono parte superior
GRASA MULTIPROPOSITO EP2 (Minerol)	Azadón	Rodamientos, piñones satélites, planetarios
	Trituradora Jaques	Acoples, sellos contraeje, rodamientos motor
	Banda Transp.	Rodamientos
	Niagara	Rodamientos del motor – eje
	Ensayero	Chumacera de los ejes
	Jig Pan American	Rodamientos-Chumaceras, excéntrica
	Bomba Denver 3'x3'	Rodamientos del motor
	Bomba Wilfley K5	Rodamientos del motor
	Molinos de Bolas	Rodamientos del motor
	Molino de Barras	Cadenas acople, rodam. motor, chumaceras
	Puente grúa	Rodamientos
	GRASA CRATER 2X (Ludocol)	Banda Transp.
Molinos de Bolas		Transmisión Corona – Piñón
Puente grúa		Cables
GRASA CRATER 2X FLUID (Ludocol)	Molino de Barras	<i>Sistema de lubricación</i> – Transmisión Corona- Piñón
GRASA MOBIL BLOCK GREASE T (Ludocol)	Molinos de Bolas	Chumaceras Trunions

ANEXO M

ANEXO N

ANEXO O

ANEXO P

ANEXO Q

ANEXO R