

DISEÑO DE UN PROCESO DE GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE ACCIONES
CORRECTIVAS PARA EL MEJORAMIENTO EN LA GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO DE CAMIONES MINEROS EN LA EMPRESA DRUMMOND
LTDA.

LUIS MIGUEL SÁNCHEZ ARÉVALO
ROBERTO MARIO BULA PARODY

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2009

DISEÑO DE UN PROCESO DE GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE ACCIONES
CORRECTIVAS PARA EL MEJORAMIENTO EN LA GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO DE CAMIONES MINEROS EN LA EMPRESA DRUMMOND
LTDA.

LUIS MIGUEL SÁNCHEZ ARÉVALO
ROBERTO MARIO BULA PARODY

Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

Director:
CARLOS RAÚL CHACÓN CALDERÓN
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2009

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a nuestras esposas e hijos que durante los últimos 2 años se privaron de nuestra compañía en los días, semanas y meses, que tuvimos que dedicar a este Posgrado.

AGRADECIMIENTOS

Al Gerente de Mantenimiento de Mantenimiento de Equipo Móvil de la empresa Drummond Ltd., el señor Peter Murphy, que nos concedió todos los permisos para ausentarnos de nuestras obligaciones en la Mina para que pudiésemos asistir a este Posgrado.

Al ingeniero Carlos Raúl Chacón Calderón, quien nos acompañó en la elaboración de esta monografía en calidad de director.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DATOS INICIALES	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 General.	3
1.2.2 Específicos.	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.3.1 Perspectiva económica.	4
1.3.2 Perspectiva de administración de recursos.	4
1.3.3 Perspectiva del clima organizacional.	4
1.4 LA EMPRESA	5
1.4.1 Reseña histórica.	5
1.4.2 Localización geográfica.	5
1.4.3 Estructura organizacional.	7
1.4.4 Descripción del Departamento de Mantenimiento de Equipo Móvil.	8

1.4.5	Equipos.	8
2.	MARCO TEÓRICO	13
2.1	FALLA Y PARADA DE EQUIPO	13
2.1.1	Definición de falla.	13
2.1.2	Definición de parada del equipo.	13
2.2	MANTENIMIENTO	13
2.2.1	Definición.	13
2.2.2	Tipos de Mantenimiento.	14
2.3	INDICADORES	16
2.3.1	Definición de indicador.	16
2.3.2	Indicadores de Gestión de Mantenimiento según el desempeño.	17
2.3.3	Indicadores de Mantenimiento según los costos.	20
2.4	INDICADORES DE MANTENIMIENTO SEGÚN EL CLIMA ORGANIZACIONAL	22
2.4.1	Índice de Severidad (IS).	22
2.4.2	Índice de Frecuencia (IF).	23
2.4.3	Índice De Ausentismo (Au).	23
2.4.4	Cumplimiento Programa de Entrenamiento (CPE).	24

2.5	OTROS TEMAS DE MANTENIMIENTO	24
2.5.1	Costos.	24
2.5.2	Análisis de causa raíz.	25
2.5.3	Análisis de Pareto.	27
2.5.4	Clima Organizacional.	29
2.6	PROCESOS ESPECIALIZADOS EN MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MINEROS	30
2.6.1	Mantenimiento Preventivo (PM).	31
2.6.2	Reemplazo Programado de Componentes (PCR).	32
2.6.3	Servicio de campo.	33
2.6.4	Lubricación.	34
2.6.5	Demoras y Paradas.	34
2.6.6	Contratos.	35
2.6.7	Seguridad Industrial.	35
2.6.8	Condición por monitoreo.	36
2.6.9	Talleres y equipos de soporte.	38
2.6.10	Planeación de mantenimiento.	39
3.	PROCESAMIENTOS DE DATOS	40

3.1	DATOS PRIMARIOS DE DESEMPEÑO DE MANTENIMIENTO	40
3.1.1	Fuentes.	40
3.1.2	Tabulación de datos.	41
3.2	DATOS PRIMARIOS DE COSTOS	42
3.3	.DATOS PRIMARIOS DE CLIMA ORGANIZACIONAL	43
3.3.1	Seguridad Industrial.	43
3.3.2	Ausentismo.	44
3.3.3	Entrenamiento.	45
3.4	GENERACION DE INDICADORES	46
3.4.1	Generación del MTBS.	46
3.4.2	Generación del MTTR.	48
3.4.3	Generación de Relación De Mantenimiento (MR).	50
3.4.4	Generación de la Disponibilidad (A).	50
3.4.5	Generación del Índice de Ejecución Presupuestal (<i>iép</i>).	51
3.4.6	Generación del Índice de Cumplimiento de PCR (<i>ipcr</i>).	52
3.4.7	Generación del Índice de Severidad (IS).	54
3.4.8	Generación del Índice de Frecuencia (IF).	54

3.4.9	Generación del Índice De Ausentismo.	54
3.4.10	Generación del Índice de Cumplimiento Entrenamiento.	55
4.	MODELO PROPUESTO	57
4.1	ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO	57
4.1.1	Análisis de desempeño.	57
4.1.2	Diagnósticos y Acciones Correctivas.	59
4.2	ANÁLISIS DE COSTOS	71
4.2.1	Generalidades.	71
4.2.2	Diagnósticos y Acciones Correctivas.	73
4.3	ANÁLISIS DEL CLIMA ORGANIZACIONAL.	74
4.3.1	Generalidades.	74
4.3.2	Diagnósticos y Acciones Correctivas.	74
5.	CONCLUSIONES	76

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Población de equipos móviles en Drummond Mina.	9
Tabla 2. Tipos de mantenimiento según su tiempo de aplicación.	14
Tabla 3. Datos organizados de paradas de mantenimiento.	42
Tabla 4. Reporte de costos acumulado anual.	43
Tabla 5. Estadística de de accidentalidad.	44
Tabla 6. Cuadro de ausentismo laboral.	45
Tabla 7. Reporte entrenamiento.	46
Tabla 8. Resumen de datos de paradas de mantenimiento.	47
Tabla 9. Ejemplo selección de datos para cálculo MTTR.	48
Tabla 10. Relación de componentes cambiados y sus horas de operación.	53
Tabla 11. Matriz de análisis de desempeño.	58
Tabla 12. Tabla de interpretación y acciones correctivas para desempeño.	59
Tabla 13. Datos ejemplo de índices de costos.	71
Tabla 14. Criterios de interpretación de índice de Ejecución Presupuestal.	72
Tabla 15. Combinaciones de criterios de costos.	72
Tabla 16. Interpretación y acciones correctivas para costos.	73

Tabla 17. Interpretación y acciones correctivas para el clima organizacional. 74

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Macrolocalización de la Mina Pribbenow.	6
Figura 2. Foto satelital del área minera del Cesar.	7
Figura 3. Estructura organizacional de Drummond Ltd.	7
Figura 4. Organigrama Departamento Equipo Móvil en Drummond Mina.	8
Figura 5. Camión Caterpillar 793D.	9
Figura 6. Tractor Caterpillar D11R	10
Figura 7. Cargador Caterpillar 992C	11
Figura 8. Motoniveladora 24H	11
Figura 9. Camión Kodiak, adaptado para despacho de lubricantes.	12
Figura 10. Esquema de un proceso espina de pescado	27
Figura 11. Diagrama de Pareto para clasificación de paradas.	28
Figura 12. Taller principal de camiones.	39
Figura 13. Visualización de la entrada de datos en el software Base 100	40
Figura 14. Grafica de indicadores MTBS y MTTR flota 793	49
Figura 15. Gráfica de Indicadores MTBS y MTTR flota 793.	51

Figura 16. Gráfica comparativa entre costos causados vs. presupuestados.	52
Figura 17. Gráfica del Indicador de Ausentismo.	55
Figura 18. Grafica del Indicador de Entrenamiento.	56

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Lista de chequeo de PM de un camión 793.	82
ANEXO B. Formato de inspección preoperacional.	89
ANEXO C. Formato de inspección de campo.	91
ANEXO D. Listado general de equipos de la Mina.	93
ANEXO E. Listo de personal de mantenimiento camiones (Roster)	95
ANEXO F. Formato de backlog.	97

GLOSARIO

Backlog. Actividad de mantenimiento diferida a futuro, que se origina por una falla que ocasiona pérdida de función del equipo. Un backlog es programado por el personal de inspección/planeación y debe especificar, identificación del equipo, descripción de la falla, partes necesarias, horas hombre necesarias y otros recursos. (Ver ejemplo en Anexo F)

Base de la Pirámide (Pirámide de Seguridad). Concepto usado en Seguridad Industrial, creado por Frank Bird y que ilustra gráficamente la proporción entre cuasiaccidentes (base de la pirámide) y fatalidades (punta de la pirámide).

Benchmarking. Es un *anglicismo* que, en las ciencias de la Administración, puede definirse como un proceso sistemático y continuo para evaluar comparativamente los productos, servicios y procesos de trabajo en organizaciones. Consiste en tomar "comparadores" o benchmarks a aquellos productos, servicios y procesos de trabajo que pertenezcan a organizaciones que evidencien las mejores prácticas sobre el área de interés, con el propósito de transferir el conocimiento de las mejores prácticas y su aplicación; es "copiar al mejor". (Tomado de www.wikipedia.com)

Cuasiaccidente. Evento inesperado que tuvo el potencial de producir un accidente, pero sin ninguna consecuencia.

Equipo Down. Equipo parado por mantenimiento.

Parches. Es una reparación temporal, que no soluciona la causa que originó la falla, pero permite que el equipo recupere su función, por lo general, durante un corto tiempo.

Roster. Lista de personal, generalmente asignado a un mismo área.

Shutdown. Parada de un equipo, principalmente por una falla.

Ventana de oportunidad. Expresión utilizada para determinar un periodo en el cual existe la posibilidad de ejecutar un tarea de mantenimiento sin producir tiempo de parada adicional. Por ejemplo: en una tarea de cambio de una llanta, existe una *ventana de oportunidad* para cambiar una bombilla del vehículo.

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO DE UN PROCESO DE GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE ACCIONES CORRECTIVAS PARA EL MEJORAMIENTO EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE CAMIONES MINEROS EN LA EMPRESA DRUMMOND LTDA.*

AUTOR (ES):

LUIS MIGUEL SÁNCHEZ ARÉVALO, ROBERTO MARIO BULA PARODY.**

PALABRAS CLAVES:

Mantenimiento, Drummond, **Benchmark**, Costo, Indicadores, Camiones, Desempeño.

DESCRIPCIÓN:

Esta monografía propone una metodología para el procesamiento de datos que produce la operación de mantenimiento de una flota de camiones mineros Caterpillar 793, que operan en la empresa Drummond Ltd. Se escogió esta flota en particular la cantidad de unidades operativas actualmente (150 camiones) y el gran impacto del costo de su mantenimiento al año: 25 millones de dólares.

Estos datos tienen naturaleza de tiempos, costos y descripciones, que al combinarse adecuadamente, generan información en forma de índices o indicadores, lo cuales comparados con una referencia (benchmarks, por ejemplo) conducen al analista de mantenimiento a un diagnóstico inicial, en donde se determina inicialmente si el indicador está igual, por encima o por debajo de su referencia.

Usando su experiencia y combinado con un análisis más detallado, el o los analistas establecen un diagnóstico (o plantean una hipótesis) del porqué del resultado obtenido en el desempeño, los costos o clima organizacional en el periodo evaluado.

Una vez establecido el diagnóstico y si este es desfavorable, en lo que a la gestión de mantenimiento se refiere, se formulan una serie de acciones correctivas generales, para que sean ejecutadas por el grupo de mantenimiento y que tienen como fin inmediato, acercar el indicador a su valor de referencia y como fin básico incrementar la productividad de las máquinas a un costo razonable y preservando la salud y bienestar de los trabajadores

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Ing. Carlos Raúl Chacón Calderón.

SUMMARY

TITLE:

DESIGN OF PROCESS FOR AUTOMATIC GENERATION OF CORRECTIVE ACTIONS TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF MAINTENANCE PROCESS OF LARGE TRUCK FLEET IN DRUMMOND LTD.*

AUTHORS:

LUIS MIGUEL SÁNCHEZ ARÉVALO, ROBERTO MARIO BULA PARODY**

KEY WORDS:

Maintenance, Drummond, **Benchmark**, Cost, Indicators, Trucks, Performance.

DESCRIPTION:

This monograph proposes a methodology for the data processing that is produced by the maintenance operation of CAT 793 trucks within Drummond Ltd. This fleet was specially selected among the others because its importance roll in the mine operation, considering the number of units (150 trucks) and its budget value per year: more than 25 million dollars.

The nature of this data is time, cost and description that when matched adequately, generate information like indexes or indicators, which when compared with a reference (benchmarks, i.e.), take the maintenance analyst to an initial diagnosis, where it is determined if the indicator is equal, over or below his/her reference.

By using his/her experience and combining with a more the detailed analysis, he/she or the analyst team establishes a diagnosis (or a hypothesis) explaining the result obtained in the performance, costs or work environment within the timeframe evaluated.

Once the diagnosis is established and if it is indeed favorable the maintenance wise, a series of general corrective actions are generated in order to be executed by the maintenance group, with the aim of taking the indicator to its reference value and with the basic goal of increasing the machine the productivity at a reasonable cost and preserving the health and welfare of the workers.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Ing. Carlos Raúl Chacón Calderón.

INTRODUCCIÓN

La empresa Drummond Ltd. posee una de las flotas de maquinaria minera más grande del mundo. Para la administración y ejecución de la gestión de mantenimiento se requiere una gran cantidad de recursos humanos, técnicos, tecnológicos y financieros, que impactan, en una importante proporción, al presupuesto total de la Compañía.

Debido al auge minero mundial de los últimos 10 años, Drummond ha pasado de ser una empresa familiar a una gran multinacional en muy poco tiempo (12 años). Este crecimiento se ve reflejado en el tamaño de su explotación y el crecimiento de sus activos en Colombia.

De una manera súbita, cada sección de la Compañía se vio enfrentada a nuevos retos, o a los mismos pero más grandes. Como estrategia, la junta directiva decidió que los mismos profesionales que manejaron una pequeña mina de carbón a finales de 1998, manejaran 10 años después el gran complejo minero con las más reservas de mineral en el país.

Desde el año 2002 el Departamento de Mantenimiento de Equipo Móvil, se vio en la necesidad de medir su gestión, más allá de una simple disponibilidad, entendiendo que ésta es el resultado de un proceso muy complejo, en donde interactúan personas, máquinas, herramientas, ambiente, conocimiento, etc. y que los problemas en uno de ellos afectará de una manera particular al otro y así al resultado final.

Hoy día Drummond Ltd. está en capacidad de generar decenas de indicadores de diferente índole, entre los cuales están los más reconocidos de desempeño de máquinas, costos y clima organizacional.

Pero estos indicadores no sirven de nada, si no se utilizan para mejorar (aumentar la productividad y reducir los costos). Es por eso que la Gerencia de Mantenimiento se propuso que después de cada informe al cierre de un periodo cada jefe de sección debe establecer un diagnóstico y sugerir acciones correctivas, cuyo efecto (positivo o negativo) debe poder medirse a futuro.

Esta monografía propone que para una combinación particular de indicadores existe un diagnóstico aproximado y unas acciones correctivas determinadas que si se llevan a la ejecución, moverían los indicadores a niveles aceptables.

Esta referencia cruzada *indicadores-diagnóstico-acciones correctivas-mejora* es susceptible de ser generada desde el mismo momento que se acaba el periodo, en forma automática y sin reuniones de discusión, ni socialización, que muchas veces no son posibles (debido a la no coincidencia de todos los involucrados en el mismo lugar y tiempo) y que postergarlas producen el mismo efecto como el de no calcular los índices desde un principio.

1. DATOS INICIALES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Departamento de Mantenimiento de equipo Móvil de Drummond Ltd. Se ha visto en la necesidad de cambiar drásticamente en su estructura como en sus procesos. Para estos últimos, se han adoptado medidas tradicionales de captura y procesamiento de la información, pero aún los procesos de análisis no son tan veloces como la actividad lo requiere, ocasionando que las acciones correctivas no sean tomadas a tiempo, produciendo perdidas en producción, incremento en costos y accidentes. Es éste el problema a abordar en esta monografía.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General.

Suministrar a los grupos de Gestión y Estrategia de Mantenimiento de Camiones, acciones correctivas básicas, generadas automáticamente, que vayan encaminada al mejoramiento de la confiabilidad de los equipos, a la disminución en los costos de operación y a crear un ambiente seguro para los trabajadores.

1.2.2 Específicos.

- Establecer pautas de interpretación de los resultados presentados en el reporte mensual de gestión, mediante la comparación (**Benchmarking**) de estándares locales y/o mundiales.
- Definir para cada interpretación específica de resultado, una acción correctiva general, con objetivos medibles a corto y mediano plazo, en los aspectos de: productividad, costos y ambiente organizacional.

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Perspectiva económica.

Los costos de mantenimiento en una empresa minera representan entre el 30 y 40% de los costos totales de operación. En el caso de Drummond, éstos alcanzan hasta un 45% del total de los costos (150 millones de dólares).

Específicamente, el mantenimiento de camiones mineros tiene un presupuesto asignado de 25 millones de dólares.

El poseer información que permita determinar las principales fuentes de egresos en el mantenimiento, ofrece la oportunidad de tomar acciones correctivas oportunas y precisas, obteniendo así reducciones en los costos.

1.3.2 Perspectiva de administración de recursos.

El departamento de mantenimiento es el encargado de preservar la funcionalidad de los activos de producción, mediante operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo. El mantener esta funcionalidad, permite al departamento de producción cumplir con los compromisos adquiridos con los clientes.

Por lo anterior es necesario establecer cual es el nivel en que se desempeñan las máquinas y como lo hacen, con el fin de establecer la “salud” del aparato productivo y aplicar los “remedios” en la medida oportuna.

1.3.3 Perspectiva del clima organizacional.

En la medida que se posean herramientas tecnológicas, información medible y confiable, en donde se pueda establecer la “salud” del equipo, permite a los

administradores de mantenimiento contar con un ambiente predecible, el cual es propicio para un trabajo eficiente y eficaz.

1.4 LA EMPRESA

1.4.1 Reseña histórica.

DRUMMOND Colombia se constituyó en 1987, e inició la exploración de zonas mineras en el Cesar en 1989, específicamente en la Mina Pribbenow, ubicada en el municipio de La Loma, localizado a 100 kilómetros al sur de Valledupar y donde comenzó la producción de carbón en 1995.

La mina cuenta con un área aproximada de 10 mil hectáreas, donde posee reservas comprobadas de 485 millones de toneladas. A finales de 1997 le fueron adjudicadas a DRUMMOND dos nuevas áreas de minería: El Descanso y Guaimaral, con extensiones cercanas a las 40 mil hectáreas cada una. El proceso de explotación está previsto aproximadamente hasta el año 2.035.

DRUMMOND LTD. COLOMBIA tiene como actividad económica la extracción, transporte y comercialización de carbón.

1.4.2 Localización geográfica.

Área de explotación: Localizada en la zona centro del departamento del Cesar, jurisdicción de los municipios de El Paso, Chiriguaná y la Jagua de Ibirico. La explotación en DRUMMOND LTD es por tecnología a cielo abierto. (Ver punto amarillo en la figura 1)

- Puerto marítimo: Se localiza en Ciénega (Magdalena), kilómetro 10 de la carretera Ciénega - Santa Marta. (ver punto azul en la figura 1)

- Otros centros administrativos: Las instalaciones administrativas funcionan en Bogotá, pero además hay dos centros de trabajo adicionales, uno en Valledupar para soporte de la Mina y otro en Cartagena, donde se adelantan y coordinan labores de operación aérea.

Figura 1. Macrolocalización de la Mina Pribbenow.



Fuente: <http://web.presidencia.gov.co/asiescolombia/colombiafisico.pdf>.

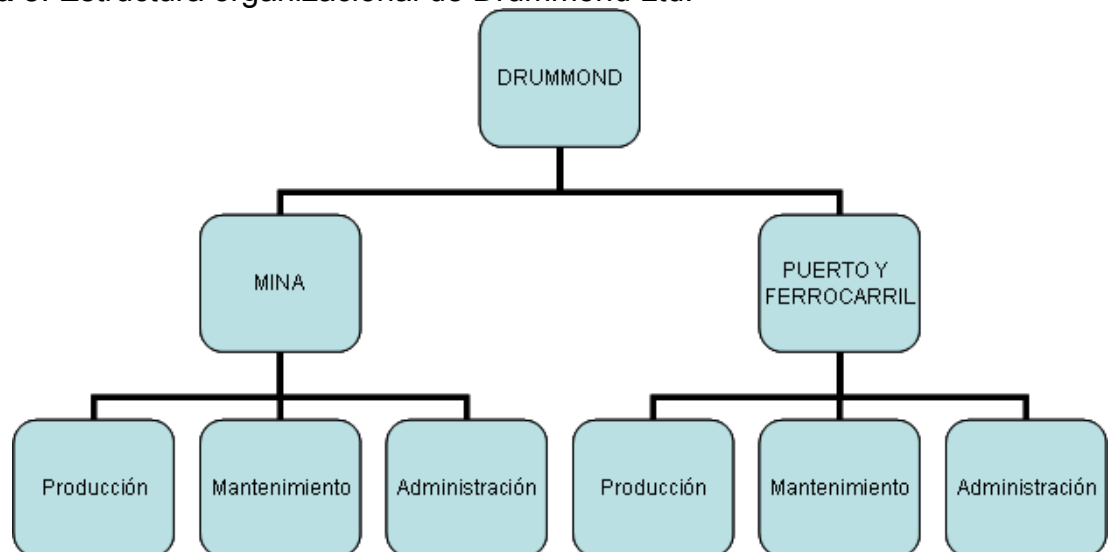
Figura 2. Foto satelital del área minera del Cesar.



Fuente: <http://earth.google.es>.

1.4.3 Estructura organizacional.

Figura 3. Estructura organizacional de Drummond Ltd.



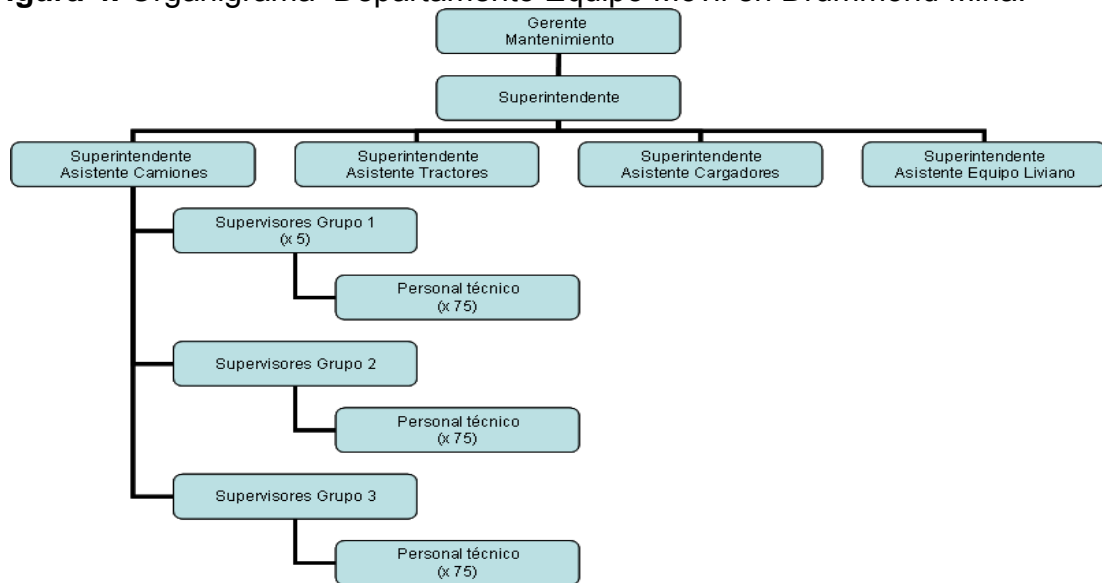
Fuente: Departamento Recursos Humanos Drummond Ltd.

1.4.4 Descripción del Departamento de Mantenimiento de Equipo Móvil.

El departamento de equipo móvil, está adscrito a la Mina, y se encarga del mantenimiento de un grupo de máquinas con características físicas similares que se clasifican en: camiones, tractores, cargadores-motoniveladoras y equipos livianos.

El organigrama del departamento se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Organigrama Departamento Equipo Móvil en Drummond Mina.



Fuente: Departamento Recursos Humanos Drummond Ltd.

1.4.5 Equipos.

Población. La población de equipos que tienen bajo su cuidado el departamento de equipo móvil es la mostrada en la Tabla 1.

Tabla 1. Población de equipos móviles en Drummond Mina.

Flota	Número de unidades
Camiones	191
Tractores	138
Cargadores y Motoniveladoras	50
Otros equipos de apoyo	51
Equipos livianos	332

Fuente: Departamento de Planeación de Mantenimiento de Drummond.

Camiones. El camión es el tipo de equipo más numeroso de la operación minera y consume el 40% del presupuesto de mantenimiento. El más característico es el Caterpillar 793 que alcanza a cargar más de 240 toneladas.

Figura 5. Camión Caterpillar 793D.



Fuente: Mina Pribbenow, Drummond.

Tractores. Usado para empujar el material de roca que se encuentra encima del carbón y alimentar palas o bandas transportadoras. Son muy robustos. El Caterpillar D11R llega a pesar más de 100 toneladas.

Figura 6. Tractor Caterpillar D11R



Fuente: Mina Pribbenow, Drummond Ltd.

Cargadores y motoniveladoras. El cargador, como su nombre lo indica, se usa para cargar los camiones, principalmente de carbón. Los más grandes pueden cargar 15 toneladas de peso en su balde.

Las motoniveladoras no son máquinas de producción, y su aplicación se limita al mantenimiento de vías, lo cual lo convierte en un apoyo crítico para que los camiones de carga se puedan mover rápidamente.

Figura 7. Cargador Caterpillar 992C



Fuente: Mina Pribbenow, Drummond Ltd.

Figura 8. Motoniveladora 24H



Fuente: Mina Pribbenow, Drummond Ltd.

Equipo Liviano. Esta flota agrupa a todas las camionetas tipo Cheyenne y camiones tipo Kodiak que prestan servicio de transporte de personal y carga.

Figura 9. Camión Kodiak, adaptado para despacho de lubricantes.



Fuente: Mina Pribbenow, Drummond Ltd.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 FALLA Y PARADA DE EQUIPO

2.1.1 Definición de falla.

Es la terminación de la capacidad de una unidad funcional para realizar su función¹.

Otra definición: Es la incapacidad de un sistema o un componente para realizar una función entre los límites especificados².

2.1.2 Definición de parada del equipo.

Una parada de equipo es el evento de interrupción del ejercicio de su función principal debido a la ejecución de un tipo de mantenimiento sobre él y pudo ser o no originado por una falla.

En la empresa Drummond Ltd. se usa el anglicanismo **down** para señalar que una máquina está parada por mantenimiento. Ejemplo: “El tractor 5120 está *down*”.

2.2 MANTENIMIENTO

2.2.1 Definición.

Es el conjunto de acciones, operaciones y actitudes tendientes a poner o restablecer un bien a un estado específico, que le permitan asegurar un servicio determinado³.

¹ Botero Botero, Ernesto. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento: Mantenimiento Preventivo. UIS, 2007, pág. 37.

² Ídem, pág. 37.

³ González Bohórquez, Carlos Ramón. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento: Principios de

2.2.2 Tipos de Mantenimiento.

Generalidades. No hay un consenso “unánime” sobre los tipos de mantenimiento existentes. No obstante, la mayoría de los autores coinciden en que los tipos de mantenimiento varían dependiendo principalmente de: si son antes o después de la falla y si causan o no la parada del equipo.

Estos 2 importantes criterios: falla y parada del equipo, son complementarios, por lo que su relación crea una matriz (Tabla 2), en donde podemos ubicar los tipos de mantenimiento, dada la falla y la funcionalidad de la máquina.

Actualmente Drummond utiliza los derivados de esta matriz para la definición de sus indicadores de disponibilidad.

Tabla 2. Tipos de mantenimiento según su tiempo de aplicación.

	Antes de falla	Después de falla
No para el equipo	<i>Predictivo, Proactivo</i>	<i>Correctivo planeado</i>
Sí para el equipo	<i>Preventivo</i>	<i>Correctivo no planeado</i>

Mantenimiento Correctivo. Consiste en permitir que un equipo funcione hasta el punto en que no puede desempeñar normalmente su función. Se somete a reparación hasta corregir el defecto y se desatiende hasta que vuelva a tener una falla y así sucesivamente⁴. Según si la ejecución del correctivo causó parada o no del equipo, se pueden diferenciar 2 tipos de mantenimiento correctivo.

Mantenimiento, UIS, 2007, p 2.

⁴ González Bohórquez, Carlos Ramón. Ídem, p 28.

Mantenimiento Correctivo Planeado. Es el correctivo hecho a un sistema, tiempo después de ocurrida la falla en uno de sus componentes y la cual no causó la parada inmediata del sistema, debido a que éste siguió desempeñando su función principal. Comúnmente, estos mantenimientos correctivos planeados se ejecutan durante los mantenimientos preventivos. Ejemplo: El daño de una plumilla limpiavidrios durante la temporada de verano. La máquina podrá seguir trabajando hasta que el operador lo lleve a revisión planeada.

Mantenimiento Correctivo No Planeado. Es el correctivo hecho sobre un sistema y en ocasión de una falla imprevista y que trae como consecuencia una parada repentina del equipo. Ejemplo: Pinchazo de una llanta.

Mantenimiento Preventivo. Es el mantenimiento que se ejecuta a los componentes de un sistema (y/o al sistema en sí) en forma planificada y programada anticipadamente, con base en inspecciones periódicas debidamente establecidas según la naturaleza de cada sistema y encaminadas a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas del mismo o daños mayores que afecten su vida útil⁵. Aunque la definición no lo dice explícitamente, se entiende que las acciones del tipo preventivo se realizan antes que ocurra la falla del componente o sistema.

Mantenimiento Predictivo. Mantenimiento basado fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.⁶. Las mediciones en las que se basa el mantenimiento predictivo

⁵ Ídem, p 40.

⁶ www.solomantenimiento.com/m_predictivo.htm

pueden hacerse con o sin la parada del equipo y entre los más comunes están: análisis de aceites; análisis de vibraciones y termografías.

Mantenimiento Proactivo. Es el mantenimiento orientado a la detección y corrección de las causas que generan la falla en un sistema y que van más allá de las fronteras del mismo⁷. Ejemplo: Tras haberse detectado que la falla de un motor fue ocasionada por aceite contaminado con partículas sólidas, se modificó el diseño del tanque de almacenamiento del aceite nuevo en la bodega de materiales y que incluyó la instalación de un elemento filtrante en el tubo de aireación.

2.3 INDICADORES

2.3.1 Definición de indicador.

Es la medida de un parámetro que es susceptible de ser compararlo con un objetivo predefinido⁸ (o **Benchmark**).

Un indicador se define como la relación entre variables cuantitativas o cualitativas, que permite observar la situación y las tendencias de cambio generadas en la situación o característica observada, respecto de objetivos y metas previstas e influencias esperadas.

Durante el desarrollo de esta monografía se tratarán 3 tipos de indicadores: de desempeño, de costos y de clima organizacional.

⁷ González Bohórquez, Carlos Ramón. Ídem, p. 59.

⁸ CATERPILLAR. Performance Metrics for Mobile Equipment – 2005, p. 8.

Para el objetivo de esta monografía, los indicadores de desempeño tienen como referencia los **benchmarks** mundiales para los equipos mineros, lo cual permite definirlos con cierta generalización.

Para los indicadores de costos en minería, como el costo/hora y el costo/ton, no se puede hablar de un benchmark generalizado, debido a que las operaciones mineras varían ampliamente en sus costos dependiendo del mineral a extraer; a los precios de repuestos y mano de obra en el país de producción. Por lo anterior, se establece que el indicador más adecuado está relacionado con el cumplimiento o no del presupuesto asignado para el periodo de evaluación.

Finalmente, para los indicadores de clima organizacional se usarán: índice de frecuencia, índice de severidad, ausentismo y entrenamiento.

2.3.2 Indicadores de Gestión de Mantenimiento según el desempeño.

Disponibilidad (A). Es la probabilidad de que un equipo o sistema sea operable satisfactoriamente a lo largo de un periodo dado⁹.

Otra definición: La disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.

Matemáticamente la definición de disponibilidad, en Drummond Ltd. es:

$$A = [(t_{\text{prog}} - t_{\text{down}} - d_1) \div (t_{\text{prog}} - d_1)] \times 100$$

⁹ González Bohórquez, Carlos Ramón. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento: Principios de Mantenimiento. UIS, p. 89.

Donde,

t_{prog} : Tiempo de producción programadas (para un día son 24 horas).

t_{down} : Tiempo down o de equipo parado por mantenimiento (en horas).

d_1 : Demoras por fenómenos meteorológicos o huelga (en horas).

También se usa como fórmula de disponibilidad:

$$A\% \text{ (Disponibilidad)} = \frac{\text{MTBS}}{\text{MTBS} + \text{MTTR}} \times 100 \quad (\%)$$

Donde, MTBS y MTTR significan tiempo medio entre paradas y tiempo medio para reparar, como se verá en los numerales siguiente.

Tiempo Promedio Para Fallar (TPPF) - Mean Time Before Failure (MTTF). Es el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento "fallo". Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo. Cabe anotar que algunos autores y fabricantes (Caterpillar, por ejemplo) modifican sutilmente el término tiempo promedio hasta la falla por Tiempo Promedio Hasta la Parada (en inglés, MTBS, **Mean Time Before Shutdown**), reconociendo que no todas las paradas son producidas por fallos, pero que son necesarias para realizar mantenimientos, como el mantenimiento preventivo. El término MTBS está íntimamente ligado a la confiabilidad y aunque ésta se define muy específicamente mediante fórmulas matemáticas, en esta monografía se usará indistintamente MTBS y Confiabilidad para definir lo mismo. Drummond utiliza el MTBS como indicador.

Matemáticamente,

$$\text{MTBS} = (t_{\text{prod}}) \div N \quad , \text{ para un periodo dado.}$$

Donde,

t_{prod} : Tiempo máquina produciendo (en horas).

N : número de paradas por mantenimiento.

Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) - Mean Time To Repair (MTTR). Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir el sistema a condiciones óptimas de operación una vez que éste se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado.

Matemáticamente,

$$\text{MTTR} = (t_{\text{down}}) \div N \quad , \text{ para un periodo dado.}$$

Donde,

t_{down} : Tiempo down o de equipo parado por mantenimiento (en horas).

N : Número de paradas por mantenimiento.

Utilización (U). Es la relación entre el tiempo efectivo de operación de un sistema o equipo utilizado para producción y el tiempo que disponía para utilizarlo.

Matemáticamente,

$$U = (t_{\text{prod}}) \div (t_{\text{prog}} - t_{\text{down}}) \times 100$$

Donde,

t_{prod} : Tiempo máquina produciendo (en horas).

t_{prog} : Tiempo de producción programadas (para un día son 24 horas).

t_{down} : Tiempo down o de equipo parado por mantenimiento (en horas).

Relación de Mantenimiento (M_R). Es la relación entre el número de máquinas atendidas por mantenimiento y el personal de técnicos mecánicos disponible para atenderlas. Esta relación tiene sentido si las máquinas tienen las mismas características físicas y funcionales.

Matemáticamente,

$$M_R = N_{\text{máq}} \div N_{\text{mec}}$$

Donde,

$N_{\text{máq}}$: Número de máquinas de la flota mantenida.

N_{mec} : Número de mecánicos asignados al mantenimiento de la flota.

2.3.3 Indicadores de Mantenimiento según los costos.

Índice de Ejecución Presupuestal (\dot{i}_{ep}). Es la relación entre el presupuesto de gasto de mantenimiento de un periodo dado y el real gastado en ese mismo periodo.

Matemáticamente,

$$\dot{i}_{ep} = (\text{COSTO}_{\text{real}} \div \text{COSTO}_{\text{ppto}})$$

Donde,

$COSTO_{real}$ = Es la sumatoria de todos los costos de mantenimiento en el periodo dado.

$COSTO_{ppto}$ = Es la sumatoria del presupuesto de mantenimiento calculado y asignado para el periodo dado.

Índice de Cumplimiento de PCR (i_{pcr}). Desde el punto de vista de procesos, el presupuesto de mantenimiento se consume en 3 de ellos, que son: Mantenimiento Preventivo (PM), Mantenimiento Correctivo y Reemplazo Programado de Componentes (o PCR por las siglas en inglés de la expresión **Planned Component Replacement**). El presupuesto para PCR es la sumatoria de todos los costos de componentes que se reemplazarán una vez éstos alcancen su vida útil (generalmente medida en horas de operación). Se le llama componentes a: motor, convertidor de torque, transmisión, diferencial, mandos finales y ruedas. Estos ítems, debido a su alto costo individual, impactan altamente el presupuesto global (aproximadamente el 50% de los costos de mantenimiento se debe al cambio de componentes) y es por eso que el control del reemplazo de ellos es fundamental en la administración del mantenimiento de una flota.

Dicho lo anterior, la definición para Índice de Cumplimiento de PCR es la proporción de componentes reemplazado en un periodo, cuya vida (horas de operación) fue por lo menos el 80% de la proyectada y afectada por la magnitud de la desviación.

Matemáticamente,

$$i_{pcr} = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Donde

μ = Media aritmética de las diferencias porcentuales entre la vida del componente y su objetivo (en horas).

σ = Desviación estándar de las diferencias porcentuales.

x = límite porcentual inferior de vida útil = 0,8

2.4 INDICADORES DE MANTENIMIENTO SEGÚN EL CLIMA ORGANIZACIONAL

2.4.1 Índice de Severidad (IS).

Es la relación del número de días perdidos mas los días cargados por lesiones durante un periodo de tiempo y las horas-hombre trabajadas durante el mismo, referidos a 240.000, por cada 100 trabajadores de la empresa. El índice de severidad debe ser aplicado tanto para los casos reportados de accidente de trabajo como de enfermedad profesional.

Matemáticamente,

$$IS = \frac{\text{Días perdidos por accidentes}}{\text{Total horas hombre trabajadas}} \times 240,000$$

El número de días cargados es de acuerdo al tipo de lesión. Para ello debe tomarse el valor más alto entre la incapacidad impartida por el médico o el de los días cargados previstos legalmente, nunca los dos o suma de ellos.

La constante 240.000 se obtiene de multiplicar 100 trabajadores promedio que trabajan 48 horas a la semana 50 semanas al año.

2.4.2 Índice de Frecuencia (IF).

Es la relación del número de casos ocurridos durante el periodo considerado y las horas-hombre trabajadas (HHT) durante el mismo periodo. Se interpreta como el número de casos con lesión incapacitante ocurridos durante el ultimo año por cada 100 trabajadores de la empresa

Matemáticamente,

$$IF = \frac{\text{Número de accidentes en el periodo}}{\text{Total horas hombre trabajadas}} \times 240,000$$

La constante 240.000 se obtiene de multiplicar 100 trabajadores promedio que trabajan 48 horas a la semana 50 semanas al año.

2.4.3 Índice De Ausentismo (Au).

Es la relación entre el total de días perdidos entre el total de días programado de cada técnico. Se entiende por Ausentismo la falta de asistencia de los empleados a sus puestos de trabajo por causa directa o indirectamente evitables, tales como de enfermedad, cualquiera que sea su duración y carácter -común, profesional, accidente laboral o no-incluidas las visitas médicas, así como las ausencias injustificadas durante toda o parte de la jornada laboral, y los permisos circunstanciales dentro del horario laboral.

Matemáticamente,

$$Au = \frac{\text{Total Días Perdidos}}{\text{Total Días programados}} \times 100$$

El Departamento de Recursos Humanos es el encargado de recopilar y generar dicho indicador. Los días perdidos que es la suma de todos los días en que los técnicos no vinieron a trabajar y se toma Total Días Programados que es el la sumatoria total de los días programados de cada técnico para laborar.

2.4.4 Cumplimiento Programa de Entrenamiento (CPE).

Es la medida de la sumatoria de las horas completadas de entrenamiento entre el total de horas programadas de entrenamiento. El índice de cumplimiento de entrenamiento da una indicación del compromiso por parte de la organización en brindar el espacio y tiempo para que el personal técnico reciba el entrenamiento necesario para desarrollar de manera más técnica su trabajo.

Matemáticamente,

$$CPE = \text{Horas Entrenamiento cumplidas} / \text{Horas Entrenamiento Programadas}$$

2.5 OTROS TEMAS DE MANTENIMIENTO

2.5.1 Costos.

Ya sea que la empresa este recibiendo el impacto de la globalización, se vea sometida a una baja rentabilidad, muestre pérdidas al final de su cuadro de resultados, este perdiendo participación en el mercado debido a los altos costos, carezca de capacidad de maniobra, desee dar guerra en el mercado, o se vea

ante una falta de liquidez, recurre invariablemente a la reducción de costos. Una reducción de costos aplicada generalmente sin proyección estratégica, carente de método y sistema, que muchas veces no produce los resultados esperados en el corto plazo, y nunca logra objetivos ni en el mediano ni en el largo plazo.

Con el objetivo de mostrar mejores resultados en el corto plazo se eliminan los planes de capacitación y entrenamiento, con lo cual lo que no se gasta en capacitación se termina pagando con costos más elevados producto de menores niveles de productividad y calidad. Por otro lado las utilidades actuales se comen el futuro de la empresa al disminuir los niveles de respuesta y competitividad de un personal que no se adecua a las necesidades del mercado y al avance de la tecnología. En cuanto a las reestructuraciones de personal sin un debido análisis y metodología termina no sólo perdiendo en muchos casos personal muy valioso en cuanto a experiencia, capacidades intelectuales y habilidades técnicas, sino además producto de la desmoralización en el resto del personal sumados a una mayor carga de trabajo disminuye tanto los niveles de calidad como los de productividad¹⁰.

2.5.2 Análisis de causa raíz.

El Diagrama Causa-Efecto es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema se utiliza en las fases de Diagnóstico y Solución de la causa.

Su concepción conceptual al concebir su Diagrama Causa-Efecto (Espina de Pescado de Ishikawa) se puede resumir en que cuando se realiza el análisis de un problema de cualquier índole, estos siempre tienen diversas causas de

¹⁰ Mauricio León Lefcovich. Consultor en Administración de Operaciones y Estrategia de Negocios Especialista en Kaizen, Seis Sigma, Productividad y Reducción de Costos

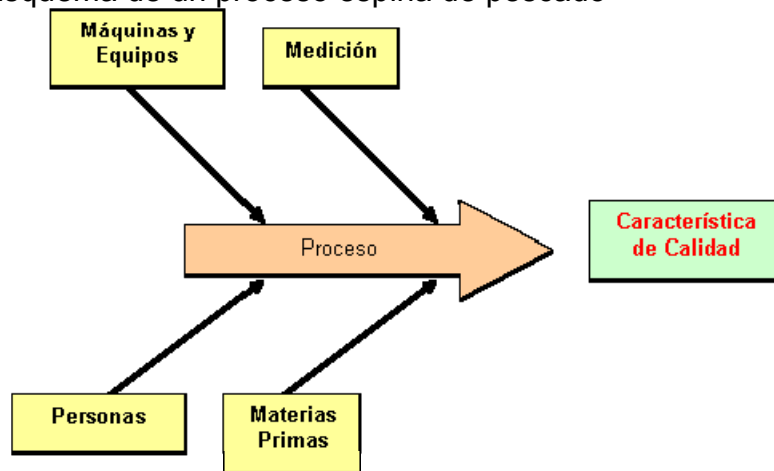
distinta importancia, trascendencia o proporción. Algunas causas pueden tener relación con la presentación u origen del problema y otras, con los efectos que este produce.

Tiene la ventaja que permite visualizar de una manera muy rápida y clara, la relación que tiene cada una de las causas con las demás razones que inciden en el origen del problema. En algunas oportunidades son causas independientes y en otras, existe una íntima relación entre ellas, las que pueden estar actuando en cadena.

El diagrama Causa-Efecto es un vehículo para ordenar, de forma muy concentrada, todas las causas que supuestamente pueden contribuir a un determinado efecto.

Permite, por tanto, lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos. Es importante ser conscientes de que los diagramas de causa-efecto presentan y organizan teorías. Sólo cuando estas teorías son contrastadas con datos podemos probar las causas de los fenómenos observables.

Figura 10. Esquema de un proceso espina de pescado



Fuente: www.gestiopolis.com

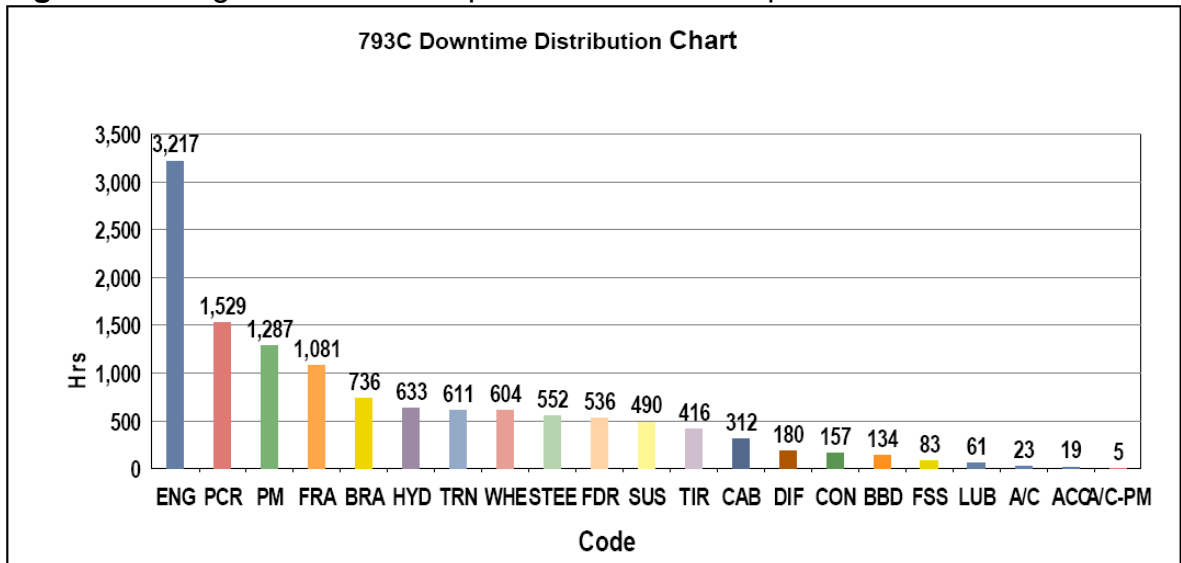
Sirve también para guiar las discusiones, al exponer con claridad los orígenes de un problema de calidad. Y permite encontrar más rápidamente las causas asignables cuando el proceso se aparta de su funcionamiento habitual.

2.5.3 Análisis de Pareto.

Mediante el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos.

La minoría vital aparece a la izquierda de la grafica y la mayoría útil a la derecha. Hay veces que es necesario combinar elementos de la mayoría útil en una sola clasificación denominada otros, la cual siempre deberá ser colocada en el extremo derecho. La escala vertical es para el costo en unidades monetarias, frecuencia o porcentaje.

Figura 11. Diagrama de Pareto para clasificación de paradas.



Fuente: Departamento de Planeación Drummond Ltd.

La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos.

Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema.

En el resto de los casos, entre 2 y 3 aspectos serán responsables por el 80% de los problemas.

Pareto es una herramienta de análisis de datos ampliamente utilizada y es por lo tanto útil en la determinación de la causa principal durante un esfuerzo de resolución de problemas. Este permite ver cuáles son los problemas más grandes, permitiéndoles a los grupos establecer prioridades

Un equipo puede utilizar la Gráfica de Pareto para varios propósitos durante un proyecto para lograr mejoras:

- Para analizar las causas
- Para estudiar los resultados
- Para planear una mejora continua
- Las Gráficas de Pareto son especialmente valiosas como fotos de “antes y después” para demostrar qué progreso se ha logrado. Como tal, la Gráfica de Pareto es una herramienta sencilla pero poderosa.

2.5.4 Clima Organizacional.

De todos los enfoques sobre el concepto de Clima Organizacional, el que ha demostrado mayor utilidad es el que utiliza como elemento fundamental las percepciones que el trabajador tiene de las estructuras y procesos que ocurren en un medio laboral¹¹ .

La especial importancia de este enfoque reside en el hecho de que el comportamiento de un trabajador no es una resultante de los factores organizacionales existentes, sino que depende de las percepciones que tenga el trabajador de estos factores.

Sin embargo, estas percepciones dependen de buena medida de las actividades, interacciones y otra serie de experiencias que cada miembro tenga con la empresa. De ahí que el Clima Organizacional refleje la interacción entre características personales y organizacionales.

¹¹ Goncalves, Alexis. Fundamentos del clima organizacional. Sociedad Latinoamericana para la calidad (SLC). 2000

Los factores y estructuras del sistema organizacional dan lugar a un determinado clima, en función a las percepciones de los miembros. Este clima resultante induce determinados comportamientos en los individuos. Estos comportamientos inciden en la organización, y por ende, en el clima.

A fin de comprender mejor el concepto de Clima Organizacional es necesario resaltar los siguientes elementos:

El Clima Organizacional es un fenómeno interviniente que media entre los factores del sistema organizacional y las tendencias motivacionales que se traducen en un comportamiento que tiene consecuencias sobre la organización (productividad, satisfacción, rotación, etc.).

En consecuencia es innegable la necesidad de crear una cultura organizacional propia, ante la importancia estratégica que adquieren las actividades de investigación y desarrollo experimental para el crecimiento y autonomía de los países subdesarrollados, pues éstos no tienen forma de incorporarse ampliamente a la nueva revolución tecnológica en marcha si no generan capacidades endógenas de creatividad, selección de tecnologías, especialización de su propia producción de conocimientos e información y reflexión independientes acerca de sus problemas y de las capacidades disponibles para su solución.

2.6 PROCESOS ESPECIALIZADOS EN MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MINEROS

2.6.1 Mantenimiento Preventivo (PM¹²).

Mantenimiento Preventivo es crítico para el éxito de cualquier mantenimiento y sistema de reparaciones. Es uno de los ejes del mantenimiento por lo cual debería ser considerado como un foco importante para la estrategia de un programa de mantenimiento.

Desafortunadamente el termino PM ha llegado hacerse muy genérico y es usado para describir cualquier reparación, servicio o una actividad como resultado de una falla o caída del equipo.

PM comúnmente involucra un número de actividades desarrolladas durante un periodo o en una ventana de oportunidad. Estas actividades normalmente incluyen:

- Lavado de la maquina (parcial o completa).
- Servicio de lubricación (cambios de aceites, filtros y engrase).
- Manejo de fluidos (tomar muestra, inspecciones de tapones magnéticos, inspecciones de filtros).
- Inspecciones visuales por defectos, danos y desgastes.
- Mediciones de rendimientos.
- Reparaciones problemas conocidos.

Debido a que el PM es una actividad de alta frecuencia (típicamente cada 250 horas en maquinaria minera) es un mayor contribuidor de tiempo caído del equipo. Esto explica porque la eficiencia del PM debería ser un factor importante de preocupación. También igualmente importante es la efectividad y calidad del

¹² Del inglés Preventive Maintenance.

PM tratando de obtener el máximo posible beneficio del tiempo que el equipo este caído.

Desafortunadamente muchas minas consideran el PM como una actividad básica, aburrida y repetitiva lo cual va en deterioro de la importancia del PM causando así una baja efectividad, calidad y perjuicio del equipo.

Ver Anexo A ejemplo de un procedimiento de mantenimiento preventivo de la flota de camiones mineros en la empresa Drummond Ltd.

2.6.2 Reemplazo Programado de Componentes (PCR¹³).

Es la actividad de mantenimiento que consiste en el reemplazo de componentes mayores de una máquina y que obedece a un plan, principalmente basado en la vida útil del componente. El reemplazo de componentes es el producto de un análisis cuidadoso y detallado de costo/beneficio y esta soportado por herramientas como: el análisis de aceites, vida de los materiales, inspecciones de tapones magnéticos, historia del componente, vibraciones, **benchmarking**, diseños, ciclo de vida. Todos los reemplazos de componentes deben ser debidamente programados teniendo en cuenta para ello el personal idóneo, espacio, recursos, partes, procedimientos y una buena metodología de remoción e instalación de componentes. Ciertos pasos son importantes para asegurar una buena calidad de un PCR.

Pre-Inspección. Hacerlo por lo menos 8 días antes de parar el equipo con el objetivo de identificar otras tareas adicionales y realizar los requerimientos de las partes y recursos con anterioridad.

¹³ PCR, por las siglas de la expresión en inglés de Planned Component Replacement.

Alistamiento de partes y componentes. Contar con un listado previo de todas las partes a usar, el sitio adecuado de trabajo, herramientas, banco de trabajo etc.

Procedimientos y formatos: se debe contar con formatos de procedimientos “paso a paso” de todas las tareas a realizar para el cambio de un componente, incluyendo los cuidados de seguridad y manejo de equipos.

Control de Contaminación. Contar con todas las facilidades para mantener un orden y limpieza durante la remoción e instalación de los componentes.

Pruebas y Pre entrega. Contar con formatos de procedimiento de pruebas con todas las especificaciones con que el equipo debe salir operativo.

Inspecciones finales: realizar inspecciones a un tiempo corto para verificar, fugas, torques, y la buena operabilidad del equipo.

2.6.3 Servicio de campo.

Se entiende servicio de campo a todas aquellas atenciones de mantenimiento que se realizan en el sitio específico de trabajo u operación del equipo y se consideran llamadas no programadas. Para la atención de estas llamadas no programadas el departamento de mantenimiento debe contar con un número de técnicos y vehículos para poder soportar y atender estos servicios. El objetivo del programa de mantenimiento es tratar de disminuir este número de llamadas haciendo para ellos mejor calidad, inspección y efectividad en los PM y PCR o paradas programadas de mantenimiento.

El aumento del número de llamadas en el campo es un indicador que la confiabilidad del equipo es baja y por ello afecta la planeación de producción ya

que no puede contar con el equipo en el tiempo adecuado. También se considera el servicio a campo como el mantenimiento correctivo.

2.6.4 Lubricación.

Todo programa de mantenimiento minero debe contar con el área de Lubricación, para ellos debe contar con vehículos debidamente equipados con todos los lubricantes que se usan para el funcionamiento de los componentes entre ellos los más comunes son: refrigerante, aceite motor, aceite sistema hidráulico, aceite engranajes, grasa, recolector aceite usado. Este servicio se presenta en dos modalidades preventivas y correctivas. Algunos programas de lubricación incluyen el engrase de equipos dentro de una frecuencia establecida que puede ser diaria o semanal y los otros servicios son de manera correctiva ya que simplemente deben hacerse rellenos de lubricantes debido a fugas o consumos normales o anormales del componente. El personal de lubricación debe ser idóneo y llevar formatos registrando toda la información pertinente tal como: número del equipo, horómetro, compartimiento, lubricante, cantidad adicionada, anomalía presentada ya que con ello el Departamento de Planeación podrá hacer los seguimientos necesarios sobre el consumo de los lubricantes, estado de operación de los componentes además de tomar acciones para disminuir el consumo de los mismos.

2.6.5 Demoras y Paradas.

Dentro de las demoras y/o paradas se pueden clasificar varias según su origen e interpretación, cada mina maneja su criterio para establecer las demoras. Se considera demora una parada entre 0 y 30 min. Por acciones no inherentes causadas por el equipo, sino por factores externos, las más comunes son: Lluvia, voladura en proceso, tanqueo, inspección de seguridad, cambio de turno, servicio de baño.

En ningún momento estas deben afectar la mantenibilidad, disponibilidad o confiabilidad del equipo.

Las demoras inherentes en el Departamento de Mantenimiento son productos de una interrupción de una tarea debido a: falta de partes, falta de componentes, falta de equipos soportes, falta de herramientas, falta de bahías son entre las más comunes. Estas deben ser medidas para luego ser evaluados y tomar planes de acciones que lleven a disminuir estos tiempos.

2.6.6 Contratos.

Los contratos de mantenimiento facilitan la prestación de servicios de Mantenimiento Preventivo en todos los sectores de la Industria. Por un medio de este tipo de contratos, una Empresa de Servicios se compromete a revisar, reparar y mantener en perfectas condiciones de uso los equipos o instalaciones de la empresa beneficiaria. De esta forma, las empresas pueden calcular de forma previsible sus costos de Mantenimiento, reciben una atención preferente y consiguen unos precios más baratos por el Servicio de Mantenimiento recibido¹⁴.

2.6.7 Seguridad Industrial.

La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

¹⁴ <http://www.solomantenimiento.com/articulos/contratos-mantenimiento.htm>

El mantenimiento de equipos, infraestructuras, herramientas, maquinaria, etc. representa una inversión que a mediano y largo plazo acarreará ganancias no sólo para el empresario quien a quien esta inversión se le revertirá en mejoras en su producción, sino también el ahorro que representa tener un trabajadores sanos e índices de accidentalidad bajos.

El mantenimiento representa un arma importante en seguridad laboral, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los equipos que pueden ser prevenidos. También el mantener las áreas y ambientes de trabajo con adecuado orden, limpieza, iluminación, etc. es parte del mantenimiento preventivo de los sitios de trabajo¹⁵.

El mantenimiento no solo debe ser realizado por el departamento encargado de esto. El trabajador debe ser concientizado a mantener en buenas condiciones los equipos, herramienta, maquinarias, esto permitirá mayor responsabilidad del trabajador y prevención de accidentes¹⁶.

2.6.8 Condición por monitoreo.

Resulta imposible someter todas las características de una operación a inspeccionar ya que implicaría un gigantesco aparato de supervisión, lo cual es antieconómico, por lo que para ello se tiene en cuenta los dos criterios siguientes:

- La importancia o incidencia en la calidad del producto.
- Su incidencia en los costos.

¹⁵ Grimaldi-Simonds. La Seguridad Industrial Su Administración. Alfaomoga México 1985.

¹⁶ Keith Denton. Seguridad Industrial. Mc Graw-Hill. 1984. México. 157 p.

Condición por monitoreo esta basado en la consecución de datos de manera proactiva y rutinas de análisis, las cuales facilitan la detección temprana de defectos de la maquina o cambios que permitan una mejor salud del equipo. En un proceso óptimo de condición de monitoreo debe incluirse las siguientes rutinas:

Inspección del operador. El Operador es el que mayor tiempo pasa en la maquina y por consecuente el que mejor la conoce en términos de operación. El operador juega un papel en el proceso de condición de monitoreo a través de: Inspecciones antes de turno, evaluación de condiciones operacionales, charlas con el grupo de mantenimiento.

Inspecciones Periódicas. El grupo de mantenimiento debe programar inspecciones periódicas aprovechando ventanas de oportunidades tales como: tiempo de lubricación, paradas por mantenimiento, paradas operacionales.

Inspecciones Pre PM. Éstas se realizan aproximadamente 5 días antes del equipo llegar a talleres para su respectivo mantenimiento preventivo.

Auditorias de Post inspecciones. Se realizan una vez terminado el mantenimiento preventivo y su objetivo es buscar la calidad de los procesos hechos, buscar posibles errores con el animo de mejoras procesos, entrenamientos etc.

Inspecciones PCR. Son realizadas con un tiempo anticipado del equipo al cual se desea cambiar componentes y poder así generar todas las tareas, búsqueda de partes y componentes y programar todas las logísticas necesarias para cuando el equipo llegue a taller.

Análisis de fluidos. A través de los registros de análisis de aceites y tapones magnéticos el grupo de mantenimiento podrá llevar registros de la condición interna de los componentes, este análisis de los fluidos podrá determinar cuando cambiar un componente o que tareas hacer para la prevención de la falla.

Análisis de Información electrónica del equipo. Hoy en día la gran mayoría de equipos mineros vienen dotados de equipos electrónicos que registran y archivan los datos de todas las variables medibles tales como (presiones, temperaturas, cargas, revoluciones, límites, eventos, etc.) que ayudan a llevar tendencias, abusos y reparaciones de fallas. Es necesario de personal y herramientas especiales para llevar a cabo esta labor.

Análisis de fallas y desgastes. Es importante que después de una falla de un componente o sistema se realiza un análisis de las causas que conllevaron a la falla con el fin de poder prevenir esta hacia futuro.

2.6.9 Talleres y equipos de soporte.

Para la buena realización de las tareas de mantenimiento en forma segura y ágil se debe contar con todos los recursos físicos, estos recursos físicos se destacan:

Talleres. Contar con los espacios suficientes, dimensiones adecuadas a los equipos que se desean atender, deben contar con cubiertas aislantes del sol, polvo y/o contaminantes externos; luz adecuada, servicios de aceites, electricidad, aire, oficinas, área de reunión, baños etc.

Figura 12. Taller principal de camiones.



Fuente: Mina Pribbenow, Drummond.

Equipos Soporte. Herramientas manuales, herramientas especializadas según recomendación de los diseñadores de los equipos, escaleras, herramientas hidráulicas o eléctricas que disminuyan el esfuerzo físico humano, grúas, puente grúas, montacargas, carro talleres, compresores etc.

2.6.10 Planeación de mantenimiento.

Todo departamento de mantenimiento debe contar con una sección dedicada a la planeación de mantenimiento en donde se coordina todas las tareas a realizar sobre los equipos. La planeación de mantenimiento son los responsables que procesos como: cambio de componentes, mantenimientos preventivos, inspecciones, monitoreos de componentes, generación de reportes entre otros se puedan dar de una manera exitosa. Para ello la planeación de mantenimiento debe contar con recurso de software, sistemas y personal idóneo capaz de tomar las acciones y dicciones correspondientes.

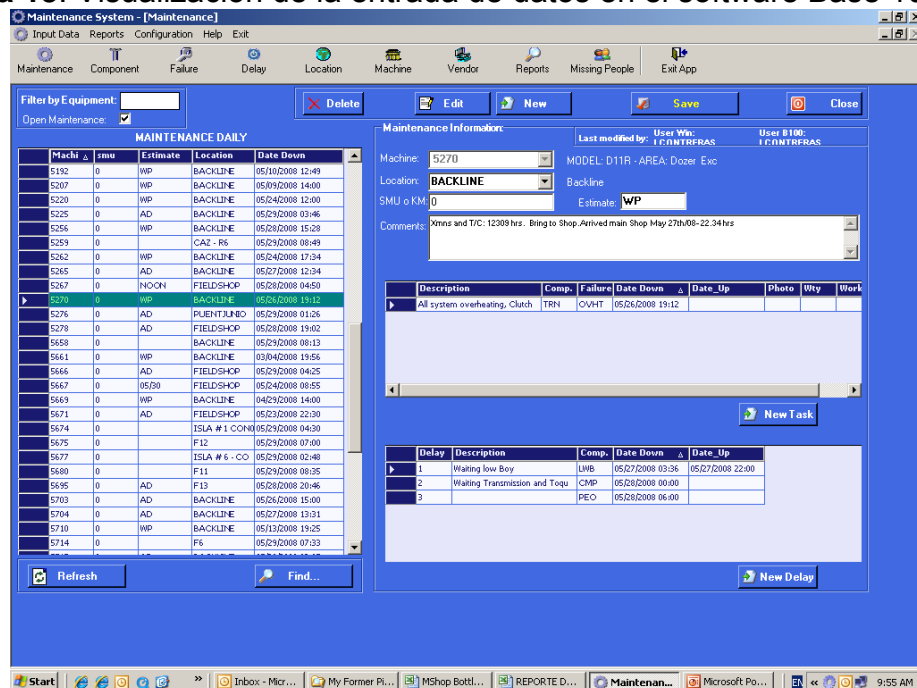
3. PROCESAMIENTOS DE DATOS

3.1 DATOS PRIMARIOS DE DESEMPEÑO DE MANTENIMIENTO

3.1.1 Fuentes.

Base 100. Es una central de radios que realiza la captura de información proveniente de los usuarios de los equipos en el área de mina (conocida como el **Pit**, que es la expresión en inglés que significa hueco) estos al ver un problema con su equipo el cual le ocasiona un down son reportados a mantenimiento para ser reparados. Se exige un mínimo de datos por parte del usuario tales como # del equipo, ubicación, problema; otros datos son llenados por el radio operador tales como: fecha y hora de la parada, sistema afectado, notas. Ver Figura 13

Figura 13. Visualización de la entrada de datos en el software Base 100



Fuente: Departamento de planeación de Drummond Ltd.

Reporte Pre-Operacionales. Son llevados diariamente al departamento de mantenimiento por el personal de producción, estos son entregados al despachador de turno el cual revisa e ingresa la información al sistema de mantenimiento. En el anexo B podemos ver un formato de inspección usado en Drummond.

Inspecciones. Una vez realizadas las diferentes tipos de inspecciones por el personal técnico, estas son entregadas al planeador correspondiente el cual revisa e ingresara las tareas a realizar en el programa de mantenimiento. Ver ejemplo en anexo C.

Planeación. Son aquellas que se realizan de manera programada, ya sea por vida útil del componente, falla de un componente (preventivo), tareas establecidas dentro de un intervalo de tiempo y son ingresadas al sistema por el planeador.

3.1.2 Tabulación de datos.

Usando las fuentes mencionadas en el numeral anterior, los datos básicos como: número de identificación de la máquina, fecha y hora de la parada, fecha y hora de la finalización de la reparación, descripción de la falla, categoría de la falla, horómetro, etc., son consignados en una base de datos, la cual los valida y ordena para que puedan ser usados y procesados, de acuerdo a los indicadores que se vayan a calcular. En la tabla 3 se puede apreciar como quedan ordenados los datos.

Tabla 3. Datos organizados de paradas de mantenimiento.

Date_Down	Date_Up	Machine Down Hours	Machine_Model (all cells)	Machine_Dis playModel	smu	Code	Sub Code	Task Description	Task_Date_Down	Task_Date_Up	Task_Do wn_Hrs	Wty	Location
29-abr-08 16:35	26-may-08 02:57	596,95	2203	793B	793B	0	ENG MECH	Engine exhaust system high white smoke. Change Engine + Crankshaft won't turn, eval (D)	04/29/2008 16:35	5/26/2008 02:57	596,95		Playa Baja
			2203	793B	793B	0	TRN LEAK	remove xms and install to truck 2216 + remove Xms pump to use 2216+ Change XMS cooler, Change filters, clean xms tank+ download EPTCI information before release (D)	04/30/2008 06:30	5/26/2008 02:57	596,95		Playa Baja
27-may-08 20:40	27-may-08 21:30	0,83	2203	793B	793B	0	ENG MECH	Eng shut down (D)	05/27/2008 20:40	5/27/2008 21:30	0,83		CARTUCHO
01-may-08 04:40	01-may-08 06:00	0,00	2204	793B	793B-ccr	0	ENG LPOW	Engine low power, eval Gecolisa wty (D)	05/01/2008 04:40	5/1/2008 06:00	0,00	GEC	Truck Shop
03-may-08 07:25	03-may-08 09:58	2,55	2204	793B	793B-ccr	0	CON LEAK	Converter oil leak (D)	05/03/2008 07:25	5/3/2008 09:58	2,55		BOTADERO 10 NIVEL 70
			2204	793B	793B-ccr	0	LUB ELEC	RH wheel grease hose broken (D)	05/03/2008 07:25	5/3/2008 09:58	2,55		BOTADERO 10 NIVEL 70
06-may-08 10:00	06-may-08 15:30	5,50	2204	793B	793B-ccr	0	ENG LPOW	Low power (D)	05/06/2008 10:00	5/6/2008 15:30	5,50		Chiriguana comedor
10-may-08 14:50	10-may-08 15:42	0,87	2204	793B	793B-ccr	0	ENG MECH	Eng shut down (D)	05/10/2008 14:50	5/10/2008 15:42	0,87		Botadero rampa
12-may-08 20:30	13-may-08 12:55	16,42	2204	793B	793B-ccr	0	TIR ROT	change tire #1,4 (D)	05/12/2008 20:30	5/12/2008 23:30	3,00		Truck Shop
			2204	793B	793B-ccr	0	SUS LEAK	change suspension rear lh by leak (D)	05/12/2008 23:30	5/13/2008 12:55	13,42		Truck Shop
13-may-08 12:47	13-may-08 15:28	2,88	2204	793B	793B-ccr	0	ENG LPOW	Eng low power (D)	05/13/2008 12:47	5/13/2008 15:28	2,88	GEC	GUACA
13-may-08 18:35	13-may-08 20:00	1,42	2204	793B	793B-ccr	0	FDR LEAK	# 4 final drive leak (D)	05/13/2008 18:35	5/13/2008 20:00	1,42		Chiriguana comedor
16-may-08 07:20	17-may-08 01:39	18,32	2204	793B	793B-ccr	0	PM PM (D)	PM (D)	05/16/2008 07:20	5/16/2008 13:00	5,67		Truck Shop
			2204	793B	793B-ccr	0	FDR LEAK	Eval internal leak in LH Final drive. + internal Leak in RH Final Drive. (D)	05/16/2008 10:00	5/17/2008 01:39	15,65	GEC	Truck Shop
			2204	793B	793B-ccr	0	ENG LEAK	Leak by preluce motor line. (D)	05/16/2008 09:00	5/16/2008 11:00	2,00		Truck Shop
			2204	793B	793B-ccr	0	TRN LEAK	Leak by line to transmission cooler. (D)	05/16/2008 14:00	5/17/2008 00:00	10,00		Truck Shop
18-may-08 12:00	18-may-08 15:21	3,35	2204	793B	793B-ccr	0	TIR ROT	Tires rotation (D)	05/18/2008 12:00	5/18/2008 15:21	3,35		Playa Baja
20-may-08 08:30	23-may-08 13:00	76,50	2204	793B	793B-ccr	0	HYD LEAK	Engine problem: Rear housing of the timing gears train is loose. Gecolisa WTY. Evaluate (D)	05/20/2008 08:30	5/23/2008 13:00	76,50	GEC	Truck Shop
26-may-08 08:28	26-may-08 10:00	1,53	2204	793B	793B-ccr	0	FDR LEAK	RH final drive leak (D)	05/26/2008 08:28	5/26/2008 10:00	1,53		Chiriguana comedor
29-may-08 00:37	29-may-08 02:30	1,88	2204	793B	793B-ccr	0	ENG LPOW	Low power (D)	05/29/2008 00:37	5/29/2008 02:30	1,88		TICKETS-R3
25-abr-08 01:17	19-may-08 13:14	439,23	2205	793B	793B-ccr	0	TRN ELEC	Xms won't shift. Eval. Excessive plates disc + Clean all system + download EPTCI information before release (D)	04/25/2008 01:17	5/19/2008 01:00	427,00	GEC	Playa Baja
			2205	793B	793B-ccr	0	PM PM	PM before release (D)	04/26/2008 16:24	5/19/2008 03:00	429,00		Playa Baja
			2205	793B	793B-ccr	0	FRA CRACK	change fuel tank crack. (D)	04/30/2008 12:30	5/12/2008 13:13	7,22		Playa Baja
			2205	793B	793B-ccr	0	ENG MECH	starter problem. Eval pneumatic system (D)	05/19/2008 01:00	5/19/2008 13:14	12,23		Playa Baja
21-may-08 19:39	21-may-08 21:46	2,12	2205	793B	793B-ccr	0	ENG LPOW	Low power (D)	05/21/2008 19:39	5/21/2008 21:46	2,12		GUACA
02-may-08 11:30	03-may-08 03:25	15,92	2206	793B	793B-ccr	0	ENG MECH	Engine SOS b'y high Si (D)	05/02/2008 11:30	5/2/2008 22:00	10,50		Truck Shop
			2206	793B	793B-ccr	0	STEE MECH	Eval. Steering hard (D)	05/02/2008 11:30	5/3/2008 03:25	15,92		Truck Shop
03-may-08 12:10	03-may-08 13:34	1,40	2206	793B	793B-ccr	0	ENG LEAK	Coolant leak (D)	05/03/2008 12:10	5/3/2008 13:34	1,40		GUACA
04-may-08 10:03	07-may-08 10:00	71,95	2206	793B	793B-ccr	0	BRA ELEC	Brakes problem Eval both final drive and wheel (D)	05/04/2008 10:03	5/4/2008 14:44	4,68	GEC	Playa Baja
			2206	793B	793B-ccr	0	FDR LEAK	Change RH final drive: Brake disc 90% wear out, Clean Hyd tank, clean screens. Gecolisa WTY pb (D)	05/05/2008 02:00	5/7/2008 10:00	56,00	GEC	Playa Baja

Fuente: departamento de Planeación, Drummond Ltd.

3.2 DATOS PRIMARIOS DE COSTOS

Una vez el personal de mantenimiento ha incurrido en costos de mantenimiento por la compra de partes, componentes, reparaciones, mano de obra o misceláneos estos son cargados al respectivo equipo o unidad de negocio.

El personal de planeación se encarga de realizar el presupuesto establecido para mantenimiento de los equipos para un periodo, esta proyección se hace anual y esta basada en el consumo histórico, vida de los componentes, nuevos

modificaciones o tendencias de desgaste que se evalúan y cuantifican para poder proyectar el costo total a gastar.

Mes a mes se debe llevar un control de lo gastado por equipo y comparar con lo presupuestado, dicha información proviene de los movimientos realizados y cargados al software de compras. Una base de datos es bajada a Excel y manipulada según la información que se desea extraer. En la tabla 4 se muestra mes a mes la información para generar los indicadores correspondientes.

Tabla 4. Reporte de costos acumulado anual.

Dept_Descr	Vehicle Grp2	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Current Cost	Current Budget
5212400 Motor Graders	14-E	581,18	424,85	1.130,26	11,35	0,54	392,23	2.540,41	59.108,00
	16	89.152,93	110.937,02	82.030,86	140.553,84	137.548,08	133.324,73	693.547,46	852.748,39
		11.864,57	842,83	7.742,57	8.786,93	4.673,18	9.144,95	43.055,03	73.830,50
	24	46.381,36	133.593,09	82.276,68	88.698,36	94.262,20	83.225,66	528.437,35	689.721,84
5212400 Motor Graders Total		147.980,04	245.797,79	173.180,37	238.050,48	236.484,00	226.087,57	1.267.580,25	1.675.408,73
5212500 Heavy Trucks	777	2.072,37	9.859,66	4.475,05	-194,78			16.212,30	232.568,26
		1.593,27	1.979,65	4.876,61	144,51	26,56	3.855,47	12.476,07	182.530,85
		1.555,33	53.953,83	25.038,65	7.981,58	54.965,47	-29.782,51	113.712,35	253.179,68
	793	32.493,99	16.736,16	12.375,03	7.808,32	2.546,28	91.325,47	163.285,25	209.767,46
		210.748,28	74.718,82	411.707,48	394.286,62	136.944,09	610.429,03	1.838.834,32	2.762.482,98
		142.679,71	918.998,38	1.132.663,20	1.646.612,51	1.940.741,35	986.294,84	6.767.989,99	6.917.609,47
777	71.079,64	112.612,68	63.071,12	89.076,94	27.454,63	29.609,79	392.904,80	259.770,00	
777	-14.854,91	13.216,38	-4.169,45	1.691,15	-1.953,29			-6.070,12	
5212500 Heavy Trucks Total		447.367,68	1.202.075,56	1.650.037,69	2.147.406,85	2.160.725,09	1.691.732,09	9.299.344,96	10.817.908,70
5212555 Coal Hauling T	776	12.118,46	13.342,97	11.564,19	72.016,30	118.224,25	8.035,63	235.301,80	160.754,24
	777	88.659,08	81.293,18	167.286,10	147.228,08	150.447,71	100.662,76	735.576,91	2.633.972,02
		75.238,90	9.495,78	31.438,03	145.598,27	14.231,34	27.500,10	303.502,42	477.861,01
		17.051,23	2.310,19	2.470,66	114.479,79	999,65	2.835,94	140.147,46	76.843,32
785	63.191,40	92.972,28	151.891,70	-42.616,75	46.560,56	60.917,27	372.916,46	983.095,59	

Fuente: Departamento de Costos de Drummond Ltd.

3.3.DATOS PRIMARIOS DE CLIMA ORGANIZACIONAL

3.3.1 Seguridad Industrial.

Todo incidente, accidente, daño a la propiedad debe ser reportado al Departamento de Seguridad Industrial, donde deben llenarse las formas respectivas, reportando los hechos ocurridos, posibles causas entre otra información. Una vez llenados dicho documentos, éstos son ingresados a la base

de datos de dicho departamento donde clasifica cada evento según el origen, causa y área.

En la tabla 5 se muestra un ejemplo de cómo en Drummond Ltd se registra la información una vez procesada, para luego generar los indicadores deseados.

Tabla 5. Estadística de de accidentalidad.
ESTADISTICAS - MANTENIMIENTO EQUIPO MOVIL
Acumulado a Monday, March 31 2008

Esta estadística muestra todos los eventos (Accidentes / Incidentes) reportados para este Departamento.

# de Eventos Por Mes y Clasificación													
<i>Clasificación</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Total</i>
Conato de Incendio	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Daño a la Propiedad	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Incidente	3	3	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
Tratamiento Médico	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Total	7	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29

# de Eventos Por Mes y Sección													
<i>Sección</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Total</i>
EQUIPO LIVIANO	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
FLOTA DE BOLDOZERES	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
FLOTA DE CAMIONES	0	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
FLOTA DE CARGADORES	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
LUBRICACION Y COMBUSTIBLE	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Total	7	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29

# de Eventos Por Clasificación y Sección									
<i>Sección</i>	<i>Incendios</i>	<i>Con. de Inc</i>	<i>P. Auxilios</i>	<i>Trat. Med.</i>	<i>Acc. Incap.</i>	<i>Cuasi Inc.</i>	<i>Daño Prop</i>	<i>Total</i>	
EQUIPO LIVIANO	0	0	0	1	0	2	0	3	
FLOTA DE BOLDOZERES	0	0	0	2	0	3	2	7	
FLOTA DE CAMIONES	0	1	0	1	0	5	2	9	
FLOTA DE CARGADORES	0	0	0	2	0	5	0	7	
LUBRICACION Y COMBUSTIBLE	0	0	0	0	0	3	0	3	
Total	0	1	0	6	0	18	4	29	

# de Eventos Por Grupo y Sección									
<i>Sección</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>OF</i>	<i>N/A</i>	<i>Total</i>
EQUIPO LIVIANO	1	0	1	0	0	0	0	0	3
FLOTA DE BOLDOZERES	3	1	3	0	0	0	0	0	7
FLOTA DE CAMIONES	2	3	1	0	0	1	0	0	9
FLOTA DE CARGADORES	2	2	2	0	0	0	0	0	7
LUBRICACION Y COMBUSTIBLE	1	2	0	0	0	0	0	0	3
Total	9	8	7	0	0	1	0	0	29

Fuente: Departamento de Seguridad Industrial de Drummond Ltd.

3.3.2 Ausentismo.

Diariamente cada empleado debe registrar su asistencia al sitio de trabajo a través de dos medios: uno por la puerta principal con una tarjeta personal que es leída por un lector electrónico que a su vez pasa la información a una base de datos. La segunda es un control en planillas por parte del supervisor de cada

área que luego es llevada al Departamento de Recurso Humanos donde el origen de la ausencia es revisado y clasificado por su tipo.

La tabla 6 es un resumen producto del procesamiento de esta información que luego de ser analizada es utilizada para la generación de los indicadores correspondientes.

Tabla 6. Cuadro de ausentismo laboral.

2008	ABSENTEEISM REPORT SEPTEMBER 2008			
	# EMPLOYEES	SCHEDULED W DAYS	TOTAL LOST DAYS	% TOTAL LOST DAYS
MAINTENANCE				
Drills & Pumps	46	852	86	10,09%
Electrical Maint	38	735	53	7,21%
Fixed Equipment	145	2775	207	7,46%
Fuel & Lub	57	1079	170	15,76%
Mobile Equipment				
Trucks	129	2531	194	7,66%
Tractors	141	2648	200	7,55%
Tool Room	5	100	1	1,00%
Loaders	56	1040	98	9,42%
Total Mobile Equipment	331	6319	493	7,80%
TOTAL	2245	42835	3816	8,91%

Fuente: Departamento de Recursos Humanos de Drummond Ltd.

3.3.3 Entrenamiento.

El Departamento de Entrenamiento es el encargado de llevar el control de las horas suministradas por los diferentes tipos de entrenamientos dados en la empresa. Existen entrenamientos regulares (de carácter obligatorio por la Ley) y entrenamientos específicos técnicos.

La tabla 7 muestra un resumen de las horas dadas por entrenamiento comparadas con las programadas.

Tabla 7. Reporte entrenamiento.

TRAINING HOURS SUMMARY					
Department	Section	Total Schedule	Hours	Difference	CPT
MAINTENANCE-MOBILE EQUIP	FUEL & LUBE	5.132,00	3.856,00	1276	75%
MAINTENANCE-MOBILE EQUIP	RUBBER TIRE FLEET	5.072,00	4.845,00	227	96%
MAINTENANCE-MOBILE EQUIP	SMALL VEHICLE	2.849,00	2.411,00	438	85%
MAINTENANCE-MOBILE EQUIP	TOOL ROOM	452,00	360,00	92	80%
MAINTENANCE-MOBILE EQUIP	TRACTOR FLEET	12.763,00	11.361,00	1402	89%
MAINTENANCE-MOBILE EQUIP	TRUCK FLEET	11.649,00	11.342,00	307	97%

Fuente: Departamento de entrenamiento de Drummond Ltd.

3.4 GENERACION DE INDICADORES

3.4.1 Generación del MTBS.

Los valores de horas operadas son tomados de los tiempos que el Departamento de Producción reporta, que a su vez son tomados de los horómetros de los equipos resultado de diferencia de horas tomados en un intervalo de tiempo. El número de paradas (en inglés, **shutdowns**) es el número de reportes de equipo **down** reportados a mantenimiento por causa mecánica o de mantenimiento y se toman de la tabla 8.

Tabla 8. Resumen de datos de paradas de mantenimiento.

Equip. ID	Start Repair	Complete Repair	Stop Duration	Code	Reason	Comments	SMR	Shutdown
HT003	4/1/03 12:00 AM	4/1/03 12:00 AM	0.00	1	comment	Document SMR	16187.6	
HT003	4/2/03 9:55 AM	4/2/03 1:36 PM	3.69	111	Cooling System	Weld Aftercooler Tube	16220.5	Yes
HT003	4/2/03 2:20 PM	4/2/03 3:20 PM	1.00	120	Tire Check	Tire Check - Pos. #6	16221.2	
HT003	4/2/03 3:20 PM	4/2/03 4:52 PM	1.54	120	Tire Change	Replace tire - position #6	16221.2	Yes
HT003	4/5/03 2:05 AM	4/5/03 2:22 AM	0.28	162	Waiting for Mechanic		16276.7	
HT003	4/5/03 2:22 AM	4/6/03 12:32 PM	34.17	117	Steering System	Steering Overheating	16276.7	Yes
HT003	4/7/03 11:44 AM	4/7/03 12:10 PM	0.43	114	Dispatch System	Repair Dispatch System	16299.2	Yes
HT003	4/9/03 8:48 AM	4/9/03 9:01 AM	0.22	162	Waiting for Mechanic		16342.5	
HT003	4/9/03 9:01 AM	4/9/03 10:43 AM	1.69	111	Cooling System	Radiator Hose Leaks	16342.5	Yes
HT003	4/10/03 7:24 AM	4/10/03 7:38 AM	0.23	162	Waiting for Mechanic		16362.6	
HT003	4/10/03 7:38 AM	4/10/03 2:05 PM	6.46	111	Cooling System	Radiator Leaking	16362.6	Yes
HT003	4/13/03 3:08 AM	4/13/03 3:34 AM	0.42	128	Cab / Operator Station	LH Cab Glass Problem	16421.8	Yes
HT003	4/13/03 7:37 AM	4/13/03 7:48 AM	0.17	162	Waiting for Mechanic		16425.7	
HT003	4/13/03 7:48 AM	4/13/03 8:16 AM	0.47	128	Cab / Operator Station	LH Door Problem	16425.7	Yes
HT003	4/14/03 3:27 PM	4/14/03 3:56 PM	0.48	162	Waiting for Mechanic		16456.0	
HT003	4/14/03 3:56 PM	4/14/03 7:43 PM	3.78	118	Suspension System	RHF Suspension Leakage	16456.0	Yes
HT003	4/16/03 7:41 AM	4/16/03 7:49 AM	0.14	162	Waiting for Mechanic		16490.9	
HT003	4/16/03 7:49 AM	4/16/03 10:47 AM	2.96	128	Cab / Operator Station	Replace Operator Seat Lock	16490.9	Yes
HT003	4/20/03 7:24 AM	4/20/03 7:36 AM	0.20	162	Waiting for Mechanic		16580.7	
HT003	4/20/03 7:36 AM	4/20/03 8:31 AM	0.91	105	Hydraulic System	Hydraulic Oil Leakage	16580.7	Yes
HT003	4/21/03 4:33 PM	4/21/03 4:44 PM	0.18	162	Waiting for Mechanic		16611.8	
HT003	4/21/03 4:44 PM	4/21/03 5:25 PM	0.70	128	Cab / Operator Station	Adjust Operator Seat	16611.8	Yes
HT003	4/23/03 2:26 AM	4/23/03 2:37 AM	0.18	128	Cab / Operator Station	Adjust Operator Seat	16643.8	Yes
HT003	4/24/03 8:04 PM	4/24/03 8:16 PM	0.20	162	Waiting for Mechanic		16684.0	
HT003	4/24/03 8:16 PM	4/24/03 8:53 PM	0.61	111	Cooling System	Aftercooler Temperature High	16684.0	
HT003	4/24/03 8:53 PM	4/25/03 10:52 AM	13.99	202	PM	500 Hr PM	16684.0	Yes
HT003	4/25/03 10:52 AM	4/27/03 9:19 AM	46.45	111	Cooling System	Repair Fan Drive	16684.0	
HT003	4/27/03 9:39 AM	4/27/03 9:58 AM	0.30	120	Tire Check	Tire Check - Pos. #5	16684.3	Yes
HT003	4/28/03 1:25 AM	4/28/03 3:11 AM	1.78	120	Tire Change	Flat tire - Pos. #6	16699.3	Yes
HT003	4/28/03 10:45 AM	4/28/03 12:18 PM	1.55	120	Tire Change	Replace tire - position #4	16706.6	Yes
HT003	4/29/03 8:40 AM	4/29/03 8:49 AM	0.15	162	Waiting for Mechanic		16726.4	
HT003	4/29/03 8:49 AM	4/29/03 1:57 PM	5.13	100	Engine Problem	Turbocharger Leakage	16726.4	Yes
HT003	5/1/03 12:00 AM	5/1/03 12:00 AM	0.00	1	comment	Document SMR	16759.5	

Fuente: Departamento de Planeación Drummond Ltd.

De la tabla 8 se extrae en rojo y azul, las columnas que se utilizan para calcular el MTBS del camión HT003, entonces que las horas operadas (t_{prod}), que están en la columna roja, es igual a 3415 horas y el número de paradas (N) o shutdowns es de 165.

$$MTBS = (t_{prod}) \div N = 3415 / 165 = 20,7 \text{ horas.}$$

Benchmarks para MTBS. El MTBS varía mucho según los tipos de equipos, edad y diseños "maduros" y complejidad. El MTBS para camiones mineros ha sido bien documentado por parte de las diferentes minas en el mundo. El benchmark para camiones nuevos es aproximadamente 80 horas y flotas "maduras" de 60 horas.

3.4.2 Generación del MTTR.

Los valores de horas de down (**Task_Down_Hrs**) son tomados de la base de datos de mantenimiento y que son la suma de los tiempos de reparación del dicho reporte o tarea. El numero de paradas (**Shutdowns**) es el numero de eventos de equipo down reportados a mantenimiento por causa mecánica o de mantenimiento y son tomados de la tabla

Tabla 9. Ejemplo selección de datos para cálculo MTTR.

Equip. ID	Start Repair	Complete Repair	Stop Duration	Code	Reason	Comments	SMR	Shutdown
HT003	4/1/03 12:00 AM	4/1/03 12:00 AM	0.00	1	comment	Document SMR	16187.6	
HT003	4/2/03 9:55 AM	4/2/03 1:36 PM	3.69	111	Cooling System	Weld Aftercooler Tube	16220.5	Yes
HT003	4/2/03 2:20 PM	4/2/03 3:20 PM	1.00	120	Tire Check	Tire Check - Pos. #6	16221.2	
HT003	4/2/03 3:20 PM	4/2/03 4:52 PM	1.54	120	Tire Change	Replace tire - position #6	16221.2	Yes
HT003	4/5/03 2:05 AM	4/5/03 2:22 AM	0.28	162	Waiting for Mechanic		16276.7	
HT003	4/5/03 2:22 AM	4/6/03 12:32 PM	34.17	117	Steering System	Steering Overheating	16276.7	Yes
HT003	4/7/03 11:44 AM	4/7/03 12:10 PM	0.43	114	Dispatch System	Repair Dispatch System	16299.2	Yes
HT003	4/9/03 8:48 AM	4/9/03 9:01 AM	0.22	162	Waiting for Mechanic		16342.5	
HT003	4/9/03 9:01 AM	4/9/03 10:43 AM	1.69	111	Cooling System	Radiator Hose Leaks	16342.5	Yes
HT003	4/10/03 7:24 AM	4/10/03 7:38 AM	0.23	162	Waiting for Mechanic		16362.6	
HT003	4/10/03 7:38 AM	4/10/03 2:05 PM	6.46	111	Cooling System	Radiator Leaking	16362.6	Yes
HT003	4/13/03 3:08 AM	4/13/03 3:34 AM	0.42	128	Cab / Operator Station	LH Cab Glass Problem	16421.8	Yes
HT003	4/13/03 7:37 AM	4/13/03 7:48 AM	0.17	162	Waiting for Mechanic		16425.7	
HT003	4/13/03 7:48 AM	4/13/03 8:16 AM	0.47	128	Cab / Operator Station	LH Door Problem	16425.7	Yes
HT003	4/14/03 3:27 PM	4/14/03 3:56 PM	0.48	162	Waiting for Mechanic		16456.0	
HT003	4/14/03 3:56 PM	4/14/03 7:43 PM	3.78	118	Suspension System	RHF Suspension Leakage	16456.0	Yes
HT003	4/16/03 7:41 AM	4/16/03 7:49 AM	0.14	162	Waiting for Mechanic		16490.9	
HT003	4/16/03 7:49 AM	4/16/03 10:47 AM	2.96	128	Cab / Operator Station	Replace Operator Seat Lock	16490.9	Yes
HT003	4/20/03 7:24 AM	4/20/03 7:36 AM	0.20	162	Waiting for Mechanic		16580.7	
HT003	4/20/03 7:36 AM	4/20/03 8:31 AM	0.91	105	Hydraulic System	Hydraulic Oil Leakage	16580.7	Yes
HT003	4/21/03 4:33 PM	4/21/03 4:44 PM	0.18	162	Waiting for Mechanic		16611.8	
HT003	4/21/03 4:44 PM	4/21/03 5:25 PM	0.70	128	Cab / Operator Station	Adjust Operator Seat	16611.8	Yes
HT003	4/23/03 2:26 AM	4/23/03 2:37 AM	0.18	128	Cab / Operator Station	Adjust Operator Seat	16643.8	Yes
HT003	4/24/03 8:04 PM	4/24/03 8:16 PM	0.20	162	Waiting for Mechanic		16684.0	
HT003	4/24/03 8:16 PM	4/24/03 8:53 PM	0.61	111	Cooling System	Aftercooler Temperature High	16684.0	
HT003	4/24/03 8:53 PM	4/25/03 10:52 AM	13.99	202	PM	500 Hr PM	16684.0	Yes
HT003	4/25/03 10:52 AM	4/27/03 9:19 AM	46.45	111	Cooling System	Repair Fan Drive	16684.0	
HT003	4/27/03 9:39 AM	4/27/03 9:58 AM	0.30	120	Tire Check	Tire Check - Pos. #5	16684.3	Yes
HT003	4/28/03 1:25 AM	4/28/03 3:11 AM	1.78	120	Tire Change	Flat tire - Pos. #6	16699.3	Yes
HT003	4/28/03 10:45 AM	4/28/03 12:18 PM	1.55	120	Tire Change	Replace tire - position #4	16706.6	Yes
HT003	4/29/03 8:40 AM	4/29/03 8:49 AM	0.15	162	Waiting for Mechanic		16726.4	
HT003	4/29/03 8:49 AM	4/29/03 1:57 PM	5.13	100	Engine Problem	Turbocharger Leakage	16726.4	Yes
HT003	5/1/03 12:00 AM	5/1/03 12:00 AM	0.00	1	comment	Document SMR	16759.5	

Fuente: Departamento de Planeación Drummond Ltd.

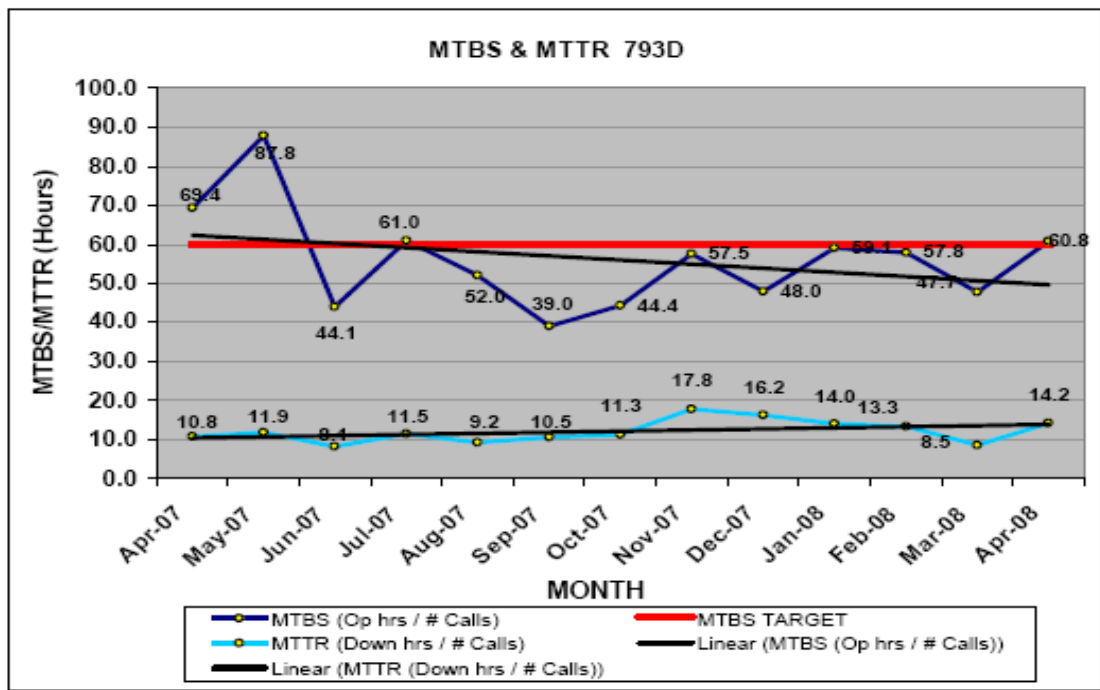
De la tabla 9, usando la misma tabla que se usó para el MTBS, se toman las columnas azul (**stop duration**) y roja (**shutdown**), se extrae, entonces que las horas de parada (t_{down}), que están en la columna azul, son iguales a 838 horas y el número de paradas (N) o shutdowns es de 165.

$$MTTR = (t_{down}) \div N = 838 / 165 = 5,08 \text{ horas.}$$

Benchmark para MTTR. MTTR varia mucho según los tipos de equipos, edad, diseños "maduros" y complejidad. El MTTS para camiones mineros ha sido bien documentado por parte de las diferentes minas en el mundo. El benchmark para camiones de 3 a 6 horas siendo mayor en la medida que la flota sea mas madura.

Gráficas para MTBS y MTTR. En la figura 14 se muestra un ejemplo de la flota de camiones 793D de cómo se puede mostrar los indicadores MTTR y MTBS conjuntamente para poder visualizar mejor la confiabilidad del equipo. Se debe siempre colocar una línea de tendencia, una línea de objetivo a alcanzar (meta) y graficar por lo menos 12 meses para un mejor análisis.

Figura 14. Grafica de indicadores MTBS y MTTR flota 793



Fuente: Departamento de Planeacion Drummond Ltd.

3.4.3 Generación de Relación De Mantenimiento (MR).

Según la definición el MR se obtiene del cociente de 2 factores, de los cuales, el primero de ellos, es el número de máquinas, obtenida de la lista que tiene el departamento de planeación (Ver anexo D), dividida entre el número de personal, que es el número de posiciones aprobadas para cada departamento (Roster), mostrada en el anexo F y sumadas el personal de contratistas que fue suministrado en ese período.

Benchmark para MR. .El MR varía según el tipo de máquina a atender. Para el objeto de esta monografía, para los camiones mineros se acepta un valor no mayor de 1,6 y no menos de 1,4.

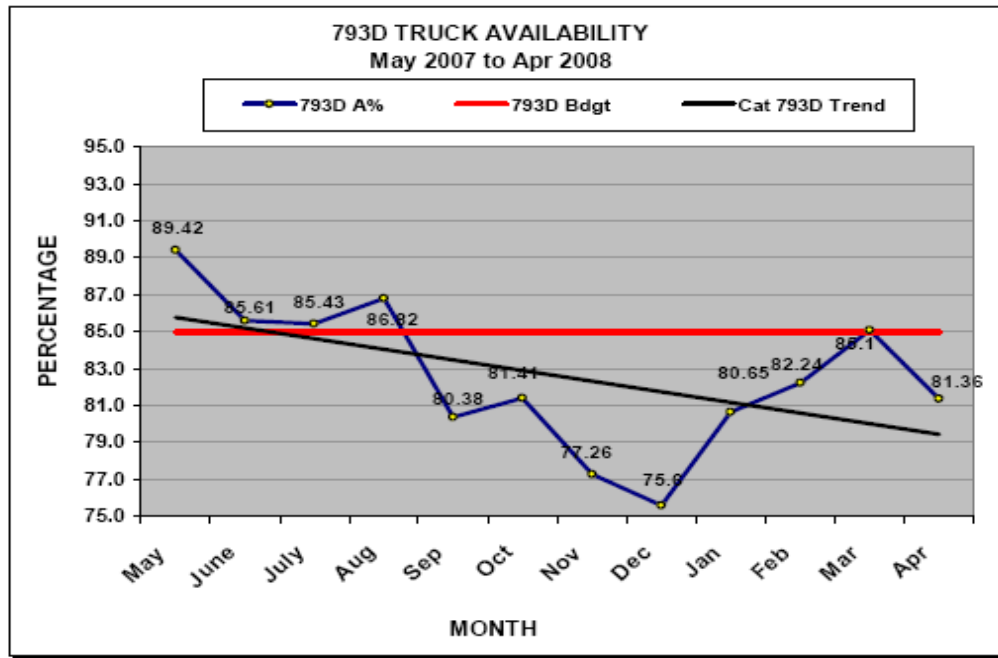
3.4.4 Generación de la Disponibilidad (A).

Debido a que la disponibilidad es derivada de los factores MTBS y MTTR, la fuente de datos es la misma ya mostrada anteriormente para el cálculo de estos y la fórmula, la mostrada en el numeral 2.3.2.

Benchmarks para disponibilidad. La disponibilidad varía mucho según los tipos de equipos, edad y diseños "maduros" y complejidad. El MR para camiones mineros ha sido bien documentado por parte de las diferentes minas en el mundo. El benchmark para camiones nuevos es aproximadamente 92% y flotas "maduras" de 88%.

Generación de Gráfica. En la grafica 15 se muestra un ejemplo de la flota de camiones 793D de cómo se puede mostrar la disponibilidad de la flota. Se debe siempre colocar una línea de tendencia, una línea de objetivo a alcanzar (meta) y graficar por lo menos 12 meses para un mejor análisis.

Figura 15. Gráfica de Indicadores MTBS y MTTR flota 793.



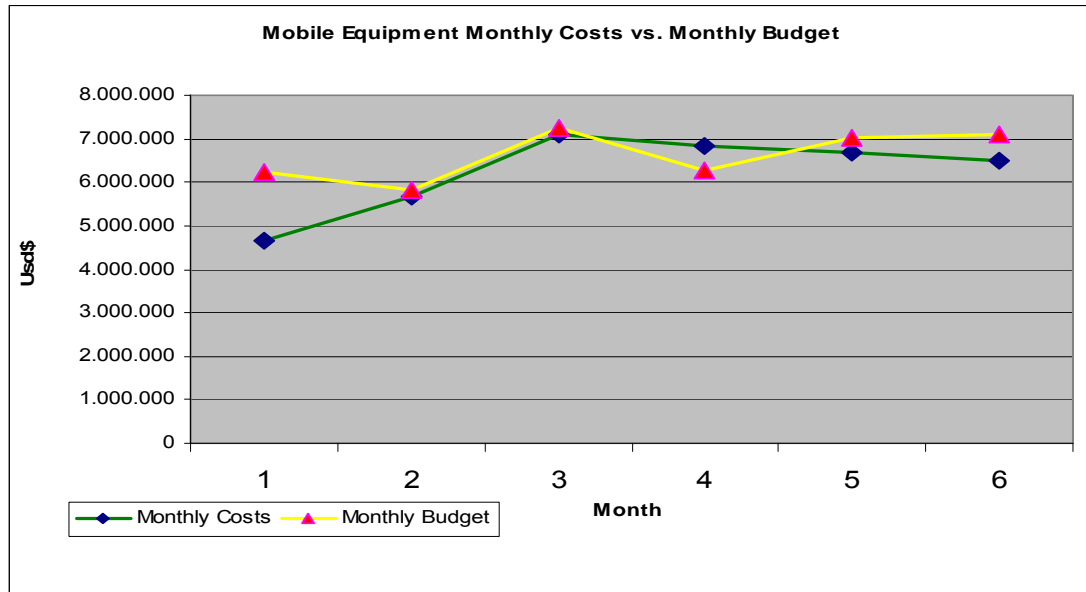
Departamento de Planeacion Drummond Ltd.

3.4.5 Generación del Índice de Ejecución Presupuestal (*iep*).

En Drummond el Departamento de Costos es la responsable de tabular y generar la información relevante a los costos causados en los diferentes equipos, mensualmente se ingresan los datos en un servidor el cual el equipo de Planeación de Mantenimiento toma la información (ver Tabla 4). Costo real causado es la sumatoria de todos los costos de mantenimiento en el periodo dado y el costo presupuestado la sumatoria del presupuesto de mantenimiento calculado y asignado para el periodo dado.

Benchmarks para el Cumplimiento del Presupuesto. No existe un benchmark para el cumplimiento del presupuesto, pero se ha definido que el gasto promedio de los 3 últimos meses no debe estar por debajo del 90%, ni por encima del 110%.

Figura 16. Gráfica comparativa entre costos causados vs. presupuestados.



Fuente: Departamento de Costos Drummond Ltd.

3.4.6 Generación del Índice de Cumplimiento de PCR (*ípcr*).

Este índice se genera tomando los datos de una fuente similar a la tabla 10, en donde todos los componentes mayores cambiados en un periodo son registrados y comparados con su vida esperada (**budgeted life**).

Tabla 10. Relación de componentes cambiados y sus horas de operación.

Model	Components	Asset Number	Serial Number	Work Order Drummond	HOURS	BUDGET HOURS	FAILURE REASON	% USAGE	BUDGET / OUT OF SCOPE
D8L	ROLLER FRAME	5166	14YRF1035	M381015UC	12639	7000	PCR - HIGH WEAR	181	EXCEEDED BUDGETED LIFE
D8L	TORQUE CONVERTER	5166	14YTC1014	M382031	17221	10000	HIGH SERVICE HOURS	172	EXCEEDED BUDGETED LIFE
793C	DIFFERENTIAL	2333	1HLDR1013	M374424	22387	13000	PCR - HIGH SERVICE HOURS	172	EXCEEDED BUDGETED LIFE
777C	REAR SUSPENSION CYLINDER	2228	3PRRS1001	M382315	14329	9000	EXTERNAL LEAK - HIGH SERVICE HOURS	159	EXCEEDED BUDGETED LIFE
777C	TORQUE CONVERTER	2238	4XJTC1010	M381701	23342	15000	PCR - HIGH SERVICE HOURS	156	EXCEEDED BUDGETED LIFE
D11R	TORQUE CONVERTER	5717	4BT01178	M381498	15528	10000	REMOVED TOGETHER WITH THE TRANSMISSION BY HIGH SERVICE HOURS	155	EXCEEDED BUDGETED LIFE
D11R	BLADE LIFT CYLINDER	5260	7PZBL1141	M371360	4532	3000	EXTERNAL OIL LEAK BY ROD SEALS ERODED	151	EXCEEDED BUDGETED LIFE
793C	TRANSMISSION	2333	4GX00600	M381710	22387	15000	PCR - HIGH SERVICE HOURS	149	EXCEEDED BUDGETED LIFE
D10.5	BLADE LIFT CYLINDER	5151	84VBL1002	M382206	4991	3500	EXTERNAL OIL LEAK BY ROD SEALS ERODED	143	EXCEEDED BUDGETED LIFE
D11R	ROLLER FRAME HOUSING	Tractor	7PZRF1050	M376100UCA	9914	7000	PCR - HIGH WEAR	142	EXCEEDED BUDGETED LIFE
D11R	ROLLER FRAME HOUSING	5667	7PZRF1049	M376101UCA	9914	7000	PCR - HIGH WEAR	142	EXCEEDED BUDGETED LIFE
D11R	TRANSMISSION	5717	1SVD1782	M381497	15528	11000	HIGH SERVICE HOURS AND INTERNAL NOISE	141	EXCEEDED BUDGETED LIFE
D11R	ROLLER FRAME HOUSING	5278	7PZRF1012	M379368UCA	9880	7000	PCR - HIGH WEAR	141	EXCEEDED BUDGETED LIFE
793C	FRONT WHEEL AND BRAKE OILY	2344	ATYSP1068	M382409	19678	14000	PCR - HIGH SERVICE HOURS	141	EXCEEDED BUDGETED LIFE
793C	FRONT SUSPENSION CYLINDER	2344	ATYFS1012	M377339	19678	14000	PCR - HIGH SERVICE HOURS	141	EXCEEDED BUDGETED LIFE
777C	ENGINE	2260	7Y000713	M382192	21022	15000	PCR - HIGH SERVICE HOURS	140	EXCEEDED BUDGETED LIFE
793C	HOIST CYLINDER	2333	ATYHC1066	M382362	22380	16500	PCR - HIGH SERVICE HOURS	136	EXCEEDED BUDGETED LIFE
793C	HOIST CYLINDER	2333	4GZHC1022	M382367	22380	16500	PCR - HIGH SERVICE HOURS	136	EXCEEDED BUDGETED LIFE
793C	STEERING CYLINDER	2330	ATYSC1072	M381582	21805	16500	EXTERNAL LEAK - HIGH SERVICE HOURS	132	EXCEEDED BUDGETED LIFE
793C	REAR SUSPENSION CYLINDER	2304	ATYRS1105	M389382	11014	9000	EXTERNAL LEAK - DAMAGED SEALS	122	EXCEEDED BUDGETED LIFE
D8L	ROLLER FRAME	5166	14YRF1036	M381016UC	7961	7000	PCR - HIGH WEAR	114	EXCEEDED BUDGETED LIFE
793C	ENGINE	2344	8VM00741	M377944	19678	17500	HIGH BLOW BY HIGH SERVICE HOURS	112	EXCEEDED BUDGETED LIFE
793C	REAR SUSPENSION CYLINDER	2290	ATYRS1019	M382368	9604	9000	EXTERNAL LEAK - DAMAGED SEALS	107	BUDGETED
793C	STEERING CYLINDER	2227	ATYSC1071	M381585	17091	16500	EXTERNAL LEAK - HIGH SERVICE HOURS	104	BUDGETED
D11R	RIPPER LIFT CYLINDER	5704	7PZRL1061	M382207	6178	6000	EXTERNAL OIL LEAK BY ROD SEALS ERODED	103	BUDGETED
793D	DIFFERENTIAL	2357	FDBDR1011	M381860	15377	15000	PCR - HIGH SERVICE HOURS	103	EXCEEDED BUDGETED LIFE
D8L	SHOE REGROUSE	Tractor		M359196UCA	6500	6500	HIGH WEAR	100	BUDGETED
D11R	BLADE LIFT CYLINDER	5261	7PZBL1063	M382191	2769	3000	HYDRAULIC SYSTEM CONTAMINATION - BARREL INTERNALLY SCRATCHED	92	BUDGETED
793D	TRANSMISSION	2362	JGG01366	M381986	12427	15000	CONTAMINATION - METALLIC PARTICLES IN SCREEN	83	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
793D	TORQUE CONVERTER	2362	TSC00050	M381944	14481	17500	CONTAMINATION - METALLIC PARTICLES	83	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
D11R	DOZER BLADE GENERAL REPAIR	5269		M366144GETA	9677	12000	RH LOWER BRACKET BROKEN - ROLL PLATE DAMAGED	81	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
D11R	RIPPER TILT CYLINDER	5277	7PZRT1089	M382310	8594	12000	EXTERNAL OIL LEAK BY ROD SEALS ERODED	72	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
793C	TORQUE CONVERTER	2349	3KT01114	M381449	9669	14000	INTERNAL LEAK - DAMAGED SEALS	69	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
D11R	RADIATOR	5715	7PZRA1055	M382085	2159	3500	WARRANTY DENIED BY GEOLSA DUE TO THE COOLANT LEAK WAS THROUGH A FATIGUED CORE	62	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
D11R	RADIATOR	5708	7PZRA1051	M368840	1951	3500	INTERNAL OBSTRUCTION	56	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
D11R	BLADE TILT CYLINDER	5738	7PZBT1137	M344639	1934	3500	EXTERNAL OIL LEAK BY ROD SEALS ERODED	55	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
777C	RADIATOR	2260	4XJRA1018	M382193	7847	15000	CONTAMINATION WITH OIL ENGINE	52	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
D6R	BLADE LIFT CYLINDER	5191	SLNBL1005	M382312	2466	5000	INTERNAL LEAK - OUT OF THE SIX-MONTH WARRANTY PERIOD	49	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
D11R	RADIATOR	5676	7PZRA1076	M377980	1710	3500	WARRANTY DENIED BY GEOLSA DUE TO CORE HIT	49	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
350L	BOOM CYLINDER	6187	3MLBC1005	M381631	3995	9000	EXTERNAL OIL LEAK BY ROD SEALS ERODED	44	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
D11R	BLADE LIFT CYLINDER	5713	4HKBL1003	M365716	1131	3000	EXTERNAL OIL LEAK BY ROD SEALS ERODED - THE REMOVED CYLINDER 9TRBL1002 (1131 HRS) WAS REPAIRED BY GEOLSA AND INSTALLED IN 5215 (M381387) AT ZERO COST TO DLTB BY WTY ACCEPTED. THEREFORE WE WILL PAY THE COST FOR THE INSTALLED CYLINDER 4HKBL1003 IN THIS MOVEMENT	38	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
793C	FINAL DRIVE	2306	ATYFD1007	M335790	2750	15000	INTERNAL LEAK - CONTAMINATION BY DAMAGED IN DIFFERENTIAL	18	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
D11R	RADIATOR	5273	7PZRA1018	M367118	181	3500	WARRANTY DENIED BY GEOLSA DUE TO ALL CORES WERE IMPACTED BY THE FAN BLADES	5	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
793C	TRANSMISSION	2222	4GX01573	M368269	71	13500	CONTAMINATION, METAL PARTICLES (FAILED CONVERTIDOR)	1	DID NOT REACH BUDGETED LIFE
793D	FINAL DRIVE	2359	ATYFD1052	M368033	14	13000	THE REMOVED FINAL DRIVE (WITH 14 HRS) WAS REPAIRED BY GEOLSA AND INSTALLED MACHINE 2357 (M381857) AT ZERO COST TO DLTB (WTY ACCEPTED). DLTB WILL PAY THE COST FOR THE INSTALLED (M368033) IN THIS MOVEMENT	0	DID NOT REACH BUDGETED LIFE

Fuente: Departamento de Planeación Drummond.

Benchmarks para el Índice de Cumplimiento de PCR. Este índice debe estar por encima del 0,9.

3.4.7 Generación del Índice de Severidad (IS).

Las horas-hombre trabajadas deberán ser calculadas con base a la nomina de pago o los registros de tiempo. Si no se puede usar este método, se podrá hacer un calculo aproximado multiplicando el numero promedio de trabajadores por el numero de horas trabajadas por día por el número de días trabajados al mes, mas las horas extras laboradas al mes, a esto se le deben restar las horas de ausentismo laboral. El número de accidentes ocurridos se tomara de la tabla 5 donde el Departamento de Seguridad registra todos los eventos ocurridos en materia de seguridad.

Benchmarks para el Índice de Severidad. 50% inferior el menor de los índices de severidad obtenido en los años anteriores.

3.4.8 Generación del Índice de Frecuencia (IF).

Las horas-hombre trabajadas deberán ser calculadas con base a la nomina de pago o los registros de tiempo. Si no se puede usar este método, se podrá hacer un calculo aproximado multiplicando el numero promedio de trabajadores por el numero de horas trabajadas por día por el número de días trabajados al mes, mas las horas extras laboradas al mes, a esto se le deben restar las horas de ausentismo laboral. El numero de accidentes ocurridos se tomara de la tabla 5 donde el Departamento de Seguridad registra todos los eventos ocurridos en materia de seguridad.

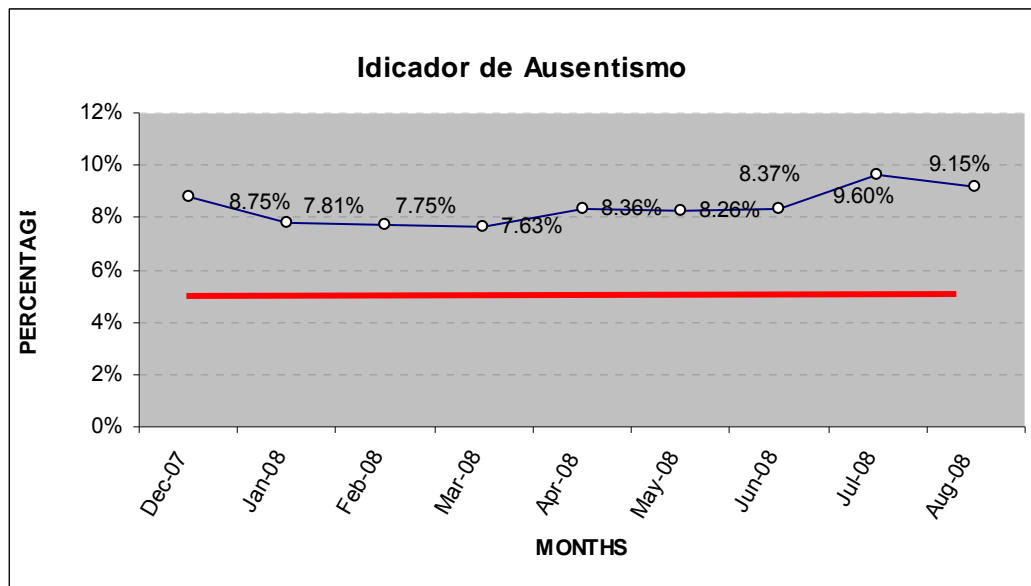
Benchmarks para el Índice de Frecuencia. 50% inferior el menor de los índices de frecuencia obtenido en los años anteriores.

3.4.9 Generación del Índice De Ausentismo.

El Departamento de Recursos Humanos es el encargado de recopilar y generar dicho indicador. De la tabla 6 se toman Total Días Perdidos que es la suma de todos los días en que los técnicos no vinieron a trabajar y se toma Total Días Programados que es el la sumatoria total de los días programados de cada técnico para laborar.

Benchmarks del Índice de Ausentismo. La industria de la minería considera que una normal relación del ausentismo laboral debería estar en el orden del 4% incluyendo vacaciones, entrenamientos.

Figura 17. Gráfica del Indicador de Ausentismo.



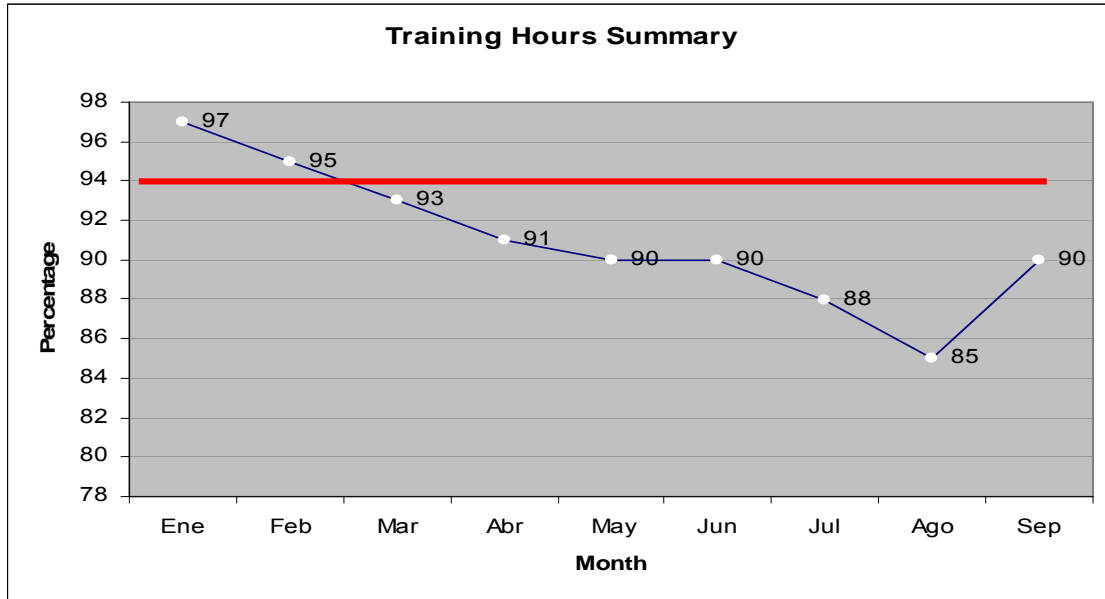
Fuente: Departamento de Recursos Humanos Drummond Ltd.

3.4.10 Generación del Índice de Cumplimiento Entrenamiento.

El departamento de entrenamiento de Drummond cuenta con toda la información necesaria. En la tabla 7 se toman el total de horas de entrenamiento cumplidas por los técnicos y el total de horas programadas.

Benchmark para el Índice de Cumplimiento de Entrenamiento. No existe un benchmark para este indicador pero entre más se acerque al 100% de cumplimiento indica el nivel de cumplimiento y compromiso por la organización.

Figura 18. Grafica del Indicador de Entrenamiento.



Fuente: Departamento de Entrenamiento Drummond Ltd

4. MODELO PROPUESTO

4.1 ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO

4.1.1 Análisis de desempeño.

Una vez obtenidos los índices de mantenimiento según el desempeño, se usarán 3 de ellos: MTBS, MTTR y el MR. La combinación de estos 3 indicadores entrega 27 posibilidades, cada una con un diagnóstico y acciones correctivas sugeridas diferentes. Estas posibilidades se muestran en la tabla 11 y a cada una se le llamará condición y estará asociada uno o más diagnósticos y uno o más acciones correctivas, dependiendo del análisis respectivo.

La interpretación de cada condición debe hacerse así:

El indicador de desempeño obtenido en el periodo es {mayor (▲) ó menor (▼) ó aproximadamente igual (\approx)} al **benchmark**.

Se considera que un indicador es aproximadamente igual a su benchmark correspondiente cuando la diferencia absoluta entre los dos es del 5% o menos.

Por ejemplo, $MTBS_{\text{agosto}} = 57$ horas y $MTBS_{\text{benchmark}} = 60$ horas, entonces

Diferencia = $57 - 60 = -3$, que porcentualmente es 3 dividido $60 = 0,05$ (valor absoluto), que es igual al 5%, por lo que se considera que el índice es aproximadamente igual al su **benchmark** (\approx).

Así respectivamente, cuando el indicador sea mayor que su **benchmark**, le corresponderá el criterio flecha arriba ▲.

Ejemplo: $MTBS_{sept} = 70$ horas y $MTBS_{benchmark} = 60$ horas, entonces

Diferencia = $70 - 60 = 10$, que porcentualmente es 10 dividido $60 = 0,1667$, que es igual al $16,67\%$, por lo que se considera que el índice es mayor a su **benchmark** (▲).

Finalmente, para el último caso cuando el indicador sea mayor que su **benchmark**, le corresponderá el criterio flecha abajo ▼.

Ejemplo: $MTBS_{oct} = 48$ horas y $MTBS_{benchmark} = 60$ horas, entonces

Diferencia = $48 - 60 = -12$, que porcentualmente es -12 dividido $60 = -0,2$, que es igual al -20% , por lo que se considera que el índice es menor a su **benchmark**.

Tabla 11. Matriz de análisis de desempeño.

CONDICIÓN	DESEMPEÑO EJECUTADO EN RELACIÓN AL BENCHMARK		
	MTBS	MTTR	M _R
1	≈	≈	≈
2	≈	≈	▲
3	≈	≈	▼
4	≈	▲	≈
5	≈	▲	▲
6	≈	▲	▼
7	≈	▼	≈
8	≈	▼	▲
9	≈	▼	▼
10	▲	≈	≈

11	▲	≈	▲
12	▲	≈	▼
13	▲	▲	≈
14	▲	▲	▲
15	▲	▲	▼
16	▲	▼	≈
17	▲	▼	▲
18	▲	▼	▼
19	▼	≈	≈
20	▼	≈	▲
21	▼	≈	▼
22	▼	▲	≈
23	▼	▲	▲
24	▼	▲	▼
25	▼	▼	≈
26	▼	▼	▲
27	▼	▼	▼

4.1.2 Diagnósticos y Acciones Correctivas.

Tabla 12. Tabla de interpretación y acciones correctivas para desempeño.

COND.	INTERPRETACIÓN / DIAGNÓSTICO	ACCIÓN (ES) CORRECTIVA (S)
1	Todos los indicadores son iguales a su benchmark de referencias.	<ul style="list-style-type: none"> • Revise en planeación su lista de trabajos diferidos (backlogs) y asegúrese de que los niveles de ejecución son los adecuados.
2	La cantidad de mecánicos es superior al establecido o hubo una reducción en la flota (poco probable).	<ul style="list-style-type: none"> • Revise los niveles de facturación de sus contratistas para prevenir que haya suministros de mano de obra ociosa. • Corrija según sea necesario.

3	La cantidad de mecánicos es inferior a la establecida, tal vez por adquisiciones recientes de equipos o por ausencia de personal.	<ul style="list-style-type: none"> • Revise los niveles de ejecución de backlogs, para verificar que no se hayan dejado de hacer trabajos originalmente programados. • Revise los niveles de ausentismo del personal (permisos o enfermedades). Compare estos niveles con periodos anteriores.
4	Los tiempos de reparaciones están superiores al promedio, pero la calidad de las reparaciones se mantiene así como la relación de maquina-mecánicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Revise junto con el equipo de planeación si los trabajos programados durante el periodo pasado, involucraban muchas paradas de largo tiempo. Se debe tratar que se distribuyan entre varios meses. • Revise las condiciones de apoyo y logística de mantenimiento. Demoras por repuestos y apoyo logístico podrían estar demorando las reparaciones.
5	Los tiempos de reparaciones están superiores al promedio, lo mismo que el personal involucrado en las reparaciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Revise junto con el equipo de planeación si los trabajos programados durante el periodo pasado, involucraban muchas paradas de largo tiempo. Se debe tratar que se distribuyan entre varios meses. • Revise los subgrupos de trabajo (Mantenimiento Preventivo; Reconstrucción y Llamadas Campo). Al presentarse un alto MR, podrían estar mal repartidos, de acuerdo a sus habilidades y capacidades.
6	Los tiempos de reparaciones están superiores al promedio, pero la calidad de las reparaciones se mantiene una baja relación de maquina-mecánicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Revise los niveles de ausentismo del personal (permisos o enfermedades). Compare estos niveles con periodos anteriores. • Programe una campaña de contratación de personal para reestablecer los niveles de benchmarking
7	Los tiempos entre paradas y la relación máquina-mecánicos están bien y los tiempos de reparación están por debajo del	<ul style="list-style-type: none"> • Revise junto con el equipo de planeación si los trabajos programados durante el periodo pasado, involucraban mayormente paradas de corto tiempo, dejando los de largo plazo para el futuro.

	benchmark.	<p>Se debe tratar que se distribuyan entre varios meses.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agrupar la mayor cantidad de trabajos en una misma parada y si es posible, en forma simultánea (“ventana de oportunidad”). • Identifique las fallas más repetitivas y establezca Procedimientos Estándar para la reparación de las mismas. Esto reduciría la costumbre de poner “parches” en lugar de atacar la raíz.
8	Se mantiene la confiabilidad de la flota en buenos niveles, pero a costa de una relación alta de personal y bajos tiempo promedio de reparación.	<ul style="list-style-type: none"> • Agrupar la mayor cantidad de trabajos en una misma parada y si es posible, en forma simultánea (“ventana de oportunidad”). • Identifique las fallas más repetitivas y establezca Procedimientos Estándar para la reparación de las mismas. Esto reduciría la costumbre de poner “parches” en lugar de atacar la raíz. • Revise los niveles de facturación de sus contratistas para prevenir que haya suministros de mano de obra ociosa. •
9	Se mantiene buena confiabilidad y tiempos de reparación, aún con niveles de mano de obra relativamente bajos.	<ul style="list-style-type: none"> • Revise junto con el equipo de planeación si los trabajos programados durante el periodo pasado, involucraban mayormente paradas de corto tiempo, dejando los de largo plazo para el futuro. Se debe tratar que se distribuyan entre varios meses. • Programe una campaña de contratación de personal para reestablecer los niveles de benchmarking
10	Alta confiabilidad del equipo y niveles benchmark de tiempos y personal de reparación. Esta característica es común cuando se compra maquinaria nueva.	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar las medidas tomadas en los periodos anteriores y tenerlas como referencia de experiencias a repetir. • Felicitar al equipo de trabajo.

11	Alta confiabilidad del equipo y alto número de personal de reparación.	<ul style="list-style-type: none"> • Revise los niveles de facturación de sus contratistas para prevenir que haya suministros de mano de obra ociosa.
12	Alta confiabilidad y una baja relación entre máquinas y personal.	<ul style="list-style-type: none"> • Revise junto con el equipo de planeación si los trabajos programados durante el periodo pasado, involucraban mayormente paradas de corto tiempo, dejando los de largo plazo para el futuro. Se debe tratar que se distribuyan entre varios meses. • Programe una campaña de contratación de personal para reestablecer los niveles de benchmarking
13	La confiabilidad de la flota está alta y se tiene una buena relación máquina personal, pero los tiempos de parada son más largos de lo esperado.	<ul style="list-style-type: none"> • Revise junto con el equipo de planeación si los trabajos programados durante el periodo pasado, involucraban muchas paradas de largo tiempo. Se debe tratar que se distribuyan entre varios meses. • Revise las condiciones de apoyo y logística de mantenimiento. Demoras por repuestos y apoyo logístico podrían estar demorando las reparaciones.
14	La confiabilidad de la flota está alta y pero a costa de tiempos de parada muy largos y exceso de personal de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Revise junto con el equipo de planeación si los trabajos programados durante el periodo pasado, involucraban muchas paradas de largo tiempo. Se debe tratar que se distribuyan entre varios meses. • Revise las condiciones de apoyo y logística de mantenimiento. Demoras por repuestos y apoyo logístico podrían estar demorando las reparaciones. • Revise los niveles de facturación de sus contratistas para prevenir que haya suministros de mano de obra ociosa. • Revise con sus supervisores la distribución del personal en los trabajos de taller. A pesar que hay exceso de personal, los tiempos de reparación siguen largos.

15	Alta confiabilidad y altos tiempos de reparación con relativamente poco personal.	<ul style="list-style-type: none"> • Programe una campaña de contratación de personal para reestablecer los niveles de benchmarking.
16	Podría llegar a ser un escenario ideal de indicadores. Alta confiabilidad, bajos tiempos de reparación y correcta proporción de personal. No obstante hay que verificar que no se estén poniendo “parches” a las reparaciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Revise junto con el equipo de planeación si los trabajos programados durante el periodo pasado, involucraban mayormente paradas de corto tiempo, dejando los de largo plazo para el futuro. Se debe tratar que se distribuyan entre varios meses. • Agrupar la mayor cantidad de trabajos en una misma parada y si es posible, en forma simultánea (“ventana de oportunidad”). • Identifique las fallas más repetitivas y establezca Procedimientos Estándar para la reparación de las mismas. Esto reduciría la costumbre de poner “parches” en lugar de atacar la raíz.
17	Alta confiabilidad y bajos tiempos de reparación, pero excesivo personal de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Agrupar la mayor cantidad de trabajos en una misma parada y si es posible, en forma simultánea (“ventana de oportunidad”). • Identifique las fallas más repetitivas y establezca Procedimientos Estándar para la reparación de las mismas. Esto reduciría la costumbre de poner “parches” en lugar de atacar la raíz. • Revise junto con el equipo de planeación si los trabajos programados durante el periodo pasado, involucraban mayormente paradas de corto tiempo, dejando los de largo plazo para el futuro. Se debe tratar que se distribuyan entre varios meses. • Revise los niveles de facturación de sus contratistas para prevenir que haya suministros de mano de obra ociosa.
18	Podría llegar a ser un escenario ideal de indicadores. Alta	<ul style="list-style-type: none"> • Agrupar la mayor cantidad de trabajos en una misma parada y si es posible, en forma simultánea (“ventana de

	<p>confiabilidad, bajos tiempos de reparación y baja proporción de personal.</p>	<p>oportunidad”).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifique las fallas más repetitivas y establezca Procedimientos Estándar para la reparación de las mismas. Esto reduciría la costumbre de poner “parches” en lugar de atacar la raíz. • Revise junto con el equipo de planeación si los trabajos programados durante el periodo pasado, involucraban mayormente paradas de corto tiempo, dejando los de largo plazo para el futuro. Se debe tratar que se distribuyan entre varios meses. • De verificarse el punto anterior y de no encontrarse problemas, mantenga ese nivel de personal.
<p>19</p>	<p>Baja confiabilidad, a pesar de tener buenos tiempos de reparación y correcta proporción de personal. Esto podría estar relacionado con la calidad de las reparaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplique la técnica de Pareto para determinar la (s) máquina (s) que están un 20% por debajo del $MTBS_{benchmark}$. Diseñe y ejecute un programa de estandarización a cada una de éstas máquinas. • Aplique la técnica de Pareto para determinar cuales sistemas de la máquina están presentando más problemas. Establezca metodologías para establecer causas raíces de los posibles problemas: mano de obra, repuestos, entrenamiento, medio ambiente, facilidades de taller, herramientas. • Analice cada caso particular que sobresalga en los Pareto y revise si hay fallas en la cadena de procedimiento: detectar-planear-ejecutar, según los procedimientos estándar de inspecciones, monitoreo de condiciones, planeación y ejecución de tareas. • Calcule los MTBS de cada equipo después de los Mantenimientos Preventivos, los cuales deben estar 50% por arriba del $MTBS_{benchmark}$. Si no lo están programe una auditoria completa al

		procedimiento.
20	Baja confiabilidad y alta proporción de personal. Los tiempos de reparación son los adecuados.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplique la técnica de Pareto para determinar la (s) máquina (s) que están un 20% por debajo del $MTBS_{benchmark}$. Diseñe y ejecute un programa de estandarización a cada una de éstas máquinas. • Aplique la técnica de Pareto para determinar cuales sistemas de la máquina están presentando más problemas. Establezca metodologías para establecer causas raíces de los posibles problemas: mano de obra, repuestos, entrenamiento, medio ambiente, facilidades de taller, herramientas. • Analice cada caso particular que sobresalga en los Pareto y revise si hay fallas en la cadena de procedimiento: detectar-planear-ejecutar, según los procedimientos estándar de inspecciones, monitoreo de condiciones, planeación y ejecución de tareas. • Calcule los MTBS de cada equipo después de los Mantenimientos Preventivos, los cuales deben estar 50% por arriba del $MTBS_{benchmark}$. Si no lo están programe una auditoria completa al procedimiento. • Revise los niveles de facturación de sus contratistas para prevenir que haya suministros de mano de obra ociosa.
21	Baja confiabilidad y proporción de personal. Los tiempos de reparación son los adecuados. Es posible que la falta de personal esté provocando que algunos trabajos no se realicen en las “ventanas de oportunidad”	<ul style="list-style-type: none"> • Programe una campaña de contratación de personal para reestablecer los niveles de benchmarking
22	Baja confiabilidad y altos	<ul style="list-style-type: none"> • Aplique la técnica de Pareto para

	<p>tiempos de reparación. Proporción de personal adecuada. Escenario muy malo, todos los factores deben ser tenidos en cuenta.</p>	<p>determinar la (s) máquina (s) que están un 20% por debajo del $MTBS_{benchmark}$. Diseñe y ejecute un programa de estandarización a cada una de éstas máquinas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplique la técnica de Pareto para determinar cuales sistemas de la máquina están presentando más problemas. Establezca metodologías para establecer causas raíces de los posibles problemas: mano de obra, repuestos, entrenamiento, medio ambiente, facilidades de taller, herramientas. • Analice cada caso particular que sobresalga en los Pareto y revise si hay fallas en la cadena de procedimiento: detectar-planear-ejecutar, según los procedimientos estándar de inspecciones, monitoreo de condiciones, planeación y ejecución de tareas. • Calcule los MTBS de cada equipo después de los Mantenimientos Preventivos, los cuales deben estar 50% por arriba del $MTBS_{benchmark}$. Si no lo están programe una auditoria completa al procedimiento. • Aumente la proporción de trabajos programados en comparación con los no programados, incluyéndoles en las rutinas de mantenimiento preventivo. • Haga lo necesario para aumentar la eficiencia de su personal, ya sea controlando mejor los tiempos y/o entrenando al personal en las fallas que más impactan. • Identifique y documente las demoras que más impactan en las reparaciones, tales como: equipos de apoyo, repuestos, disponibilidad de mano de obra, estado del tiempo, entre otros. Corrija según sea necesario. • Revise la cantidad y calidad de los
--	--	---

		<p>recursos (personal, camiones de servicio, comunicaciones, etc.) que se disponen para la atención de equipos varados por fuera del taller.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controle el tiempo de las ejecuciones de las tareas programadas como: Mantenimiento Preventivo y Cambio Programado de Componentes. • Establezca un grupo de mejoras para revisar las tareas de Mantenimiento Preventivo y Cambio Programado de Componentes.
23	<p>Baja confiabilidad, altos tiempos de reparación y proporción de personal mayor que la especificada. Es la peor combinación de indicadores de desempeño.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplique la técnica de Pareto para determinar la (s) máquina (s) que están un 20% por debajo del $MTBS_{benchmark}$. Diseñe y ejecute un programa de estandarización a cada una de éstas máquinas. • Aplique la técnica de Pareto para determinar cuales sistemas de la máquina están presentando más problemas. Establezca metodologías para establecer causas raíces de los posibles problemas: mano de obra, repuestos, entrenamiento, medio ambiente, facilidades de taller, herramientas. • Analice cada caso particular que sobresalga en los Pareto y revise si hay fallas en la cadena de procedimiento: detectar-planear-ejecutar, según los procedimientos estándar de inspecciones, monitoreo de condiciones, planeación y ejecución de tareas. • Calcule los MTBS de cada equipo después de los Mantenimientos Preventivos, los cuales deben estar 50% por arriba del $MTBS_{benchmark}$. Si no lo están programe una auditoria completa al procedimiento. • Aumente la proporción de trabajos programados en comparación con los no programados, incluyéndolos en las rutinas

		<p>de mantenimiento preventivo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Haga lo necesario para aumentar la eficiencia de su personal, ya sea controlando mejor los tiempos y/o entrenando al personal en las fallas que más impactan. • Identifique y documente las demoras que más impactan en las reparaciones, tales como: equipos de apoyo, repuestos, disponibilidad de mano de obra, estado del tiempo, entre otros. Corrija según sea necesario. • Revise la cantidad y calidad de los recursos (personal, camiones de servicio, comunicaciones, etc.) que se disponen para la atención de equipos varados por fuera del taller. • Controle el tiempo de las ejecuciones de las tareas programadas como: Mantenimiento Preventivo y Cambio Programado de Componentes. • Establezca un grupo de mejoras para revisar las tareas de Mantenimiento Preventivo y Cambio Programado de Componentes. • Revise los niveles de facturación de sus contratistas para prevenir que haya suministros de mano de obra ociosa.
24	<p>Baja confiabilidad, altos tiempos de reparación con una baja proporción de personal. Esto último podría generar demoras en las reparaciones, debido a la no disponibilidad de personal, trayendo consigo la no ejecución de algunas tareas preventivas que se convertirían en fallas no programadas en el futuro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programe una campaña de contratación de personal para reestablecer los niveles de benchmarking. • Evalúe el conocimiento técnico del personal. Es posible que necesite ser reentrenado.

25	<p>Bajos niveles de confiabilidad y de tiempo de reparación. La proporción de personal es la correcta. Podría estarse presentando el fenómeno de reparaciones tipo “parche”, es decir se ataca el síntoma y no la causa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplique la técnica de Pareto para determinar la (s) máquina (s) que están un 20% por debajo del $MTBS_{benchmark}$. Diseñe y ejecute un programa de estandarización a cada una de éstas máquinas. • Aplique la técnica de Pareto para determinar cuales sistemas de la máquina están presentando más problemas. Establezca metodologías para establecer causas raíces de los posibles problemas: mano de obra, repuestos, entrenamiento, medio ambiente, facilidades de taller, herramientas. • Analice cada caso particular que sobresalga en los Pareto y revise si hay fallas en la cadena de procedimiento: detectar-planear-ejecutar, según los procedimientos estándar de inspecciones, monitoreo de condiciones, planeación y ejecución de tareas. • Calcule los MTBS de cada equipo después de los Mantenimientos Preventivos, los cuales deben estar 50% por arriba del $MTBS_{benchmark}$. Si no lo están programe una auditoria completa al procedimiento. • Agrupar la mayor cantidad de trabajos en una misma parada y si es posible, en forma simultánea (“ventana de oportunidad”). • Identifique las fallas más repetitivas y establezca Procedimientos Estándar para la reparación de las mismas. Esto reduciría la costumbre de poner “parches” en lugar de atacar la raíz.
26	<p>Baja confiabilidad y bajos tiempos promedio de reparación. La proporción de personal está muy alta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplique la técnica de Pareto para determinar la (s) máquina (s) que están un 20% por debajo del $MTBS_{benchmark}$. Diseñe y ejecute un programa de estandarización a cada una de éstas máquinas.

		<ul style="list-style-type: none"> • Aplique la técnica de Pareto para determinar cuales sistemas de la máquina están presentando más problemas. Establezca metodologías para establecer causas raíces de los posibles problemas: mano de obra, repuestos, entrenamiento, medio ambiente, facilidades de taller, herramientas. • Analice cada caso particular que sobresalga en los Pareto y revise si hay fallas en la cadena de procedimiento: detectar-planear-ejecutar, según los procedimientos estándar de inspecciones, monitoreo de condiciones, planeación y ejecución de tareas. • Calcule los MTBS de cada equipo después de los Mantenimientos Preventivos, los cuales deben estar 50% por arriba del $MTBS_{benchmark}$. Si no lo están programe una auditoria completa al procedimiento. • Agrupar la mayor cantidad de trabajos en una misma parada y si es posible, en forma simultánea (“ventana de oportunidad”). • Identifique las fallas más repetitivas y establezca Procedimientos Estándar para la reparación de las mismas. Esto reduciría la costumbre de poner “parches” en lugar de atacar la raíz. • Revise los niveles de facturación de sus contratistas para prevenir que haya suministros de mano de obra ociosa.
27	<p>Todos los indicadores de desempeño están por debajo de su benchmark. Es posible que la baja disponibilidad de personal sea el aspecto más relevante, debido a que se revelan reparaciones tipo “parche” al verse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programe una campaña de contratación de personal para reestablecer los niveles de benchmarking. • Evalúe el conocimiento técnico del personal. Es posible que necesite ser reentrenado.

	aumentado el número de llamadas.	
--	----------------------------------	--

4.2 ANÁLISIS DE COSTOS

4.2.1 Generalidades.

Los dos indicadores de costos (i_{ep} y i_{pcr}) serán comparados con los objetivos propuestos (que no son **benchmarks**, por las razones expuestas en los numerales 3.4.5 y 3.4.6).

En la práctica, es común que los presupuestos de gastos específicos para mantenimiento de un mes, se consuman en otro mes (anterior o posterior) diferente al que se proyectó. Esta diferencia en el tiempo, puede causar que los índices de costos aparezcan “inflados” en un periodo o muy bajos en otros. Para evitar lo anterior, cada índice de costos se calculará como el promedio de los 3 meses anteriores. Por ejemplo:

De la tabla 12,

$$i_{ep_{prom-julio}} = (i_{ep_{jul}} + i_{ep_{jun}} + i_{ep_{may}}) \div 3$$

$$i_{ep_{prom-julio}} = (1,2 + 1,3 + 0,8) \div 3 = 1,10, y$$

Tabla 13. Datos ejemplo de índices de costos.

Mes	i_{ep}	$i_{ep_{prom}}$
Mayo	1,2	n/a
Junio	1,3	n/a
Julio	0,8	1,10

Agosto	0,6	0,90
Septiembre	1,7	1,03

El Índice de Ejecución de Presupuesto tiene 3 criterios de interpretación, que son, mostrados en la tabla 13.

Tabla 14. Criterios de interpretación de índice de Ejecución Presupuestal.

Valor del índice	Interpretación
$i_{ep} \leq 0,9$	Los gastos ejecutados fueron muy bajos en comparación con el presupuesto asignado.
$0,9 > i_{ep} > 1,1$	Los gastos ejecutados se ajustaron al presupuesto asignado.
$i_{ep} \geq 1,1$	Los gastos ejecutados fueron muy altos en comparación con el presupuesto asignado.

De otro lado, el Índice de Ejecución de PCR, por definición, sólo tiene 2 interpretaciones:

Los costos por PCR fueron ajustados a lo proyectado, si $i_{pcr} \approx 0,9$ (\approx) y los costos de PCR fueron muy altos si $i_{pcr} < 0,9$ (\blacktriangledown).

Las combinaciones de estos 2 criterios de resumen en la tabla 14.

Tabla 15. Combinaciones de criterios de costos.

CONDICIÓN	i_{ep}	i_{pcr}
1	\approx	\approx
2	\approx	\blacktriangledown

3	▲	≈
4	▲	▼
5	▼	≈
6	▼	▼

4.2.2 Diagnósticos y Acciones Correctivas.

Tabla 16. Interpretación y acciones correctivas para costos.

COND.	INTERPRETACIÓN / DIAGNÓSTICO	ACCIÓN (ES) CORRECTIVA (S)
1	Los costos se encuentran en el rango correcto	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguna.
2	Los gastos totales se mantienen, a pesar de que los costos por componentes están muy altos. Pudo haber una reducción en los gastos de PM	<ul style="list-style-type: none"> • Revise su programa de monitoreo de condiciones. • Revise si todos los Mantenimientos Preventivos fueron realizados según el programa original.
3	Los gastos totales muy altos, pero los de PCR estuvieron en el rango correcto. Se está gastando demasiado en correctivo.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplique Pareto a las fallas de campo y determine cual está afectando el gasto. • Revise los consumos de aceite y refrigerante, que podrían estar por encima de lo normal.
4	Gastos totales muy altos al igual que los generados por los de reemplazo de componentes.	<ul style="list-style-type: none"> • Revise su programa de monitoreo de condiciones. • Aplique Pareto a las fallas de campo y determine cual está afectando el gasto. • Revise los consumos de aceite y refrigerante, que podrían estar por encima de lo normal. • Haga una auditoria al proceso de PM. Enfoque ésta en los intervalos de reemplazo de partes. Algunas podrían extender su vida útil.
5	Gasto totales bajos y de PCR dentro de los límites.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifique que la reducción de costos sea por una reducción de los correctivos y

		no de los Preventivos.
6	Gastos totales bajos pero los de componentes están muy altos.	<ul style="list-style-type: none"> • Escenario improbable. Sin acciones. Valide los datos.

4.3 ANÁLISIS DEL CLIMA ORGANIZACIONAL.

4.3.1 Generalidades.

Los 4 indicadores definidos, que son los índices de Frecuencia (IF), de Severidad (IS), de Ausentismo (Au) y de Entrenamiento (CPE) y sus posibles valores aritméticos no tienen porque estar desligados de los indicadores de costos, pero debido al el grado de complejidad y la profundidad que debería alcanzar esta monografía se limitará a evaluarlos independientemente.

4.3.2 Diagnósticos y Acciones Correctivas.

Los criterios de comparación para el diagnóstico serán altos y bajos según su comparación con los **benchmarking** propuestos en el capítulo 3.

Tabla 17. Interpretación y acciones correctivas para el clima organizacional.

Indicador	Alto	Bajo
IS	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico. El o los accidentes tuvieron consecuencias significativamente altas. • Acción correctiva. Reúna un comité para el análisis del o los casos más representativos y determine la causa básica del accidente. Asigne responsables de los correctivos y exija resultados al corto, mediano y largo plazo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico. Resultado dentro de los esperados. • Acción correctiva. <ul style="list-style-type: none"> ◆ Felicite a todo el equipo de trabajo. No deje pasar por alto este logro. ◆ Haga revisar los cuasiaccidente y clasifíquelos por su potencialidad. Asegúrese de que no se esté llenado la “base de la pirámide”.
IF	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico. La cantidad de accidentes está por encima de lo relativamente normal. • Acción correctiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico. Resultado dentro de los esperados. • Acción correctiva. <ul style="list-style-type: none"> ◆ Felicite a todo el equipo de

	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Evalúe si los procesos de divulgación están siendo efectivos. ◆ Revise la posibilidad de iniciar un proceso de prevención desde lo conductual. 	<p>trabajo. No deje pasar por alto este logro.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Asegúrese de que no haya casos no reportados de incidentes, que tengan como propósito hacer parecer que todo está bien.
Au	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico. Poca disponibilidad de personal en las áreas de trabajo por entrenamiento, enfermedad o permisos. • Acción correctiva. <ul style="list-style-type: none"> ◆ Verifique cual de los componentes del ausentismo está causando en incremento de este índice, a saber: entrenamiento, enfermedad o permisos. ◆ Según cual sea el caso actúe: verifique si se está exagerando en los entrenamientos obligatorios, si existe algún factor laboral que haga que los trabajadores se enfermen o si hay alguna mala práctica por parte de los supervisores para conceder permisos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico. Disponibilidad correcta de personal. • Acción correctiva. Revise el índice de entrenamiento para asegurarse que no se esté dejando de enviar gente a los cursos obligatorios en busca de ganara mas horas hombre disponibles.
CPE	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico. Es posible que se esté exagerando en las horas de entrenamiento no obligatorio. Podría afectar la mano de obra disponible. • Acción correctiva. Ajuste las horas de entrenamiento entre 90 y 100% de las necesarias y use las sobrantes en otras actividades de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico. No se está cumpliendo con la ley de horas de entrenamiento obligatorias. • Acción correctiva. Determine si el supervisor no envía el personal a entrenarse o si éstos no se presentan a las aulas o si hay algún problema en el registro.

5. CONCLUSIONES

En el capítulo anterior de la monografía se establecieron las relaciones entre los datos, la información, los diagnósticos y las acciones correctivas, permitiendo la interpretación adecuada de la situación de la gestión de mantenimiento de una manera ágil y precisa. El total de lo generado se resume en:

- 41 diagnósticos (interpretaciones) emitidos con base en la combinación de 9 indicadores en sus posibles valores.
- 113 acciones correctivas recomendadas.

Las tablas de interpretación y acciones correctivas mostradas en el numeral 4 son el resultado combinado de conocimiento empírico de supervisores, líderes y superintendentes (niveles tácticos) de la empresa Drummond y de postulados teóricos de expertos en Planeación de Mantenimiento.

Un simple manual de bolsillo, será a partir de un futuro cercano, la mano derecha de los jefes de área, en cuanto a los análisis de indicadores y correctivos a aplicar, con el cual se consultará la combinación cualitativa de indicadores y se leerá la acción a implementar.

Esta forma de consulta reducirá los tiempos de respuesta para las mejoras, que ha sido uno de los problemas más relevantes: el tiempo transcurrido entre la generación del diagnóstico y la acción correctiva.

No obstante la evidente y sencilla lógica con que se llegó a cada acción correctiva propuesta, su efectividad no ha sido demostrada con el rigor científico, debido a varios factores como: la determinación de las causas es muy subjetiva,

la implementación de otras mejoras no contempladas en el plan inicial y que “hacen ruido” en el resultado final, falta de un proceso de seguimiento o retroalimentación.

Sin embargo los cuadros de interpretación y de acciones correctivas son el mejor de los puntos de partida para crear un sistema automático, en el que la presencia del Gerente de Mantenimiento, los superintendentes o los planeadores líderes no sea necesaria para la generación y aprobación de acciones correctivas, susceptibles de ser monitoreadas y evaluadas a futuro.

El proceso en sí es susceptible y necesario de ser mejorado, ya que los primeros resultados obtenidos permitirán obtener un criterio cuantitativo en lo que respecta al mejoramiento de los indicadores y así cada una de las acciones correctivas podrá ser asociada a un cambio (aumento o disminución) en los índices de confiabilidad, costos o clima organizacional.

La magnitud y dirección de estos cambios, reafirmará algunas acciones correctivas, provocará la modificación de unas y la eliminación de otras. Las que sean confirmadas o modificadas, sin duda evolucionarán y pasarán de acciones de índole general, a algunas de índole más específica, como por ejemplo, la acción correctiva:

Calcule los MTBS de cada equipo después de los Mantenimientos Preventivos, los cuales deben estar 50% por arriba del $MTBS_{benchmark}$. Si no lo están programe una auditoría completa al procedimiento.

Podría ser cambiada por: *revisar el sistema de despacho de aceite en PM ó controlar el tiempo dentro del área de lavado antes de cada PM.*

Ejemplos como el anterior muestran la posibilidad de un crecimiento aritmético (e incluso geométrico) de las alternativas de mejora, sólo desde la perspectiva del simple desglose de una solución de tipo general a varias más específicas.

Aún más, ya cuando se hayan explotado las posibilidades que se presentaron en esta monografía (punto de partida), otros indicadores podrían introducirse o crearse (como la mantenibilidad o número de inspecciones realizadas), implementarse y combinarse con los ya existentes, lo que daría como resultado un número de alternativas de acciones correctivas producto de operaciones exponenciales.

La etapa final de la evolución continua de este proceso estaría cuando todas las acciones correctivas generadas desde las diferentes perspectivas: la de desempeño, la de costos y la de clima organizacional puedan interrelacionarse entre sí y se puedan encontrar relaciones entre el ausentismo y los altos tiempos de reparación, entre los altos costos de PCR y los niveles bajo de entrenamiento.

Desde antes de llegar a las etapas de generación citadas en el párrafo anterior, las alternativas de correctivos dejarían de estar ya en un manual de bolsillo y pasarían a estar en la memoria de un procesador, que podría mostrar las probabilidades de éxito de cada medida sugerida, permitiendo al ejecutor una decisión más fácil y con menos incertidumbre.

En este punto, complejos algoritmos y avanzados software de que simulen inteligencia artificial en el mantenimiento es la visión que el Departamento de Mantenimiento de Equipo Móvil de Drummond Ltd. tiene para el año 2010.

BIBLIOGRAFÍA

BOTERO Botero, Ernesto. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento: Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga. UIS, 2007. 157. p.

CATERPILLAR. Performance Metrics for Mobile Mining Equipment. Peoria, 2005. 60.p.

GONZÁLEZ Bohórquez, Carlos Ramón. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento: Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: UIS, 2007. 193. p.


LEVITT, Joel & Nyman, Don. Maintenance Planning, Scheduling and Coordination. New York: Industrial Press Inc., 2001. 228. p.

TAMAYO Domínguez, Carlos Mario. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento: Organizaciones de Mantenimiento. Bucaramanga: UIS, 2007. 78. p.



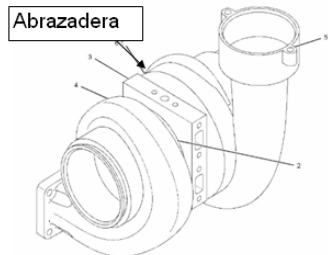
USING DATA TO DRIVE DECISIONS. Peoria: Caterpillar, 2006., 33 diapositivas: EEUU.




ANEXOS

ANEXO A

EQUIPO: _____ SMU: _____ FECHA _____					
RUTA 1					
TECNICO: _____ INICIO _____ FINALIZO _____					
793D PM H					
ITM	DESCRIPCION	T(mins)	QTY	REF	COMENTARIOS
1	INICIO DEL PM	0			
2	REVISE CINTURONES DE SEGURIDAD Y FECHA DE VENCIMIENTO	1			
3	RECORRIDO DESDE EL AREA DE LAVADO HASTA AREA DE PRUEBA DE CAMPO	10			
4	ENCENDER GRABADORA DE EVENTOS (DLOG-OK).	2			
5	REVISE FUNCIONAMIENTO DE LA ALARMA ANTISUEÑO (CONDUZCA EL CAMION EN UN SITIO DESPEJADO A BAJA VELOCIDAD Y SUELTE LA DIRECCION POR 4 SEG. LA ALARMA DEBERA SONAR)	1			
6	VERIFIQUE OPERACION DEL FRENO DE PARQUEO: 1.- Parque la maquina en una pendiente suave. 2.- Aplique el freno de servicio. 3.- cambie la palanca a primera 4.- Active el freno de parqueo. 5.- Suelte el pedal de freno. La maquina NO debera	5			
7	VERIFIQUE OPERACION DE FRENOS DE SERVICIO: 1.- Pise a fondo el pedal de freno. 2.- Ponga la palanca de cambio en 1a. 3.- Incremente suavemente la velocidad del motor hasta 1200 rpm. La maquina NO debera moverse.	5			
8	REALICE PRUEBAS DEL TCS (AETA)	5			
9	ACELERE GRADUALMENTE EL MOTOR EN VACIO HASTA LLEGAR A ALTAS rpm MANTENGA ESA VELOCIDAD POR 20 A 30 SEG. ANOTAR LAS RPMs	2			
10	CALE EL MOTOR DURANTE ALGUNOS SEGUNDOS (20 a 30) HASTA QUE LA ALARMA DE TEMPERATURA DE CONVERTIDOR SE ENCIENDA	2			
11	RECORRIDO DE PRUEBAS EN CAMPO HASTA AREA DE LAVADO	5			
12	LAVADO GENERAL DEL EQUIPO	30			
13	REVISE ESTADO DE PLUMILLAS LIMPIA PARABRISAS Y NIVEL DE AGUA	3			
14	AL SALIR DEL LAVADERO, ASEGURARSE QUE EL CAMION PRENDIO SIN PROBLEMAS DE BAJA PRESION DE AIRE. SI TUVO PROBLEMAS, LOCALICE FUGAS Y REPARE.	3			
15	MOVER A LA BAHIA DE PM	5			
16	ACELERAR MOTOR PARA REVISION DE PARAMETROS(REVISION DE PARAMETROS)	25			
17	MEDIR JUEGO AXIAL Y RADIAL DEL NOSE CONE (Anote medidas encontradas)	5			
18	MEDIR JUEGO RADIAL DEL HUESO PERRO (Anote medidas encontradas)	5			



19	VERIFIQUE FUNCIONAMIENTO DIRECCION DE EMERGENCIA. (apague el motor desde el Interruptor de Emergencia y haga girar el Volante.)	5			
20	INSPECCIONE LINEAS HIDRAULICAS, NEUMATICAS, DE GRASA Y A/A POR DAÑOS Y/O ABRAZADERAS Y CONEXIONES SUELTAS	10			
21	ACUMULADORES DE DIRECCION. CON MOTOR ENCEDIDO, REVISE NIVEL DE ACEITE EN MIRILLA INFERIOR.	2			
22	ACUMULADORES DE DIRECCION. CON MOTOR APAGADO, REVISE NIVEL DE ACEITE EN MIRILLA SUPERIOR	2			
23	CAMBIO ELEMENTO SEPARADOR AGUA - COMBUSTIBLE	15		111-0716	
24	REVISE CONDICION DE LA CHUMACERA, ROTULA Y ESPIGA DE LA PARTE SUPERIOR DE AMBAS SUSPENSIONES FRONTALES. REPORTE CUALQUIER ANOMALIA	5			
25	REVISE ESTADO DE BATERIAS, BORNES Y CONEXIONES, NIVEL DE ELECTROLITOS Y ESTADO DEL PH. REAPRIETE TIRANTES DE SUJECIÓN SI ES NECESARIO. UTILICE DIELECTRICOS PARA LIMPIAR BORNES	15			
26	INSPECCIONE CORREAS DE COMPRESOR A/A , ALTERNADOR. VERIFIQUE TENSION CORREAS A/A Y ALTERNADOR	10			
27	INSPECCIONE ROTULAS , BARRAS DIRRECCION, PIVOTE CENTRAL Y BARRAS ESTABILIZADORAS. (Efectuela con el motor encendido y haciendo girar la Dirrección levemente a lado y lado)	10			
28	LAVE EL AREA Y REVISE ESTADO NOSE CONE , ROTULA , AJUSTE DE TORNILLERIA Y ENGRASE.	15		AGUA A PRESION	
29	COMPLETE FORMATO DE ENGRASE DE EQUIPO ANEXO	20			
30	REVISAR Y ASEGURAR APROPIADAMENTE LA GUAYA DE LA TOLVA	5			
31	REVISE LOS NIVELES DE : MOTOR-TRANSMISION- DIRECCION-HIDRAULICO	5			
32	REVISE NIVELES DE : MANDO FINAL LH, MANDO FINAL RH, DIFERENCIAL, RUEDA DEL. RH. ,RUEDA DEL. LH.	30			
33	LAVE EL RESPIRADERO DEL DIFERENCIAL	5			
34	CAMBIO FILTRO DIFERENCIAL GUARDE FILTRO PARA INSPECCION	30	1	1R0741	
35	CAMBIO ACEITE RUEDAS DELANTERAS	10	12 4	60T04 5B3265	
36	MANGUERAS DEL SISTEMA DE LEVANTE (VAN DEL SCREEN AL CONTROL DE LEVANTE) SON CAMBIADAS MUY SEGUIDAMENTE (SE ROMPEN MUY CERCA AL FITTING), REVISE ESTADO DE ESTAS (2 UDS) Y CAMBIE SI ES NECESARIO			146-6174 (Hose)	
	TOTAL TIEMPO ESTIMADO EN HRS.	5.1			

EQUIPO: _____ SMU: _____ FECHA _____					
RUTA 2					
TECNICO: _____ INICIO _____ FINALIZO _____					
793D PM H					
ITM	DESCRIPCION	T(mins)	QTY	REF	COMENTARIOS
1	SISTEMA VIMS DESCARGE Y LIMPIE LAS MEMORIAS DE: LISTA DE EVENTOS, REGISTRADOR DE EVENTOS, Y REGISTRADOR DE DATOS	10			
2	INSTALAR MANOMETROS EN LAS TOMAS DE PRESION (REVISION DE PARAMETROS)	10			
3	MOTOR OBSERVE HUMOS DE ESCAPE	5			
4	REVISE SUSPENSIONES POR FUGAS DAÑOS EN GENERAL, REVISE LUBRICACION ADECUADA Y VALVULAS DE ALIVIO DE GRASA.	11			
5	INSPECCIONE TAPON MAGNETICO DE LAS RUEDAS	5			
6	INSPECCIONE TAPON MAGNETICO DE LOS MANDOS Y DEL DIFERENCIAL	15			
7	INSPECCIONE CARDAN PRINCIPAL Y DE BOMBAS POR FISURAS Y/O PERNOS SUELTOS	10			
8	REVISE AMBOS LADOS DEL RADIADOR POR FUGAS Y/O SUCIEDAD	10			
9	REVISE MULTIPLES DE ESCAPE POR GRIETAS, PERNOS FALTANTES Y/O FUGAS POR EMPAQUETADURAS	15	1	1366302	
10	REVISE ESTADO Y LIMPIE RESPIRADERO DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE				
11	REVISE COMPARTIMIENTO MOTOR POR SUCIEDADES, BASURAS, FUGAS. REVISE DUCTOS, GOMAS, ABRAZADERAS DEL SISTEMA DE ADMISION DE AIRE, REVISAR Y LIMPIAR EL BARRO QUE SE INCRUSTA EN EL DAMPER DEL MOTOR.	15			
12	RECOMENDACIÓN DE CATERPILLAR: REVISAR AJUSTE DE LAS ABRAZADERAS P/N 189-5124 PARTE INTERNA DE LOS CARACOLES DE LOS TURBOS, VERIFIQUE SI ESTA NECESITA DEMASIADO AJUSTE PREFERIBLEMENTE CAMBIAR LA ABRAZADERA (NOTA IMPORTANTE: SI ESTAS ABRAZADERAS SE CAMBIAN POR FAVOR NO LAS BOTE ENTREGELAS AL SUPERVISOR DE TURNO, ESTAS DEBEN REGRESAR A CATERPILLAR, TENER EN CUENTA QUE GECOLSA DEBE ASUMIR EL COSTO DE ESTAS PARTES.			189-5124	
13	LIMPIE LAS REJILLAS DE SALIDA DE LAS BOMBAS DE LEVANTE	25	2	4J0527	
14	REVISAR ARC: Verificación activación. Coloque el interruptor de activación del ARC en OFF. Luego colóquelo en ON y verifique que la luz testigo de activación de enciende por 2 segundo.	1			
15	REVISAR ARC: Verificación mecánica. Conduzca el camión hasta lo más alto de una rampa suave. Deténgalo y coloque la palanca selectora de cambios en 3era. Acelere al máximo hasta que alcance las máximas rpm en 3era. Suelte el acelerador. El motor no deberá superar los 2000 rpm, ni presentar la alarma de sobre velocidad. Simultáneamente los frenos deberán activarse automáticamente.	15			
TOTAL TIEMPO ESTIMADO EN HRS.		2.2			

EQUIPO: _____ SMU: _____ FECHA _____					
RUTA 3					
TECNICO: _____ INICIO _____ FINALIZO _____					
793D PM H					
ITM	DESCRIPCION	T (mins)	QTY	REF	COMENTARIOS
1	REALICE EVALUACION SEGUN FORMATO DE EVALUACION DE PARAMETROS ANEXO	20			
2	REGISTRO DE LECTURAS (REVISION DE PARAMETROS)	20			
3	TOMAR MUESTRA ACEITE AMBOS MANDOS FINALES Y DIFERENCIAL ANTES DE LA DIALISIS	5			
4	TOME MUESTRAS DE ACEITE TRANSMISION, HIDRAULICO Y DIRECCION	10			
5	REVISE CHASIS Y TOLVA POR GRIETAS Y FISURAS, REVISE PASADORES PIVOTE TOLVA. EN PM'S CON TOLVA LEVANTADA Y ASEGURADA AREA DE CONTACTO DE PADS	30			
6	REVISE FILTRO PRIMARIO DE AIRE E INDICADOR DE RESTRICCION. CAMBIE SI ES NECESARIO. (SI INDICA 20 PULG O MAS CAMBIE EL FILTRO)	20	4	292-5862	
7	CAMBIEY FILTROS SECUNDARIOS DE AIRE (REVISE QUE SU ASENATEMIENTO SEA EL MEJOR)	12	4	9Y-7663	
8	EVACUE POLVO ACUMULADO EN LOS DEPOSITOS DE EYECTORES. REVISE ESTADO DE VALVULA EJECTORA Y CAJA DE PREFILTRO (FUERA DEL HANGAR)	10			
9	RETIRE LA TAPA DEL CILINDRO DE LEVANTE Y LIMPIE BIEN EL AREA DE LA CABEZA DEL TORNILLO Y ARANDELA. MARQUE CON MARCAMETAL SOBRE LA CABEZA Y ARANDELA CON UNA LINEA, LUEGO TAPE PARA DER INSPECCIONADA EN EL PROXIMO PM. (TORQUE ESPECIFICADO : (1345 ± 75 lb ft)	20			
10	TOMAR MUESTRA ACEITE AMBOS MANDOS FINALES Y DIFERENCIAL DESPUES DE LA DIALISIS	10			
11	REVISE ESTADO DE EXPULSORES DE ROCA	5			
12	REVISE BOMBAS DE AGUA POR FUGAS A TRAVES DE AGUJEROS TESTIGOS (DOS BOMBAS)	5			
13	CAMBIO FILTROS DE REFRIGERACION Y REJILLA FRENOS TRASEROS	10	2	277-5812	
14	CAMBIO FILTRO FRENO DE PARQUEO	10	1 1 1	1R0719 3J1907 2S8439	
TOTAL TIEMPO ESTIMADO EN HRS.		3.1			



EQUIPO: _____ SMU: _____ FECHA _____					
RUTA 4					
TECNICO: _____ INICIO _____ FINALIZO _____					
793D PM H					
ITM	DESCRIPCION	T (mins)	QTY	REF	COMENTARIOS
1	CONECTAR Y REALIZAR DIALISIS DE MANDOS FINALES Y DIFERENCIAL	130			
2	CAMBIO FILTROS DE CARGA T.C., GUARDE FILTROS PARA INSPECCION	30	2	1R0741	
3	CAMBIO ACEITE HIDRAULICO	30			
4	REVISE ESTADO DE ESPEJOS RETROVISORES	5			
5	REVISE AREA DE TANQUE DE LA DIRECCION POR FUGAS	5			
6	DRENE HUMEDAD DE TANQUE PRINCIPAL DE AIRE Y TANQUE DE FRENO SECUNDARIO. CON EQUIPO ENCENDIDO.	5			
7	REVISE FUNCIONAMIENTO LUCES FRONTALES DE TRABAJO (ALTA/BAJA) DIRECCIONALES, LUZ DE ESCALERA, COMPARTIMIENTO MOTOR, PITO Y EXPLORADORAS	10			
8	CHEQUE OPERACION DE ALARMA DE RETROCESO Y LUCES TRASERAS, LUCES DE RETROCESO DELANTERAS	10			
9	LIMPIE REJILLA MAGNETICA DE LA TRANSMISION	10	2 2	5F0149 9W5531	
10	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA ELECTRICA LIBERACION DE FRENOS (TOWING), ASEGURESE DE QUE FUNCIONE CON EL SWITCH DE LA CABINA LEVANTE Y PRESION.	10			
11	LIMPIE CABINA, RETROVISORES, NUMEROS REFLECTIVOS Y TALCOS DE LAS LUCES	30			
12	LAVE AREA DEL NOSE CONE Y REVISE POR FISURAS	5			
13	CORTE E INSPECCIONE LOS FILTROS REMOVIDOS DURANTE EL MITTO.	20			
14	REVISAR QUE LA TAPA DEL WIGGING DE LLENADO DE COMBUSTIBLE ESTE INSTALADA, DE LO CONTRARIO INSTALAR UNA NUEVA	10			
TOTAL TIEMPO ESTIMADO EN HRS.		2.8			

EQUIPO: _____ SMU: _____ FECHA _____				 Drummond LTD.	
RUTA 5					
TECNICO: _____ INICIO _____ FINALIZO _____					
793D PM H					
ITM	DESCRIPCION	T (mins)	QTY	REF	COMENTARIOS
1	TOME MUESTRA DE ACEITE MOTOR	10	1	8T9190	
2	REVISE INDICADOR DE COMBUSTIBLE EN TANQUE	2			
3	CAMBIO FILTROS DE ACEITE MOTOR, GUARDE FILTROS PARA INSPECCION.	20	4	272-1788	
4	REVISE POR POSIBLES FUGAS Y ESTADO DE LINEAS EN AREAS DE: MOTOR, T.C. , TANQUE COMBUSTIBLE, HIDRAULICO, TRANSMISION, DIFERENCIAL Y MANDOS FINALES	15			
5	REVISE SOPORTES DE GOMA MOTOR	5			
6	REVISE COMPARTIMIENTO MOTOR POR SUCIEDADES, BASURAS, FUGAS . REVISE DUCTOS, GOMAS, ABRAZADERAS DEL SISTEMA DE ADMISION DE AIRE, REVISAR Y LIMPIAR EL BARRO QUE SE INCRUSTA EN EL DAMPER DEL MOTOR.	15			
7	LAVE REJILLA FILTRO PRIMARIO DE COMBUSTIBLE ** VERIFIQUE EL FLUJO NORMAL DE LA MANGUERA QUE SALE DEL TK AL FILTRO.**	10	1 1 1	2M2342 8H2778 2J0157	** OJO LAVAR **
8	DRENE 5 GALONES DE ACPM DEL FONDO DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	10			
9	CAMBIE FILTROS SECUNDARIOS DE COMBUSTIBLE		2	1R-0755	
10	LAVE LOS RESPIRADEROS DEL MOTOR	30			
11	REVISION GENERAL DE CONECTORES DEUTSCH. (Desconectar, Limpiar, Volver a Conectar y Sellar con Silicona.)	30			
TOTAL TIEMPO ESTIMADO EN HRS.		2.5			

ANEXO B

DRUMMOND LTD. COLOMBIA

INSPECCION PREOPERACIONAL DE EQUIPOS / VEHICULOS

HORA: 06 AM EQUIPO # 2276
 VEHICULO # Tanque 7770
 INSPECCIONADO POR: D. J. J. J. FECHA: 10.25.08
 TURNO: Diurno HOROMETRO: 58047

NO OPERE EQUIPOS SIN FRENOS NI DIRECCION APROPIADOS, REPORTE CONDICIONES INSEGURAS A SU SUPERVISOR INMEDIATAMENTE. COMO TAMBIEN CONDICIONES MECANICAS QUE PUEDAN OCASIONAR DAÑOS AL EQUIPO.

ANTE CUALQUIER OTRA PARTE DEL EQUIPO, VEHICULO QUE NECESITE REPARACION Y QUE NO APAREZCA EN ESTE FORMATO. ESTE FORMATO DEBE SER DEVUELTO A SU SUPERVISOR AL FINAL DE CADA DIA DE SU TURNO.

N.R. = NECESITA REPARACION

No.	ITEM PARA REVISAR	BIEN	N.R.	No.	ITEM PARA REVISAR	BIEN	N.R.
01	LLANTAS, RINES, PERNOS, TUERCAS.	✓		16	VIDRIOS.	✓	
02	EJE DE MANDO POR PARTES FLOJAS O FALTANTES.	✓		17	ESPEJOS RETROVISORES.	✓	
03	ORUGAS, RODILLOS.			18	CONDICIONES DE LA CABINA.	✓	
04	CUCHILLA / CUCHARON POR FALTA DE PINES, PASADORES, TORNILLOS ETC / PARTES FLOJAS.			19	SILLA.	✓	
05	FUGA DE LIQUIDOS / MANGUERAS O TANQUES.		✓	20	CINTURON DE SEGURIDAD.	✓	
06	NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO (SI APLICA)	✓		21	INSTRUMENTOS / ALARMAS LUMINOSAS.	✓	
07	GRASA O ACEITE EXCESIVO.		✓	22	LUCES DELANTERAS / TRACERAS / ROTATIVAS (OPERADOR TURNO NOCTURNO)	✓	
08	ESCALERA, PELDAÑOS, PASAMANOS, AGARRADERAS.	✓		22	PITO.	✓	
09	NIVEL DE ACEITES DE MOTOR.	✓		23	LIMPIA VIDRIOS.	✓	
10	NIVEL DE AGUA REFRIGERANTE.	✓		25	FRENO DE SERVICIO / FRENO DE PARQUEO.	✓	
11	NIVEL DE COMBUSTIBLE.	✓		26	ALARMAS RETROCESO.	✓	
12	NIVEL DE ACEITE DE TRANSMISION (SI APLICA)	✓		27	SISTEMA DE DIRECCION.	✓	
13	NIVEL DE LIQUIDO DE FRENOS (SI APLICA)	✓					
14	EXTINGUIDOR PORTATIL / SISTEMA SUSPENSOR DE INCENDIO (SI APLICA)	✓					
15	PUERTAS / CERRADURAS.	✓					

OBSERVACIONES: Fuga hidraulica

ANEXO C

Inspección PRE PM 785 Camabaja

Fecha: _____

Técnicos: _____

Turno: _____

Supervisor: _____

Equipo: _____

>> Encienda todas las luces

>> Revise por posible fugas y estado de líneas

Revise por posible fugas y estado de líneas

- > Compresor de aire servicio
- > Compresor de A/A
- > Correas en general
- > Junta de carter motor
- > Motor de arranque
- > Revise nivel de aceite motor
- > Tapas de inspecciones del motor
- > Radiador, líneas y guarda del ventilador
- > Bomba de transferencia
- > Bomba de lubricación

Revise por posible fugas y estado de líneas

- > Suspensión frontal y rueda No 2
- >> Cilindros y barras de dirección

Revise por posible fugas y estado de líneas

- > Convertidor de Torque y Bomba
- >> Bomba de enfriamiento frenos
- > Bomba de levante y PTO
- > Eje cardan y crucetas
- > Taque hidráulico / Transm, revise niveles

Revise por posible fugas y estado de líneas

- > Transmisión
- >> Suspensiones traseras
- > Mandos finales y diferencial
- > Cilindros de levante del cuello de gancho
- > Cilindros inclinación del gancho de agarre

- > Tanque de combustible
- > Suspensión frontal y rueda No 1
- > Tanque expansión del radiador
- revise niveles
- > Drene sedimento del tanque de aire
- > Tanque de grasa, revise nivel
- > Tanque de dirección, revise nivel

>> Trailer Camabaja / gancho / gancho de amarre

Revisar sistema quinta rueda por fisura y lubricación, incluye:

- > Acople cuello de gancho
- > Pin Líneas de engrase y platos de fricción

Nota: Tener en cuenta que la tolerancia entre los platos sea la recomendada

- > Revisar estado de las líneas de grasa del cuello de gancho
- > Revisar estado de las mangueras y cilindro de agarre al pin del trailer

>> Inspeccionar estructura general por grietas Y laminas sueltas del trailer

>> En cabina revise funcionamiento de:

- > Luces de tablero
- > Luz de cabina
- > Pito
- > Limpiavidrios
- > Alarma de reversa

>> Tome Horometro

Nota:

Para las anomalías encontradas, favor generar backlogs

Comentarios: _____

ANEXO D

Off Highway Trucks



793D	42
793C	70
793B	18
785	7
777D	14
777C-777CWT	17-15
777B	1
776D	3
<hr/>	
187	

Excavators



350L	5
330	1
320	1
345CL	4
<hr/>	
10	

Articulated Trucks



D250E	10
<hr/>	
10	

Landfill Compactors



825B	1
<hr/>	
1	

Track-Type Tractors



D11R	76
D11N	8
D10R	11
D10	6
D9L	15
D6R	6
D6H	1
<hr/>	
123	

Electric Power



3516	20
3512	1
3412	12
3406	2
3306	5
D343	2
<hr/>	
42	

Pipelayers



583R	4
<hr/>	
4	

Wheel Tractor-Scrapers



639D	1
<hr/>	
1	

Wheel Loaders



992C	4
990	2
988B	9
980G	6
980C	2
980B	1
966F	1
966C	3
928G	1
910	1
<hr/>	
32	

Backhoe Loaders



428B	1
<hr/>	
1	

Telehandlers



TH360B	1
TH460B	1
TH83	1
<hr/>	
3	

Wheel Excavators



214B	1
<hr/>	
1	

Integrated Toolcarriers



IT38G	1
<hr/>	
1	

Wheel Dozers



834B	16
824C	1
<hr/>	
17	

Skid Steer Loaders



226	1
216	2
<hr/>	
3	

Motor Graders



24H	4
16G	8
16H	1
14E	1
<hr/>	
14	

Multi Terrain Loaders



277B	5
277	1
<hr/>	
6	

Vibratory Soil Compactors



CS-563C	1
<hr/>	
1	

Wheel Skidders



525	2
<hr/>	
2	

Up to: Sep 30th-2008

ANEXO E

ANEXO F

