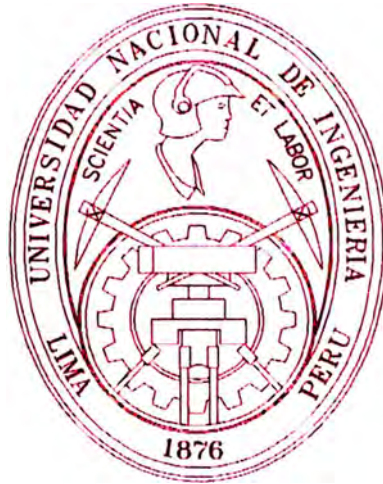


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**PLAN DE MEJORAS EN EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE
CARGUIO Y ACARREO DE BAJO PERFIL UTILIZADOS EN
MINAS SUBTERRANEAS**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO

FRANCISCO REGIS INCHICAQUE ONCOY

PROMOCIÓN 1972-I

LIMA – PERU

- 2007

**PLAN DE MEJORAS EN EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE
CARGUIO Y ACARREO DE BAJO PERFIL UTILIZADOS EN MINAS
SUBTERRANEAS**

	Páginas
PROLOGO	1
CAPITULO 1	
1 INTRODUCCIÓN	3
1.1 Antecedentes históricos	3
1.2 Propósito	14
1.3 Alcance	15
1.4 Limitaciones	15
CAPITULO 2	
2 MARCO CONCEPTUAL	16
2.1 Definiciones	17
2.1.1 Fiabilidad	18
2.1.2 Confiabilidad	20
2.1.3 Confiabilidad Operacional	21
2.1.4 Eficiencia	23
2.1.5 Eficacia	24
2.1.6 Efectividad	25
2.1.7 Mantenibilidad	27
2.1.8 Soportabilidad	28
2.1.9 Disponibilidad	20
2.1.10 Tiempo Medio para Reparar, MTTR	30

2.1.11	Tiempo medio para Fallar, MTTF	31
2.1.12	Tiempo medio entre Fallas, MTBF	31
2.1.13	Enfoque de Procesos	33
2.1.14	Indicadores de Gestión	36

CAPITULO 3

3	DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO	38
3.1	Propósito	38
3.2	Secuencia histórica	38
3.3	Perfil de evaluación de la gestión	39
3.4	Estilo Gerencial	41
3.5	Fuerza Laboral	42
3.6	Organigrama de Mantenimiento	43
3.7	Manual de Funciones de Mantenimiento	44
3.7.1	Superintendencia de Mantenimiento	45
3.7.2	Jefes de Mantenimiento Mecánico y Eléctrico	46
3.7.3	Supervisores de Mantenimiento	46
3.8	Administración de Contratos de Servicios de Mantenimiento	47
3.9	Infraestructura de Taller	48
3.10	Recursos Humanos	49
3.11	Diagnóstico de Equipos	50
3.12	Análisis de Fallas	52
3.12.1	Fallas de Equipo de Carguío	53
3.12.2	Fallas de Equipos de Acarreo	54

3.13 Disponibilidad	57
3.14 Registros históricos	57
3.15 Indicadores	59
3.16 Pérdidas de Producción	59
3.17 Resultados Económicos	60

CAPITULO 04

4 PLAN DE MEJORAS	65
4.1 Aplicación de la Nueva Metodología	65
4.1.1 Mantenimiento Correctivo	66
4.1.2 Mantenimiento Preventivo	68
4.1.3 Mantenimiento Predictivo	74
4.1.4 Mantenimiento Proactivo	76
4.1.5 Mantenimiento Productivo Total, TPM	78
4.1.6 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, RMC	82
4.2 Indicadores de Gestión	86
4.2.1 Eficiencia	86
4.2.2 Eficacia	88
4.2.3 Efectividad	88
4.3 Plan de Entrenamiento	89
4.3.1 Técnicos de Mantenimiento	90
4.3.2 Operadores Mantenedores	91
4.3.3 Supervisores de Línea	93
4.4 Normas Técnicas	94

CAPITULO 05

5 MONITOREO DE MEJORAS	96
5.1 Resultados	96
5.1.1 Mantenimiento Correctivo	96
5.1.2 Mantenimiento Preventivo	97
5.1.3 Mantenimiento Predictivo	98
5.1.4 Mantenimiento Proactivo	99
5.1.5 Mantenimiento Productivo Total	99
5.1.6 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	99
5.2 Indicadores de Gestión	100
5.3 Entrenamiento	101
5.4 Normas Técnicas	102
5.5 Resultados Económicos	102
CONCLUSIONES	103
BIBLIOGRAFÍA	105

PROLOGO

El desarrollo este Informe de Suficiencia, ha provocado un cambio sustancial en el enfoque ante los problemas técnicos. tal que después de resumir las experiencias se definió el alcance del tema, cuyos efectos son y serán a futuro, de resultados efectivos, para la gestión de mantenimiento, particularmente en la conducción de flotas de cargadores y camiones de bajo perfil, aplicables a minas subterráneas.

En el Capítulo 01. Introducción. se narra los orígenes e historia de la evolución de los equipos de mina, denominados trackless, se continúa con el propósito, alcance y limitaciones del Informe.

En el Capítulo 02. Marco Conceptual. se da énfasis a las conceptualizaciones de términos que no están claros en el ámbito minero, el carácter polisémico, es lo que genera confusiones y en el Informe se trata de ordenar las ideas, además de invocar la adopción del pensamiento sistémico, como generador de soluciones.

En el Capítulo 03. Diagnóstico Situacional, se indica su propósito, la secuencia histórica y los perfiles que emergen de la evaluación en detalle, tocando el estilo gerencial, la fuerza laboral, organigramas y manual de funciones. También se toca el tema de la administración de contratos con terceros, infraestructura de taller, recursos humanos, diagnóstico de equipos y el análisis de fallas tanto de los cargadores como del camión y la disponibilidad.

Se ven los registros históricos, indicadores, pérdidas de producción y resultados económicos.

En el Capítulo 04, Plan de mejoras, se plantea la aplicación de nuevas metodologías, en los ámbitos del mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo, proactivo, TPM

y RCM. Se toca el tema de indicadores de gestión, Plan de Entrenamiento y las Normas técnicas

En el Capítulo 05, Monitoreo, se muestran los resultados, básicamente en la aplicación del mantenimiento preventivo, aunque en los otros, no se tiene resultados por estar en proceso, lo que tomará más tiempo para su ejecución. Se ven los Indicadores de gestión, entrenamiento, Normas técnicas aplicables y Resultados económicos, con el que se concluye este Informe.

En la parte de Conclusiones, se indican los resultados obtenidos en el plazo de ejecución, siendo una señal de avance para la implementación de las otras metodologías de mantenimiento.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

"Compartir el conocimiento es una acción de seres inteligentes, que han comprobado que el conocimiento es un bien que crece a medida que se lo comparte"
Prof. Mario Héctor Vogel

Este informe desarrolla mejoras aplicables al mantenimiento de equipos de bajo perfil, en el proceso de extracción de mineral subsuelo, para atender con efectividad las demandas del mercado vigente que exige excelencia y alto nivel de competitividad, en el producto y en el servicio; y es inconcebible que en la Gestión de Mantenimiento, como función relevante de apoyo a la producción -y parte de la Empresa- no se apliquen dichas mejoras

Todas las empresas tienen un reto potencial de cómo mejorar la Gestión de Mantenimiento, en sus tres dimensiones: Continuidad de la Empresa para mantenerla en marcha, Protección del Medio Ambiente y Compromiso Social para mejora del entorno y grupos de interés.

Todo ello, enfocado en un planeamiento estratégico que parte de la Visión y Misión de la Empresa, con fijación de Políticas, Objetivos y Valores, para sostener una capacidad competitiva en la calidad y cantidad de recursos que se comprometen en el área de Mantenimiento, para generar beneficios con su más inmediato cliente, el área de Operaciones, ofreciéndole Confiabilidad y Disponibilidad de equipos, para lograr productividad y alta rentabilidad, que son los objetivos mayores de toda empresa.

1.1 Antecedentes históricos

En sus inicios, la extracción minera subsuelo, empezó a mecanizarse con equipos sobre rieles, denominado “convencionales”, evolucionando con diferentes modelos, más eficientes y con mayor capacidad productiva, hasta los actuales equipos denominados LHD (Low Haul Dump¹).

Hasta la década del 60’, los ciclos de carguío en túneles de acceso, se hacían mediante cargadores o palas neumáticas², ver Fig. 1.1, que recorrían sobre rieles, con capacidad de cuchareo de 0.5 a 2 yd³, y, los tajos de producción, se diseñaban para cargadores neumáticos con llantas, Ver Fig. 1.2, los que alimentaban por gravedad a tolvas, neumática o manuales.



Fig. 1.1, Pala neumática



Fig. 1.2, Pala avo

¹ LHD: nomenclatura establecida por los fabricantes para los equipos de carguío y acarreo de bajo perfil

² Como una extensión del uso del aire comprimido de las perforadoras neumáticas

Posteriormente se incrementaron con vagones sobre rieles de 35 pies³ (U-35), Ver Fig. 3, y de 80 pies³ (G-80), Ver Fig. 4, los que eran jalados por locomotoras a baterías de 2 a 4 tn de arrastre.



Fig. 1.3 Carros U-35, 35 pies³



Fig. 1.4 Carros de 80 pies³

Con el crecimiento de la producción se diseñaron accesos para locomotoras a trolley³, de capacidad, 10 a 20 Tn, Ver Figs. 1.5, y/o volquetes diesel convencionales, que trasportaban desde los echaderos principales a las canchas de apilamiento (stock pile) y de allí a las Chancadoras.

³ Locomotora accionada eléctricamente y recibe la energía de conductores elevados por medio de un trolley.
http://translate.google.com/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.clavtonequipment.co.uk/trolley_locos.htm&sa=N&oi=translate&resnum=4&ct=result&prev=search%3Fq%3Dtrolley%2Blocomotive%26hl%3Des%26lr%3D%26sa%3DC



Fig. 1.5 Locomotora eléctrica

En la década del 70' al 80', por los avances tecnológicos, aparecen los cargadores diesel y eléctricos de bajo perfil, denominados *scooptrams*⁴. Ver Figs. 1.6 y 1.7, los cuales reemplazan a los cargadores neumáticos, por ser más económicos, comparando la utilización de la energía eléctrica con la energía del aire comprimido y por su versatilidad de penetración en las labores mineras, con la única de ser compactos, dificultad para las correcciones mecánicas y eléctricas.



Fig. 1.6 Scoop diesel de 1 yd³

⁴ Equipos compactos y sumamente maniobrables, diseñados para avances o tajos estrechos en ancho y altura.
<http://www.v.miningandconstruction.sandvik.com>



Fig. 1.7. Scoop eléctrico de 5 yd³

Para mejorar la extracción de mineral, se diseñó un sistema mixto de carguio con los scooptrams y el acarreo con locomotoras eléctricas alimentadas mediante el sistema trolley, de 200 tn de arrastre, Ver Fig. 1.8, con vagones sobre rieles de 20 tn de carga, Ver Fig. 1.9, con un alcance de transporte de 5 a 10 Km., entre la Mina y la Planta Concentradora.



Fig. 1.8. Locomotora a trolley

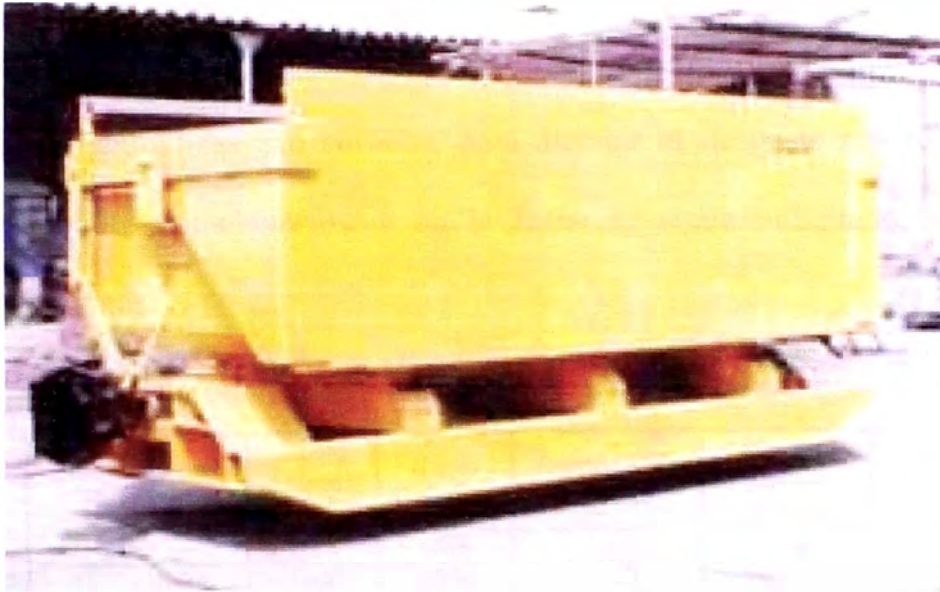


Fig. 1.9, Carros de 20 Tn

Cabe mencionar, que inicialmente los cargadores de bajo perfil, utilizaban cadenas de protección en sus llantas, Ver Fig. 10, para evitar los cortes en los flancos y bandas de rodamiento por el mineral normalmente abrasivo.



Fig 1.10, Llantas con protección

En los años 1978 -1980 surgió la crisis del acero, se elevaron los precios de las cadenas y consecuentemente los costos unitarios, como se indican en las Tabla 1.1, que muestra el ahorro por dejar de usar cadenas después de un

análisis de costo beneficio y vencer el paradigma de las cadenas, se determinaron retirar las cadenas para utilizar sólo las llantas con banda de rodamiento lisas, sin cocadas, para atenuar el desgaste por rodadura, con resultados satisfactorios, y ha la fecha se sigue utilizando, sin mayores problemas.

CALCULO DE RENDIMIENTO DE LLANTAS CON CADENAS DE PROTECCION

Medidas de Llantas	Costo Llantas Nuevas	Costo Cadenas	Tiempo Vida Cadena	1ra Vida Llantas Nuevas	Costo de Reencauche de Llantas
	US\$	US\$	Hrs	Hrs	US\$
1800x25-24	1800	2500	5500	2300	950
Costo de Reparaciones de Cadenas	2da Vida Llantas Reencauchadas	3ra Vida Llantas Reencauchadas	Costo Total Cadenas + Llantas	Tiempo Total de Uso	Costo Unitario
US\$	Hrs	Hrs	US\$	Hrs	US\$/Hr
500	1800	1500	6700	5500	1.22

CALCULO DE RENDIMIENTO DE LLANTAS SIN CADENAS DE PROTECCION

1ra Vida Llantas Nuevas	2da Vida Llantas Reencauchadas	Costo Total Llantas	Tiempo Total	Costo Unitario	Ahorro
Hrs	Hrs	US\$	Hrs	US\$/Hr	US\$/Hr
1900	1200	2750	3100	0.89	0.33

Tabla 1.1. Rendimiento de Cadenas y Llantas

En esos mismos años aparecen los camiones de bajo perfil denominados *teletrams* con capacidades de transporte de 10 a 40 tn. Ver Figs. 1.11 y 1.12, desarrollando hasta 30 Km/h y reemplazan a las locomotoras por su lentitud, rigidez y poco alcance, logrando mayor velocidad en el desarrollo y explotación de desmonte o mineral.



Fig. 1.11, Camión Trackless



Fig. 1.12, Camión de 40 Tn

Con el uso de estos equipos, se fortalece en la minería subterránea, el Sistema Trackless (“sin rieles⁵”), particularmente en el sistema de corte y relleno ascendente, método utilizado a la fecha, con resultados cada vez más efectivos y demandando también mejoras en el mantenimiento de equipos y su ejecución en interior mina.

Por otro lado, también la administración de mantenimiento evoluciona gradualmente, como se resume en el Gráfico 1.1, desde el año 1915, donde no se practicaba el mantenimiento, era la época del Cero Mantenimiento, surge el Mantenimiento Correctivo forzado por las circunstancias porque las fallas ocurrían en forma aleatoria y afectaban continuamente a la producción

⁵ Sistema Trackless, nombre que se popularizó en la década del 70 a la fecha.

y, por necesidad natural, se intervenía al equipo para corregir la falla hasta dejarlo operativo a cualquier costo, razón porqué a la actividad de Mantenimiento, se le consideraba como gasto corriente y no se contabilizaba por ser un mal necesario, generando grandes de pérdidas de producción.

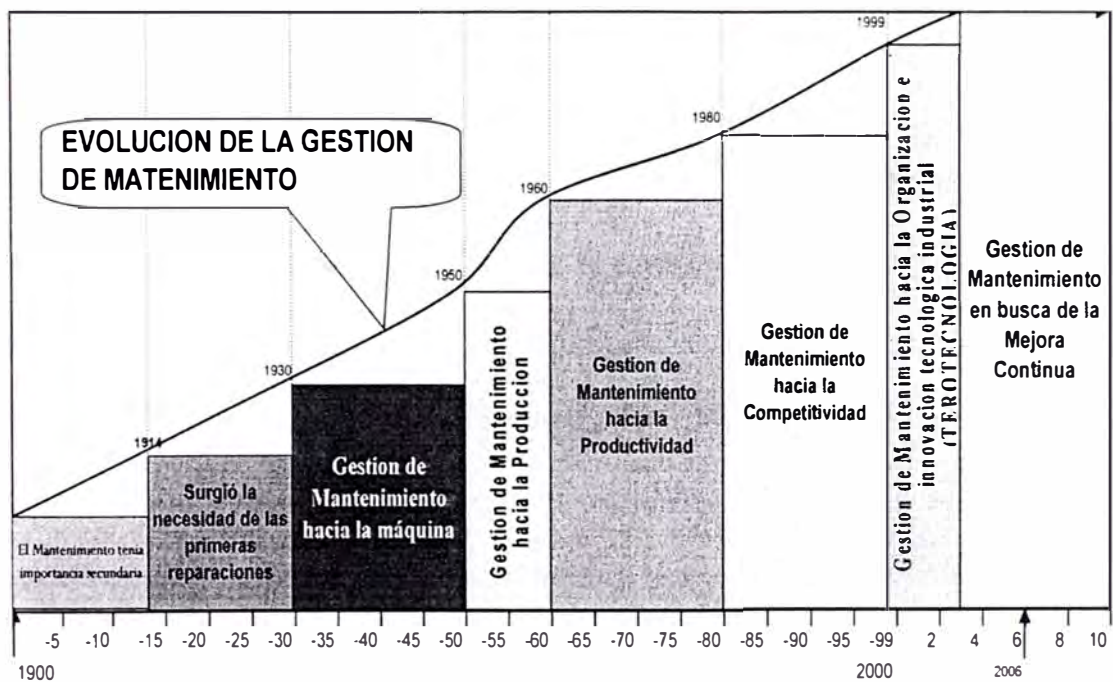


Gráfico 1.1. Evolución del mantenimiento

En los años '30 se inicia la preocupación por los equipos y máquinas, surge la necesidad de planificar al mantenimiento con criterio preventivo, programando la sustitución o reparación de componentes a intervalos fijos, recomendados por los fabricantes y apoyados por los registros estadísticos extraídos de los incipientes e incompletos historiales de equipos.

En el año 1950, se tiende a considerar los equipos a base de la producción planeada, pero sin garantía de confiabilidad requerida. al mismo tiempo que generaba sobrecostos por reemplazo de partes o lubricantes en condiciones aptas de uso.

Por este hecho, en la década del 60', aparece el Mantenimiento Predictivo, ante la idea de Productividad al cual se orienta, con el propósito de actuar antes que ocurra la falla, enfocándose a los síntomas de falla utilizando las técnicas de análisis de muestras de lubricantes, análisis de vibraciones y ensayos no destructivos como: radiografías, ultrasonido, termografía, etc. que permitió detectar síntomas de inicio de falla.

En la década del '80, se ingresa a la era de la Competitividad, exigiendo a Mantenimiento más beneficio de las herramientas predictivas⁶, y nace el Mantenimiento Proactivo, con el monitoreo de condición y la evolución de los parámetros relativos versus tiempo, identificando tendencias de fallas y alertas tempranas. El punto **P**, primer momento en que la causa de falla es detectada y **F** el punto de falla, el equipo llega al límite inferior del rango normal de desempeño.

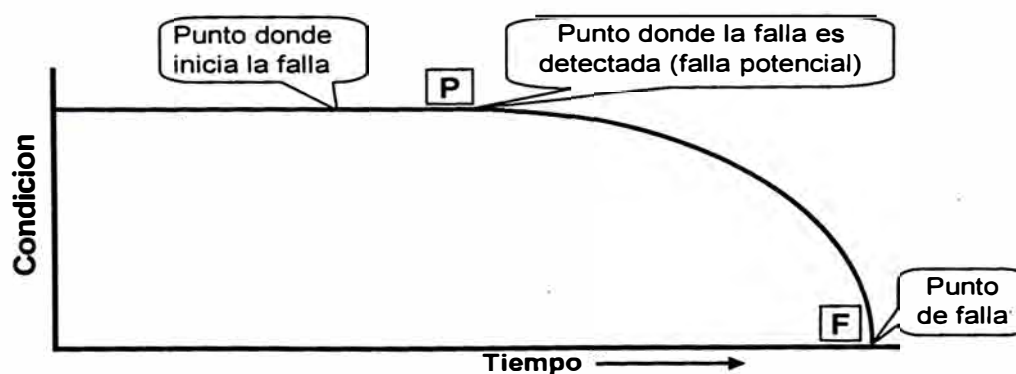


Gráfico 1.2. Período P-F

El período **P-F**, tal como se puede apreciar en el Gráfico 1.2, es el período de tiempo entre el punto donde es detectada la falla potencial y el punto donde se convierte en una falla funcional.

⁶ Llegando a practicar las técnicas de monitoreo de variables físicas como indicadores de la condición de la máquina, analizando y comparando con los rangos de valores nominales para evaluar las condiciones de deterioro, en cada sistema del equipo

El Mantenimiento Proactivo, con el Monitoreo de Condición se enfoca, a diferencia del Mantenimiento Predictivo, a las causas de las fallas, mediante el Análisis de Modos y Efectos de Falla, AMEF⁷.

Las estadísticas indican que el 10% de las causas generan el 90% de las fallas, recomienda no seguir gastando en las consecuencias de las mismas.

En el año 1,999, surge la denominada Terotecnología⁸, un conjunto de técnicas, finanzas, calidad y confiabilidad, para reducir el costo del ciclo de vida, desde su concepción, construcción, montaje, instalación, operación, mantenimiento, reposición y cambios; un enfoque multidisciplinario y sistémico que sintetiza prácticas e integra principios y conceptos habidos.

En el año 2,003, se institucionaliza el Mantenimiento Productivo Total, TPM, evolucionando con mejoramiento continuo, Gráfico 13, con cambios de actitud en el personal, que se muestra en la Tabla 1.2.

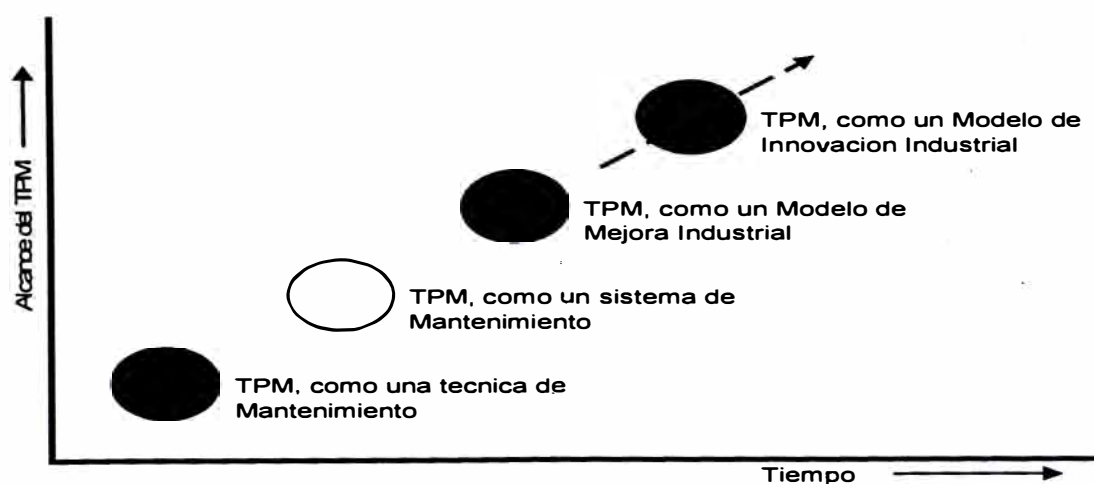


Gráfico 1.3, Evolución del TPM

⁷ Una vez que se ha identificado la causa raíz que genera el desgaste, se debe eliminar para extender la vida en servicio de los componentes, manteniendo los parámetros de causa de falla dentro de límites aceptables.

⁸ Estudia sistemas industriales desde su concepción, proyecto, diseño, ingeniería básica y de detalle, fabricación, instalación, puesta en marcha, operación y desecho con vistas a la minimización de los gastos por producto unitario.

**CAMBIO DE ACTITUDES DE LOS OPERADORES Y TECNICOS AL PASAR DEL MANTENIMIENTO
TRADICIONAL AL TPM**

MANTENIMIENTO TRADICIONAL		TPM	
OPERARIO DE PRODUCCION	SOLO REALIZA LABORES DE OPERACION DEL EQUIPO	OPERARIO DE PRODUCCION	EL OPERADOR ASUME FUNCIONES BASICAS DE MANTENIMIENTO
	NO INTERVIENE EN SU CUIDADO O CONTROL		USA EL CHECK LIST Y REPORTA DETECCION DE FALLAS
	DESCONOCE SU PLENO FUNCIONAMIENTO		ASUME ROL PROTAGONICO DE CUIDADO Y PROTECCION DEL EQUIPO
TECNICO DE MANTENIMIENTO	SOLO REALIZA LABORES DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	TECNICO DE MANTENIMIENTO	TRABAJA EN GRUPO CELULAR Y MULTIDISCIPLINARIO PARA PRODUCIR
	DESCONOCE SU FUNCION PRODUCTIVA		DESARROLLA COMUNICACION PERMANENTE CON MANTENIMIENTO
	NO INTERVIENE EN LA PRODUCCION		SE DEDICA CON MAYOR EFECTIVIDAD A REALIZAR TAREAS MAS COMPLEJAS Y MEJOR CUIDADO FUNCIONAL DE LOS EQUIPOS

Tabla 1.2, Cambio de actitudes del personal por el TPM

También se desarrolla la filosofía basada en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, con variaciones como el RCM2, que mejora el identificar las fallas antes que ocurran, con ayuda de más herramientas predictivas.

1.2 Propósito

Actualmente en el sector minero subsuelo, el mantenimiento de equipos de carguío y acarreo, tiene resultados de baja disponibilidad y reducida vida útil, con altos costos significativos y altas pérdidas de producción, que normalmente no son contabilizados, por el enfoque orientado a la producción y una deficiente Gestión de Mantenimiento.

En las empresas mineras casi no hay un consenso que uniformice la metodología de mantenimiento que permita alcanzar la producción planeada en términos de costos y beneficios en Mantenimiento.

El propósito de este informe está orientado a cubrir ese vacío, tomando en cuenta las experiencias y nuevos enfoques para formular control a través de indicadores de gestión.

1.3 Alcance

El alcance de este trabajo cubre a los equipos de bajo perfil, en carguío de 0.5 a 3.5 yd³ y acarreo de 15 a 30 tn, de las diferentes marcas que existen en el mercado, cuyas características son similares en diseño y construcción; y operan en mina subsuelo, ubicadas en zona de sierra de 3,000 a 4,700 msnm. Con la aplicación de las mejoras formuladas en el presente Informe de Suficiencia, se beneficiará a las empresas mineras, que obtendrán mayores niveles de disponibilidad y confiabilidad, conservación e incremento de la vida útil de equipos, que les permita alcanzar mayor producción y consecuentemente alta rentabilidad.

1.4 Limitaciones

El escenario técnico en el cual se va desarrollar este trabajo comprende sólo a equipos de carguío y acarreo del proceso de extracción mineral.

En cuanto a los equipos, se limita a sus sistemas operativos desde el motor diesel o eléctrico, transmisión, sistema hidráulico de cuchareo o de tolva y dirección, sistema eléctrico para el alumbrado y estructuras metálicas que constituyen su chasis y tolvas de los cargadores y camiones de bajo perfil.

CAPITULO II

MARCO CONCEPTUAL

*"La peor locura que he observado en el mundo,
es querer cambiar algo, haciendo lo mismo"*
Albert Einstein

Los momentos actuales se caracterizan por la innovación, investigación y desarrollo de nuevos conceptos administrativos con enfoque sistémico, que han modificado el quehacer diario en el mantenimiento de equipos buscando plantear mejoras, no sólo en los aspectos económicos y financieros, que es rutina, sino en el desarrollo de componentes importantes en la estructura de las empresas, referidas a la Gestión y las personas -capital humano invaluable-, Protección al Medio Ambiente, Seguridad Integral, en un marco de Responsabilidad Social y Desarrollo Sostenible, con los grupos de interés para resolver los problemas de hoy, sin dificultar la capacidad de las futuras generaciones, con nuevos estándares internacionales como ISO 9000 Calidad, ISO 14001 Medio ambiente, OHSAS 18000 y SA 8000 (**Social Accountability**), en la integración de su Gestión

En una organización, cada vez es más influyente la fuerza activa de su gente, con su voluntad, parecer y modo de pensar propio, se alcanzan metas de crecimiento y desarrollo tecnológico; si no hay tratamientos motivadores al capital humano, no habrá crecimiento, ni mayor productividad, ni desarrollo tecnológico

No es suficiente el viejo dogma de planificar, organizar, controlar y evaluar, para comprender la responsabilidad enfocada en la vida de las personas y deseos de servir al mundo, se debe generar condiciones que las capacite para llevar vidas

enriquecedoras y de dominio personal y con ello planear el mantenimiento con carácter preventivo y vivirla desde una perspectiva creativa, participativa para satisfacción de todos los grupos de interés.

2.1 Definiciones

Los conceptos, son resúmenes de ideas, modelos mentales o supuestos de criterios transitorios que simplifican y orientan a lograr resultados que se planea, aplicables a toda actividad como en este caso a Mantenimiento, cuyo éxito dependerá del manejo con carácter conceptual dentro de las dos corrientes de pensamiento:

Pensamiento Científico, aquellos que son profundos y orientados al análisis, se concentran en un solo punto de vista, es reduccionista; y

Pensamiento Sistémico, aquellos que son amplios, habilidad de poder ver el todo, desde distintos puntos de vista y orientados a la síntesis.

El pensamiento científico, reduce la apreciación de la realidad, busca leyes o principios en qué basarse para explicar el comportamiento de algo, es la base de la cultura occidental (Filosofía de David Hume⁹).

El pensamiento sistémico es un enfoque integracionista, percibe la realidad como un proceso de co-construcción entre el espectador y el protagonista, utiliza los hemisferios derecho e izquierdo del cerebro (análisis y síntesis) y educa la percepción de la complejidad, no podemos ver el mundo real, solo lo percibimos para interpretar (Fenomenología de Edmund Husserl¹⁰)

Una de las mejoras propuestas, es adoptar el enfoque sistémico para resolver los conflictos en el área de Mantenimiento, con el análisis de los problemas

⁹ http://www.webdianoia.com/moderna/hume/hume_conoc.htm

¹⁰ http://www.fvl.uva.es/~wfilosof/gargola_1997_sergio.htm

de ver cómo se desarrollan las actividades (el cómo) y la síntesis (juntar las cosas operativas) nos permite saber porqué operan así (el porqué).

Con la síntesis y el análisis, como procesos complementarios, se entienden las desviaciones que generan fallas en Mantenimiento, como dos caras de la moneda, se consideran separados, pero no pueden ni deben separarse.

Así, se rompen los paradigmas antiguos que rigen la gestión de equipos entre Operaciones y Mantenimiento, que confrontan una clásica rivalidad dicotómica¹¹, con enfoques reduccionistas, buscando culpables en tiendas opuestas. Al aplicar el enfoque sistémico, se co-construye el proceso productivo, generando sinergia para aterrizar en soluciones efectivas (con análisis y síntesis de trabajo en equipo), en beneficio no sólo de un área ni Mantenimiento ni Operaciones, o un momento coyuntural, el día a día, sino a largo plazo, con beneficios sostenibles para la Empresa en general, es decir, del todo y en forma trascendental, estableciendo una nueva cultura organizacional con Valores practicables, que soporten la Visión y Misión, compartidos, con innovación, creatividad e indicadores que alineen los esfuerzos y recursos, para crear cadenas de valor¹², con la participación del personal de Operaciones y Mantenimiento, espectador y protagonista y un liderazgo colaborativo que permita medir la gestión en forma efectiva y continua. Revisemos los conceptos a utilizar:

2.1.1 Fiabilidad

¹¹ División de algo en dos partes mutuamente exclusivas

¹² La cadena de valor fue descrita por [Michael Porter](#) en su best-seller de 1986: *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York, NY The Free Press

Es la "probabilidad de buen funcionamiento de algo"¹³, extendiéndolo a Mantenimiento, la fiabilidad de un repuesto o componente de un equipo, es la probabilidad de que funcione correctamente, bajo condiciones de diseño y por un tiempo denominado "vida útil"; es la capacidad de permanecer continuamente en condiciones operativas. Es sinónimo de Calidad, por satisfacer requisitos de Normas Técnicas, que garanticen una alta disponibilidad de equipos en estado confiable, con probabilidades de alargar la vida útil, con menores costos de mantenimiento. Ver Gráfico 2.1

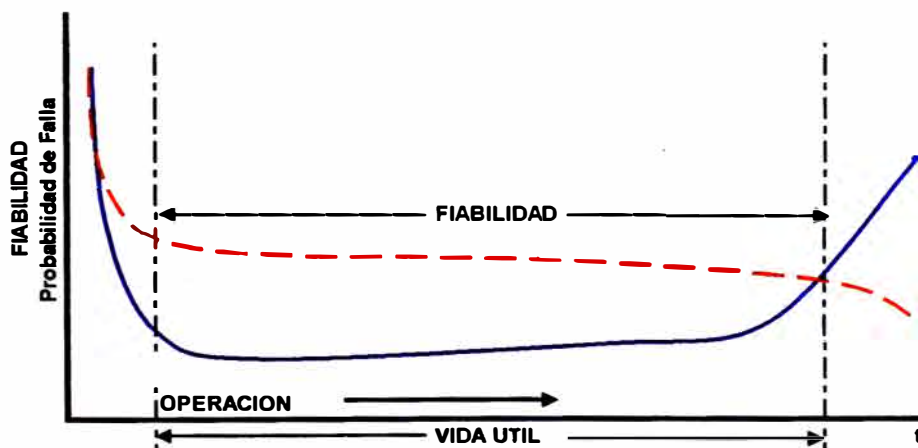


Gráfico 2.1 Representación gráfica de la Fiabilidad

Como lo afirma W.E. Deming, en sus 14 puntos, referente a Compras¹⁴, la gestión del Área de Logística con enfoque científico, tiende a adquirir repuestos, componentes o servicios los de bajo costo (interpretándolo como "ahorro" por "defender su presupuesto") y no consideran la fiabilidad requerida, generando paradas de equipos más frecuentes, por fallas prematuras, con baja disponibilidad y mayores

¹³ <http://metodosestadisticos.unizar.es/asignaturas/16627/Fiaapuntos.pdf>

¹⁴ "Los departamentos de compra suelen funcionar siguiendo la orden de buscar al proveedor de menor precio. Esto frecuentemente conduce a provisiones de mala calidad. En lugar de ello, los compradores deben buscar la mejor calidad en una relación de largo plazo con un solo proveedor para determinado artículo."

costos de mantenimiento con altas pérdidas de producción. Si su gestión asume un enfoque sistémico adquiriría repuestos y servicios de alta fiabilidad, satisfaciendo los requisitos de Calidad y luego, por el análisis de Costo-Beneficio, justificaría su gestión con mejores resultados, no solo para Mantenimiento, ni para Operaciones Mina, sino para la Empresa, reflejándose en una mayor productividad y rentabilidad, como se muestra en el Gráfico 2.2, donde se comparan dos elementos con diferentes calidades cuyos costos unitarios al final de su vida útil, determina la fiabilidad, requerida

FIABILIDAD EN TERMINOS DE COSTOS UNITARIOS

Elemento	Calidad,	Valor,	Tiempo,	Cost Unit,
	%	US\$	hrs	US\$/hrs
Parte 1	1.0	5,000	8,500	0.59
Parte 2	0.6	3,500	4,400	0.80

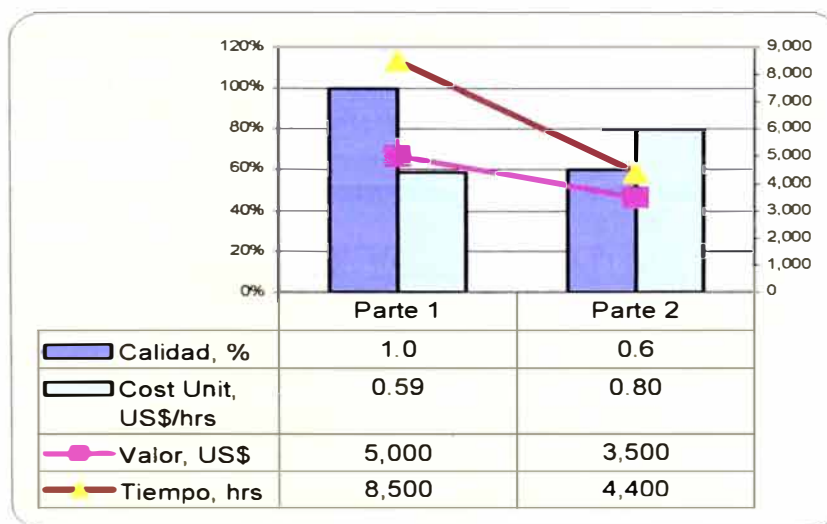


Gráfico 2.2, Fiabilidad en términos de costos unitarios

2.1.2 Confiabilidad

Se define como la capacidad de un equipo para realizar su función específica sin fallas, durante un tiempo dado y para las condiciones de operación, que ha sido diseñado. Ver Gráfico 2.3

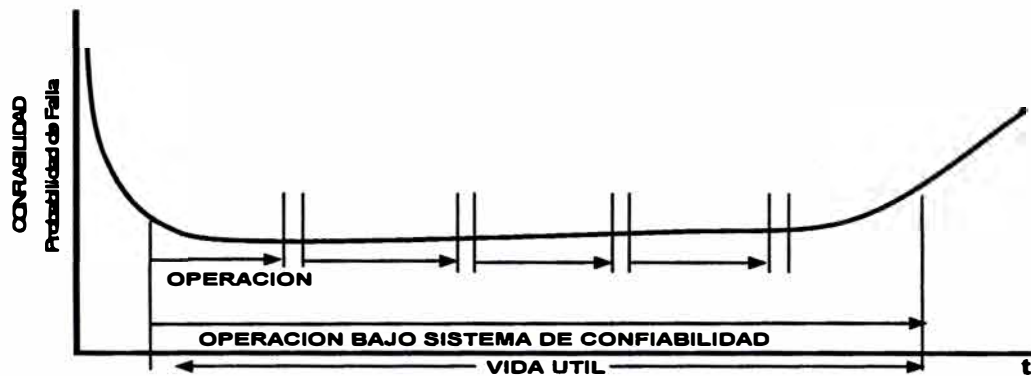


Gráfico 2.3 Representación grafica de la Confiabilidad

En la práctica, Confiabilidad, relaciona Disponibilidad, Rendimiento, vida del equipo, condiciones operativas, carga de trabajo, y Mediciones de Indicadores. Un equipo sin fallas tiene 100% de Confiabilidad es decir, una probabilidad de supervivencia igual a 1. El logro del 100% de Confiabilidad, demanda compromiso desde la Gerencia hasta los niveles organizativos y ejecutantes, beneficiando a todos, lo cual hace que la responsabilidad no sólo sea del área de Mantenimiento. El Desempeño de la Confiabilidad se expresa mediante el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF), que se tratará en el acápite 2.1.10.

2.1.3 Confiabilidad Operacional

Término práctico y utilitario que demanda aplicar un enfoque sistémico con la participación de todos los involucrados en los procesos de producción y mantenimiento, en sus dimensiones de Confiabilidad y Mantenibilidad. Las Empresas que asumen como un tema colectivo y de manera continua, tienen ventajas competitivas y logran mejoras en la productividad, sobre las que confinan la

Confiabilidad Operacional sólo al área de Mantenimiento. En el Gráfico 2.4, se observa que tiene 4 entradas principales, relacionadas al mejoramiento continuo y sostenido a largo plazo.

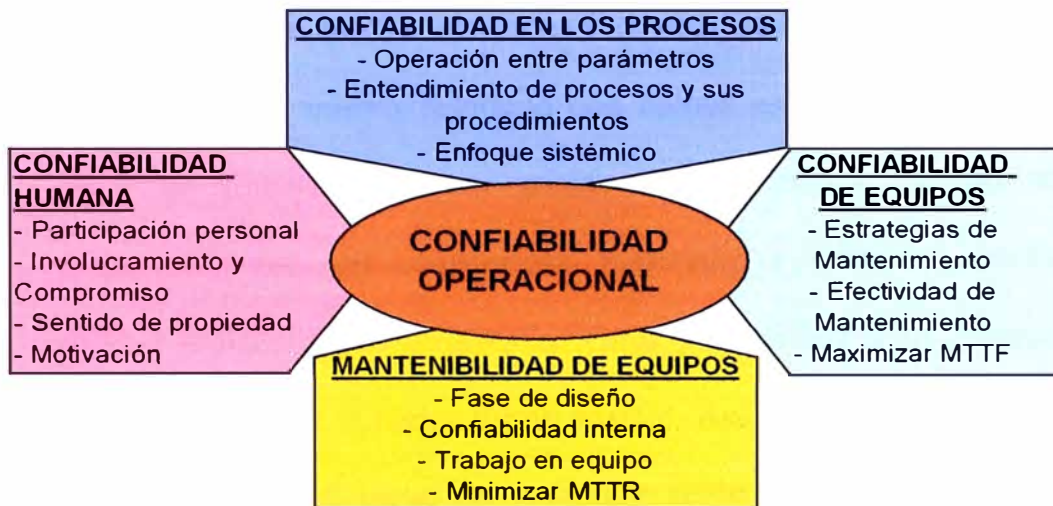


Gráfico 2.4 Representación de la Confiabilidad Operacional

La Confiabilidad Operacional, tiene 3 objetivos que se muestran en el Gráfico 2.5

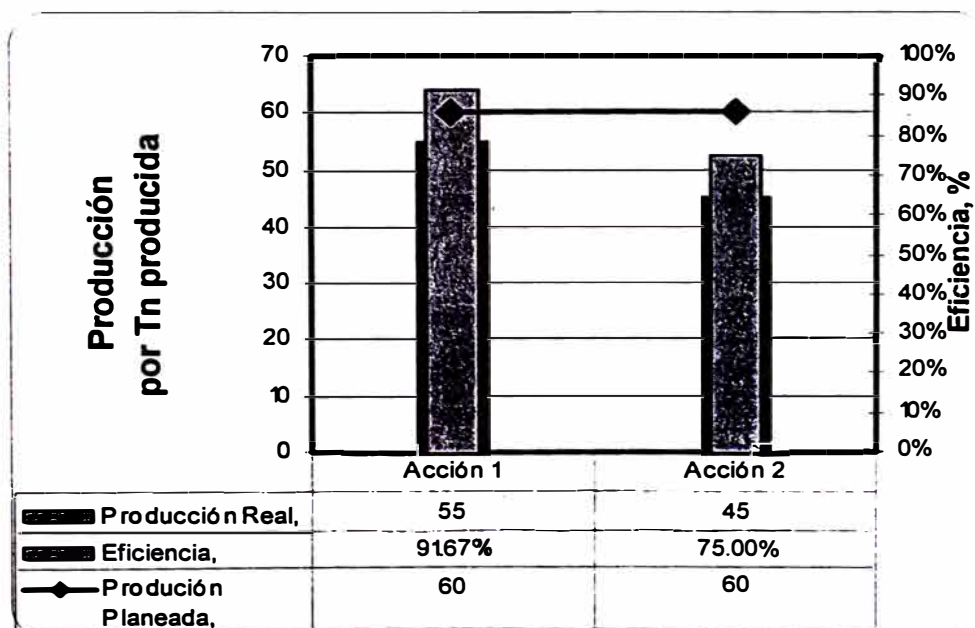


Gráfico 2.5, Objetivos de Confiabilidad Operacional

Ayuda a corregir o evitar fallas operacionales, integrales o parciales, para satisfacer un criterio de funcionamiento; ejemplos, un equipo deja de funcionar totalmente o no cumple un estándar si su motor desarrolla solo el 80% de potencia, falla sin embargo es operable.

2.1.4 Eficiencia

Es la capacidad para lograr un resultado empleando y aprovechando cantidad de recursos destinados. Relaciona esfuerzos y resultados. Se mejora la Eficiencia si se obtiene más resultados de un esfuerzo dado, o se obtiene el mismo resultado con menos esfuerzo. También es hacer un trabajo al menor costo y en el menor tiempo, sin desperdiciar recursos económicos, materiales y humanos; implica calidad al hacer correctamente las cosas y se enfoca a los recursos para utilizarlos de la mejor forma posible. Aplicable a personas y de allí el término eficiente. Su indicador mide cantidad de recursos durante el proceso: Tn de pernos/Tn Acero consumidos; Kwh/Tn producida. Ver Gráfica 2.6. donde se comparan los resultados con respecto a lo planeado, siendo la Acción 1 más eficiente que la Acción 2, al producir más, 55 Tn pernos con eficiencia del 91.67.



Gráfica 2.6. Representaciones de Eficiencia

2.1.5 Eficacia

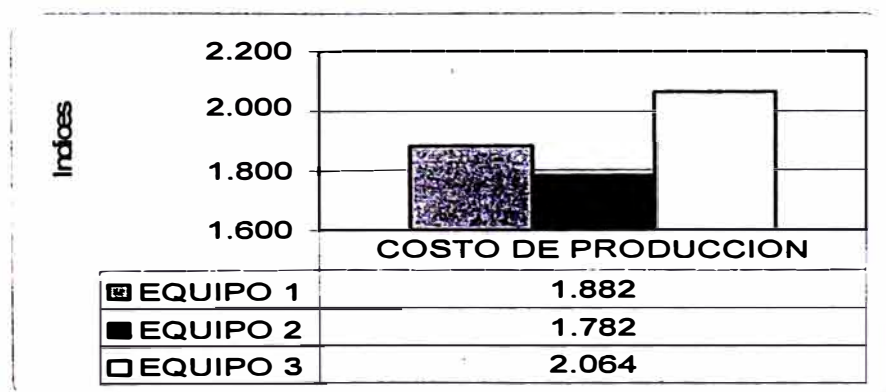
La Eficacia consiste en hacer las cosas correctas para el cumplimiento de objetivos planeados, tiene que ver con resultados.

La eficacia depende de las decisiones que se tome con liderazgo¹⁵ para establecer las metas y lograr el efecto que se desea, en oportunidad y en recursos favorables a la Empresa.

La clave del éxito de una organización es la Eficacia.

Ejemplo: en el Gráfico 2.7, se han tabulado los costos de adquisición, de mantenimiento y de producción, de los 3 equipos y se tiene que medir la eficacia de la selección de uno de ellos, encontrando que el menor costo de producción, 1.782 US\$-año/Tn, indicaría la decisión eficaz.

OPCION DE DECISIONES	COSTO ADQUISICION	COSTO MANTENIMIENTO	PERDIDA DE PRODUCCION	PRODUCCION ANUAL	COSTO DE PRODUCCION
	US\$	US\$	US\$/hrs	Tm/año	US\$-año/Tm
EQUIPO 1	185,000	86,000	15	144,000	1.882
EQUIPO 2	250,000	135,000	31	216,000	1.782
EQUIPO 3	350,000	195,000	37	264,000	2.064



Grafica 2.7. Representación de la decisión Eficaz

¹⁵ Según Peter Drucker, "Un líder debe tener un desempeño eficiente y eficaz a la vez, pero aunque la eficiencia es importante, la eficacia es aún más decisiva".

2.1.6 Efectividad

Efectividad es cumplir con resultados deseados de acuerdo al objetivo propuesto y se manifiesta en productividad con un nivel aceptable de competitividad para lograr una alta rentabilidad.

$$\text{Efectividad} = \text{Eficiencia} + \text{Eficacia} \longrightarrow \text{Productividad}$$

Esta ecuación nos indica hacer correctamente las cosas correctas para alcanzar la productividad.

La falta de eficacia no se compensa con la eficiencia, ambos corresponden a diferentes dimensiones y se interrelacionan, en forma matricial, como se muestran en la Tabla 2.1 y Gráfica 2.8¹⁶.

INDICADOR		EFICIENTE	
		SI	NO
EFICACIA	SI	A	B
	NO	C	D

Tabla 2.1 Relación Matricial



Gráfica 2.8 Relación gráfica entre Eficiencia y Eficacia

¹⁶ http://www.rhhmagazine.com/inicio.asp?url=articulo_gestion14.asp

Otro enfoque de que relaciona la Eficiencia, Eficacia y Efectividad se muestra en el siguiente Gráfico 2.9.

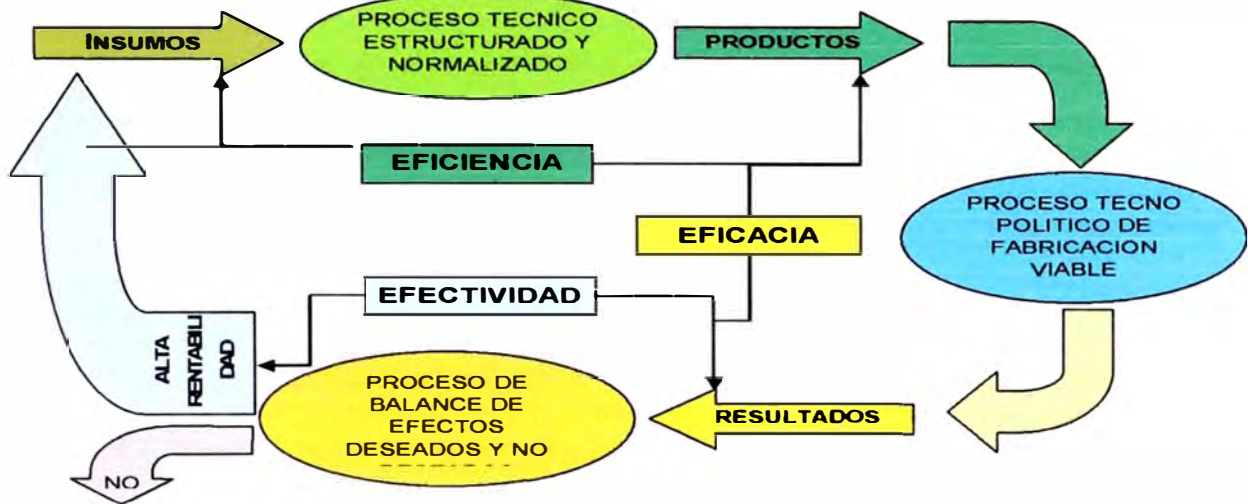


Gráfico 2.9. Flujo de procesos de Eficiencia, Eficacia y Efectividad

La Efectividad permite ver el comportamiento operacional de los equipos, la calidad de los trabajos y el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento, a través de los indicadores MTTR, MTTF, Disponibilidad, Utilización y Fiabilidad. Ver gráfico 2.10

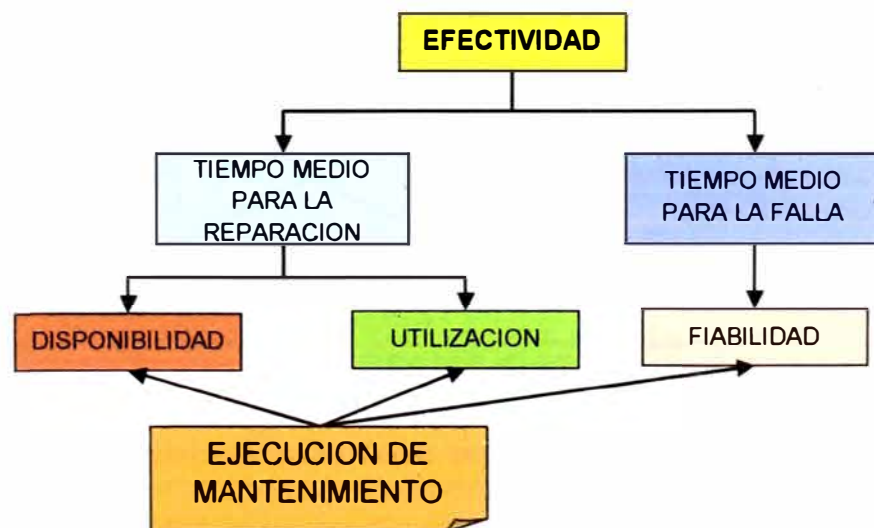


Gráfico 2.10. Relaciones de Efectividad

2.1.7 Mantenibilidad

Es la probabilidad de recuperar su estado operativo mediante una reparación en el equipo, en un cierto tiempo, considerando al personal, como capital humano, quiénes utilizarán procedimientos y recursos de las instalaciones para su ejecución.

Representa la cantidad de esfuerzo requerido, para volver a funcionar normalmente ya restituir su condición operativa. En el Gráfico 2.11 se observa que el Equipo 4 es de "Alta Mantenibilidad" al requerir poco esfuerzo que el Equipo 1 que es de "Baja Mantenibilidad" por requerir de grandes esfuerzos para su restitución. Un mismo equipo puede poseer una "Alta Mantenibilidad" para un tipo de falla y "Muy Baja" para otros.

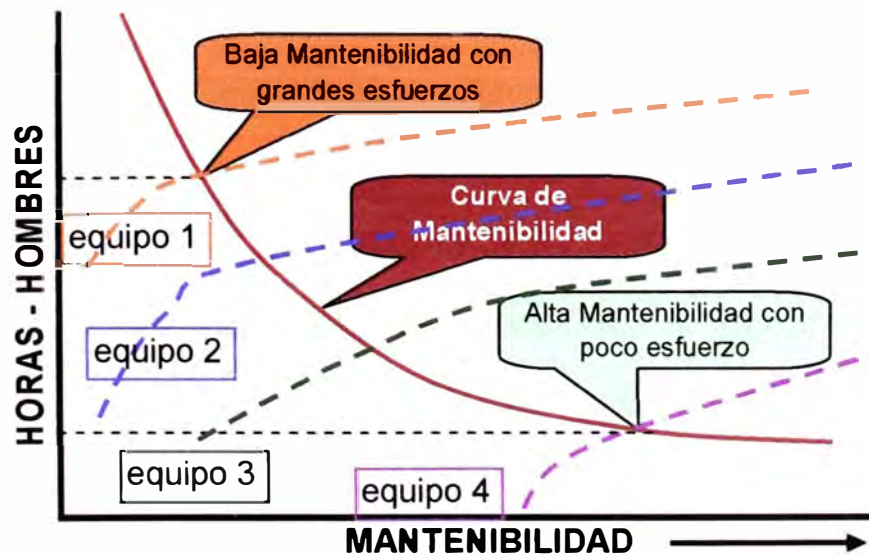


Gráfico 2.11, Curva de Mantenibilidad

La Mantenibilidad es inversamente proporcional al tiempo y esfuerzo requerido para ponerlo operativo. Está en función del diseño del

equipo (accesibilidad, estandarización y facilidades de diagnóstico), además de procedimientos, frecuencia y duración del mantenimiento correctivo y preventivo. También está en función de los factores propios de Mantenimiento, referidos al personal, como su nivel de especialización y planes de capacitación, además recursos de talleres (herramientas, procedimientos, etc.) que incidirá en el tiempo de reparación con costos que no supere el presupuesto.

El Desempeño de la Mantenibilidad se expresa como promedio aritmético de qué tan rápido es reparado y se visualiza más fácil que un valor de probabilidad, a través del Tiempo Medio de Reparación (MTTR) y es un límite para el tiempo máximo de reparación:

$$M(t) = 1 - \exp(-t/MTTR) = 1 - \exp(-mt), \text{ donde:}$$

“**m**”, la razón constante de Mantenimiento y

MTTR, el Tiempo Medio para Reparar,

2.1.8 Soportabilidad

Es la probabilidad o cualidad de poder atender una solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado, bajo condiciones planeadas. Se interpreta como la velocidad de repuesta del área de mantenimiento a un requerimiento de intervención a un equipo con falla.

Para una buena gestión de Mantenimiento, se complementa con la Mantenibilidad, determinando el perfil de atención y eficacia para ofrecer una alta disponibilidad de los equipos y en estados confiables, para las labores productivas hasta su momento de mantenimiento.

2.1.9 Disponibilidad

Es la fracción de tiempo del equipo en estado disponible, en relación al tiempo total programado, para ingresar a operación de acuerdo a la función para el que está diseñado (cargador, camión. etc.) y es medido en forma porcentual, como la Utilización, que se refiere a las Horas Netas de Operación.

Ambos indicadores se calculan de acuerdo a la Tabla 2.2.

DISPONIBILIDAD	=	$\frac{HP - DM}{HP}$	=	$\frac{HD}{HP}$
UTILIZACION	=	$\frac{HP - (DM + DO)}{HP}$	=	$\frac{HN}{HP}$
Leyenda de Abreviaturas				
HP, Horas programadas mensuales				
DM, Demoras en Mantenimiento				
HD, Horas Disponibles para operar				
DO, Demoras en Operación				
HN, Horas netas de Operación				

Tabla 2.2, Disponibilidad y Utilización

Para los cálculos de Disponibilidad hay dos escenarios que coinciden con las horas diarias que se programan, los de 24 h/d y 20 h/d, siendo universal las primeras, es decir 24 horas (por 30 días, para un periodo mensual). Los de 20 horas/día, presentan las siguientes discrepancias:

- Reducen las Horas Netas de Operación, no ayuda al inversionista, para recuperar su capital de inversión en un menor tiempo.
- Pérdidas de producción por tiempos muertos.

- Distorsión de los indicadores para el Benchmarking¹⁷ con otras Empresas, como se aprecia en el Gráfico 2.12, la Disponibilidad y la Utilización del escenario de 20 h/d, aparece reducida en un 93% y 81%, respectivamente, con respecto a 24 h/d.

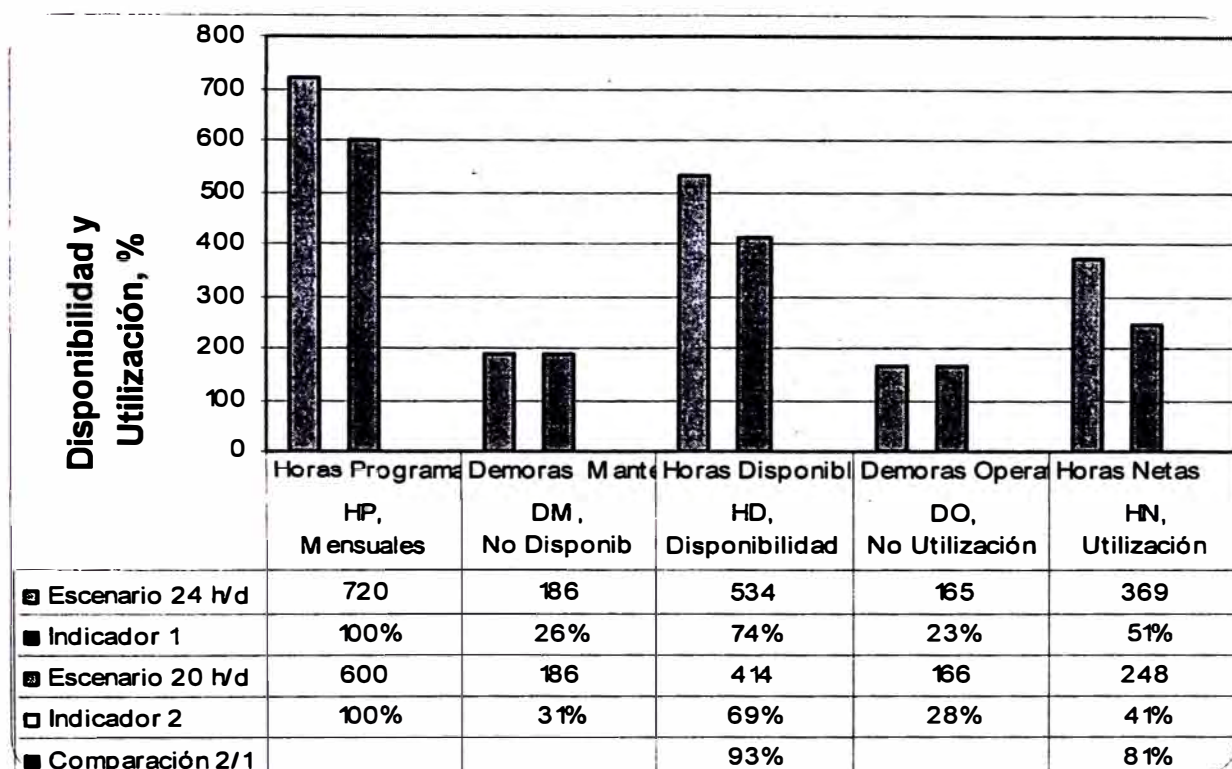


Gráfico 2.12, Comparación de Escenarios de Disponibilidad

2.1.10 Tiempo Medio para Reparar. MTTR

Es el tiempo promedio de paradas, por el N° de fallas de equipos para ejecutar las reparaciones en dicho período.

Se expresa por la siguiente fórmula:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Horas Reparación}}{\text{N° de Fallas}}$$

¹⁷ Benchmarking es el proceso continuo de medir productos, servicios y prácticas contra los competidores más duros o aquellas compañías reconocidas como líderes en la industria.

2.1.11 Tiempo Medio para Fallar, MTTF

Es el promedio del tiempo neto de operación por el N° de fallas del equipo ocurridas en el mismo período, contabilizándolo desde que finaliza hasta la siguiente falla, donde se vuelve a reparar.

Se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{MTTF} = \frac{\text{Horas Operación}}{\text{Nº de Fallas}}$$

2.1.12 Tiempo Medio entre Fallas, MTBF

Es el tiempo comprendido entre los puntos de fallas, incluyendo los tiempos correspondientes a la reparación y operación del equipo

En todo proceso, las relaciones de los tiempos de reparaciones, MTTR y el tiempo de operación, MTTF, donde el Tiempo Medio entre Fallas, viene a ser la suma de los tiempos medios anteriores:

MTBF = MTTR + MTTF como se muestra en el Gráfico 2.13.

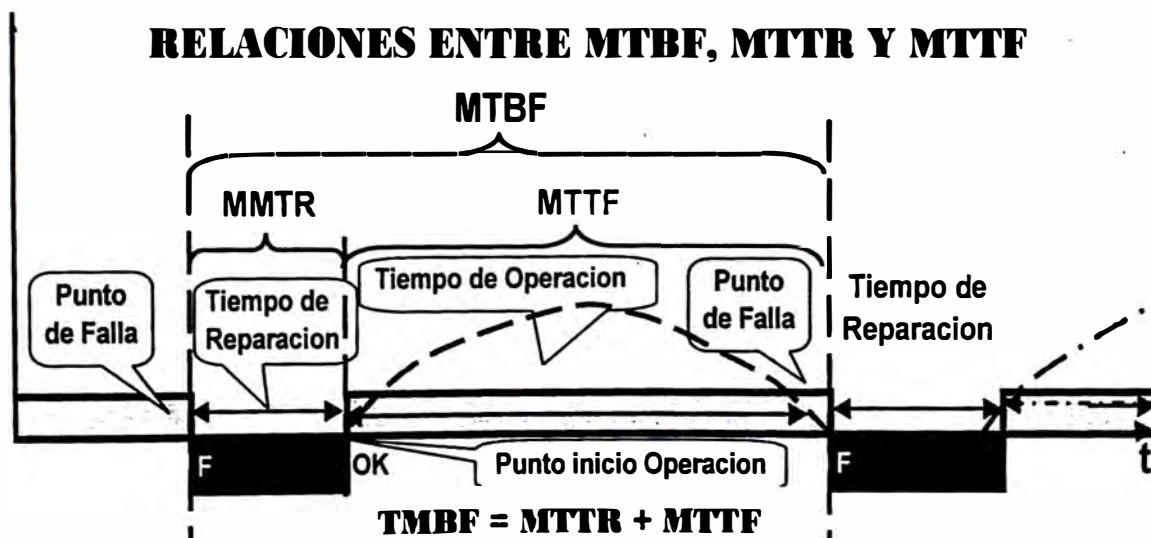


Gráfico 2.13, Relación de Tiempos medios

En la Tabla 2.3, se ha tabulado los tiempos medios de una flota de 7 equipos, para analizar el comportamiento de la Confiabilidad y Mantenibilidad de la flota, en función a los tiempos medios.

Flota	MTTR	MTTF	MTBF
	hrs/falla	hrs/falla	hrs/falla
Equipo 1	15.50	30.75	46.25
Equipo 2	15.00	27.62	42.62
Equipo 3	15.91	34.36	50.27
Equipo 4	16.36	33.82	50.18
Equipo 5	14.85	27.54	42.38
Equipo 6	13.33	23.33	36.67
Equipo 7	14.14	25.07	39.21
Promedio	15.01	28.93	43.94

Tabla 2.3, Fabulación de Tiempos Medios

En el Gráfico 2.14, el Equipo 3, tiene mejor Confiabilidad, que expresa su MTTF = 34.36 hrs/falla, , con un MTTR = 15.91 hrs/falla; y el Equipo 6, indica mejor mantenibilidad con MTTR = 13.33 hrs/falla, con un MTTF = 23.33 hrs/falla.

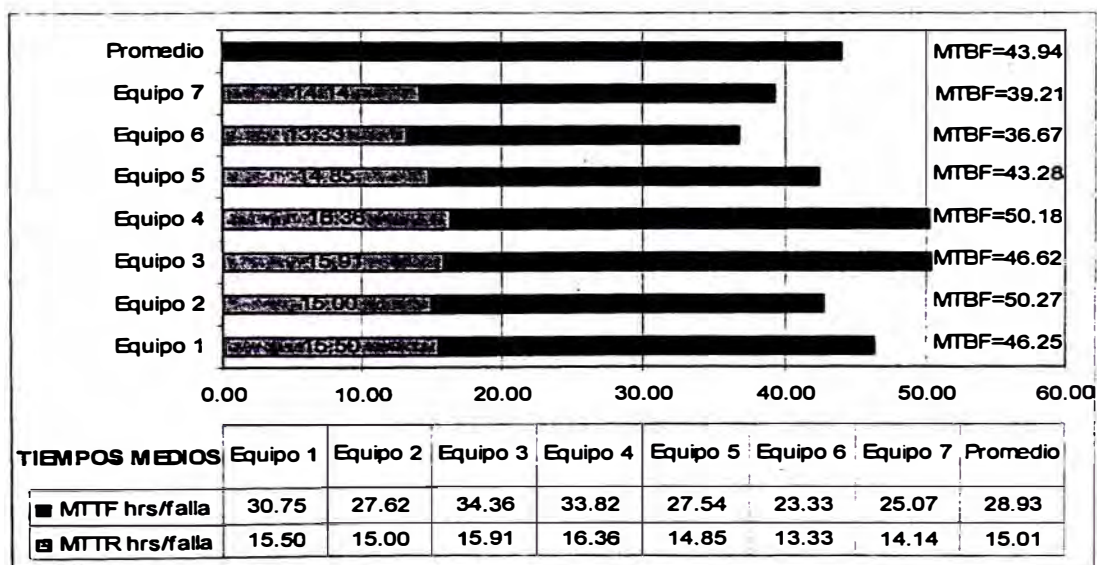


Gráfico 2.14, Tiempos Medios de Equipos y promedio de Flota

2.1.13 Enfoque de Procesos

La aplicación del enfoque de procesos, es un requisito indispensable, en la gestión de calidad, ayuda a centrar las responsabilidades de los involucrados con mejor control y resultados de satisfacción de los clientes, internos y externos. Este enfoque sistémico, genera sinergia entre los involucrados y grupos de interés por el trabajo en equipo.

Hace posible la comprensión de las tareas del modo en que están configurados los procesos de mantenimiento, posibilitando el análisis interno de fortalezas y debilidades y el análisis externo de oportunidades y amenazas que ofrece el entorno del área de Mantenimiento. luego aplicar una métrica que ayudará a monitorear los resultados de la gestión mediante indicadores que se asignan.

El Gráfico 2.15 detalla los procesos habituales en Mantenimiento.

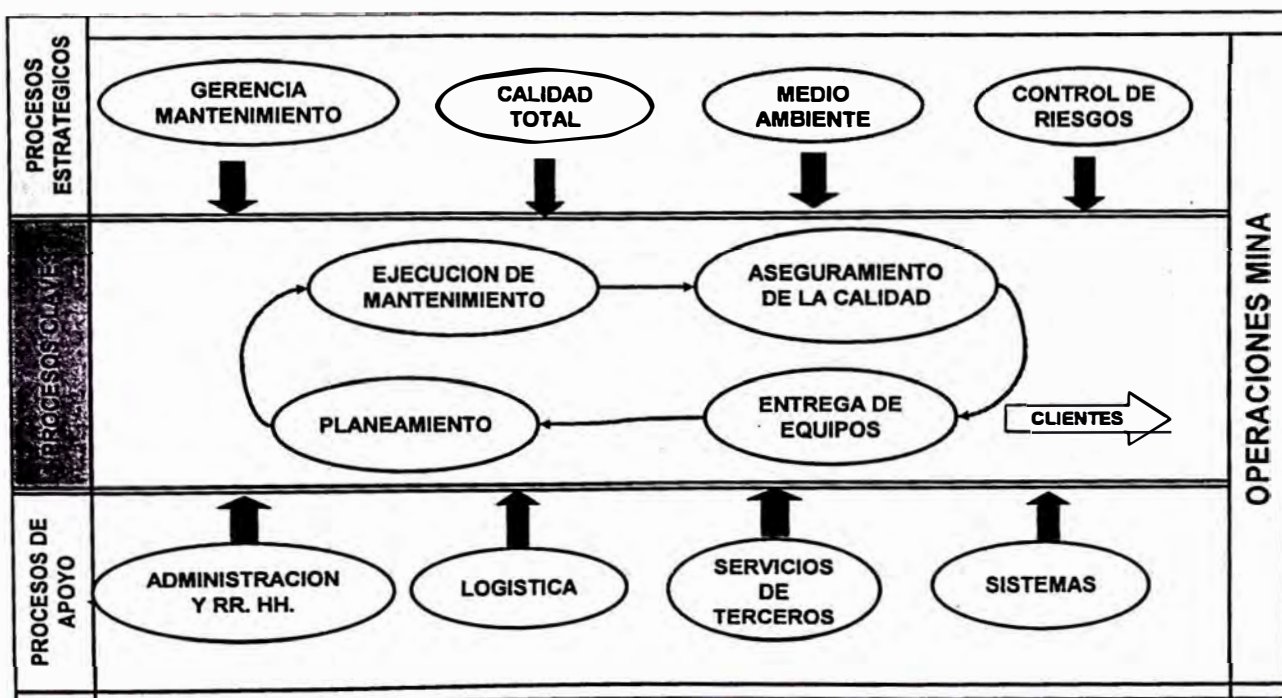


Gráfico 2.15, Diagrama de Procesos del Área de Mantenimiento

La metodología de la Gestión de Procesos, considera los siguientes:

- **Mapas de Procesos**: Un sistema de procesos interrelacionados, que impulsa a poseer una visión más allá de sus límites geográficos y funcionales, mostrando a sus actividades relacionadas con los clientes externos e internos, proveedores y grupos de interés, dando la oportunidad de mejorar la coordinación entre niveles claves de Mina. Se distinguen los procesos Estratégicos, Claves y de Apoyo, para seleccionar los procesos sobre los que actuar. Ver Gráfico 2.18,
- **Modelado de Procesos**: Sintetiza las relaciones dinámicas que en él existen, prueba las premisas y predice efectos en el cliente. Es la base para que se rediseñe, mejore y establezca indicadores relevantes en los intermedios del proceso y sus resultados.
- **Documentación de procesos**: Método estructurado de registros para comprender el contexto y detalles de los procesos claves. Es esencial como punto de partida para mejorar o rediseñar un proceso. En las Minas lo habitual es que los procesos no estén identificados y no se documenten ni se delimiten entre departamentos y puestos de la organización funcional, que no suele percibirlos en su totalidad y como conjuntos diferenciados y, en muchos casos, interrelacionados.
- **Equipos de proceso**: La configuración, entrenamiento y facilitación es esencial para la gestión de procesos y orientación hacia el cliente. Los equipos han de ser liderados por el "propietario del proceso" para desarrollar sistemas de revisión y control.

- **Rediseño y mejora de procesos:** Para el análisis y acciones de rediseño que incremente eficacia, reducir costos, mejorar la calidad, reduciendo los plazos de producción y entrega del producto.

- **Indicadores:** La Gestión de Procesos debe contar con indicadores de calidad y parámetros significativos para controlar y mejorarlo.

En nuestro caso, se analizan también los subprocesos. tal como se indica en el Gráfico 2.16.

SUB PROCESO DE MANTENIMIENTO DE 125 HORAS



SUB PROCESO DE MANTENIMIENTO DE 250 HORAS



SUB PROCESO DE MANTENIMIENTO DE 500 HORAS



SUB PROCESO DE MANTENIMIENTO DE 1,000 HORAS



Gráfico 2.16, Diagrama de Sub Procesos del Área de Mantenimiento

2.1.14 Indicadores de Gestión

Es un instrumento de medición, cualitativo o cuantitativo, de variables asociadas a las metas. Como medición cuantitativa de un comportamiento, al ser comparada con un nivel de referencia meta, indica una desviación, sobre la cual se debe tomar acción, correctiva o preventiva, según sea el caso. Esto es fundamental para mejorar los procesos, son medios económicos y rápidos de identificar problemas. Su principal objetivo, es evaluar el desempeño del área y así mismo observar su tendencia en un tiempo de evaluación plantear soluciones o herramientas que contribuyan a mejorar y conseguir la meta fijada. El Tabla 2.4, nos muestra indicadores de gestión del Proceso Estratégico, correspondiente a la Gerencia de Mantenimiento.

Proceso Estratégico			Gerencia de Mantenimiento	
Indicadores		Fórmula	Metas	Referencias
Disponibilidad	=	$\frac{\text{Horas Disponibles}}{\text{Horas Programadas}}$	95%	Mide las horas disponibles del equipo para la operación
Consumo	=	$\frac{\text{Costo real consumido}}{\text{Costo presupuestado}}$	95%	Mide el % de costo realizado
Indicadores	=	$\frac{\text{N}^\circ \text{ Indicadores procesados}}{\text{N}^\circ \text{ Indicadors progrmdos}}$	95%	Mide el % de costo realizado
MTBF	=	MTTF +MTTR	80	Mide el tiempo de operación y reparación entre fallas

Tabla 2.4. Indicadores del Proceso Estratégico de Mantenimiento

En la Tabla 2.5, se detalla los indicadores de los Procesos Claves, de las secciones de Mantenimiento que asumen sus tareas.

Proceso Clave			Planeamiento	
Indicadores		Fórmula	Metas	Referencias
Programación	=	$\frac{\text{N}^\circ \text{ servicios ejecutados}}{\text{N}^\circ \text{ servicios programados}}$	98%	Mide la efectividad de la programación
Programación	=	$\frac{\text{N}^\circ \text{ equipos trabajados}}{\text{N}^\circ \text{ equipos programados}}$	98%	Mide % de equipos en operación
Desviación de cumplimiento	=	$\frac{\text{Horóm program} - \text{Horóm Real}}{\text{Horas programadas}}$	95%	Mide la desviación real en la ejecución del servicio
Ejecución de Servicios				
Eficiencia del Servicios	=	$\frac{\text{Tiempo de Ejecución Real}}{\text{Tiempo Programaado}}$	90%	Mide el tiempo utilizado con lo planeado
MTTR	=	$\frac{\text{Horas de Reparación}}{\text{N}^\circ \text{ de Fallas}}$	10	Mide la demora en la reparación por cada falla
Razón de informes	=	$\frac{\text{Informe Trabajos Realizados}}{\text{Inform Trabajos Programados}}$	95%	Mide la eficiencia de informes para el historial
MTTF	=	$\frac{\text{Horas de Operación}}{\text{N}^\circ \text{ de Fallas}}$	45	Mide la efectividad de la reparación para la operación del equipo
Razón de atención	=	$\frac{\text{Nro.Ordenes Atendida}}{\text{Nro.Ordenes Solicitada}}$	95%	Eficiencia de atención mediante órdenes de trabajo
Aseguramiento de la Calidad y Entrega de Equipos				
Razón de quejas	=	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de quejas operadores}}{\text{N}^\circ \text{ de trabajos realizados}}$	85%	Indica nivel de descontento de los operadores
Razón de costos	=	$\frac{\text{Costo de fallas}}{\text{Costo de Presupuesto}}$	30%	Indica el porcentaje de costo que se pierde por las fallas

Tabla 2.5, Indicadores de los Procesos Claves de Mantenimiento

En la Tabla 2.6, se muestra el Proceso de Apoyo de Logística con sus respectivos indicadores:

Proceso de Apoyo			Logística	
Indicadores		Fórmula	Metas	Referencias
Entregas perfectamente recibidas	=	$\frac{\text{Pedidos Rechazados}}{\text{Total Ó/C Recibidas}}$	80%	Reducir pedidos sin especificaciones de calidad y servicio.
Índice de Rotación de Mercancías	=	$\frac{\text{Ventas Acumuladas}}{\text{Inventario Promedio}}$	2	Mide las veces que rota la inversión
Exactitud del Inventario	=	$\frac{\text{Valor Diferencia}}{\text{Valor Total Inventarios}}$	5%	Determina exactitud del inventario

Tabla 2.6, Indicadores del Proceso de Apoyo a Mantenimiento

CAPITULO III

DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL AREA DE MANTENIMIENTO

“Mediante la auto evaluación se identifican fortalezas institucionales, para reforzarlas y debilidades comunes, para mejorarlas y seguir creciendo con calidad”

El estudio se centra en una Unidad Minera, sierra noreste, a ocho horas de Lima y a una altura de 5,000 msnm, la flota de equipos trackless opera en subsuelo, zona baja, donde se concentra la mayor producción de mineral.

3.1 Propósito

El propósito es identificar las fortalezas institucionales de Mantenimiento, para establecer planes de fortalecimiento y de mejoramiento; y detectar las debilidades comunes, para proponer mejoras y una nueva gestión eficiente y eficaz, con el enfoque triangular: Seguridad, Medio Ambiente y Responsabilidad Social, con todos los grupos de interés, tomando información de los siguientes: Documentos y Políticas institucionales, Documentos de programas, Bases de datos e Indicadores..

3.2 Secuencia histórica

Esta Unidad Minera, inicio sus operaciones en 1960, mediante labores subterráneas, con producción de minerales polimetálicos, a nivel de mediana minería y comercializa concentrados de Cu, Zn, Pb y Ag.

En el año 2002, por los frecuentes conflictos laborales que paralizaban la producción, el Directorio cambió el régimen de producción de Planilla Propia a la tercerizar sus operaciones, reduciendo la planilla de personal estable a un 12%, tomando servicios de diferentes empresas especializadas,

para las operaciones mineras y mantenimiento de equipos trackless bajo contratos renovables. En la Tabla 3.1, se muestra el personal antes y después del cambio, e incluyendo la fuerza laboral de contratistas, se redujo un 25% menos, con respecto al total de trabajadores antes del cambio.

AREAS DE RESPONSABILIDAD	ANTES	DESPUES				Reducción
	Personal Inicial	Renuncias	Planilla	Contratados	Total Actual	
	Trabajadores	Trabajadores				%
Mina	650	623	27	576	603	7%
Geología	102	88	14	22	36	65%
Ingeniería	45	38	7	12	19	58%
Seguridad	28	25	3	10	13	54%
Mantenimiento	160	92	68	54	122	24%
Generación Energía	32	26	6	15	21	34%
Concentradora	86	78	8	56	64	26%
Vigilancia	35	35	0	28	28	20%
Hospital	27	25	2	16	18	33%
Servicios	32	32	0	12	12	63%
Administración	124	115	9	45	54	56%
Supervisión	32	18	14	12	26	19%
Total	1,353	1,195	158	858	1,016	25%

Tabla 3.1, Personal de Mina, antes y después del cambio

A la fecha, en Mantenimiento han rotado tres empresas de servicios, cuyos resultados no han satisfecho las expectativas de la Gerencia, por falta de una aplicación metodológica adecuada que haga del proceso de mantenimiento una palanca de apoyo a la producción y genere cadena de valor con costos de mantenimiento presupuestado y reducción de pérdidas de producción.

3.3 Perfil de evaluación de la Gestión de Mantenimiento

El diagnóstico situacional de la conducción de mantenimiento determinó el siguiente perfil de gestión:

3.3.1 Falta de Liderazgo en la ejecución de los Servicios programados de mantenimiento de equipos, dejando esta función a la Empresa de Servicios, el cual es parte de una Empresa fabricante de equipos y tiende más a comercializar más sus repuestos.

- 3.3.2 Falta de Liderazgo en la Gestión de Mantenimiento, no cuenta con un Planeamiento Estratégico, deja las decisiones de Mantenimiento, a Operaciones de Mina, el que actúa en función a sus metas de producción, relegando y postergando los servicios de mantenimiento programado, incrementando costos de mantenimiento y pérdidas de producción, por cambios de repuestos sin control.
- 3.3.3 Falta de cumplimiento de Logística-Compras, para el suministro de materiales y/o repuestos, generando: Entrega de repuestos fuera del tiempo programado, Compra de materiales, componentes y repuestos de baja calidad, en función a precios y no a la Fiabilidad que asegure una determinada vida útil, Sobre almacenamiento de materiales y repuestos fuera de uso, por descontrol y falta de seguimientos, con altos inventarios.
- 3.3.4 Los Contratos de Servicios de Mantenimiento de Equipos Trackless, son de montos elevados, por falta de estructura de costos, sin sustento y justificación técnico económica.
- 3.3.5 No hay Indicadores más que la Disponibilidad que lleva la Empresa de Servicio, en un nivel del 85%, con cumplimiento irregular.
- 3.3.6 El Personal técnico de la Empresa de Servicio no tiene formación técnica adecuada, más empíricos y pocos de SENATI o TECSUP.
- 3.3.7 Por la falta de Planeamiento y seguimiento de Mantenimiento, Correctivos y Preventivos, no hay control de Consumo de repuestos, materiales, componentes; cambio de repuestos acuerdo a la vida útil de repuestos; secuencia de emisión de Ordenes de Trabajo;

suministro de repuestos mediante Vale de Materiales; costos de mantenimiento detallados; registro de pérdidas de producción; registros de costos de incidentes y accidentes del personal y equipos, registros de cumplimiento de capacitación y evaluación del personal y registros de gastos de la Empresas de Servicios.

3.3.8 Falta de involucramiento del personal y equipos con la Gestión de Control de Riesgos y de Medio Ambiente, centrándose mas en la operación del día a día y no en los análisis de actitudes y condiciones sub estándares, como potenciales de accidente.

3.3.9 Se logró la Certificación ISO 14001:2004, en el periodo 2004-2005, y la Certificación del SA 18000, 2005-2006, con el objetivo de lograr ventajas en la venta de sus productos, por exigencia de las competencias internacionales por los altos precios.

3.4 Estilo Gerencial

La Gerencia administra a la Unidad de Producción con un estilo autoritario, mantiene el paradigma que impulsa la imagen dominante de Jefe y no de Líder, lo que genera los siguientes efectos:

3.4.1 El personal trabaja con actitudes defensivas y evasivas;

3.4.2 No hay trabajo en equipo, no obstante se promociona en forma teórica y continua, con avisos en las paredes;

3.4.3 No hay práctica del enfoque de procesos para resolver los problemas de mantenimiento y de operación;

3.4.4 Se practica la cultura de culpabilidad y no de responsabilidad. Se pregunta ¿Quién tiene la culpa?, en vez de ¿Quién es el responsable?

3.4.5 Alta rotación del personal por desatención en la plataforma básica, referente a alimentación, salarios, salud, vivienda y seguridad.

3.4.6 No hay ejemplo en el liderazgo, se incumple lo que se pregona.

3.5 Fuerza Laboral

El área de Mantenimiento cuenta con 129 técnicos, incluida la supervisión que representa el 5.4%, mecánicos el 54%, electricistas el 25% y operadores el 13%. En la Tabla 3.2, se detallan los sueldos, jornales y la tarifa de Hora-Hombre que es de US\$ 12.00/hora-hombre.

Item	Personal	Cantidad	Sueldo Mensual	Jornal horario	Tarifa horar	Tarifa horar,	Distri. %
	(Jornada 12 hrs)		S/.	S/./hr	S/./hr	US\$/hr	
1	Superintendente de Mantenimiento	1	12,000				5%
2	Jefe de Mantenimiento	2	7,000				
3	Supevisores Mecánicos	2	4,000				
4	Supevisores Electricistas	2	4,000				
5	Técnicos Mecánicos	70	2,500	10.42	41.02	12.82	54%
6	Técnicos Electricistas	32	2,400	10.00	39.38	12.31	25%
7	Operadores	16	2,100	8.75	34.46	10.77	12%
8	Soldadores	4	2,360	9.83	38.72	12.10	3%
	Total de Trabajadores, excluida la supervisión	122	2,340	10	38	12.00	100%

Tabla 3.2, Fuerza Laboral del área de Mantenimiento

La tarifa de Mantenimiento que se muestra en la Tabla 3.3, incluye factores indirectos que se aplican al costo de Mano de Obra directo, como supervisión y administración, 38%, beneficios sociales 25%, implementos de seguridad 26%, movilidad y transporte, 35%, refrigerios 30%, seguros y riesgos, 60%, instrumentaciones 80% del promedio salarial, con una tasa de cambio de 3.2 S/./US\$, para los cálculos de costo.

Item	DESCRIPCION	Asign	Valor	3.2	TARIFA
		%	S/.	US\$	US\$/hr
1	Salario Básico	100%	78.00	24.38	3.05
2	Beneficios sociales	25%	19.34	6.05	0.76
3	Implementos de Seguridad	26%	20.28	6.34	0.79
4	Supervisión y Administración	38%	29.64	9.26	1.16
5	Movilización y Transporte	35%	27.30	8.53	1.07
6	Refrigerios	30%	23.40	7.31	0.91
7	Seguros alto riesgo	60%	46.80	14.63	1.83
8	Instrumentaciones	80%	62.40	19.50	2.44
	COSTO INDIRECTO MANO DE OBRA	294%	307.16	95.99	12.00

Tabla 3.3, Tarifa De Mano de Obra Mantenimiento

3.6 Organigrama de Mantenimiento

Para el cumplimiento de sus funciones principales como administración de energía, mantenimiento de equipos de mina, mantenimiento y operación de Compresoras y Subestaciones e instalaciones eléctricas en general, cuenta una estructura funcional y adopta un organigrama, que comprende dos sub-áreas simétricas, mecánica y eléctrica, con sus respectivos líderes y personal técnico, en quienes descansa la responsabilidad del área. Ver Gráfico 3.1.

Este organigrama también incluye a la supervisión y personal de las dos Empresas de Servicios, tanto de los equipos trackless y equipos convencionales, con cantidades que tienden a incrementarse por la diseminación de los tajos de producción, para mantener la producción en un nivel promedio de 60,000 Tn/mes de polimetálicos, con un valor de mineral de S/. 40.00/Tn.

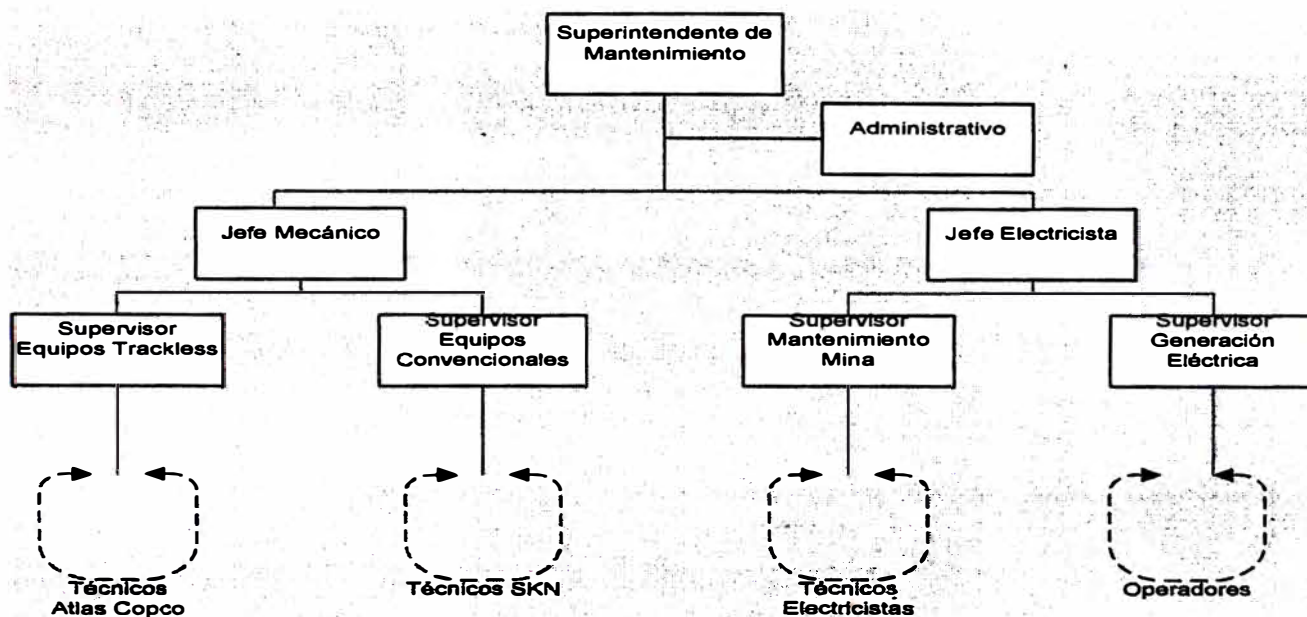


Gráfico 3.1. Organigrama resumido del área de Mantenimiento

3.7 Manual de Funciones de Mantenimiento

La función principal del área de Mantenimiento es planificar, controlar y dirigir los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, para conservar el patrimonio físico, orientados a la optimización y rentabilidad de la Empresa. El correcto desempeño del área de Mantenimiento, será la suma de desempeños individuales exitosos, para el cual se requiere conocer los alcances y funciones de cada puesto, como bases para el logro del cuidado y mantenimiento del patrimonio de la Empresa.

El área de Mantenimiento tiene las siguientes funciones:

- Administración de compra, generación y distribución de energía
- Mantenimiento de Equipos Pesados y Trackless
- Mantenimiento de Equipos Convencionales
- Operación y Mantenimiento de Compresoras
- Mantenimiento de Subestaciones e instalaciones eléctricas Mina

- Taller de maestranza Mantenimiento de Equipos Livianos

3.7.1 Superintendencia de Mantenimiento

Como funciones genéricas, garantiza el funcionamiento y control del área de Mantenimiento General, planeando y supervisando el cumplimiento de los programas, planeando las reparaciones electro mecánicas, programación de la generación y distribución de energía.

Como funciones específicas, la supervisión del personal propio y de terceros, cumplimiento de las aplicaciones de Seguridad y Medio Ambiente. En la Tabla 3.4 se indica algunos de sus indicadores:

Item	ACTIVIDADES	RESULTADO	INDICADORES	
			CUALITATIVO	CUANTI TATIVO
1	Determinar Planes y Objetivos	Control de rendimientos y costos	Nº Objetivos cumplidos	100%
			Nº Objetivos planeados	
2	Participación planes en Mina	Coordinación de tareas	Nº Problemas resueltos	100%
			Nº Problemas identificados	
3	Análisis de de indicadores	Mejorar índices	Nº Índices medidos	100%
			Nº Índices programados	

Tabla 3.4. Indicadores de la Superintendencia de Mantenimiento

Coordinaciones con los siguientes niveles: Gerencia de Operaciones, Superintendencia de Mina, Superintendencia de Planta Concentradora, Jefes de áreas de apoyo (DCGR (Seguridad), Ingeniería, Hospital, Vigilancia, etc.)

Reporta a la Gerencia de Operaciones.

Supervisa a sus Jefes, Supervisores de Línea y Residentes de Contratas Especializadas.

3.7.2 Jefes de Mantenimiento Mecánico y Eléctrico

Como funciones genéricas, garantizar el funcionamiento del área de su competencia, ejecución de los programas de mantenimiento, mejoras de utilización de energía, levantamiento de de observaciones sub estándares en las condiciones de operación, monitoreo de los indicadores de gestión.

Como funciones específicas, la logística de su área, medidas de Seguridad y Medio Ambiente y control de costos. En la Tabla 3.5 se indica algunos de sus indicadores.

Item	ACTIVIDADES	RESULTADO	INDICADORES	
			CUALITATIVO	CUANTI TATIVO
1	Ejecución de Programas aprobados	Control de cumplimiento	Nº Servicios cumplidos	100%
			Nº Servicios planeados	
2	Gestión de Seguridad	Minimizar impactos	Nº Observaciones resueltas	100%
			Nº Observaciones identificadas	
3	Capacitación al personal	Mejoramiento continuo	Nº H-H capacitadas	100%
			Nº de H-H programados	

Tabla 3.5, Indicadores de los Jefes de Mantenimiento

Coordinaciones con los siguientes niveles: Jefes Zonas de Mina, Jefes de Concentradora, Residentes de Contratistas.

Reporta a la Superintendencia de Mantenimiento.

Supervisa a sus Supervisores de Línea y personal técnico.

3.7.3 Supervisores de Mantenimiento

Como funciones genéricas, garantizar el funcionamiento de la sección de su competencia, verificación del estado de su personal y materiales en Almacén para la ejecución de las tareas del día de día,

cumplimiento del alcance de los niveles de indicadores de gestión en su sección de trabajo, capacitación continua a su personal.

Como funciones específicas, la supervisión de las empresas contratistas de su sección, cumplimiento de las medidas de Seguridad y Medio Ambiente y cuidado de equipos e instalaciones. En la Tabla 3.6 se indica algunos de sus indicadores.

Item	ACTIVIDADES	RESULTADO	INDICADORES	
			CUALITATIVO	CUANTITATIVO
1	Ejecución de Programas aprobados	Control de cumplimiento	Nº Servicios cumplidos	100%
			Nº Servicios planeados	
2	Gestión de Seguridad	Minimizar impactos	Nº Observaciones resueltas	100%
			Nº Observaciones identificadas	
3	Capacitación al personal	Mejoramiento continuo	Nº H-H capacitadas	100%
			Nº de H-H programados	

Tabla 3.6, Indicadores de Supervisores de Mantenimiento

Coordinaciones con los siguientes niveles: Supervisores de Mina, Supervisores de Planta, Personal de Cía. y de Contratistas
Reporta al Jefe de Mantenimiento respectivo.

Supervisa al personal técnico de Cía. y de Contratistas.

3.8 Administración de Contratos de Servicios de Mantenimiento

Actualmente el área de Mantenimiento cuenta con dos contratistas de servicios, uno de ellos se encarga del mantenimiento de los equipos trackless y el otro, el mantenimiento de los equipos convencionales de mina y ambos tienen contratos renovables. en la medida de los resultados y cumplimiento de los compromisos contractuales y las normas de Seguridad.

La fortaleza de la Contrata de Equipos trackless, es que forma parte de la organización representante de una marca de equipos de mina, cuya tendencia es la comercialización de repuestos, más que su compromiso de ejecutar los mantenimientos, por esa debilidad, sólo asume el manejo del indicador de Disponibilidad, en un rango de 85% a 90%, dependiendo de la vida de los equipos, a un costo aprox. de US\$ 2.250/equipo-mes.

La 2da contrata, tiene modalidad diferente, consistente en la administración del personal técnico, con supervisión directa de la Cía., a un costo aprox. de US\$ 1,150/equipo-mes. Igual que al anterior hay más indicadores más que el de Disponibilidad de Equipos.

La falta de más indicadores, como el MTTR, MTTF y MTBF, por lo menos, no permite medir la calidad de gestión de las Empresas Contratistas, porque no se le mide. generándose pérdidas de producción, que tampoco son medidos y se mantienen como costos ocultos.

3.9 Infraestructura de Taller

Para los equipos trackless se cuenta con dos Talleres diseñados para su mantenimiento, el primero se encuentra en superficie, lugar a donde se dirigen los equipos para los mantenimientos programados y cuenta con una sección de lavado, sección de lubricación y área para los trabajos preventivos y correctivos. El segundo se encuentra en el interior Mina N-490, para las inspecciones diarias y correcciones menores que permitan estar operativo hasta la fecha de la programación de su mantenimiento. Uno de los inconvenientes que tiene el Taller Subterráneo es ventilación deficiente, que genera a su vez poca visibilidad, dificultando los trabajos de inspección y

mantenimiento y, por el lado operativo, la saturación prematura de los filtros de aire y funcionamiento de los equipos en el nivel alto extremo del rango de temperatura, particularmente, en los motores refrigerados por aire. El Gráfico 3.2. muestra una disposición simple de planta del taller de Superficie.

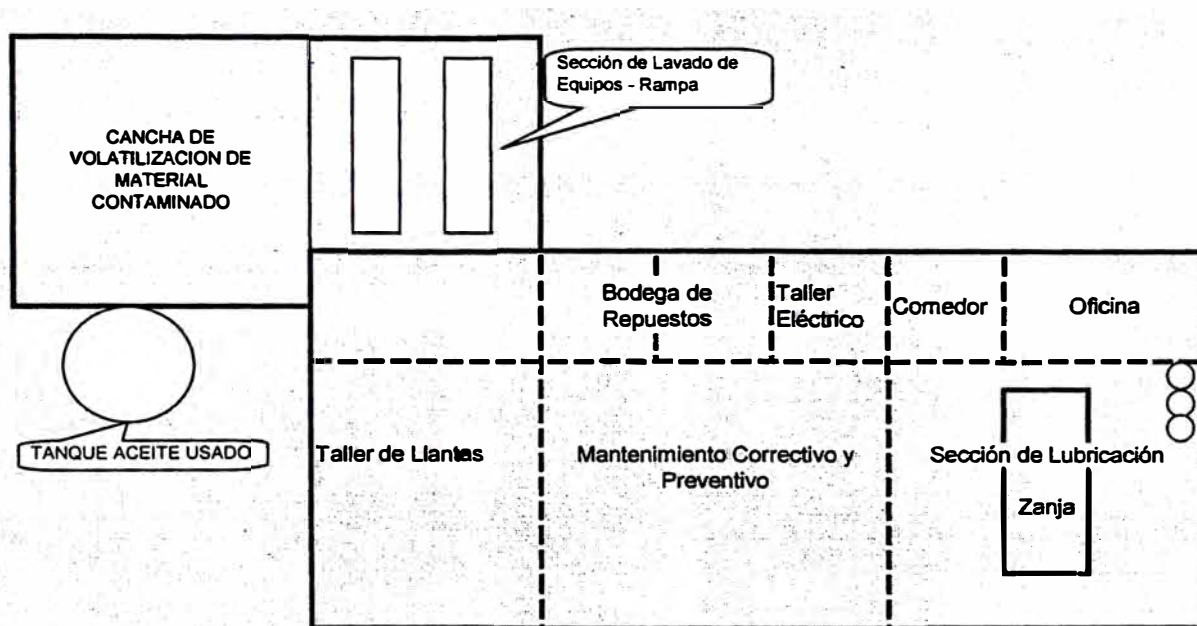


Gráfico 3.2, Taller de superficie de equipos trackless

3.10 Recursos Humanos

Los recursos humanos del área de mantenimiento, organizados con su estructura funcional, comprende dos tipos, los técnicos -mecánicos y electricistas de planilla propia y de contratas- y los operadores de equipos.

No están definidos, en detalle, los perfiles de los técnicos, para las condiciones operativas de la mina, sólo en forma general que no permite centrar las responsabilidades en cuanto a mantenibilidad y sostenibilidad, aparte que no se manejan con estos conceptos, no hay procedimientos definido que aplicar.

En cuanto a los operadores de los equipos, no hay una política definida para la administración de los mismos, se les asignó la tarea de operador mantenedor, sin definir su situación dentro de la Cía., pues en un momento estuvieron en planilla propia de la Cía.. luego, por los pobres resultados en rendimiento y viendo los costos que resultaba dicha planilla, se les transfirió a la planilla de las contratas, a quiénes, paralelamente, se les asignaban equipos para explotar las labores mineras que los requerían, de tal modo que a los operadores se les creaba una situación de incertidumbre, mostrando resultados negativos como desmotivación y alta rotación, con pobres resultados cuanto al cuidado y mantenimiento de los equipos por la consecuente insatisfacción laboral.

3.11 Diagnóstico de equipos

Para el diagnóstico operacional de los equipos seleccionados en este estudio se ha tomado información de los Reportes de los Memos de Mantenimiento, de acuerdo al formato que se detalla en el apartado 3.14, rellenos por los técnicos de Mantenimiento las actividades de su quehacer diario. esto es trabajos de mantenimiento correctivo, preventivo y a veces el predictivo, indicando fecha y equipo intervenido con su horómetro, eventualmente las horas de pérdidas de producción por las paralizaciones de equipos, registrados en forma irregular, materiales o repuestos utilizados en sendas reparaciones, cuyo costo viene dado por su código, las horas demandadas para su reparación y las horas de paralizaciones, que no necesariamente coinciden.

En la Tabla 3.7, se muestra la flota de equipos trackless de Cía., que comprende 3 perforadoras, (jumbos) 15 cargadores de bajo Perfil y 05 camiones, con sus características técnicas que ayudan al Proceso de Extracción y Acarreo de mineral.

Item	N° INVENTARIO	MARCA	MODELO	SERIE	HOR. ACUM A C	ASIGNADO/UBICACIÓN
A	JUMBOS					
1	JHR-31	ATLAS COPCO	H281	AVO99A116	3009	TALLER
2	JHR-20	ATLAS COPCO	H252	AVO92O104	3333	AESA
3	JHR-27	ATLAS COPCO	H282		3456	ZIRSAC
C	SCOOPTRAMS					
4	SER-23	ATLAS COPCO	EST- 3.5	EA04P0235	13548	TALLER
5	SER-25	ATLAS COPCO	EST- 3.5	EA04P0316	16475	OPEMISS
6	SDR-26	TAMROCK	130DTZ	2815	18972	LIMA- OVERHAUL
7	SDR-28	ATLAS COPCO	ST-3.5	DA04P0944	13124	A-O CATUVA
8	SDR-30	ATLAS COPCO	ST-3.5	DA04P0945	20981	ABRA-CIA
9	SER-32	TAMROCK	EJC61E	2844	4352	OPEMISS
10	SER-34	TAMROCK	EJC61E	3109	7652	OPEMISS
11	SER-35	TAMROCK	EJC61E	3254	6736	OPEMISS
12	SER-36	ATLAS COPCO	ST-2.0	DA04P0991	4582	OPEMISS
13	SER-37	TAMROCK	E100	213	3124	OPEMISS
14	SER-38	TAMROCK	E100	213	3762	MICONG
15	SER-39	ATLAS COPCO	ST-2.0	DA04P0958	3875	MICONG
16	SER-40	TAMROCK	E100	216	2345	MICONG
17	SER-41	TAMROCK	E100	216	2134	MICONG
18	SER-42	TAMROCK	E100	216	2435	OPEMISS
D	CAMIONES					
19	CDR-5	TAMROCK	JDT-415	s/s	24335	CIA
20	CDR-6	TAMROCK	JDT-416	2848	18801	CIA
21	CDR-7	TAMROCK	EJC-417	2958	17204	CIA
22	CDR-8	TAMROCK	EJC-418	2971	15387	CIA
23	CDR-9	TAMROCK	EJC-20	3245	9204	CIA

Tabla 3.7, Inventario de Equipos de Mina.

En la Tabla 3.8, se muestran los equipos de la Contratas, incluidos en el proceso de producción, con los mismos lineamientos de mantenimiento de la Cía.

	N° INVENTARIO	PROPIETARIO	MODELO	SERIE	HORAS ACUM	ASIGNADO A/ UBICACIÓN
1	SEVS-02	VSR	JDT-415	3425	6732	AESA
2	SEVA-03	VALENTIN	JDT-416	2346	2582	AESA
3	SERU-04	RUCO	ST-2.0	112	6124	MIVONG
4	SEMV-05	MIRO VIDAL	E100	1231	7162	MIVONG
5	SEAS-06	ASR	E100	1126	2844	MIVONG
6	SEOP-07	OPEMISS	EJC61E	2315	3109	OPEMISS
7	SDOP-14	OPEMISS	ST-2.0	DA04P0298	3254	CIA
8	SDOP-01	OPEMISS	E100	901	2345	CIA
9	SEVB-08	VSB	E100	892	6547	OPEMISS
10	SDAE-09	AESA	E100	923	2345	AESA

Tabla 3.8, Flota de Equipos de Contratas

3.12 Análisis de Fallas

Por la naturaleza del medio minero, el ambiente se caracteriza por:

- Terreno húmedo, generado por las frecuentes lluvias, que mantiene a los equipos con suciedad permanente, con dificultades en la limpieza, por el material abrasivo adherente, de difícil limpieza al endurecerse, formando costras en toda la extensión de la superficie de su estructura expuesta al barro, aumentando tiempo de demora en mantenimiento.
- Las gradientes de las vías de acceso están sobre el 15%, sobre exigen al motor, sistema de transmisión y llantas, manteniéndolos en el nivel superior del rango de temperaturas y desgastes prematuros.
- En interior mina, por la ventilación deficiente, se mantiene un ambiente contaminado, minimizando la visibilidad, condición insegura y saturación prematura de los filtros de aire –por la recirculación de los gases de escape– generando caída de potencia del motor, con sobrecalentamiento de las culatas, puntos débiles del motor.
- Los yacimientos de mineral por encontrarse dispersos entre sí, genera mayor número de equipos, además de traslados permanentes de los

cargadores y camiones de bajo perfil, entre los diferentes niveles de extracción, provocando desgaste prematuros en los aros y llantas por el excesivo rodado, además de que las a vías de acceso, les falta de mantenimiento; muchas veces los equipos hacen recorridos sin carga, dañando, también prematuramente, las articulaciones, constituidos por pines y bocinas, por los impactos ante los baches y materiales diseminados en las vías de accesos principales y secundarios.

Como consecuencia de estas vías en mal estado, se han tenido incidentes con los cargadores, al salirse los pines, tanto del cucharón, como de los cilindros de dirección, por desgaste prematuro, trabando al equipo en interior mina y creando interrupciones del ciclo de carguío a la planta chancadora, con riesgo de paralizar el flujo de producción.

3.12.1 Fallas de Equipos de Carguío

Lo más destacable es por causa de la falta de ventilación en interior mina, se afecta al sistema motriz, con una ponderación del 24.49% sobre el total de fallas, siguiendo en segundo lugar el sistema de transmisión, con una ponderación de 24.26% y el sistema hidráulico con 22.43%.

También por el mal estado de las vías de acceso, se afecta a las estructuras metálicas, chasis delantero y posterior, con una ponderación de 18.76%, básicamente por rajaduras de los cordones de soldadura y desgaste de alojamientos de los pines y bocinas.

En la Tabla 3.9, se muestra un resumen del análisis de fallas de los cargadores de bajo perfil.

CARGADOR DE BAJO PERFIL					
MODELO:		SCOOPTRAMS	MES:	ENERO 06	
SISTEMAS	INCIDENCIAS	FRECUENCIA DE FALLAS	TIEMPO PROMEDIO	TIEMPO FRECUENCIA PROMEDIO	PONDERACION
		falla/mes	hrs/falla	hrs/mes	
MOTRIZ	Pérdida de potencia	3	2	6	24.49%
	Humo negro	2	1	2	
	Humo picante	3	2	6	
	Fuga de aceite	4	3	12	
	Sobrecalentamiento	3	1	3	
	Golpes metálicos	3	12	36	
	Filtro aire saturado	5	6	30	
	Aceite Baja viscosidad	3	4	12	
	TOTAL MOTRIZ	26	31	107	
TRANSMISION	Pernos crucetas flojos	4	3	12	24.26%
	Desalineamiento card'n	3	5	15	
	Fuga de	1	2	2	
	Retenes perforados	3	2	6	
	Sobrecalentamiento	2	3	6	
	Mangueras con fugas	5	8	40	
	Aceite Baja viscosidad	2	5	10	
	Llantas perforadas	4	3	12	
	Pernos de llantas rotas	3	1	3	
TOTAL TRANSMISION	27	32	106		
SISTEMA HIDRAULICO	Aceite Baja viscosidad	1	2	2	22.43%
	Fuga aceite por cilindros	5	6	30	
	Mangueras con fugas	3	4	12	
	Válvula control atascada	4	3	12	
	Fuga aceite por válvula	3	8	24	
	Sobrecalentamiento	2	6	12	
	Enfriador saturado	3	2	6	
TOTAL SISTEMA HIDRAULICO	21	31	98		
SISTEMA ELECTRICO	Baterías sin agua	2	5	10	10.07%
	Corto circuito de cables	2	2	4	
	Alternador quemado	3	2	6	
	Arrancador quemado	2	4	8	
	Faros quemados	3	2	6	
	Controles sin energía	2	5	10	
	TOTAL SISTEMA ELECTRICO	14	20	44	
ESTRUCTURA CHASIS	Cucharón con desgaste	4	3	12	18.76%
	Labios de cucharón roto	3	8	24	
	Pines desgastados	3	2	6	
	Bocinas desgastados	3	6	18	
	Aguilón desalineado	2	5	10	
	Eje oscilante roto	4	3	12	
	TOTAL ESTRUCTURA CHASIS	19	27	82	
TOTAL EQUIPOS		107	141	437	100.00%

Tabla 3.9, Incidencia de fallas en Cargadores

3.12.1 Fallas de Equipos de Acarreo

En la Tabla 3.10, se muestra un resumen del análisis de fallas de los camiones de bajo perfil.

CAMION DE BAJO PERFIL					
MODELO:	DUMPER		MES:	ENERO 06	
SISTEMAS	INCIDENCIAS	FRECUENCIA DE FALLAS	TIEMPO PROMEDIO	TIEMPO FRECUENCIA PROMEDIO	PONDERACION
		falla/mes	hrs/falla	hrs/mes	
MOTRIZ	Pérdida de potencia	3	2	6	22.62%
	Humo negro	2	2	4	
	Humo picante	3	1	3	
	Fuga de aceite	2	2	4	
	Sobrecalentamiento	3	5	15	
	Golpes metálicos	1	2	2	
	Filtro aire saturado	5	6	30	
	Aceite Baja viscosidad	3	4	12	
	TOTAL MOTRIZ	22	24	76	
TRANSMISION	Pernos crucetas flojos	4	3	12	23.21%
	Desalineamiento card'n	3	3	9	
	Fuga de aceite	1	2	2	
	Retenes perforados	3	2	6	
	Sobrecalentamiento	1	3	3	
	Mangueras con fugas	2	2	4	
	Aceite Baja viscosidad	3	5	15	
	Llantas perforadas	4	6	24	
	Pernos de llantas rotas	3	1	3	
TOTAL TRANSMISION	24	27	78		
SISTEMA HIDRAULICO	Aceite Baja viscosidad	2	4	8	20.83%
	Fuga aceite por cilindros	2	6	12	
	Mangueras con fugas	3	4	12	
	Válvula control atascada	4	3	12	
	Fuga aceite por válvula	3	6	18	
	Sobrecalentamiento	1	2	2	
TOTAL SISTEMA HIDRAUL	18	27	70		
SISTEMA ELECTRICO	Baterías sin agua	2	4	8	10.12%
	Corto circuito de cables	1	2	2	
	Alternador quemado	3	2	6	
	Arrancador quemado	1	2	2	
	Faros quemados	3	2	6	
	Controles sin energía	2	5	10	
	TOTAL SISTEMA ELECTR	12	17	34	
ESTRUCTURA CHASIS	Tolva con desgaste	4	3	12	23.21%
	Protectores de tolva roto	3	6	18	
	Pines desgastados	2	2	4	
	Bocinas desgastados	2	6	12	
	Agullón desalineado	4	5	20	
	Eje oscilante roto	4	3	12	
TOTAL ESTRUCTURA	19	25	78		
TOTAL EQUIPOS	95	120	336	100.00%	

Tabla 3.10, Incidencia de fallas en Camiones

Analizando ambos cuadros, se observan dos perfiles de fallas diferentes, entre los cargadores y los camiones.

En la Tabla 3.11, se han resumido las ponderaciones de fallas en los sistemas de los equipos y podemos concluir con las siguientes observaciones:

ANALIS DE PONDERACIONES

SISTEMAS	CARGADOR	CAMIONES	SOBRECARGAS
MOTRIZ	24.49%	22.62%	8.25%
TRANSMISION	24.26%	23.21%	4.49%
SISTEMA HIDRAULICO	22.43%	20.83%	7.64%
SISTEMA ELECTRICO	10.07%	10.12%	-0.50%
ESTRUCTURA CHASIS	18.76%	23.21%	-19.17%
TOTAL	100%	100%	0.71%

Tabla 3.11, Análisis de Ponderaciones de Fallas

- Los cargadores tienen más exigencia a los motores (8.25%), transmisiones (4.49%) y sistema hidráulico (7.64%) con respecto a los camiones. Al desarrollar más potencia, más tracción y más carga hidráulica, en la extracción y carguío de mineral a los camiones o tolvas;
- En los sistemas eléctricos de cargadores y camiones se observa un régimen similar;
- En la Estructura Chasis, si hay diferencias notables, los camiones sobre exigen en un 19.17% más, con respecto a los cargadores, debido al largo recorrido, con una carga muerta sobre vías en mal estado, afectando al chasis, pines y bocinas de las articulaciones y los pernos de sujeción de los ejes de transmisión y rajaduras de las planchas y cordones de soldadura por desalineamiento.

3.13 Disponibilidad

Para los cálculos de disponibilidad, la base de medición, HP, es 20 hrs/día, por las voladuras diarias, que contamina la mina y, por ello, no es posible permanecer dentro de ella, tanto equipos y personal, tienen que salir y estar en superficie, 2 horas por turno.

En la Tabla 3.12, muestra resultados de disponibilidad sobre 20 hrs día.

**CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE EQUIPO
CRITICO DE CARGUIO
EQUIPO SDMR-28 MES DICIEMBRE 39,802**

Item	MES AÑO	HOROM	HORAS PROGRAM	HORAS MANTENIM	DISPONIBILIDAD
1	Ene 05	32,502	620	121.50	80%
2	Feb 05	33,122	560	106.50	81%
3	Mar 05	33,682	620	112.50	82%
4	Abr 05	34,302	600	109.00	82%
5	May 05	34,902	620	98.00	84%
6	Jun 05	35,522	600	95.00	84%
7	Jul 05	36,122	620	104.00	83%
8	Ago 05	36,742	620	105.50	83%
9	Set 05	37,362	600	94.00	84%
10	Oct 05	37,962	620	113.00	82%
11	Not 05	38,582	600	98.00	84%
12	Dic 05	39,182	620	110.00	82%

Tabla 3.12, Disponibilidad con base 20 horas diarias

3.14 Registros históricos

Los historiales de los equipos se van formulando en los Registros de Memos de Mantenimiento, ver Gráfico 3.3, formatos rellenos diariamente por los técnicos, como resumen de su actividad al detectar anomalías en las inspecciones diaria a los equipos, en los horarios que no interrumpen a la producción, esto es, mientras el operador toma sus refrigerios o en horario de cambio de turno.

REGISTRO DE LOS MEMO DE MANTENIMIENTO				Registro Nro. :	100-06
				Fecha :	7/15/2006
				Horómetro	46573
Máquina / Equipo :	Scooptram	Código :	SMR-028		
Parte Mecánica / Equipo :	Motor	Turno :	Dia		
Descripción de la solicitud :		Fuga de agua por el radiador			
INFORMES DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN					
Clase de Intervención :		Correctivo			
Tipo de Trabajos :		Mecánico y de soldadura			
Detalle :		Desarme y armado de radiador y Soldadura de 03 celdas de refrigeración			
Especialidad Personal	Cantidad	Tiempo (hrs)	Tarifa		Observaciones
Mecánico de 1ra	1	3	12.00	36.00	
Soldador Líder	1	1.5	12.00	18.00	
Sub-total				53.99	
Repuestos / Materiales / Equipos	Cantidad	Costo Unit.		Total	
Refrigerante	5	35		175.00	
Soldadura de bronce	3	42		126.00	
Sub-total				301.00	
TOTAL				354.99	
Observaciones :					
El Scooptram dejó de cargar y la producción se afectó por la falta de carguío de 200 Tn, debido a que el camión dejó de alimentar a la Chancadora, en el mismo tiempo que estuvo paralizado el Scooptram					
_____		_____		_____	
Operario de Producción		Responsable de Mantenimiento		Supervisor de Producción	

Gráfico 3.3, Memo de Mantenimiento

En los Registros se anotan las fallas por sistemas, horas de reparación y de paradas de equipos, materiales o repuestos consumidos, en cantidad y precios, observaciones sobre las paradas de equipos que afectan a la producción, nombre del técnico, firmas y las pérdidas de producción se registran irregularmente.

3.15 Indicadores

Tal como se ha afirmado en otros párrafos, el único indicador que se monitorea es la Disponibilidad obtenida que se compara con la Disponibilidad planeada, como se muestra en el Gráfico 3.4.

No hay indicadores que midan la gestión de las Empresas de servicios de mantenimiento de la flota de equipos trackless y convencionales.

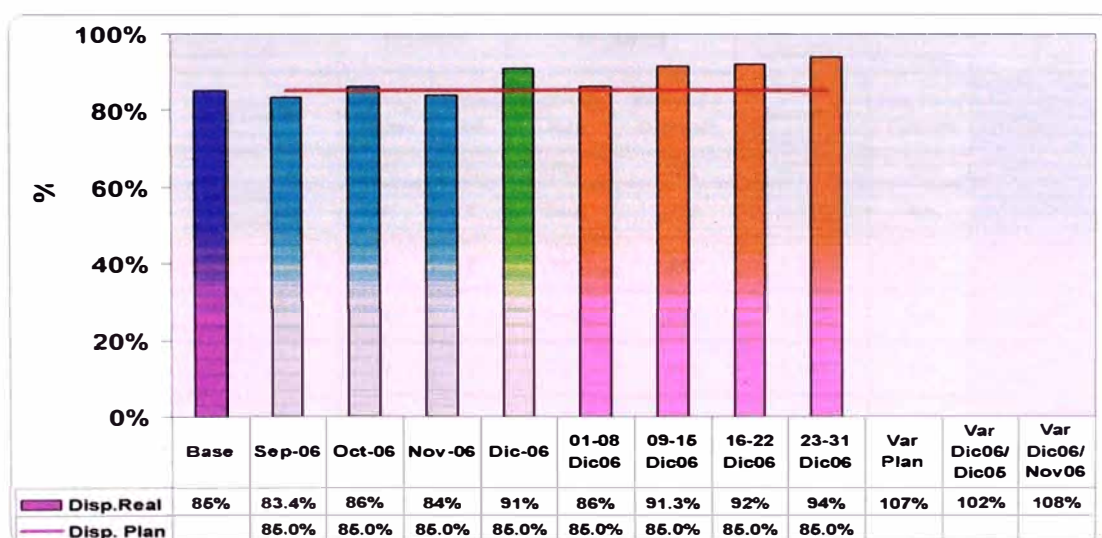


Gráfico 3.4, Disponibilidad de Equipos

3.16 Pérdidas de Producción

No hay registros regulares de las pérdidas de producción, por que no se dispone de su aplicación, se mantiene como costo oculto, debido a la falta de claridad en su cálculo, hay dos opciones, una de ellas está referida a la tarifa de alquiler del equipo; y el otro, en considerar el costo de mineral dejado de mover, o por el cargador o por el camión. No se considera, no obstante, se percibe una producción disminuida por las paradas de equipos, dificultando le forma de medir y tomar decisiones de mejora de la producción.

3.17 Resultados Económicos

En las Tablas 3.13 y Tabla 3.14 se muestran los costos de mantenimiento y las pérdidas de producción, de la flota de equipos de bajo perfil, de un mes, con sus respectivos Gráficos 3.5 y 3.6, en períodos quincenales.

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FLOTA DE EQUIPOS 1ra QUINCENA DE JUNIO 2005

MES		Jun-06		CODIGO		SDMR-28		HOROMETRO INICIAL	13,625	
EQUIPO:		SCOOP SANDVIK						HOROMETRO FINAL	13,899	
Item	Fecha	Horómetro	SISTEMAS	Tiempo Repar	Personal	Mano de Obra	Material y Repuest	Costo Manteni miento	Hrs Pérd Producc	Pérdida Producci
				hr	h	US\$	US\$	US\$	hrs	US\$
1	1-Jun-05	13,625	SISTEMA CUCHARON	4	5	240	1,138	1,378	4.0	4,800
2	2-Jun-05	13,643	SISTEMA MOTOR	4	2	96	1,247	1,343	4.0	4,800
3	5-Jun-05	13,698	SISTEMA ESTRUCTURAL	4	6	288	1,675	1,963	4.0	4,800
4	7-Jun-05	13,734	SISTEMA ELECTRICO	2	3	72	1,075	1,147	2.0	2,400
5	11-Jun-05	13,809	SISTEMA HIDRAULICO	3	2	72	876	948	3.0	3,600
6	12-Jun-05	13,827	SISTEMA MOTOR	4	2	96	796	892	4.0	4,800
7	13-Jun-05	13,845	SISTEMA ESTRUCTURAL	5	5	300	856	1,156	5.0	6,000
TOTAL		274		26		1,164	7,663	8,827	26	31,200

Tabla 3.13, Costos de Mantenimiento, 1ra Quincena

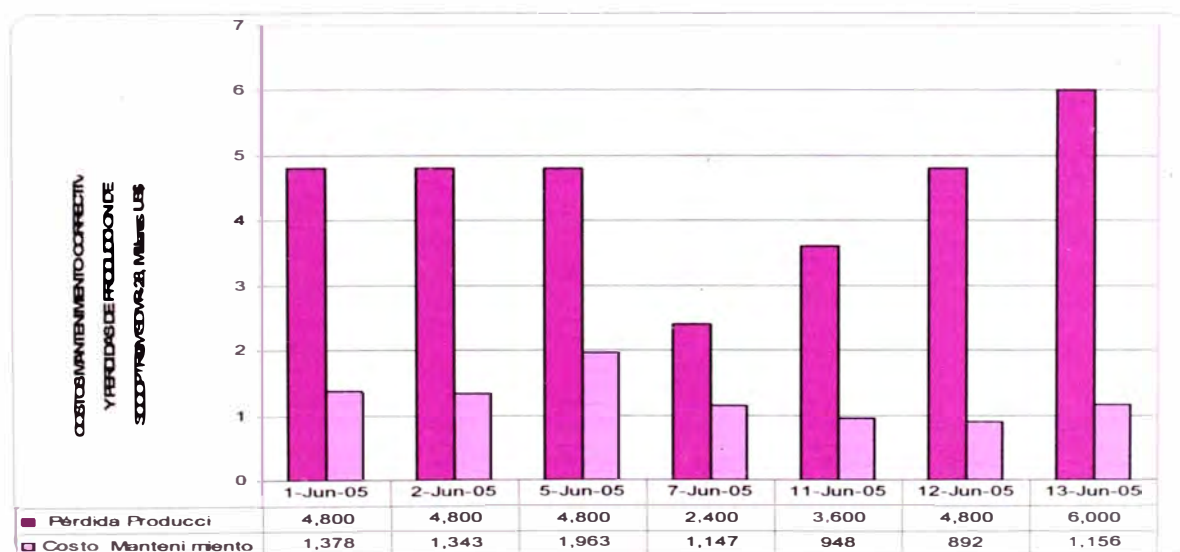


Gráfico 3.5. Costos de Mantenimiento, 1ra Quincena

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FLOTA DE EQUIPOS
2da QUINCENA DE JUNIO 2005

MES		Jun-06		CODIGO		SDMR-28		HOROMETRO INICIAL		13,899
EQUIPO:		SCOOP SANDVIK						HOROMETRO FINAL		14,165
Item	Fecha	Horómetro	SISTEMAS	Tiempo Repar	Personal	Mano de Obra	Material y Repuest	Costo Manteni miento	Hrs Pérd Produc	Pérdida Producci
				hr	h	US\$	US\$	US\$	hrs	US\$
1	17-Jun-05	13,920	SISTEMA CUCHARON	3	10	360	1,138	1,498	3.0	3,600
2	18-Jun-05	13,938	SISTEMA MOTOR	4	2	96	1,247	1,343	4.0	4,800
3	23-Jun-05	14,028	SISTEMA ELECTRICO	2	3	72	1,075	1,147	2.0	2,400
4	25-Jun-05	14,063	TANQUE HIDRAULICO	4	4	192	1,778	1,970	4.0	4,800
5	27-Jun-05	14,097	SISTEMA HIDRAULICO	3	2	72	876	948	3.0	3,600
6	28-Jun-05	14,114	SISTEMA MOTOR	4	2	96	796	892	4.0	4,800
7	29-Jun-05	14,132	SISTEMA ESTRUCTURAL	5	5	300	856	1,156	5.0	6,000
TOTAL 2da Quinc		266		25		1,188	7,766	8,954	25	30,000
TOTAL 1ra Quinc								8,827	26	31,200
TOTAL Mes								17,780	51	61,200

Tabla 3.14. Costos de Mantenimiento, 2da. Quincena

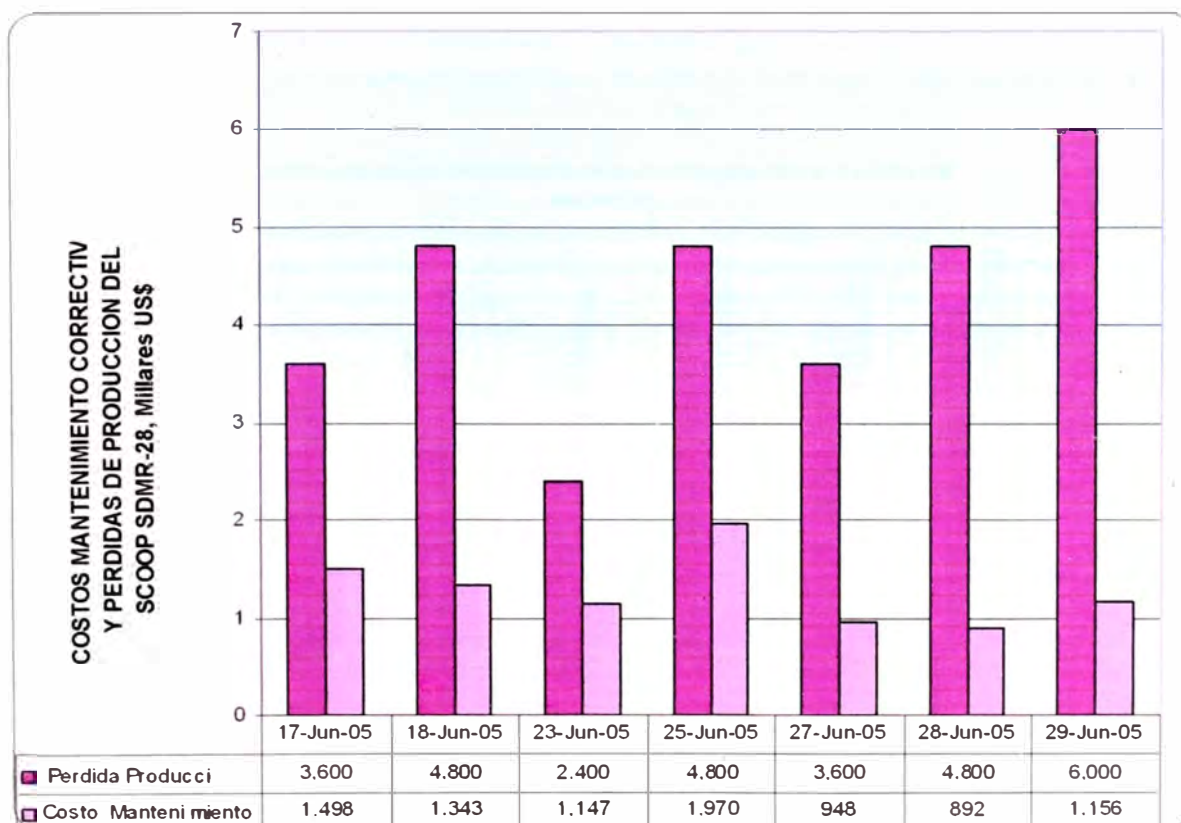


Gráfico 3.6. Costos de Mantenimiento, 2da. Quincena

En las Tablas 3.15 y 3.16, con sus Gráficos 3.7 y 3.8 se muestran los Costos de Mantenimiento, Preventivo y Correctivo y las Pérdidas de Producción, por sistemas de equipos: Motor, Transmisión, Sistemas Hidráulico y eléctrico, Estructuras y Llantas, en periodos semestrales de la flota de equipos de bajo perfil.

COSTOS DE MANTENIMIENTO POR SISTEMAS DE LA FLOTA DE EQUIPOS DE 1er SEMESTRE 2005

Ítem	Año-Mes	Sistema						Costo		Total Costo Mant	Pérdida Produc
		Motor	Transmisión	Hidráulico	Eléctrico	Estructuras	Llantas	Mant Correc	Man Preve		
1	2005-01	2,140	2,228	2,516	1,129	2,436	1,056	11,505	2,700	14,205	62,057
2	2005-02	2,808	2,924	3,303	1,282	3,197	1,109	14,623	2,385	17,008	65,346
3	2005-03	2,801	2,916	3,294	1,279	3,189	1,106	14,587	2,455	17,042	63,712
4	2005-04	3,059	3,185	3,597	1,397	3,483	1,208	15,929	2,550	18,479	64,604
5	2005-05	3,019	3,143	3,551	1,379	3,437	1,192	15,722	2,750	18,472	62,989
6	2005-06	3,135	3,264	3,687	1,069	3,569	1,006	15,730	2,050	17,780	61,200
	TOTAL	13,828	14,395	16,262	6,467	15,742	5,672	72,366	12,840	102,986	318,708

Tabla 3.15, Costos de Mantenimiento y Pérdidas de Producción estimadas -I

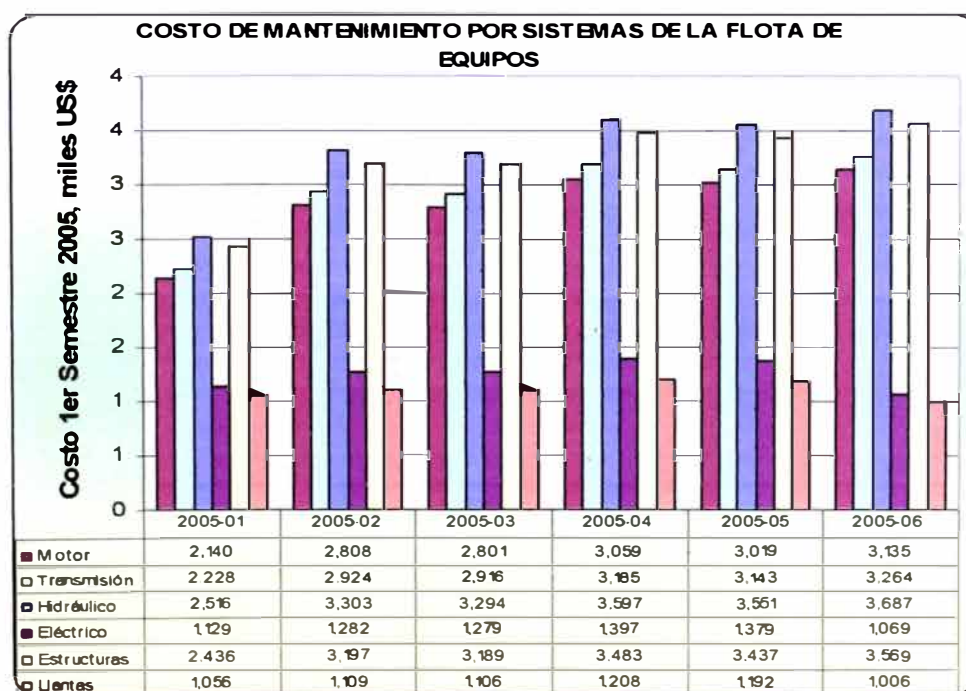


Gráfico 3.7, Diagrama de Costos por Sistemas, 2005-1

En dichos cuadros se observa como costo relevante los daños sufridos en las estructuras, tanto de los cargadores como de los camiones, debido al mal estado de las vías de acceso.

COSTOS DE MANTENIMIENTO POR SISTEMAS DE LA FLOTA DE EQUIPOS DE 2do SEMESTRE 2005

Item	Año-Mes	Sistema						Costo		Total Costo Mant	Pérdida Produc
		Motor	Transmisión	Hidráulico	Eléctrico	Estructuras	Llantas	Mant Correc	Man Preve		
1	2005-07	2,388	2,480	2,957	1,025	1,576	4,376	14,801	2,840	17,641	63,619
2	2005-08	2,507	1,786	2,513	1,076	1,891	4,288	14,061	2,935	16,996	66,800
3	2005-09	2,507	2,604	2,528	1,178	1,812	4,594	15,224	2,840	18,064	63,460
4	2005-10	2,532	1,875	2,388	1,291	1,910	4,074	14,069	2,455	16,524	60,287
5	2005-11	2,256	3,255	2,149	1,237	1,830	4,824	15,552	2,640	18,192	63,301
6	2005-12	2,557	1,969	2,412	1,356	1,929	4,277	14,500	2,455	16,954	66,466
TOTAL 2		18,072	21,452	21,572	6,053	21,205	25,769	166,230	31,530	104,372	383,933
TOTAL 1er. Semestre										102,986	318,708
TOTAL AÑO										207,358	702,641

Tabla 3.16, Costos de Mantenimiento y Pérdidas de Producción estimadas - 2



Grafico 3.8, Diagrama de Costos por Sistemas, 2005-2

En el Gráfico 3.9, se muestran los costos de Mantenimiento Preventivo y Correctivo, por separado y se observa un perfil irregular entre sí, con un promedio mensual de US\$ 14,692.00 como Costo Correctivo y US\$ 2,488 como Costo de Mantenimiento Preventivo mensual.

Estos datos nos servirán de referencia para comparar con los resultados de la aplicación del Plan de Mejoras.

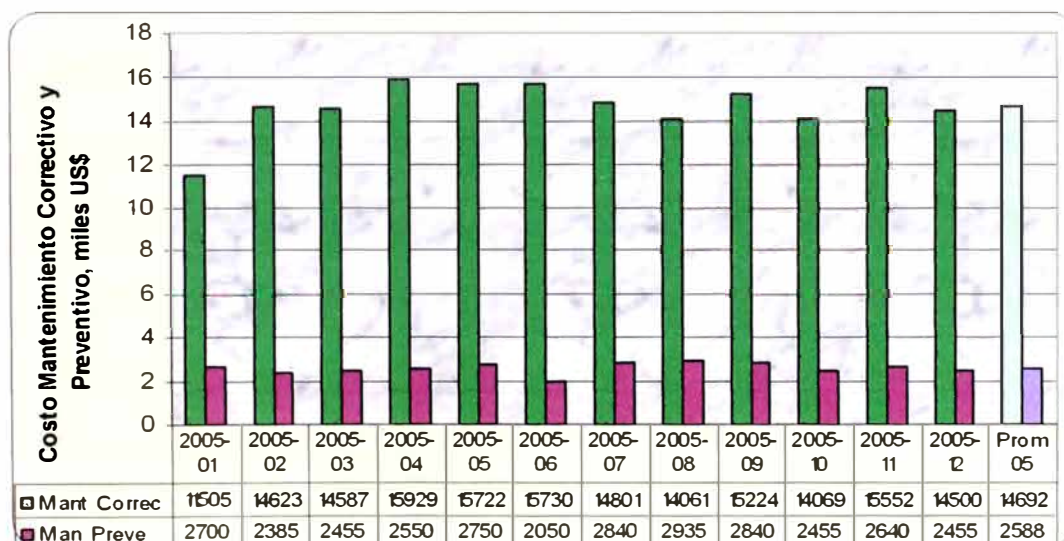


Gráfico 3.9, Costos de Mantenimiento Preventivo y Correctivo

CAPITULO IV

PLAN DE MEJORAS

*“Lo que no se puede definir, no se puede medir,
lo que no se puede medir no se puede mejorar,
lo que no se puede mejorar, se degrada siempre”*

El plan de mejoras se basa en la aplicación del Planeamiento Estratégico, que incluye el enfoque de Procesos, para alinear acciones y responsabilidades con sentido integrador y facilitando la obtención de resultados, con la participación del personal de Mantenimiento, asignando "propietarios" a los **procesos clave** y haciendo posible una gestión que genere valor y **satisfacción del cliente**, aquí el cliente es Operaciones Mina, determinando qué procesos necesitan ser mejorados y priorizados para proveer un contexto adecuado para mantener planes de mejora alcanzables.

4.1 Aplicación de la Nueva Metodología

Para el plan de mejoras en cuanto a equipos, se recomienda, en primer lugar, clasificarlos por antigüedad y criticidad, de acuerdo a la Tabla 4.1.

CLASIFICACION DE EQUIPOS CRITICOS POR NIVEL DE ANTIGÜEDAD								
NIVEL DE ANTIGÜEDAD				CLASE				
				1	2	3	4	5
CLASE	CONDICION	ANTIGÜEDAD		ESENCIAL	CRITICO	IMPORTANTE	USO GENERAL	AUXILIARES
A	NUEVOS	De 1,500 hrs	A 5,000 hrs					
		De 1 año	A 2 años					
B	USADOS	De 5,001 hrs	A 40,000 hrs					
		De 2 años	A 8 años					
C	OBSOLETOS	De 40,001 hrs	A 150,000 hrs					
		De 8 años	A 15 años					

Tabla 4.1. Nivel de Antigüedad y Clase de Equipos

La antigüedad se clasifica en función a las horas de operación, enmarcadas en 3 niveles y la criticidad en 5 niveles de clase. Con este criterio, se toma el inventario de equipos y se confecciona un cuadro que incluye capacidades tipificadas como Nominal, Programada y Real, como aparece en la Tabla 4.2.

Item	CODIGO	MODELO	CAPACIDADES			ANTIGÜEDAD	CRITICIDAD	
			Unid	NOMINAL	PROGRAMADA			REAL
C								
SCOOPTRAMS								
6	SDR-28	ST-3.5	yd ³	3.50	3.33	3.15	B	1
7	SER-23	EST- 3.5	yd ³	3.50	3.33	3.15	B	1
8	SER-25	EST- 3.5	yd ³	3.50	3.33	3.15	B	1
9	SDR-30	ST-3.5	yd ³	3.50	3.33	3.15	B	1
10	SDR-26	130DTZ	yd ³	3.50	3.33	3.15	B	1
11	SER-32	EJC61E	yd ³	1.50	1.43	1.35	B	2
12	SER-34	EJC61E	yd ³	1.50	1.43	1.35	B	2
13	SER-35	EJC61E	yd ³	1.50	1.43	1.35	B	1
14	SER-36	ST-2.0	yd ³	1.80	1.71	1.62	B	1
15	SER-37	E100	yd ³	0.75	0.71	0.68	B	2
16	SER-38	E100	yd ³	0.75	0.71	0.68	B	2
17	SER-39	ST-2.0	yd ³	1.80	1.71	1.62	B	1
18	SER-40	E100	yd ³	0.75	0.71	0.68	B	2
19	SER-41	E100	yd ³	0.75	0.71	0.68	B	2
20	SER-42	E100	yd ³	0.75	0.71	0.68	B	2
D								
CAMIONES								
21	CDR-5	JDT-415	tn	15	14.25	14	B	2
22	CDR-6	JDT-416	tn	16	15.20	14	B	2
23	CDR-7	EJC-20	tn	17	16.15	15	B	1
24	CDR-8	EJC-21	tn	16	15.20	14	B	2
25	CDR-9	EJC-22	tn	16	15	14	B	2

Tabla 4.2, Tipos de Capacidades de los Equipos

4.1.1 Mantenimiento Correctivo

El Mantenimiento tiene uno de los mayores costos operativos controlables, en la industria intensiva en capital, como es la mina. Es una función crítica del negocio que impacta sobre el volumen y calidad de producción, costos operacionales, Seguridad y riesgos comercial y Medioambiental. El Mantenimiento, en organizaciones líder, es no sólo como un costo que debe ser evitado, sino como una función impulsora de los negocios. Está considerado como un aporte valioso al

negocio, que contribuye a la productividad de los activos y al mejoramiento continuo del desempeño de los mismos.

El dilema que la mayoría encara en organizaciones que escasamente disponen de recursos suficientes para mantener las plantas en operación, consiste en ser gestor y que aisladamente ayuda a mejorar la confiabilidad..

En este caso, los escasos recursos de mantenimiento son racionados y las fallas los consumen con una mayor frecuencia, generando un círculo vicioso (Ver Grafico 4.1).

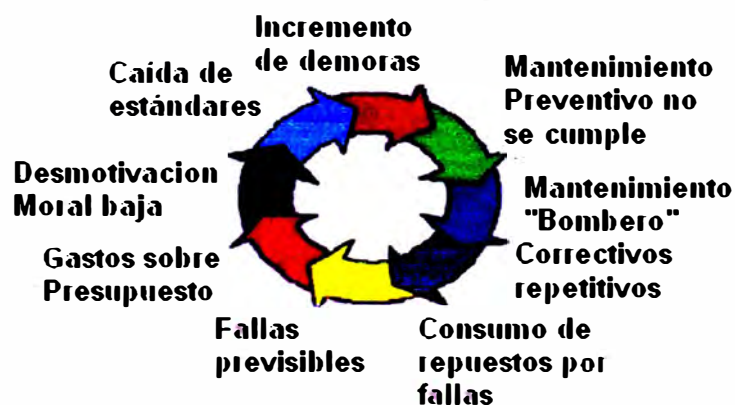


Grafico 4.1. Círculo vicioso del Mantenimiento Correctivo

A la pérdida de productividad por un mantenimiento no planificado, la mentalidad de reparar rápidamente genera un "mantenimiento apaga incendios" o mantenimiento temporal, tipo "bombero" y agrava la situación. A menudo en el esfuerzo de bajar costos, se recurre a reducciones de personal, por lo que el personal declina la moral y se deja consumir por la desesperación y tensión, conduciendo a una baja de los estándares del trabajo.

El círculo vicioso gradualmente se alimenta a sí mismo llevando a las organizaciones a ser casi totalmente reactivas.

En ese tipo de organizaciones, pareciera que la disponibilidad de planta cae y se estabiliza al más bajo nivel; un nivel tal en el que ya no se producen nuevas fallas, porque la planta está siendo reparada! Para muchos, la solución más obvia es incrementar personal y no siempre este enfoque es el mejor, debido a que la cultura empresarial tiende a la reducción de costos y aquellos gerentes empeñados en los aumentos de personal raramente tendrán éxito.

4.1.2 Mantenimiento Preventivo

Este tipo de mantenimiento surge por necesidad de minimizar el correctivo y sus complicaciones, se pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y renovación de elementos dañados, si a la primera y segunda no se realizan, la tercera es inevitable.

Su desarrollo se dio durante la segunda guerra mundial, por las aplicaciones militares; en la inspección de los aviones antes de cada vuelo y en el cambio de algunos componentes en función del número de horas de operación. Básicamente consiste en programar revisiones, en base al conocimiento, experiencia e históricos de los equipos, que ayudará en gran medida a controlarlos, mediante acciones necesarias, lubricación y limpieza fundamentalmente. Su cuidado

periódico demanda un estudio óptimo de conservación para una aplicación eficaz de calidad y a la mejora continua.

Una reducción del correctivo representa reducción de costos de producción y aumento de disponibilidad, esto posibilita planear las tareas de mantenimiento y previsión de recambios.

Representa una inversión inicial en Taller y mano de obra que deben ser técnicos especializados. Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin las mejoras sustanciales en la disponibilidad. Los trabajos rutinarios al prolongarse generan falta de motivación en el personal, debiendo crearse sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo de satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios es indispensable para su éxito.

Para adoptar el criterio preventivo, es necesario entender el funcionamiento de los sistemas a cabalidad, para aplicar las medidas preventivas, antes que ocurra la falla, por ejemplo si se tratase de un motor, como se indica en el Gráfico 4.2.

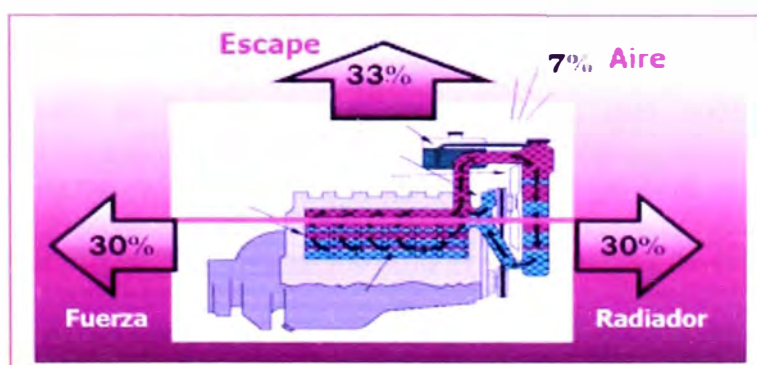


Gráfico 4.2. Distribución de energía en un motor

Para su buen funcionamiento, la temperatura del motor debe estar en el rango 80°C-100°C, no obstante el 30% del calor es aprovechado como energía. Todo lo demás del calor generado debe ser eliminado, el 7% se disipa al medio ambiente, el 33% pasa directo al escape y el 30% es eliminado por el aceite y el sistema de refrigeración. A su vez, este sistema, que está compuesto de diversos accesorios o componentes permiten el enfriamiento del motor, como se observa en el Gráfico 4.3

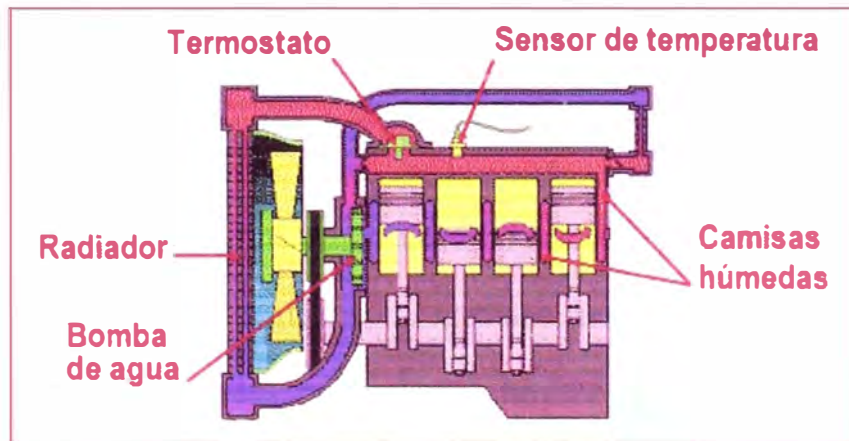


Gráfico 4.3. Componentes del Sistema de Enfriamiento.

Estas informaciones ayudarán a confeccionar una cartilla de Servicios de Mantenimiento Preventivo, donde se detallarán las tareas que deberán atenderse, de acuerdo a las frecuencias de intervención recomendadas por los fabricantes de equipos como de lubricantes y componentes, que constituyen el sistema, además de experiencias propias ganadas en ellos.

En el Gráfico 4.4, se muestra la distribución de los servicios programados con la frecuencia de 125 horas, dentro de un espectro de 1,000 horas, a partir del cual será repetitivo hasta

el cumplimiento de su vida útil, que dependerá del tipo de equipo, por ejemplo, para los cargadores de bajo perfil, se estima en 10,000 horas y para los camiones de 15,000 horas.

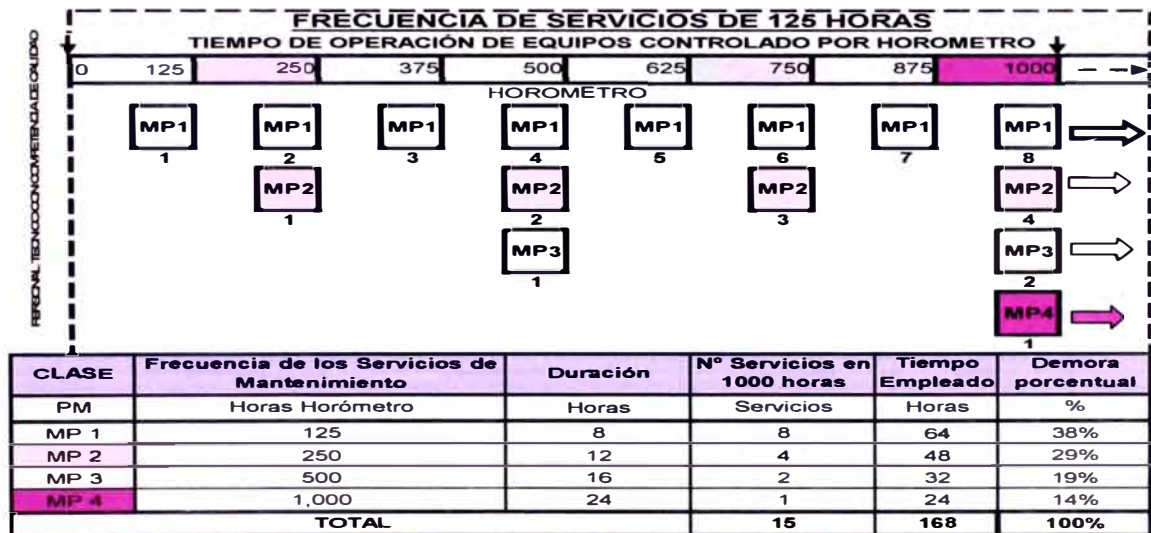


Gráfico 4.4. Frecuencia de Servicios de 125 horas.

Cada Servicio se desarrolla mediante una cartilla, donde se indican las tareas programadas básicas a ejecutarse en el equipo programado para garantizar su operación confiable, tal como se muestran en los Gráficos 4.5-1 al 4.5-4, para los MP1, MP2, MP3 y MP4, respectivamente.

CARTILLA DE MANTENIMIENTO			
FECHA:		24 Noviembre 2006	
EQUIPO:		SCOOP SDMR-28	
TECNICO RESPONS		Miguel Albitez	LUGAR: CATUVA N300
		SUPERVISOR:	Ing. J. Perez
TAREAS A EJECUTARSE		PROGRAMADO	REAL
HOROMETRO		24,125	
SERVICIO MP1, CADA 125 HORAS			
1	Lavado del equipo	✓	
2	Cambio de filtros de aire primario y secundario	✓	
3	Cambio de filtros de aceite motor	✓	
4	Inspección Tablero de Control	✓	
5	Lubricación de cables	✓	
6	Lubricación de pines y bocinas	✓	
7	Inspección presión aire Llantas	✓	
8	Relleno de agua destilada a baterías	✓	
MATERIALES Y/O REPUESTOS UTILIZADOS			
Nº de Parte	Descripcion	Cantidad	Costo
OBSERVACIONES Y ECOMENDACIONES			
Tecnico Responsable		Firma	Fecha
Supervisor		Firma	Fecha

Gráfico 4.5-1, Cartilla del Servicio MP1 correspondiente a un Scooptram

CARTILLA DE MANTENIMIENTO				
FECHA:	03 Noviembre 2006		LUGAR:	CATUVA N300
EQUIPO:	SCOOP SDMR-28		SUPERVISOR:	Ing. J. Pérez
TECNICO RESPONS	Miguel Rosadio			
TAREAS A EJECUTARSE		PROGRAMADO	REAL	
HOROMETRO		24,250		
SERVICIO MP2, CADA 250 HORAS				
1	Lavado del equipo	√		
2	Cambio de filtros de aire primario y secundario	√		
3	Cambio de filtros de aceite motor	√		
4	Cambio de filtros de combustible	√		
5	Inspección Tablero de Control	√		
6	Lubricación de cables	√		
7	Lubricación de pines y bocinas	√		
8	Inspección presión aire Llantas	√		
9	Relleno de agua destilada a baterías	√		
10	Revisión de líneas cardánicas	√		
11	Ajuste de pernos de zapatas	√		
12	Cambio de aceite de transmisión	√		
MATERIALES Y/O REPUESTOS UTILIZADOS				
	Nº de Parte	Descripcion	Cantidad	Costo
OBSERVACIONES Y ECOMENDACIONES				
	Tecnico Responsable		Firma	Fecha
	Supervisor		Firma	Fecha

Gráfico 4.5-2, Cartilla del Servicio MP2 correspondiente a un Scooptram

CARTILLA DE MANTENIMIENTO				
FECHA:	21 Noviembre 2006		LUGAR:	CATUVA N300
EQUIPO:	SCOOP SDMR-28		SUPERVISOR:	Ing. J. Pérez
TECNICO RESPONS	Juan Castillo			
TAREAS A EJECUTARSE		PROGRAMADO	REAL	
HOROMETRO		24,500		
SERVICIO MP3, CADA 500 HORAS				
1	Lavado del equipo	√		
2	Cambio de filtros de aire primario y secundario	√		
3	Cambio de filtros de aceite motor	√		
4	Cambio de filtros de combustible	√		
5	Inspección Tablero de Control	√		
6	Lubricación de cables	√		
7	Lubricación de pines y bocinas	√		
8	Inspección presión aire Llantas	√		
9	Relleno de agua destilada a baterías	√		
10	Revisión de líneas cardánicas	√		
11	Ajuste de pernos de zapatas	√		
12	Cambio de aceite de transmisión	√		
13	Cambio de filtros de transmisión	√		
14	Limpieza de Respiradores	√		
15	Cambio de puntas de cucharón	√		
MATERIALES Y/O REPUESTOS UTILIZADOS				
	Nº de Parte	Descripcion	Cantidad	Costo
OBSERVACIONES Y ECOMENDACIONES				
	Tecnico Responsable		Firma	Fecha
	Supervisor		Firma	Fecha

Gráfico 4.5-3, Cartilla del Servicio MP3 correspondiente a un Scooptram

CARTILLA DE MANTENIMIENTO			
FECHA:	24 Noviembre 2006		
EQUIPO:	SCOOP SDMR-28	LUGAR:	CATUVA N300
TECNICO RESPONSE	Miguel Albitez	SUPERVISOR:	Ing. J. P'erez
TAREAS A EJECUTARSE		PROGRAMADO	REAL
HOROMETRO		24,125	
SERVICIO MP4, CADA 1,000 HORAS			
1	Lavado del equipo	√	
2	Cambio de filtros de aire primario y secundario	√	
3	Cambio de filtros de aceite motor	√	
4	Cambio de filtros de combustible	√	
5	Inspección Tablero de Control	√	
6	Lubricación de cables	√	
7	Lubricación de pines y bocinas	√	
8	Inspección presión aire Llantas	√	
9	Relleno de agua destilada a baterías	√	
10	Revisión de líneas cardánicas	√	
11	Ajuste de pernos de zapatas	√	
12	Cambio de aceite de transmisión	√	
13	Cambio de filtros de transmisión	√	
14	Limpieza de Respiradores	√	
15	Cambio de puntas de cucharón	√	
16	Cambio de arrancador	√	
17	Cambio de alternador	√	
18	Afinamiento de motor	√	
MATERIALES Y/O REPUESTOS UTILIZADOS			
	Nº de Parte	Descripcion	Costo
OBSERVACIONES Y ECOMENDACIONES			
	Tecnico Responsable	Firma	Fecha
	Supervisor	Firma	Fecha

Gráfico 4.5-4. Cartilla del Servicio MP4 correspondiente a un Scooptram

Todos estos servicios programados se realizan de acuerdo a una programación en función al avance de los horómetros de cada equipo y a la frecuencia establecida. Es importante recalcar como una gran ventaja el hecho de hacer coincidir los horómetros programados como múltiplo de 125, de tal modo que con la lectura del horómetro, en cualquier momento, se pueda determinar la cercanía o lejanía del momento a

realizarse el servicio respectivo, por ejemplo: si se lee un horómetro como 23,713, se puede interpretar como que le falta 37 horas para su próximo servicio de 250 horas, que sería cuando el horómetro marque 23,750. Otro ejemplo: si se lee 24, 510 se diría que su servicio de 500 horas debió hacerse con el horómetro 24,500, lo que sería fácil detectarlo para verificar o corregir su cumplimiento. Es un detalle importante, que ayuda al seguimiento de lo programado. En el Gráfico 4.6 se muestra una programación del mantenimiento preventivo.

PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																											
MES:		Jan-06		MP1 - 125							MP2 - 250					MP3 - 500					MP4 - 1000																						
Item	EQUIPO	CODIGO	Horómetro inicial	1	2	3	4	5	6	7	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31																							
1	SCOOP	SDMR-28	43.389																																								
2	SCOOP	SDMR-26	23.432																																								
3	SCOOP	SDMR-36	36.764																																								
4	SCOOP	SEMR-23	46.527																																								
5	CAMION	CDMR-008	34.156																																								
6	CAMION	CDMR-005	32.451																																								
7	SCOOP	SDMR-30	33.784																																								
8	SCOOP	SEMR-39	35.465																																								
9	CAMION	CM-007	32.456																																								
10	CAMION	CM-009	3.985																																								
11	TRACTOR	TO-001	12.475																																								
12	TRACTOR	TO-002	10.273																																								

Gráfico 4.6, Programación de Mantenimiento Preventivo de Enero 2006

4.1.3 Mantenimiento Predictivo

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes que se produzca y trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas utilizando herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos. Durante los años 60 se

inician técnicas de verificación mecánica a través del análisis de vibraciones y ruidos.

La intervención en el equipo o cambio de un elemento, obliga a dominar el proceso y a tener datos técnicos, mediante un método científico de trabajo riguroso y objetivo, denominada técnicas de Monitoreo de Condición. La implantación de esta técnica requiere de una inversión inicial importante en equipos con un costo elevado y destinar personal con conocimiento técnico elevado para realizar lectura periódica de datos e interpretarlos. Por todo ello, la implementación de este sistema se justifica en equipos, donde las paradas intempestivas e innecesarias ocasionen grandes costos.

Las técnicas de Monitoreo de Condición se clasifican de acuerdo al Gráfico 4.7:

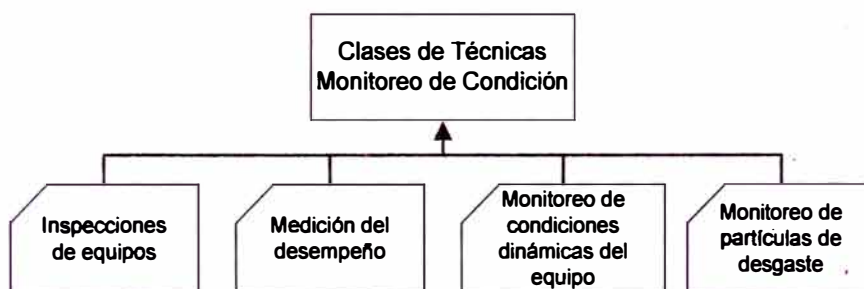


Gráfico 4.7, Clases de Técnicas de Monitores

Las herramientas que utiliza el Monitoreo de Condición se selecciona por su capacidad de identificar las causas de falla.

El período **P-F**, tal como se puede apreciar en el Gráfico 4.8, es el período de tiempo entre el punto donde se detecta la falla

potencial y el punto donde se convierte en falla funcional. El punto **P**, es el primer momento en que la causa de falla es detectada por la técnica utilizada y **F**, el punto de falla en que el equipo llega al límite inferior del rango normal de desempeño.

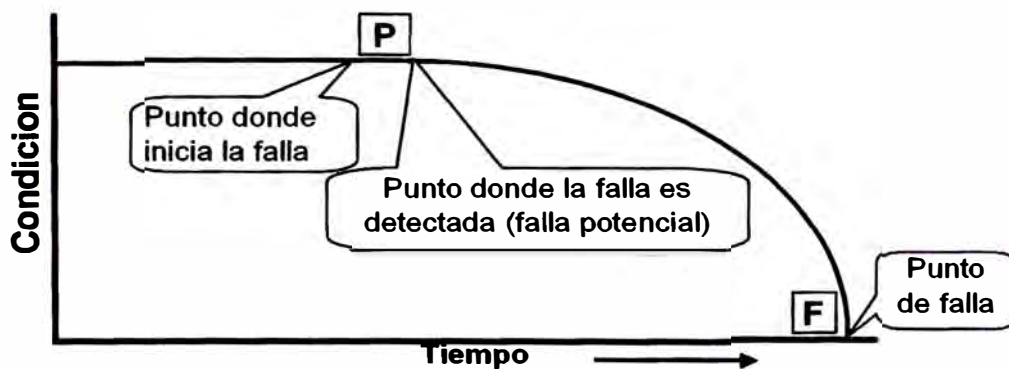


Gráfico 4.8, Periodo P-F

Para nuestro caso, sólo se consideran los muestreos de aceite y las mediciones de temperatura de los turbocompresores de motor diesel, mediante pirómetros.

4.1.4 Mantenimiento Proactivo

Hacer Mantenimiento Proactivo es detectar y corregir causas de las fallas y observar tendencias de desgaste en la degradación de equipos, a diferencia de las técnicas del Mantenimiento Preventivo y Predictivo, no logran eliminar la causa, debido a que no cuestionan el porqué ocurren dichas fallas, lo solucionan y luego de un tiempo, de nuevo aparece. Un plan de Mantenimiento Proactivo es más económico que el mantenimiento tradicional, porque consiste en observar y

reaccionar a lo observado, con mantenimientos de calidad sin postergar lo necesario.

Una acción proactiva es dar un salto de gestión, se muestra en Gráfico 4.8, para cambiar del estado Malo a Excelente.

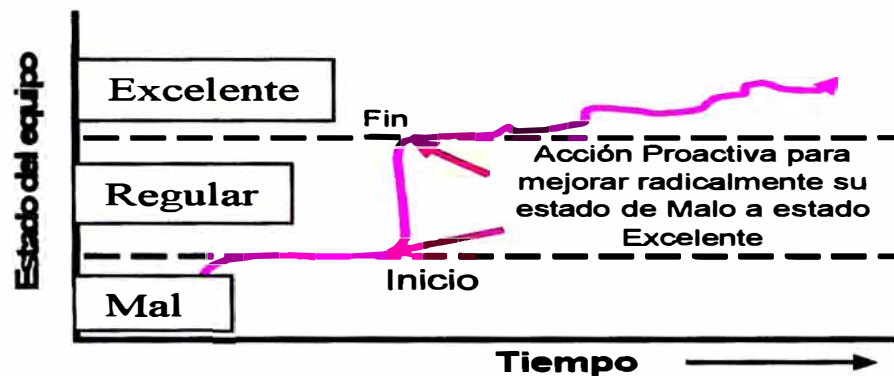


Gráfico 4.8, Mantenimiento Proactivo

Es la modificación del estado del equipo, por la búsqueda y conocimiento real de causas del problema de indisponibilidad y falta de fiabilidad, para resolverlos de raíz y pasar a la condición favorable y deseada de disponibilidad y fiabilidad.

El proceso de la aplicación del mantenimiento proactivo se manifiesta en siete actividades principales, Ver Gráfico 4.9

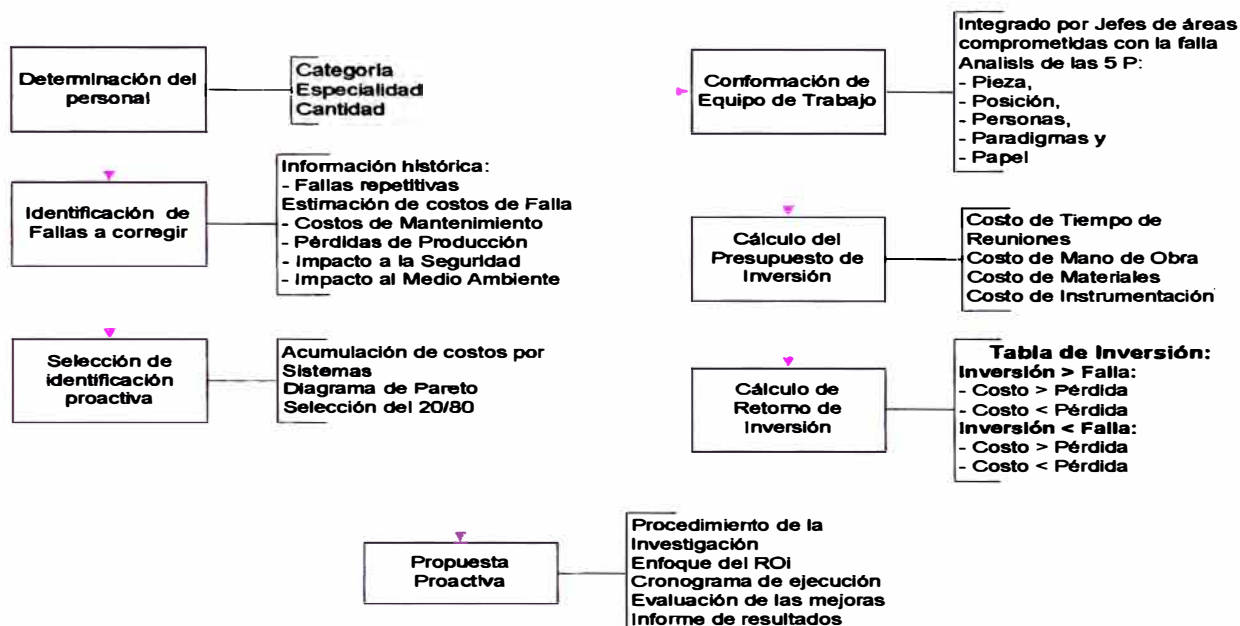


Gráfico 4.9, Proceso de ejecución del mantenimiento Proactivo

4.1.5 Mantenimiento Productivo Total, TPM

La globalización de los mercados y el movimiento de capital de la economía mundial, genera un entorno inédito de desarrollo de las empresas con planeamientos estratégicos rentables y de sobrevivencia; y el progreso industrial no sólo demanda inversión, con tecnología de punta, sino en utilizar con eficacia, eficiencia y económica, los equipos con participación plena del personal, en un marco de seguridad y conservación del medio ambiente y responsabilidad social.

El Mantenimiento Productivo Total¹⁸ (TPM), es un sistema con resultados eficaces de un rápido proceso de optimización industrial y mejoramiento continuo, con alta disponibilidad;

¹⁸ Fue una inspiración de la General Electric en los años 50 y no se llegó a instituirse en el campo industrial americano, siendo una oportunidad para las empresas japonesas de avanzada por su desarrollo con buenos resultados sorprendentes en su aplicación.

dependiendo de dos factores críticos, como la frecuencia de fallas y el tiempo de reparación.

A Seiich Nakajima, se le considera el padre del TPM y fue promocionado por el JIPM¹⁹, mediante la producción JIT²⁰, quién esbozó la filosofía del TPM, como indica Gráfico 4.10.

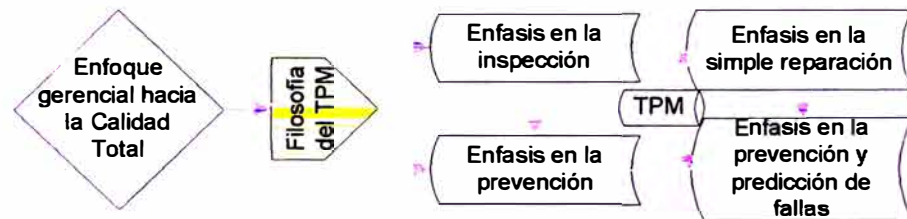


Gráfico 4.10. Filosofía del TPM

El TPM se basa en los siguientes principios generales:

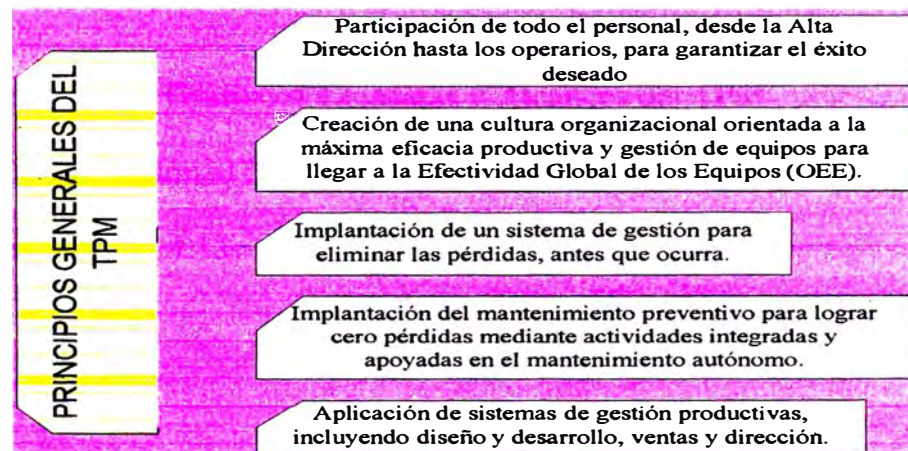


Gráfico 4.11, Principios Generales de TPM

En el Gráfico 4.12, se muestra las Metas y Alcances del TPM.

¹⁹ Japan Institute of Plant Maintenance, un sistema basado en técnicas japonesas de gestión destinado a la eliminación de las seis grandes pérdidas de los equipos.

²⁰ Just in time, cuyo objetivo primordial es la eliminación sistemática de los desperdicios

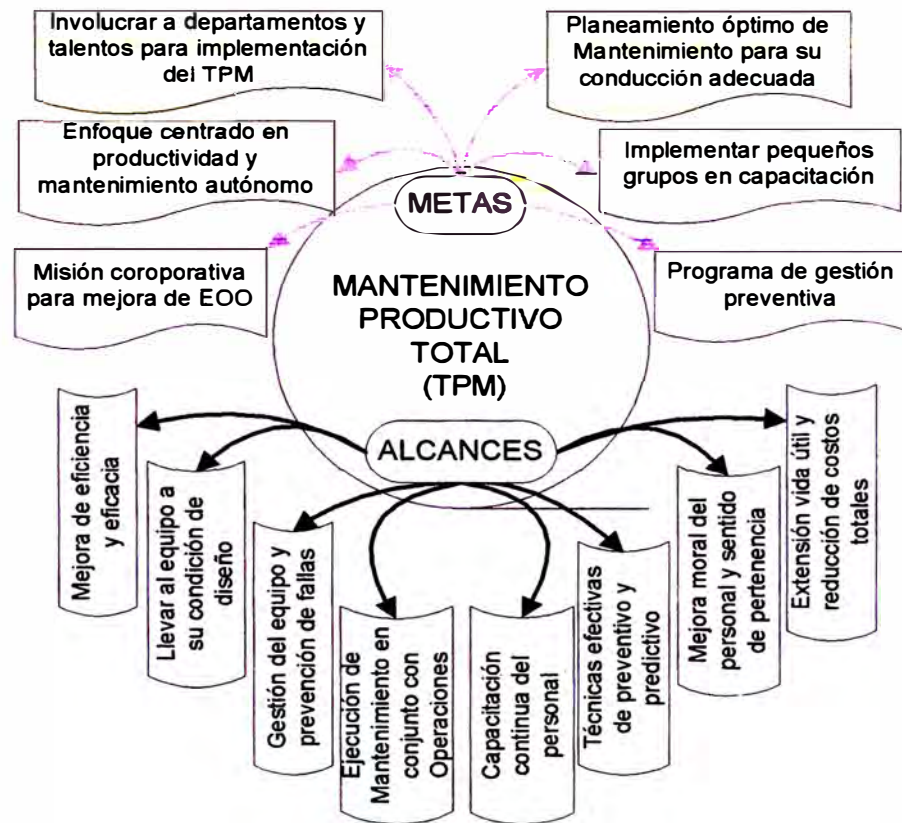


Gráfico 4.12, Metas y Alcances del TPM

Y en función al tiempo, el alcance del TPM, se representa en el Gráfico 4.13.

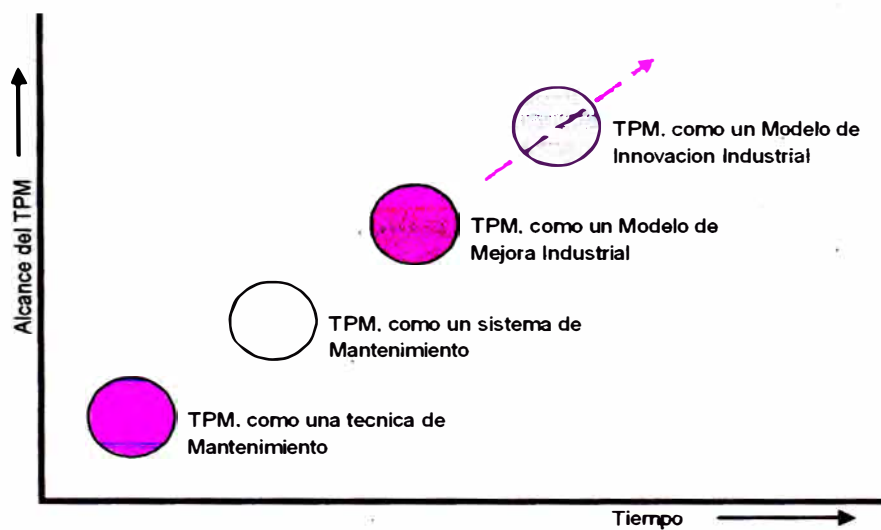


Gráfico 4.13, Alcances del TPM

Por otro lado, el TPM, para cumplir con su misión, se soporta en los principios claves indicados en el Gráfico 4.14

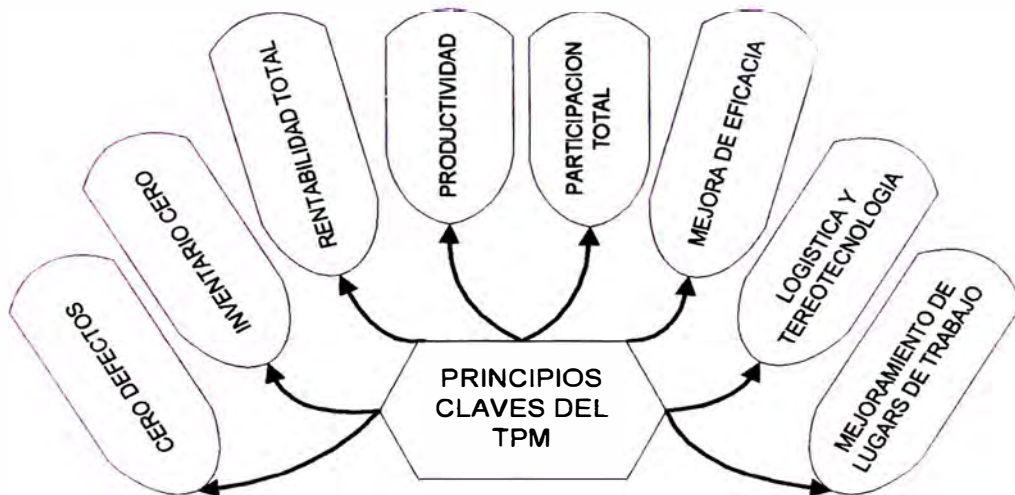


Gráfico 4.14, Principios Claves del TPM

El TPM como sistema clave, maneja el indicador de gestión la *Efectividad Global de los Equipos*²¹, con enfoque relativo a la *competitividad total*, definido por el producto de tres factores:

$$\text{OEE} = \text{DISPONIBILIDAD} \times \text{EFICIENCIA} \times \text{CALIDAD} \times 100\%$$

Para las condiciones ideales se tiene: Disponibilidad = 90%;

Eficiencia = 95% y Calidad = 99%, cuyo un valor óptimo es

OEE = 85%, responde a un mantenimiento de clase mundial, lo

que significaría que los equipos están funcionando de manera

efectiva y eficiente, asimilando una dinámica de gestión

moderna, con trabajadores polivalentes y calidad basada en

procesos que llega a resultados en "la primera vez".

Las pérdidas, que deben ser eliminadas o reducidas a su

mínima expresión, se manifiestan de las siguientes maneras:

²¹ Overall Equipment Effectiveness. OEE

- Las fallas y tiempos de preparación que ocasionan tiempos muertos o de vacío.
- El funcionamiento a velocidad reducida y los tiempos en vacío, todo lo cual genera pérdidas de velocidad del proceso.
- Las pérdidas por productos y procesos defectuosos por los defectos de calidad y repetición del trabajo.

Las seis grandes pérdidas se muestran en el Gráfico 4.15



Gráfico 4.15, Las seis grandes pérdidas

4.1.6 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, RCM²²

Es una filosofía de gestión de mantenimiento de un grupo de trabajo multidisciplinario, para determinar los requerimientos de mantenimiento de equipos y así optimizar la confiabilidad operacional. Se analiza en función de la criticidad de equipos, tomando en cuenta sus efectos que originarán los modos o causas de fallas, se estudia y analiza efectos y consecuencias.

De la evaluación de éstas se determinan las estrategias para la

²² RCM: Reability Center Maintenance. Esta metodología fue desarrollada por John Moubray de Aladon Ltd., y no solo cumple con la norma SAE JA 1011, referida a certificación de procesos RCM, sino que es una de las tres referencias de dicha norma

Seguridad, Medio Ambiente y el contexto operacional, que no solo sean técnicamente factibles, sino económicamente viable

Las 5 **estrategias** que se prevén y las 4 **consecuencias** desde el enfoque del RCM se resumen en el Gráfico 4.16

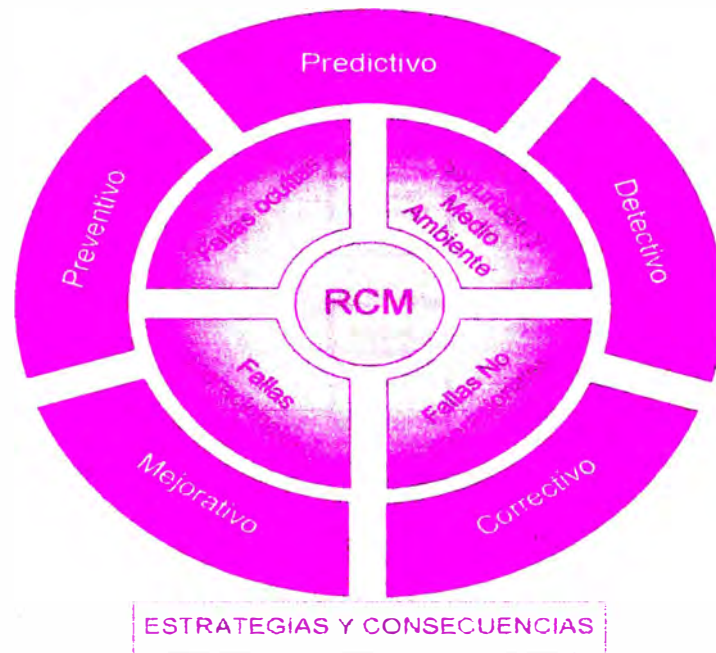


Gráfico 4.16, Enfoque del RCM

Los detalles de las estrategias, se señalan en el Gráfico 4.17

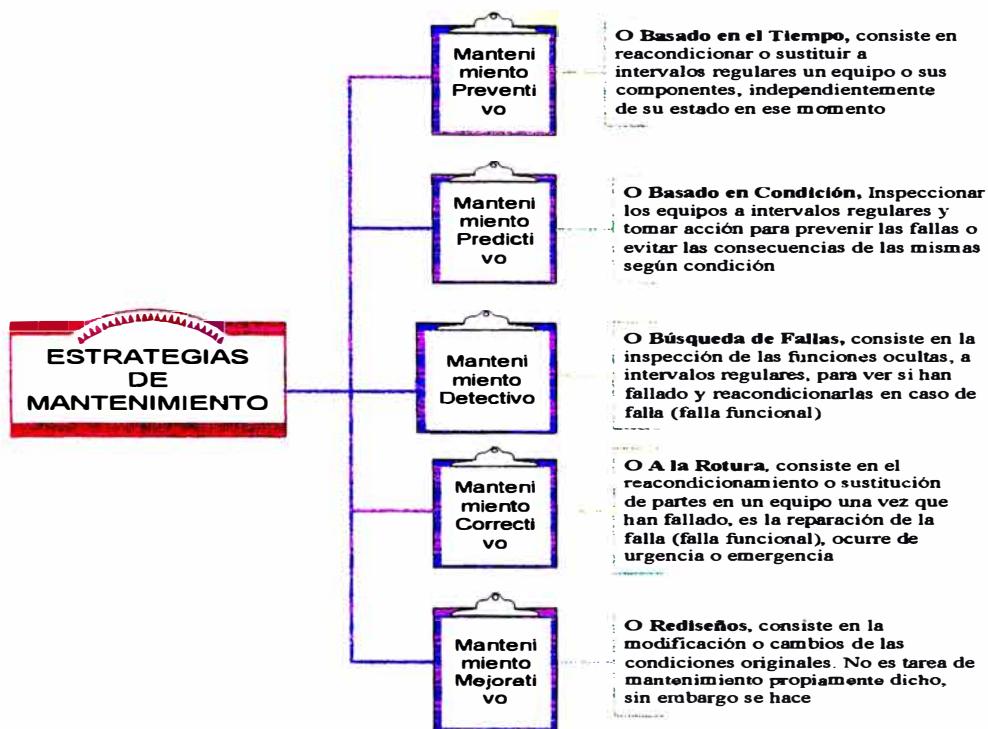


Gráfico 4.17, Estrategias del RCM

La importancia del RCM, radica en el cambio de paradigmas, de “*evaluación de las funciones del equipo*” a “*el análisis de las funciones del sistema*” y permite identificar las necesidades reales de mantenimiento a partir del análisis de las 7 preguntas, se indica en el Gráfico 4.18



Gráfico 4.18, Las 7 Preguntas del RCM

El proceso de implantación dependerá del desempeño del equipo natural de trabajo, quién se encargará de responder las 7 preguntas básicas. En el Gráfico 4.19 se muestra el esquema donde se responde a las 5 primeras preguntas.

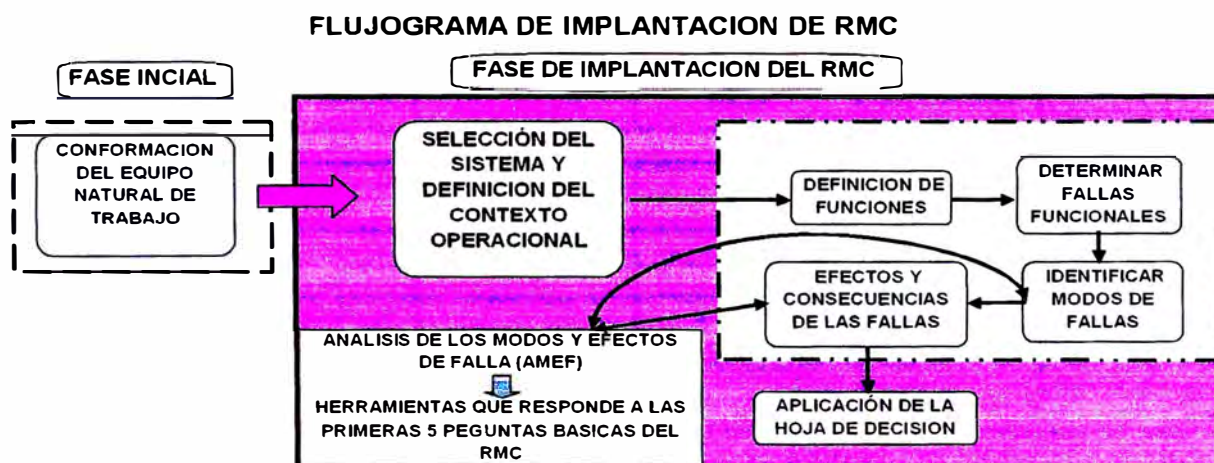
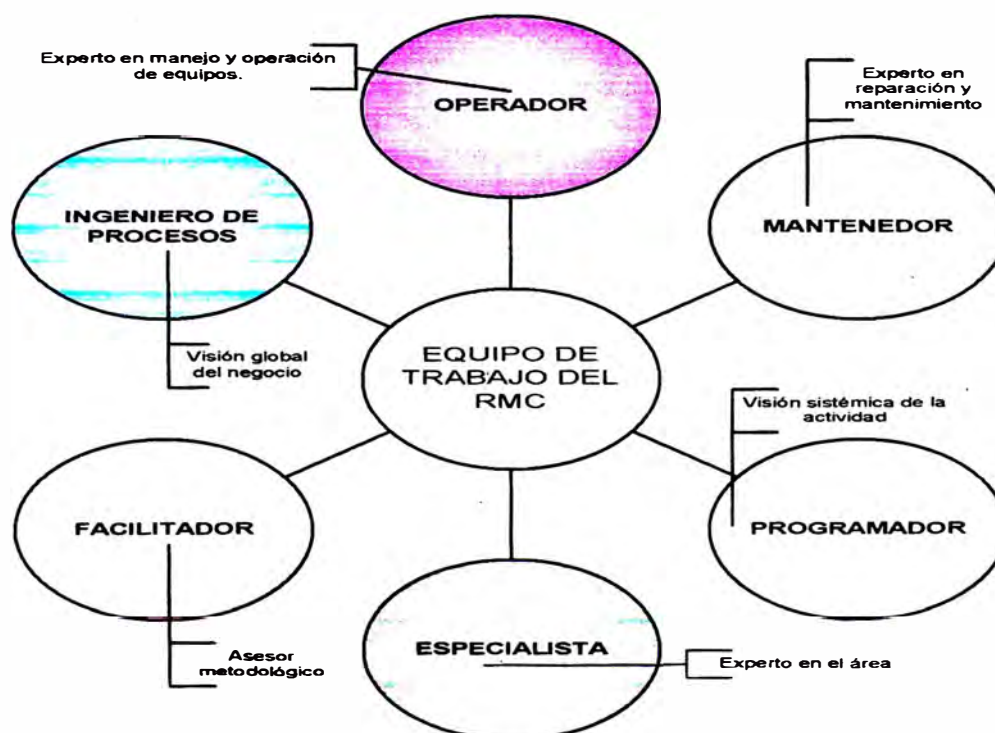


Gráfico 4.19, Flujograma de implementación del RCM

El Gráfico 4.20, muestra el Equipo de Trabajo del RCM



4.20, Equipo Natural de Trabajo del RCM

En el gráfico 4.21, se ve el formato de análisis de los modos y efecto de fallas de un caso particular.

ANALISIS DE LOS MODOS Y EFECTOS DE FALLAS AMFE

FUNCIÓN	SISTEMA	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA
Bompear aceite hidráulico a 2.800 psi a 150 °C	Accionamiento hidráulico de Cucharón	No bombea aceite. no hay flujo ni presión	Perforación del tubo de succión por corrosión
FRECUENCIA DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	COSTOS	VALOR. US\$
12 veces al año	Se deja de cargar mineral a 4 camiones, afectando al chancado de mineral	Reparación de bomba, válvula y cañería, con repuestos importados	4,500

Gráfico 4.21, Formato de AMFE

En el Gráfico 4.22, se muestran los beneficios del MCR

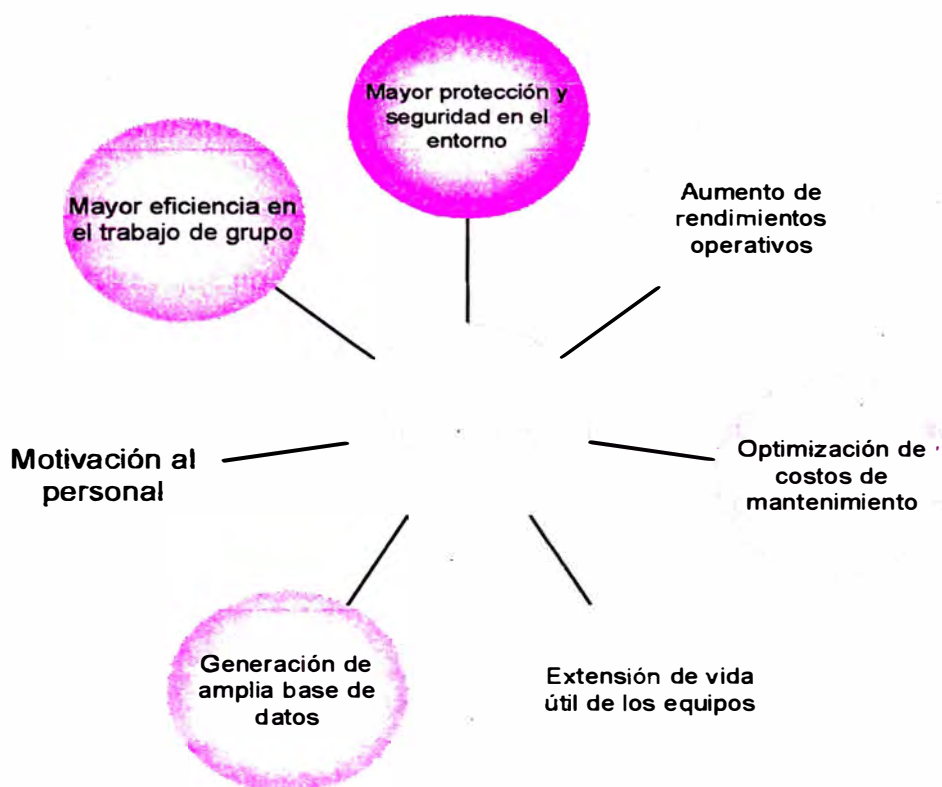


Gráfico 4.22, Beneficios del MCR

4.2 Indicadores de Gestión

Como indicamos en la Introducción, el dinámico mercado del mundo actual, demanda alto nivel de competitividad y una alta capacidad de respuesta, a través de la principal herramienta en la toma de decisión, que es la información que se da por la comunicación, verbal o escrita; exigiendo el uso de un código y un medio. La tecnología actual evoluciona en los medios, desde el telégrafo, microondas y satélites, hasta el láser, pero los códigos no han evolucionado igual, hay más ruido en la comunicación, como se evidencia con ciertos mensajes como las definiciones indistintas de los términos eficiencia, eficacia y efectividad, no obstante la información se consigue en centésimas de segundo, por ordenadores o sistemas de telemática, pero no da la interpretación adecuada por falta de un código universal y aceptado, tal como es el alfabeto o el sistema decimal. Sin embargo, la mayoría de las veces, la interpretación de los mismos, obedece a reseñas de especialistas que no son de uso cotidiano, por lo que pueden crear un caos de interpretación²³. El tema es definirlos adecuadamente para utilizarlo en la gestión de mantenimiento y tomarlo como conceptos aceptados por los protagonistas y grupos de interés para entendernos en términos de excelencia y alta competitividad.

4.2.1 Eficiencia

²³ D. Emilio Lorenzo Criado, durante su alocución sobre las presuntas dolencias y carencias de nuestro idioma, ante la Real Academia Española, dijo: "...Se parte en la formulación de un hecho no comprobado, pero insistentemente debatido por expertos y profanos, y que puede reducirse a estos términos: La lengua española está aquejada de múltiples dolencias que hacen temer por su integridad, que alarman a sus usuarios y que están pidiendo a gritos eficaz e inmediato tratamiento. Si no se adoptan medidas drásticas desde ahora mismo, se corre el peligro de asistir, cuando ya sea demasiado tarde, a la total desintegración del idioma..."

Su definición es profundamente ambigua y polisémica²⁴

Etimológicamente (del latín *efficientia*) se define:

- *Virtud y facultad para obtener un efecto determinado.*
- *Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado.*
- *Acción con que se logra este efecto.*
- *Aptitud, competencia en el cargo que se ocupa o trabajo que se desempeña.*

Para nuestro caso tomamos el concepto de eficiencia: nivel de la relación de recursos utilizados con respecto a lo previsto y para una condición dada, siendo el nivel de referencia el 100%. Si se varía las condiciones y se logra una menor utilización de recursos, será sobreficiente (>100%); si se descuida y utiliza mayor recurso, será deficiente (>100%), que se define como un trabajo mal hecho, o insuficiente con respecto al nivel que debería alcanzar. Ver la curva verde del Gráfico 4.23

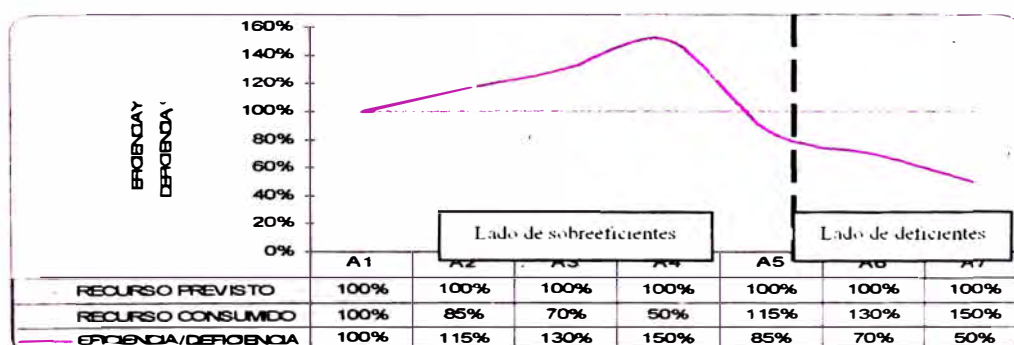


Gráfico 4.23, Eficiencia y Deficiencia

²⁴ Viene de **polisemia**, y ésta es la capacidad que tiene una sola palabra para expresar significados distintos. Es la pluralidad de significados de una palabra o de cualquier signo lingüístico y de un mensaje, con independencia de la naturaleza de los signos que lo constituyen. Al igual que la homonimia, en el caso de la polisemia se asignan varios significados a un solo significante. Pero, mientras la homonimia se produce por coincidencia de los significantes de diversos signos, la polisemia se debe a la extensión del significado de un solo significante. <http://www.mec.es/educa/lingua/lingua.htm>

4.2.2 Eficacia

Otro concepto polisémico, que ha suscitado más polémica que acuerdos²⁵ se definen como: *Capacidad de lograr los objetivos y metas programadas con los recursos disponibles en un tiempo predeterminado. También: Capacidad para cumplir en el lugar, tiempo, calidad y cantidad las metas y objetivos establecidos. Actividad, fuerza y poder para obrar. Capacidad para obrar o conseguir un resultado determinado.*

Este concepto se relaciona con las decisiones que se toma ante un evento, si la decisión es acertada entonces se dice que se actuó con eficacia. En otros términos, cuando un fin específico se consigue, diremos que la acción fue eficaz

4.2.3 Efectividad

Este concepto engloba las definiciones anteriores y se define como la *Capacidad para producir el efecto deseado.*

Este concepto es característica de la planificación estratégica situacional, en la cual a diferencia de la normativa, se le atribuye un peso importante cálculo interactivo (diada de actores, yo y el otro).

El Gráfico 4.24, muestra esquemáticamente el flujo de tareas y decisiones que se enmarcan los conceptos de Eficiencia, Eficacia y Efectividad.

²⁵ El consiguiente desorden conceptual ha sido puesto de relieve por autores como Cameron y Whetter (1983)

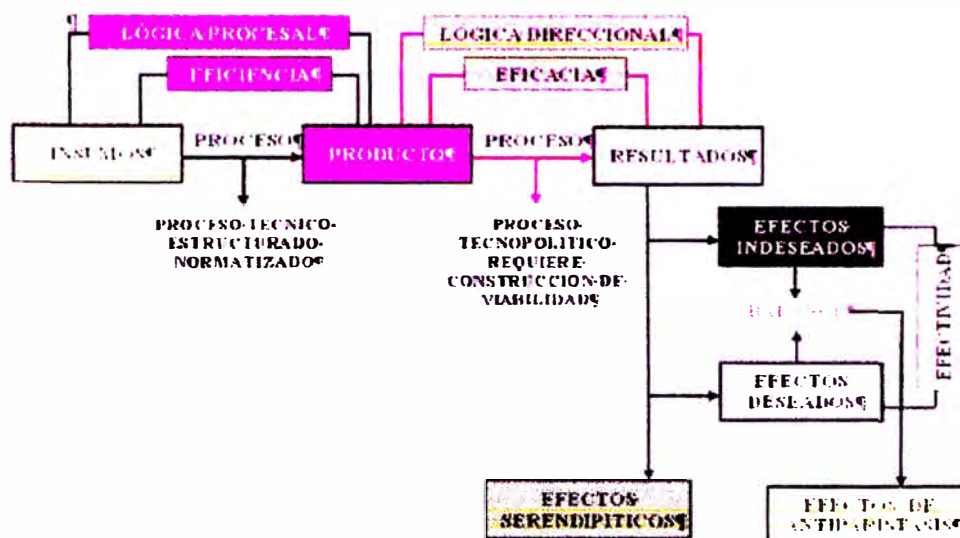


Gráfico 4.24, Esquema de Eficiencia, Eficacia y Efectividad.

4.3 Plan de Entrenamiento

Para la implementación de mejoras sustantivas en la gestión de mantenimiento se debe partir de planes de capacitación en tres niveles: Gerencial, supervisión y técnicos.

En los tres niveles se debe dar énfasis al compromiso de asumir un enfoque sistémico, correspondiente al pensamiento holístico, a diferencia del pensamiento reduccionista, que no ayuda con eficacia.

El plan de entrenamiento debe orientar al personal en general al paradigma “Yo gano, tú ganas”, base del pensamiento sistémico y aplicación de empatías y logro de sinergia de los equipos de trabajo, que serán los ejes para la programación de cursos, en forma permanente.

El bosquejo general de cursos debe incluir la metodología que se muestra en el Gráfico 4.25.

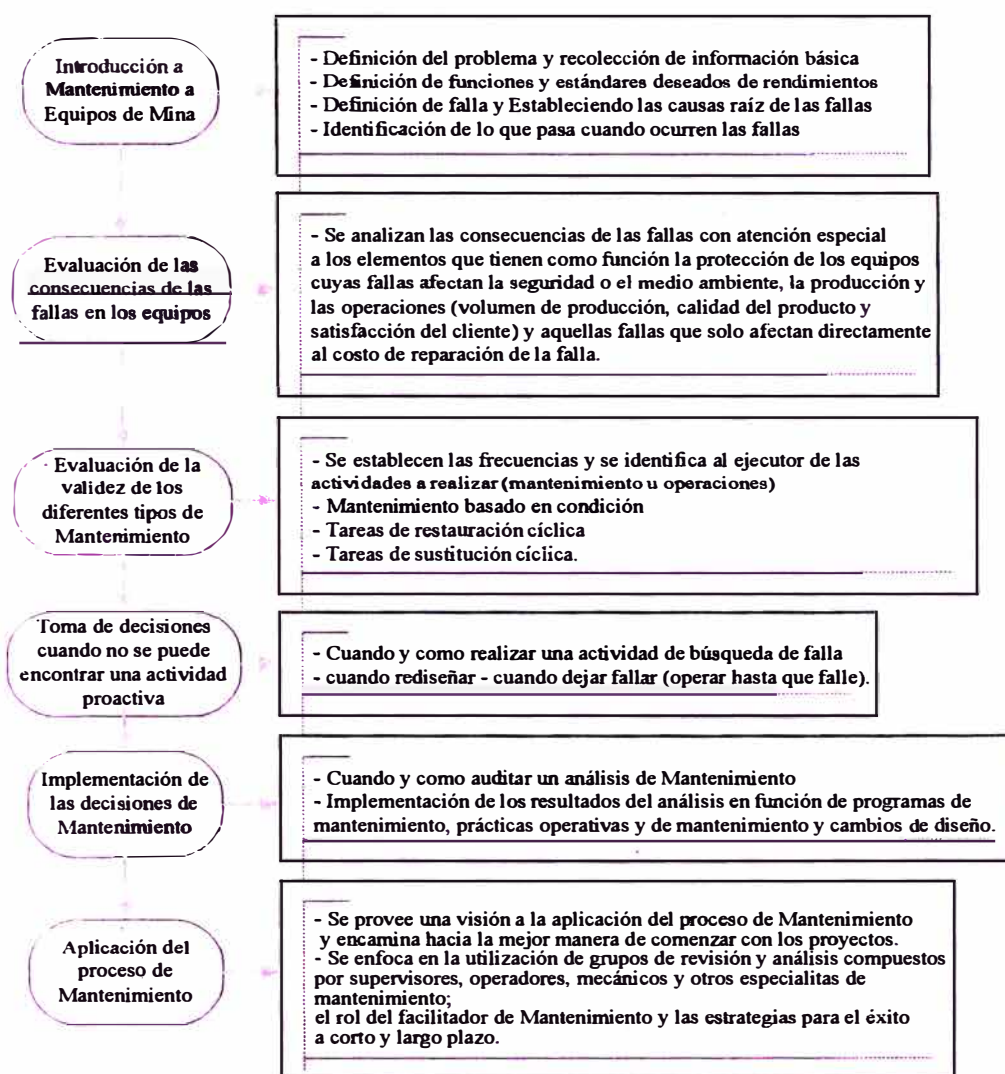


Gráfico 4.25, Bosquejo de programa de capacitación

4.3.1 Técnicos de Mantenimiento

El personal de mantenimiento es más complicado que el de operaciones o administrativos, tiene unas peculiaridades que hay que tomar en cuenta a la hora de aplicar la política de gestión de mantenimiento con este personal, hay que reclutarlo, formararlo y mantenerlo en la empresa, ya que no es fácil sustituirlo, en el mercado laboral no se encuentra con las experiencias que demanda la flota de equipos asignada.

Una de las claves está en la motivación, por el nivel de tensión más alto que hay en esta área que en otras, Mantenimiento²⁶ suele ser el centro de los problemas, cuando hay una parada de equipo los técnicos de Mantenimiento son los encargados de resolverlo al tiempo más breve, y esto genera nervios y estrés. A los técnicos de mantenimiento no se le debe aplicar métodos taylorianos²⁷, con la formación en el enfoque sistémico se debe tener resultados de su gestión en términos de eficacia y eficiencia. En las minas es importante, también, mantener una adecuada plataforma básica²⁸, para tener resultados favorables de gestión en mantenimiento en forma sostenida y largo plazo.

4.3.2 Operadores Mantenedores

Como consecuencia del enfoque sistémico a los operadores de equipos se les entrenará en aspectos de mantenimiento básico para que ellos resuelvan los problemas leves, que son en mayoría como se indica en el Gráfico 4.26.

ANALISIS DE FRECUENCIA DE FALLAS MENSUAL EN UN CARGADOR DE BAJO PERFIL

FALLAS	FRECUENCIA		FRECUENCIA, %	
	Normal	Acumulado	Normal	Acumulado
Leves	34	34	53%	53%
Regulares	17	51	27%	80%
Medianos	7	58	11%	91%
Complicados	4	62	6%	97%
Graves	2	64	3%	100%
TOTAL	64		100%	

Gráfico 4.26, Frecuencia de fallas

²⁶ Los reduccionistas afirman que Mantenimiento es un mal necesario, que no por ser necesario deja de ser un mal

²⁷ F. Taylor, padre de la Administración, sostenía que el personal técnico no debía pensar, sólo trabajar en forma mecánica. H. Ford, seguidor de Taylor, se quejaba que cuando pedía mano de obra, esta venía con un cerebro.

²⁸ Atención preferencial en de Vivienda, Alimentación, Salud, Salario y trato como movilizaciones, salidas, pagos oportunos, etc., mientras se encuentra en la Mina.

El Gráfico 4.27, explica mejor, mediante el Diagrama de Pareto, se tiene un 80% de efectos con el 20%²⁹ de causas, que fácilmente los operadores pueden resolverlos, mediante un plan de entrenamiento que los convertirán en Operadores Mantenedores, similar al enfoque del TPM.

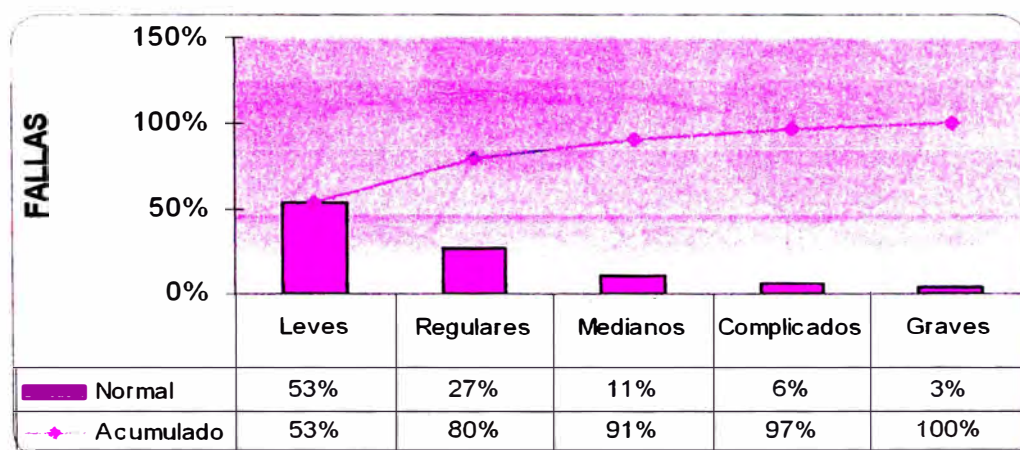


Gráfico 4.27, Diagrama de Pareto de fallas

Para ello se determinará el nivel de prestaciones de mantenimiento, considerando los siguientes parámetros:

- Naturaleza de las operaciones de Mantenimiento;
- Nivel de intervención necesario;
- Serie de trabajos a realizar;
- Entrenamiento al operador mantenedor; y
- Duración de los trabajos previstos.

En este caso denominaremos acciones de Nivel 1, que se explica en el Gráfico 4.28.

²⁹ En este caso 20%, representa el grado más bajo de dificultad para resolver las fallas.

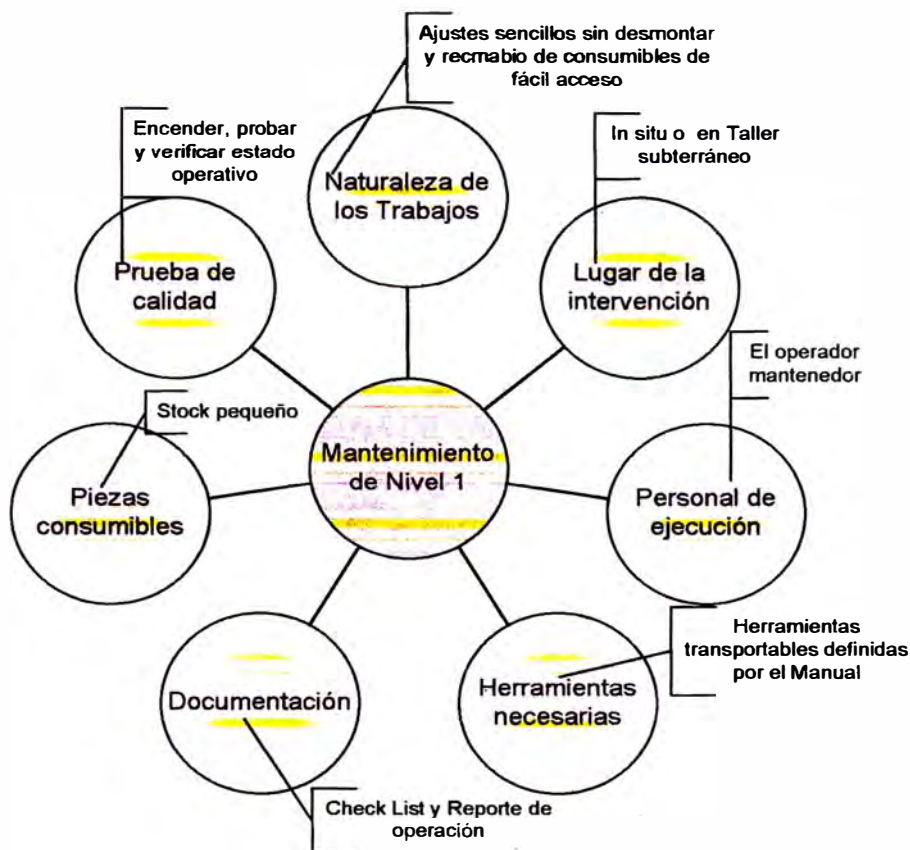


Gráfico 4.28, Mantenimiento Nivel 1

4.3.3 Supervisores de Línea

Los supervisores de línea son de las áreas de Mantenimiento y de Operaciones Mina y deben de entenderse, entre sí, con el enfoque de Proceso relevando el concepto de Cliente.

Fundamentalmente los supervisores deben aplicar el enfoque sistémico, para alinear los sendos objetivos de su área al gran objetivo de la empresa, en términos de Cadena de Valor que incluya conceptos de cliente, mantenibilidad, confiabilidad, producción, Negocio y Empresa, tal como se ilustra en el Gráfico 4.29

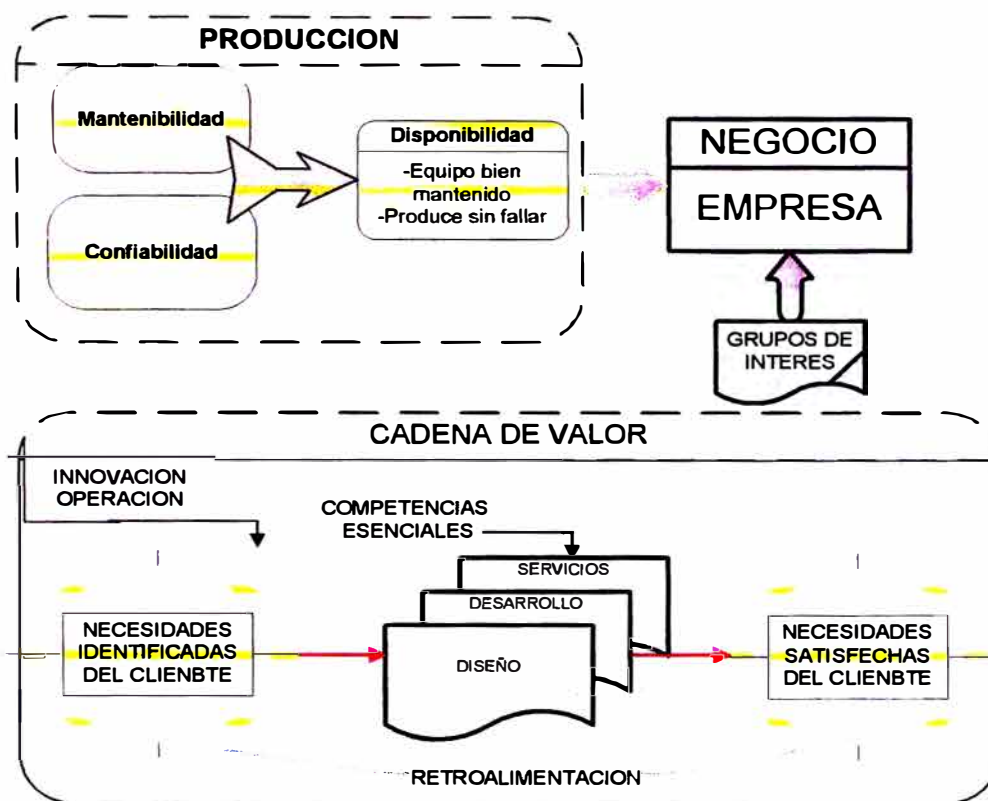


Gráfico 4.29, Cadena de Valor

4.4 Normas Técnicas

En la gestión de Mantenimiento, es poco usual la utilización de Normas Técnicas, no obstante es de rutina la aplicación de técnicas, en sendos sistemas que componen a los equipos, para resolver problemas de reparación. Una de las limitaciones tal vez sea que los equipos que han sido diseñados en fábricas especializadas, no traen más información que sus Números de Partes, más no hay planos ni detalles técnicos, tal que los recambios se hacen con repuestos originales, los que a su vez constituyen una alternativa simple, pero no la más económica si es que no se ha previsto oportunamente los repuestos. Sin embargo, por ser la gestión de mantenimiento una actividad que tiene que ver con la parte técnica de los equipos, se

debe aplicar la utilización de Normas Técnicas, para comprobar la fiabilidad de los repuestos y saber de qué material o tecnología se está aplicando y con ello analizar los costos para resultados más eficaces.

En el Gráfico 4.30, se resumen las Normas Internacionales que vienen ser reguladas por organismos centrales como ISO, IEC y ANSI, para diferentes aplicaciones de ingeniería. Se incluye también las Normas nacionales y los de otros países que han desarrollado normas propias como complemento de las americanas.

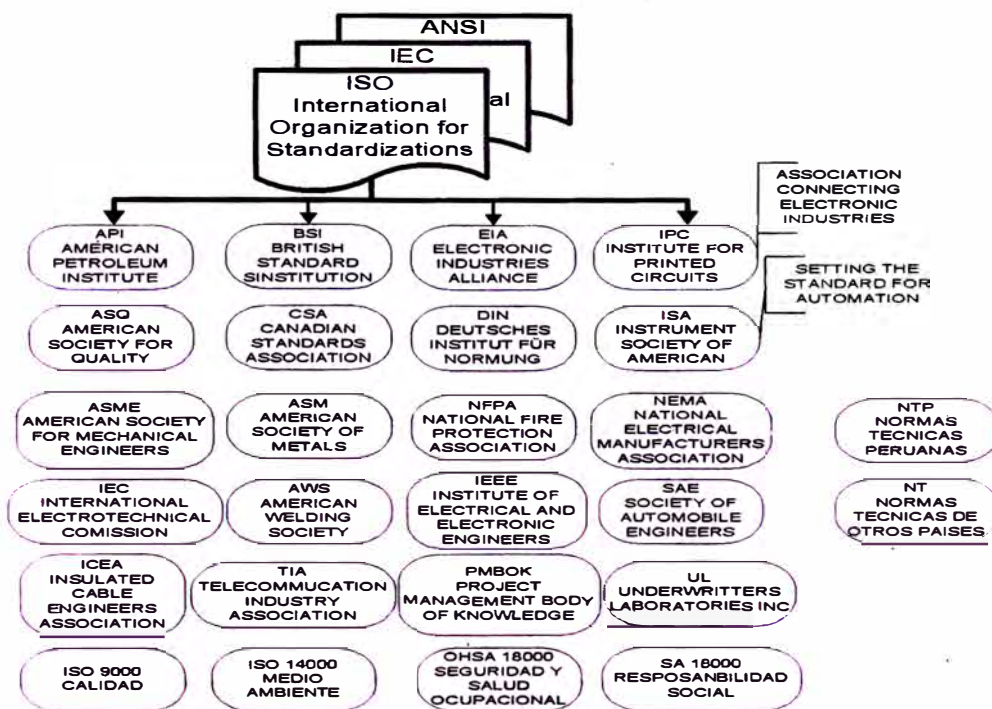


Gráfico 4.30, Normas Técnicas Internacionales

CAPITULO V

MONITORES DE MEJORAS

5.1 Resultados

Con la aplicación de las recomendaciones del plan de mejoras se dio inicio a los cambios esperados desde el mantenimiento correctivo, los que se resumirán en los respectivos cuadros de control.

5.1.1 Mantenimiento Correctivo

Se ha tomado la flota de cargadores de bajo perfil por ser los equipos más críticos y, según el Gráfico 5.1, se observa que los costos de mantenimiento correctivo han llegado a un nivel de US\$ 1'656,437, las horas de operación suman sólo 5,946 horas, con una pérdida de producción de US\$ 3'696,660, que son los valores que nos servirán de referencia para las comparaciones con la siguiente etapa

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE CARGADORES BAJO PERFIL. 2005

SISTEMAS		MOTOR	TRANSMISION	HIDRAULICO	ELECT/ELECTRON	DIRECCION	SUSPENSION	MANDOS FINALES	Horas de Operación	Cost Mnt Correc	Pérdida Produc
Item	MESES								hr	US\$	US\$
1	ENE	X						274	129,633	305,940	
2	FEB			X				488	131,127	316,800	
3	MAR		X					510	134,346	303,600	
5	MAY				X			514	140,174	305,280	
6	JUN					X		500	144,458	316,800	
8	AGO				X			542	150,548	318,240	
9	SET			X				510	159,609	303,600	
11	NOV							508	167,112	302,400	
12	DIC		X					542	176,479	308,880	
	TOTAL			X				5,946	1,656,437	3,696,660	

Gráfico 5.1, Costos de Mantenimiento Correctivo

En el gráfico 5.2, se observa la curva de pérdida de producción casi constante y la curva de costos de mantenimiento ascendente.

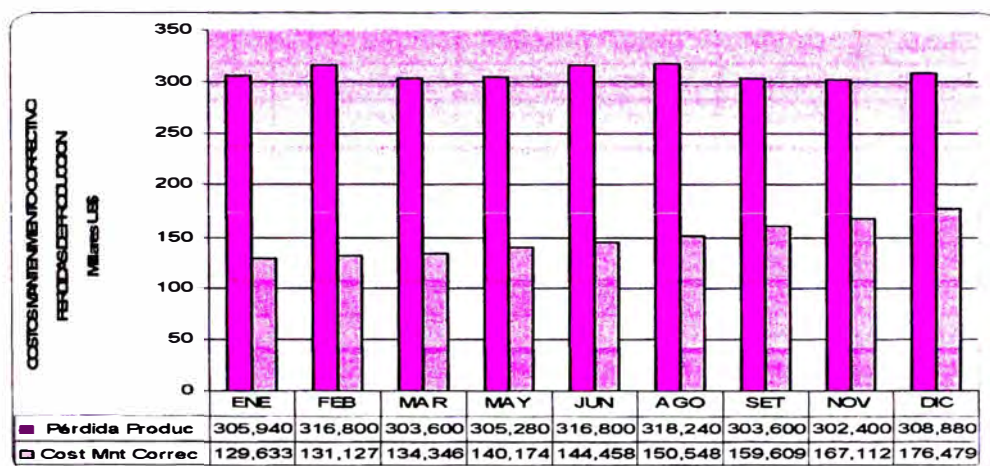


Gráfico 5.2, Curva de Costos de Mantenimiento Correctivo

5.1.2 Mantenimiento Preventivo

En el siguiente año, se introdujo el mantenimiento preventivo, obteniendo los resultados indicados en el Gráfico 5.3, con la misma flota de equipos, el costo de mantenimiento correctivo bajó US\$ 566,799 menos, el costo de mantenimiento preventivo alcanzó a US\$ 461,410, con un costo total de mantenimiento de US\$ 1'611,049 y las pérdidas de producción de US\$ 3'293,188, con una reducción de US\$ 433,472, resultados que superan al período anterior.

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE CARGADORES BAJO PERFIL. 2006

Item	MESES	MOTOR	TRANSMISION	HIDRAULICO	ELECTROELECTRON	DIRECCION	SUSPENSION	MANDOS FINALES	Horas de Operación	Cost Mnt Correc	Costo Manten Preventivo	Cost Mnt Total	Pérdida Produc
									hr	US\$	US\$	hrs	US\$
1	ENE			x					425	105,635	26,409	132,044	305,940
2	FEB				x				495	103,207	29,930	133,137	299,821
3	MAR		X						490	99,823	32,941	132,764	293,825
5	MAY	x							490	97,826	33,261	131,087	282,189
6	JUN					x			504	93,184	35,410	128,594	276,546
8	AGO						x		532	90,365	36,146	126,512	265,594
9	SET				x				520	86,406	36,291	122,697	260,282
11	NOV							x	518	79,942	36,773	116,716	249,975
12	DIC			x					542	70,299	37,259	107,558	244,976
	TOTAL								6,074	1,149,639	461,410	1,611,049	3,293,188

Gráfico 5.3, Costos de Mantenimiento Correctivo y Preventivo

En el gráfico 5.4, se observa que la curva de mantenimiento correctivo tiende a descender, el costo de mantenimiento preventivo, es ascendente y la suma total de mantenimiento se sitúa en un nivel inferior de US\$ 45,388, que se logra como ahorro y la curva de pérdidas de producción tiende a descender a un nivel de US\$ 403,472 de ahorro.

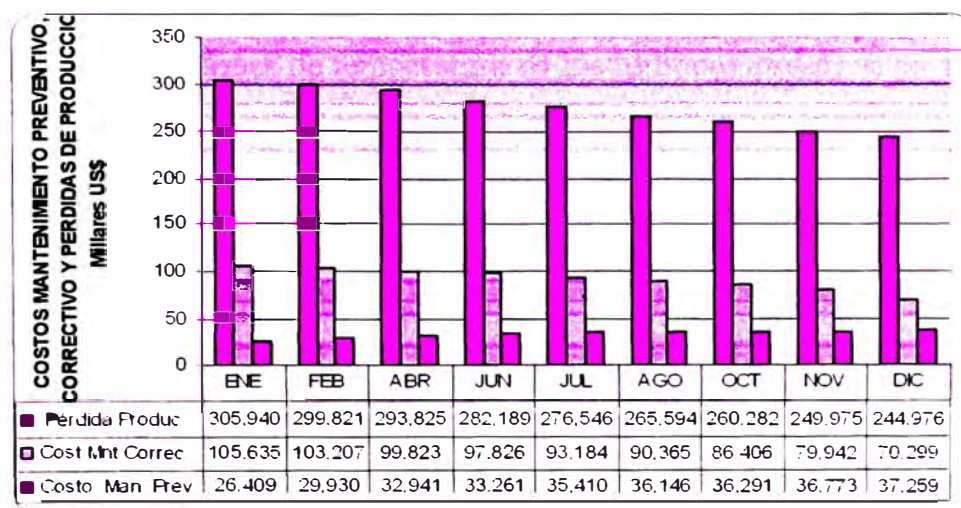


Gráfico 5.4, Curva de Costos de Mantenimiento Correctivo y Preventivo

5.1.3 Mantenimiento Predictivo

El caso más relevante, que todavía sigue en perfeccionamiento es el muestreo de aceite de motor diesel de los cargadores, se inició con la frecuencia de 125 horas de cambio de lubricante y filtros y se logró incrementar la frecuencia sólo para el motor de a 150 horas, por las siguientes razones:

- Se utilizó un lubricante de última generación, cuyas propiedades químicas y físicas tienen mayor resistencia a la oxidación, a la ruptura de la película y menor generación de hollín por sus agentes de detergencia.
- Los resultados de los análisis del muestreo por el Laboratorio de la firma proveedora informaba en sus reportes de resultados que las propiedades lubricantes se mantenían en su rango de operación hasta las 150 horas.

Se sigue el proceso de muestreo, además de algunos trabajos de mediciones de temperatura de los turbocompresores, para controlar la emisión de gases de escape, que es unote los contaminantes en interior mina, se espera que durante el siguiente período se tendrán mejores resultados en cuanto a la metodología del mantenimiento predictivo.

5.1.4 Mantenimiento Proactivo

En cuanto al mantenimiento proactivo, se está en proceso de entrenamiento al personal, mientras se asienta experiencias en el mantenimiento predictivo

5.1.5 Mantenimiento Productivo Total, TPM

La única experiencia positiva es la práctica con los operadores mantenedores, para los equipos de mina, proceso que servirá de base para extender al nivel de Empresa

5.1.6 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. RCM

No hay ningún programa vigente, se ha programado para el siguiente periodo, después de tener mejores resultados con el mantenimiento predictivo, que será la base de monitoreo de condiciones del equipo, para ir identificando las causas más relevantes en costo.

5.2 Indicadores de Gestión

Los indicadores que se están manejando sólo es la disponibilidad. El Gráfico

5.5, muestra los resultados de disponibilidad de equipos

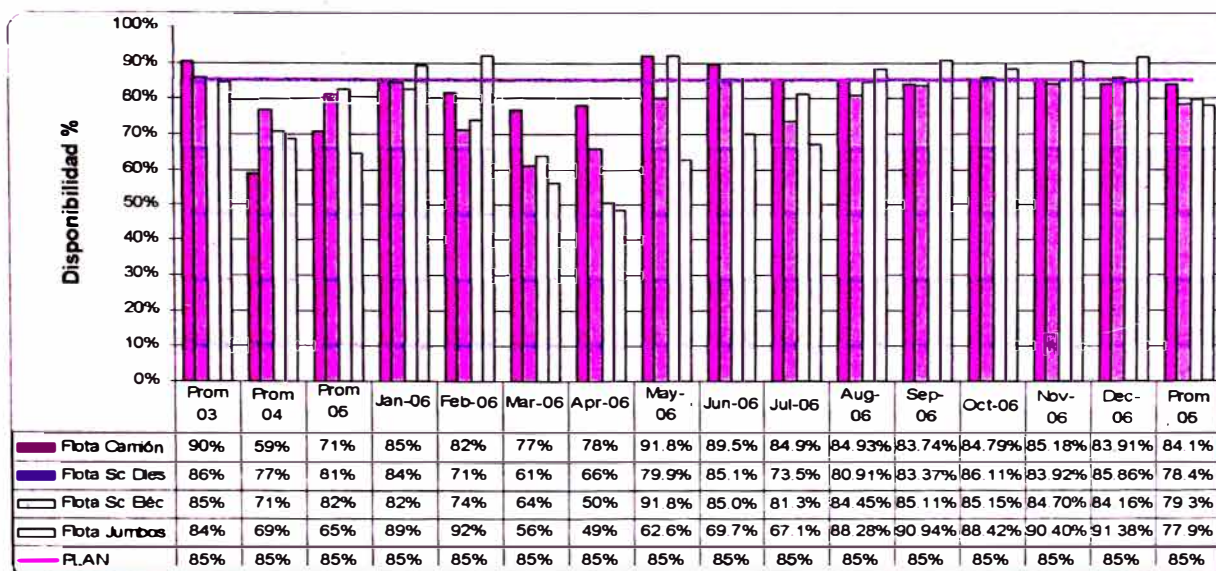


Gráfico 5.5, Disponibilidad de equipos de Mina 2006

Se observa que los cargadores llegan a un promedio de 78.4%, sobre la base de 600 horas mes. Estos datos sobre la base de 720, se tiene en el Gráfico 5.6 y se observa que los valores se elevan en 10% más, superando el plan.

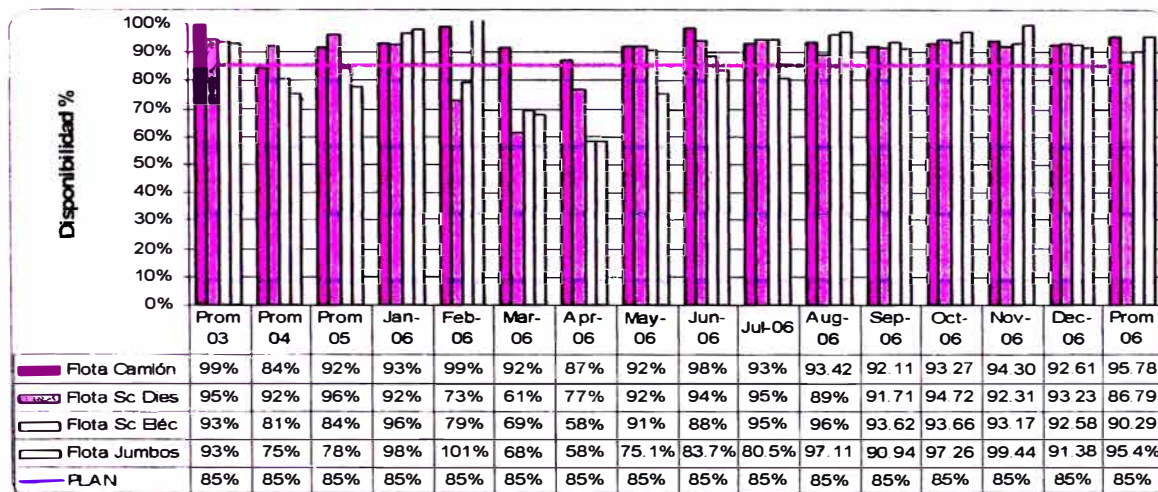


Gráfico 5.6, Disponibilidad de equipos de Mina 2006

5.3 Entrenamiento

El sistema de trabajo que se tiene en la mina es de 21x7, que significa trabajar 21 días y salida de descanso por 7 días, esto hace que los técnicos trabajen casi 12 horas diarias, lo que limita espacio para el cumplimiento de los programas de entrenamiento, siendo interrumpidos “para atender a operaciones”, desafortunadamente la Gerencia, con su enfoque científico y falta de liderazgo para mejorar al capital humano, mantiene el paradigma de “primero la producción”, lo que posterga las mejoras de habilidades en el personal, tema que mantiene pendiente diversos cursos de capacitación. La gerencia plantea que el horario de entrenamiento debe ser fuera de horas de trabajo, afectando el descanso de los técnicos.

Por otro lado, la Gerencia no tiene interés en invertir ni tiempo ni dinero en entrenamiento, debido a que los técnicos pertenecen a planillas de terceros y

espera que dichas empresas realicen la capacitación y ellos responden que dicho compromiso no está en el Contrato de Servicios, debido a la eliminación por reducir costos.

Sin embargo, existen coordinaciones internas a nivel de jefatura y supervisión interna en Mantenimiento y Operaciones, realizar cursillos pequeños, tipo mosquito, para aprovechar los tiempos muertos que son frecuentes, pero que no es oficial ni establecido, son en horarios variables, dependiendo de la evolución de la producción y de la zona de explotación.

La solución es hacer un cambio de enfoque radical, con bastante esfuerzo, para lograr el cambio de paradigmas y centrar en los planes de entrenamiento, que es la única vía de desarrollo de la mina.

5.4 Normas Técnicas

Actualmente se han certificado en ISO 14001:2004 y últimamente en OHSA 18000, lo que permite hacer una gestión integrada de cuidado del Medio Ambiente, Salud Ocupacional y Seguridad. Se mantiene en proceso el aprendizaje de los estándares internacionales respectivos. A eso queda todavía por aprehender otros estándares que se indican en el gráfico 4.30 y a base de ellos programar capacitación a todo nivel para el muso y aplicación de estándares, como normas técnicas, para, fundamentalmente, comprobar la características técnicas de los repuestos o componentes y garantizar así su fiabilidad y con ello tener equipos confiables, para la operación continua.

5.5 Resultados Económicos

Lo más relevante, de los Gráficos 5.3 y 5.4, se ha elaborado un cuadro resumen, Gráfico 5.7, donde se tiene un ahorro en mantenimiento de US\$

45,388, por aplicar el mantenimiento preventivo: y una recuperación de US\$ 403,472 en producción, o dejado de perder.

Año	Costo de Mantenimiento			Pérdidas
	Correctivo	Preventivo	Total	Producción
	US\$	US\$	US\$	US\$
2005	1,656,437	0	1,656,437	3,696,660
2006	1,149,639	461,410	1,611,049	3,293,188
AHORRO			45,388	
RECUPERACION DE PERDIDAS DE PRODUCCION				403,472

Gráfico 5.7, Cuadro resumen de Ahorros

Hay que destacar que este último valor no es percibido por la gente de operaciones, debido a que no se registran oficialmente, en todo caso la consideran, como pérdida aparente, pero que se produce por parada de equipos, lo que generalmente se oculta para evitarse problemas.

CONCLUSIONES

Este trabajo como Informe de Suficiencia, ha cubierto toda la teoría con respecto a la gestión de Mantenimiento, término que está tomando más presencia en la conducción de las operaciones de mantenimiento.

Particularmente, ha sido un esfuerzo más mental que físico, debido al cambio de paradigmas que regula la actitud personal, desde los inicios profesionales. Se trata de adoptar el nuevo enfoque sistémico, en reemplazo del pensamiento científico con el cual salimos de la Universidad, y ahora, entiendo sistémicamente, que en la evolución de la conducta profesional se tuvo influencia de este enfoque, pero no se sabía, no sabía sobre el funcionamiento y su potencialidad de nuestro cerebro y sin embargo, se actuaba por intuición, precisamente es una cualidad sistémica que ayuda a resolver los problemas. En esta parte es que se ha dedicado más tiempo que en la

parte técnica, era difícil enfrentarse a un aluvión de informaciones, con nuevos enfoques y nuevas informaciones, ahora que estamos en la era del conocimiento, según Alvin Toffler y consecuentemente, no hay otra opción que aceptar el cambio, sino quedaríamos como la rana que en su parábola se sancocha por no percibir el cambio gradual. Algo de esto lo he experimentado y me alegro de entrar y estar en esta nueva era y me siento repotenciado, hice una reingeniería en mi persona.

En cuanto al trabajo en sí, al aplicar las teorías, orientadas al desarrollo de habilidades de la gente, ganaríamos mucho más que los ahorros o recuperación de pérdidas de producción, como lo hemos visto en la última parte del capítulo anterior. Se trata de invertir en el capital humano, que constituyen los técnicos de mantenimiento y el ROI, será ampliamente ventajoso, no solo para la Empresa sino para cada persona y por ende de las comunidades sociales, lo que es una parte del cambio de cultura que tanta falta hace a nuestras regiones y país, en general.

Reitero, como lo más relevante, asumir permanentemente el enfoque sistémico, que activa a nuestro cerebro en sus diferentes dimensiones, particularmente vivir con entusiasmo y aplicar el “Ganar-Ganar” para ayudar a resolver cualquier problema, más si se refiere al aspecto técnico, que con la ayuda de las Normas Técnicas, estaremos orientados en la tendencia de actuar con eficiencia, siendo cada vez más eficaz y con ello lograr competitividad de las Empresas para lograr su objetivo de rentabilidad, que es lo que esperan los directores y propietarios de empresas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- **ANÁLISIS SISTEMICO PARA EL DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PROACTIVO EN EQUIPOS DE BAJO PERFIL MINAS SUBTERRANEAS**
AUTOR: Miguel Angel Herrera Quispe, PROM 1987-1, M3 IS, 2528
- 2- **GESTION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA CATERPILLAR EN MINERA YANACocha SA**
AUTOR: Carlos Mario Santivanez Zanabria ,PROM 1997-II, M3 IS, 2427.
- 3- **LIDERAZGO:**
<http://www.monografias.com/trabajos17/liderazgo/liderazgo.shtml>
- 4- **PALAS NEUMATICAS Y OTROS:**
<http://www.guagua.com/entfegalerias/Agalerias00.htm#emico12b>
- 5- **SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION:**
<http://www.miningandconstruction.sandvik.com>
- 6- **GESTION HUMANA:**
http://www.gestionhumana.com/g14/bancoconocimiento/m/medir_o_medir_medir_o_medir.asp
- 7- **ENSÉÑALE A TU MENTE A CUMPLIR OBJETIVOS:**
http://www.enseñalea_tu_mente_a_cumplir_objetivos.doc
- 8- **Catálogo de mantenimiento de cargadores de bajo perfil Atlas Copco, 2004,**
Modelo ST-2.8, Serie AVO-2453U

- 9- Catálogo de mantenimiento de camiones de bajo perfil Tamrock, 2005, Modelo EJ-20, Serie 8721
- 10- Manual de funciones de la Compañía Minera Raura S. A.