

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MEJORA ENFOCADA EN EL
SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO (CMMS) DE LAS
UNIDADES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN EL CAMPO CAÑO LIMÓN –
ARAUCA, DE OCCIDENTAL DE COLOMBIA.

CARLOS ENRIQUE PEREZ VEGA

HERNAN DARIO RINCON GRANADOS

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

2010

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MEJORA ENFOCADA EN EL
SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO (CMMS) DE LAS
UNIDADES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN EL CAMPO CAÑO LIMÓN –
ARAUCA, DE OCCIDENTAL DE COLOMBIA.

CARLOS ENRIQUE PEREZ VEGA

HERNAN DARIO RINCON GRANADOS

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

Director: Manuel Ramón Villafañe

Ing. Mecánico, Máster en Ing. Mecánica, Doctor en Ing. Mecánica

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

2010

AGRADECIMIENTOS

- A Rodolfo Pineda, quien me brindó su apoyo para emprender esta “empresa”, pues esta Especialización es el primer paso en la contribución de procesos más productivos.
- A Occidental de Colombia, porque sus políticas laborales hacia los empleados, hacen de esta Empresa un excelente medio para el desarrollo personal y profesional
- A Andrea Sanjuán por su apoyo incondicional ya que el compromiso adquirido en el desarrollo de estos estudios implican ciertos sacrificios en la vida personal.
- Omar Darío y Laura Daniela, mis hijos, especialmente por este momento de nuestras vidas, ya que estos estudios implican inversión de tiempo y ciertos esfuerzos con los sacrificios que conllevan.

- A mi madre Sara y sus palabras.

*“Caminante, son tus huellas el camino y nada más;
Caminante, no hay camino, se hace camino al andar.
Al andar se hace el camino, y al volver la vista atrás
Se ve la senda que nunca se ha de volver a pisar.
Caminante no hay camino sino estelas en la mar.”*

Antonio Machado

- A Nadia, al nuevo sobrino que está por llegar y a Julieta, que esto les marque el camino a seguir.
- A Andrea Catalina González por que juntos empezamos este camino que hoy finalizo; por tus palabras, por tu amor y por ser siempre mi dulce refugio.
- A mi amigo Enrique Cabrera por su incondicionalidad y lealtad.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1 ASPECTOS GENERALES OCCIDENTAL OIL & GAS CORPORATION	15
1.1 RESEÑA HISTORICA	15
1.2 SITUACION ACTUAL	17
2 ESTADO ACTUAL SISTEMA	26
2.1 INFORMACION CMMS	26
2.2 DESCRIPCION PROCESO RUTINAS DE MANTENIMIENTO	27
2.2.1 Rutina de Mantenimiento o Mantenimiento Preventivo	28
2.2.2 Diferencia entre la Rutina de Mantenimiento y la Orden de Trabajo	29
2.2.3 Contenido de la Rutina de Mantenimiento dentro del CMMS	29
2.2.4 Funcionamiento Rutina de Mantenimiento	30
2.3 FLUJO ÓRDENES DE TRABAJO PREVENTIVAS.	31
3 CONCEPTOS GENERALES	36
3.1 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	36
3.2. IMPLEMENTACIÓN DEL TPM	39
3.3 LOS RESULTADOS DE TPM	42
3.4 KAIZEN	43
3.5 VENTAJAS Y BENEFICIOS DEL KAIZEN	45
3.6 MEJORAS ENFOCADAS (KOBETSU KAIZEN)	48
3.7 PILAR MANTENIMIENTO DE CALIDAD (HINSHITSU HOZEN)	53
3.7.1 Principios Del Mantenimiento De Calidad	55
3.8 CASOS DE ÉXITO DE LA EN EMPRESAS DE PETRÓLEO.	57

4 MODELO DE MEJORA ENFOCADA	61
4.1 EL CICLO DE MEJORA CONTINUA	61
4.1.1 Verificar	62
4.1.2 Analizar	62
4.1.3 Planificar	63
4.1.4 Hacer	63
4.2 ESTADO INICIAL (CHECK)	65
4.2.1 Función básica y planeación estratégica de mantenimiento.	65
4.2.2 Planeación y programación de mantenimiento	66
4.2.3 Repuesto de los equipos. - manejo e inventarios	67
4.2.4 Lubricación de los equipos de producción y mantenimiento.	67
4.2.5 Costos de mantenimiento.	68
4.2.6 Tecnología de mantenimiento; aplicabilidad y efectividad	68
4.2.7 Personal de mantenimiento y producción	69
4.2.8 Equipos de producción de planta.	69
4.2.9 Tabulación De Resultados	70
4.3. ANALISIS DE RESULTADO	72
4.3.1 Descripción del fenómeno - 5W + 1H	72
4.3.2 Espina De Pescado - Diagrama 5M	73
4.3.3 Causa Raíz - 5 WHY	74
4.3.4 Plan de acción	76
5. CONCLUSIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Mapa de geográfico ubicación OXY Colombia	16
Fig. 2 Flujo orden de mantenimiento preventivo	34
Fig. 3 Flujo ciclo PHVA	49
Fig. 4 Logo YPFB CHACO S.A.	57
Fig. 5 Pilares de TPM	60
Fig. 6 Ciclo CAP'DO	64
Fig. 7 Comportamiento del desfase según la rutina	70
Fig. 8 Estratificación mayor pérdida	71
Fig. 9 Diagrama 5M	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Frecuencias de mantenimientos mecánicos y sus dependencias.	19
Tabla 2 Horas operación de una unidad de vs las frecuencias de Mantenimiento mecánicas	21
Tabla 3 secuencia de mantenimientos mecánicos con base en el Estado del horómetro, y el estado real de los horómetro	23
Tabla 4 Comparativo tabla 2 y 3	25
Tabla 5 Relación de rutinas de mantenimiento	28
Tabla 6 Tabla resultados datos consolidados	70
Tabla 7 Análisis 5W + 1H	72
Tabla 8 Causa Raíz 5Why	74
Tabla 9 Plan de Acción	76

LISTA DE ANEXOS

Anexo A Función básica y planeación estratégica de mantenimiento.	79
Anexo B Planeación Y Programación De Mantenimiento	81
Anexo C Repuesto de los equipos. - manejo e inventarios	84
Anexo D Costos de mantenimiento.	86
Anexo E Presupuestación y control del presupuesto	88
Anexo F Tecnología de mantenimiento aplicabilidad y efectividad	90
Anexo G Personal de Mantenimiento y Producción	91
Anexo H Equipos de Producción de Planta.	93

RESUMEN

TITULO: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MEJORA ENFOCADA EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO (CMMS) DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN EL CAMPO CAÑO LIMÓN – ARAUCA, DE OCCIDENTAL DE COLOMBIA.*

AUTOR(ES): CARLOS ENRIQUE PEREZ VEGA Y HERNAN DARIO RINCON GRANADOS

PALABRAS CLAVE: PHVA, TPM, KAIZEN, KOBETSU KAIZEN, HINSHITSU HOZEN, CAP`DO **

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

Este trabajo se enmarca en el concepto de mejora enfocada como herramienta para la identificación, análisis y solución de pérdidas dentro de los procesos productivos y de gestión de la industria del petróleo. Tomando de manera directa las necesidades de la empresa en su CMMS.

“Occidental OIL & GAS Corporation” en Colombia con 25 años de trayectoria en el municipio de Arauca, se ha constituido en el generador de desarrollo y bienestar y es desde allí donde se genera la necesidad y se espera la aplicación del presente documento.

Comenzando por la descripción del estado actual del sistema, la información relevante del CMMS y la descripción de las rutinas de mantenimiento continuamos al flujo de ordenes trabajos de mantenimiento preventivo, donde se plantearon las posibles acciones resultante de la aplicación del flujo de mejora enfocada.

Debido a la localización de las Plantas de Procesamiento de petróleo, Occidental debe satisfacer sus propias necesidades energéticas, lo cual es uno de los rubros más costosos en el proceso productivo, por esta razón Occidental cuenta con algunos generadores de energía propios, por lo que la información almacenada en el sistema de información de mantenimiento debe ser confiable para quienes toman las decisiones

Dentro de los conceptos fundamentales para el desarrollo del flujo se trabajaron temas como PHVA, TPM, KAIZEN, KOBETSU KAIZEN, HINSHITSU HOZEN y casos de éxito de la metodología en la industria petrolera, para llegar así al modelo de mejora propuesto mediante el ciclo CAP`DO, Obteniendo como resultados los planteamientos propuestos para minimizar las pérdidas en el CMMS.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en gerencia de mantenimiento, Director Ing. Manuel Ramón Villafañe

SUMMARY

TITLE: APPLICATION OF THE FOCUSED METHODOLOGY IN THE COMPUTARICED MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM OF THE POWER GENERATION UNITS PLACED IN CAÑO LIMON FIELD, ARAUCA-COLOMBIA.

AUTHOR (S): CARLOS ENRIQUE VEGA AND HERNAN DARIO RINCON GRANADOS

KEYWORDS: PDCA, TPM, KAIZEN, KOBETSU KAIZEN, HINSHITSU HOZEN, CAP`DO **

DESCRIPTION OR CONTENT:

This job is part of the concept of focused improving as tool to identify, analyse and solve the losses inside of production processes and management of the oil industry, taking directly the needs of the company in its CMMS.

"Occidental Oil & Gas Corporation" in Colombia with about 25 years of experience in Cravo Norte field in Arauca has become the generator of development and prosperity and from there the need is generated and then the expectation is to apply this document.

Starting with the description of the current state, the relevant information of the CMMS and the description of preventive maintenance and then going through the work orders where the probable actions were considered as a result of the applying of the focused improving flow.

Due the location of the Facilities Plant, Occidental Oil & Gas Corporation has to satisfy its own needs about Power consumption which is one of the most expensive items in the oil production process, for this reason Occidental has some Power Generation Units installed in the Faciilites located in Arauca which means that the maintenance strategy must be reliable in order to get the best information for the decision makers.

Within key concepts for the development it was taken into account some topics as PDCA, TPM, KAIZEN, KOBETSU KAIZEN, HINSHITSU HOZEN and success cases of the methodology in the oil industry to reach the improvement of the model proposed through the CAP`DO cycle, getting as a results the proposed statement in order to decrease the losses inside the CMMS.

* Monography

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Manuel Villafañe.

INTRODUCCION

El recurso humano involucrado en el proceso de mantenimiento de las Unidades de Generación de energía en el campo Caño Limón de Occidental de Colombia requiere tener la certeza que cuenta con un CMMS, preciso, confiable y seguro para la toma de decisiones de tal manera que se disminuyan o se eviten los riesgos a la integridad del equipo, la producción de las facilidades, se aumente la confiabilidad, se disminuya la dependencia de obtención de la información donde la fuente son personas permitiendo generar pronósticos del valor de mantenimiento los cuales influyen en los costos de operación de la generación de energía donde se tienen variables como el precio del dólar y del barril de petróleo a nivel mundial con una disminución de horas hombre invertidas en el proceso de Planeación y Programación como en las actividades presupuestales.

1 ASPECTOS GENERALES OCCIDENTAL OIL & GAS CORPORATION

1.1 RESEÑA HISTORICA

“Occidental OIL & GAS Corporation, es una empresa multinacional del sector petrolero con operaciones en el Medio Oriente, Estados Unidos y Suramérica. En Colombia, ha sido un activo inversionista por más de tres décadas. Actualmente, Oxy tiene operaciones en los Llanos Orientales en Arauca cerca de la frontera con Venezuela, y adicionalmente en el Magdalena Medio en el departamento de Santander. En Arauca, Oxy opera el campo petrolero de Caño Limón, del cual celebró recientemente su aniversario # 25. Cuyas reservas inicialmente fueron calculadas en 60 millones de barriles y que terminó siendo el mayor descubrimiento en la historia del país, con reservas cercanas a los 1.200 millones de barriles.

Caño Limón atrajo la atención de la industria petrolera mundial, y su crudo liviano se convirtió en uno de los más atractivos en el comercio internacional de hidrocarburos. Su descubrimiento significó que tres años después, en 1986, Colombia ganara una condición que ha logrado mantener durante casi un cuarto de siglo: ser un país autosuficiente y exportador neto de petróleo.

El petróleo producido en los Llanos es transportado atreves del oleoducto Caño Limón – Coveñas operado por la empresa colombiana de petróleo Ecopetrol.

En el Magdalena Medio, Oxy labora en el campo La Cifra-Infantas (LCI) en conjunto con Ecopetrol como socio de operación. Este campo, es un proyecto de recuperación mejorada de petróleo con grandes reservas allí aún existentes”¹



Fig. 1 Mapa de geográfico ubicación OXY Colombia

“Desde ese momento, Oxy y Ecopetrol han trabajado por el bienestar de Arauca y la zona que recorre el oleoducto Caño Limón-Coveñas. Gracias a nuestras operaciones, desde 1986 el departamento ha recibido 4 billones de pesos en regalías, y hemos generado alrededor de 2.300 empleos para los araucanos. De igual forma, más de 30.000 personas se han beneficiado de los programas sociales de la Fundación El Alcaraván, ejecutor de las políticas de responsabilidad social corporativa de Oxy y Ecopetrol, que desde 1986 lidera programas, planes y proyectos que contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida de la gente de Arauca.

¹ http://www.oxy.com/Our_Businesses/oil_and_gas/Pages/og_la_colombia.aspx

En estos 25 años, Caño Limón se ha constituido también en ejemplo de la convivencia armónica entre la naturaleza y la operación petrolera. La inversión de presupuesto para la protección del medio ambiente, la gestión en equipo con las autoridades ambientales y la promoción de conciencia en todos nuestros empleados, contratistas y en la comunidad araucana de que la protección del medio ambiente es responsabilidad de todos, son la demostración de que este asunto es una de las prioridades de las organizaciones. Esto se refleja en las 755 especies que encuentran un refugio seguro en el campo petrolero, y las 680 hectáreas que han sido reforestadas.

El modelo de responsabilidad social corporativa de Oxy integra además la promoción del respeto a los derechos humanos y el ejercicio de prácticas de Seguridad Industrial con altos estándares de desempeño.

En lo técnico, Caño Limón es un campo destacado que aporta la quinta parte de la producción petrolera del país. La calidad de su producto, su nivel de recuperación de crudo y el entorno que lo rodea, lo hace un campo único en el mundo que hoy se perfila como un modelo exitoso de operación para campos maduros.”²

1.2 SITUACION ACTUAL

En Colombia, las operaciones de OXY, están ubicadas en los departamentos de Arauca y Santander. A sesenta km de la capital de Arauca se encuentra las facilidades de procesamiento crudo (petróleo sin procesar) de Cravo, Process Facility I –PF1 y Process Facility II – PF2 las cuales reciben el crudo enviado desde los pozos productores para someterlo al proceso de separación (gas, petróleo y agua) y posterior envió del petróleo al oleoducto Caño Limón-Coveñas

² http://www.donpetroenlared.com/petro_07/pdf/p1.pdf

En este proceso los costos energéticos son importantes debido a la infraestructura de interconexión eléctrica del departamento, por lo que Occidental de Colombia –OXYCOL, cuenta con unidades de generación propias que le permiten auto-abastecerse en un buen porcentaje de su demanda. Este proceso de auto-abastecimiento de energía se realiza mediante unas plantas o unidades generadoras, las cuales producen un porcentaje importante de su propia demanda, tanto para los procesos productivos como en los procesos logísticos.

Cada uno de estos generadores, conformados por un motor y un generador, tienen un rendimiento particular y ello incide en la cantidad de energía generada por lo que es necesario tener un control particularizado sobre cada unidad de generación, por esta razón se cuenta con sistemas de información de donde se almacenan planes de mantenimiento, consumos y niveles de producción con los que se soportan las tomas de decisiones encaminadas a buscar los máximos niveles de producción de energía a mínimos costos de operación.

Las recomendaciones del fabricante de las unidades de generación, acerca de los planes de mantenimiento, son basadas en intervenciones cada mil horas, con cumplimiento de ciertas instrucciones especiales cada 3000, 6000, 12000 y 24000 horas, es decir, cada mil horas se deben ejecutar ciertas tareas mecánicas y en el tercer periodo cuando cumplen tres mil horas, se deben ejecutar ciertas tareas especiales igualmente mecánicas, teniendo en cuenta, que el cumplimiento por horómetro de esta rutina de 3000 horas, no depende de la anterior rutina de 1000 horas, sino en la anterior de 6000, o 12000 o 24000. De igual manera, un mantenimiento de 6000 horas, se debe ejecutar 6000 horas después de haberse cumplido un mantenimiento de 12000 o 24000 horas y no 1000 horas después del último mantenimiento. Esta dependencia entre mantenimientos, se debe a que cada 3000 horas acumuladas, se deben intervenir ciertos componentes que hacen parte del motor, de igual manera, cada 6000 horas se debe intervenir la unidad, por cambio de algunos

componentes del motor, de igual manera ocurre con los mantenimientos de 12 y 24000 horas.

A continuación se relaciona cuadro que contiene las frecuencias de mantenimientos mecánicos y sus dependencias.

FRECUENCIA	DEPENDE DE FRECUENCIA DE:
1000	1000 3000 6000 12000 24000
3000	6000 12000 24000
6000	12000 24000
12000	24000

Tabla 1 Frecuencias de mantenimientos mecánicos y sus dependencias.

El mantenimiento de estos equipos se realiza según la cantidad de horas de operación acumuladas, las cuales alimentan el sistema de información (MAXIMO) de manera automática desde los PLCs, que son base para la programación de mantenimientos.

La frecuencia de intervención de mantenimiento es de 1000 horas, y como se menciona anteriormente, efectuando mantenimientos a las 3000, 6000, 12000 y 24000 horas. Es decir, después de haberse efectuado un mantenimiento de 3000 horas, se deben realizar dos de 1000 horas y posteriormente el de 6000 horas y así sucesivamente.

El sistema de información de mantenimiento o el CMMS (Computerized Maintenance Management System) MAXIMO, efectúa la proyección de los mantenimientos, con base en el ultimo mantenimiento preventivo efectuado, es decir, el CMMS proyecta el siguiente mantenimiento de acuerdo al estado del horómetro en el momento de haberse efectuado un mantenimiento, esto quiere decir que si a una maquina se le está efectuando un mantenimiento de 1000

horas y siendo sus dos últimos de 1000 y de 3000 horas, en el momento que la maquina tiene 71150 horas, el próximo mantenimiento será de 6000 horas cuando la maquina tenga 72150 horas.

Debido a las condiciones de operación y producción, el equipo no es posible ser intervenido por mantenimiento dentro del número de horas acumuladas estimadas para mantenimiento dado por la frecuencia de horas de la Rutina de Mantenimiento, siendo así, la ejecución de dicho mantenimiento puede sufrir un desfase positivo o negativo, quiere decir esto, que si es positivo, el mantenimiento se realiza en horas adicionales a las establecidas o si es negativo, el mantenimiento se realiza con un cierto número de horas antes del vencimiento, es decir se adelanta la intervención.

Este desfase, no lo interpreta el CMMS para el cumplimiento de las Rutinas mayores, es decir, de 6000, 12000 y 24000 horas, ya que como se mencionó anteriormente, un mantenimiento preventivo se estima su ejecución con base en el inmediatamente anterior.

Por lo anterior, es necesario llevar un control externo y manual acerca de la cantidad de horas en las cuales se ha efectuado desfase, con el propósito de mantener el control sobre el estado del horómetro en la unidad de generación en el momento de la ejecución de los mantenimiento preventivos, lo que implica mayores horas hombre invertidas en el proceso de control de horómetro y mantenimientos, así como los potenciales riesgos que se tienen por operar una unidad cierto número de horas adicionales a las estipuladas en la ejecución de un mantenimiento preventivo mecánico programado o de igual manera se puede llegar a programar un mantenimiento prematuramente al adelantarse la generación de la orden de trabajo.

La siguiente tabla contiene las horas de operación de una unidad de Generación junto con las frecuencias de mantenimiento mecánicas establecidas y los mantenimientos estimados de acuerdo al estado del horómetro, es decir, este cuadro relaciona datos netamente teóricos donde se

toma como base que la unidad de generación tiene 71150 horas en un momento dado; Las HRS MAQUINA indican el estado del horómetro teórico acumulado la FRECUENCIA: indica la frecuencia de mantenimiento y la DIFERENCIA indica la diferencia de horas de intervención entre un mantenimiento y el siguiente. En los INTERVALO DE TIEMPOS PARA CAMBIO DE COMPONENTES se indica el ciclo de tiempos en el que se deben realizar los cambios.

#	HRS ESTIMADAS MAQUINA	FRECUENCIA	DIFERENCIA	INTERVALO DE TIEMPOS PARA CAMBIO COMPONENTES
1	71150	24000		
2	72150	1000	1000	
3	73150	1000	1000	
4	74150	3000	1000	3000
5	75150	1000	1000	
6	76150	1000	1000	
7	77150	6000	1000	6000
8	78150	1000	1000	
9	79150	1000	1000	
10	80150	3000	1000	3000
11	81150	1000	1000	
12	82150	1000	1000	
13	83150	12000	1000	12000
14	84150	1000	1000	
15	85150	1000	1000	
16	86150	3000	1000	3000
17	87150	1000	1000	
18	88150	1000	1000	
19	89150	6000	1000	6000
20	90150	1000	1000	
21	91150	1000	1000	
22	92150	3000	1000	3000
23	93150	1000	1000	
24	94150	1000	1000	
25	95150	24000	1000	24000

Tabla 2 Horas operación de una unidad de vs las frecuencias de mantenimiento mecánicas

EL punto crítico a tener en cuenta, son los criterios de cambio de componentes establecidos por el proveedor o fabricante, quien recomienda que:

Tres mil horas de operación posteriores a un mantenimiento mayor u “overhaul” de 24000 hrs, o a un mantenimiento de 12000 hrs, se debe proceder con el cambio de inyectores de combustible.

Seis mil horas de operación posteriores a un mantenimiento mayor u “overhaul” de 24000 hrs, o a un mantenimiento de 12000 hrs, se debe proceder con el cambio de inyectores de combustible y reparación de culatas.

Doce mil horas de operación posteriores a un mantenimiento mayor u “overhaul” de 24000 hrs, se debe proceder con el cambio de inyectores de combustible, reparación de culatas y reparación de bombas de inyección.

Veinticuatro mil horas de operación posteriores a un mantenimiento mayor u “overhaul” de 24000 hrs, se debe proceder con el cambio de inyectores de combustible, reparación de culatas, reparación de bombas de inyección y reparación de jaulas.

Con el esquema anterior, se aprecia que las Rutinas de mantenimiento de 3000, 6000 y 12000 horas dependen del último mantenimiento mayor realizado por cumplimiento de las horas de operación acumuladas, de igual manera, cada mantenimiento mayor u “overhaul”, debe ser ejecutado 24000 horas con posterioridad al anterior “overhaul”.

La secuencia de mantenimientos mecánicos con base en el estado del horómetro, y el estado real de los horómetro, se presenta a continuación donde se aprecian, las horas de operación de una unidad de Generación junto con las frecuencias de mantenimiento establecidas y el estado real de los horómetro en la ejecución de los mantenimientos. Las HRS MAQUINA indican el estado del horómetro teórico acumulado la FRECUENCIA indica la frecuencia de mantenimiento y la DIFERENCIA indica la diferencia de horas de intervención entre un mantenimiento y el siguiente. En los INTERVALO DE TIEMPOS

PARA CAMBIO DE COMPONENTES se indica el ciclo de tiempos en el que se deben realizar los cambios.

#	HRS REALES MAQUINA	FRECUENCIA	DIFERENCIA	INTERVALO DE TIEMPOS EN CAMBIO DE COMPONENTES
1	71150	24000		
2	72200	1000	1050	
3	73210	1000	1010	
4	74290	3000	1080	3140
5	75310	1000	1020	
6	76350	1000	1040	
7	77440	6000	1090	6290
8	78525	1000	1085	
9	79534	1000	1009	
10	80549	3000	1015	3109
11	81556	1000	1007	
12	82567	1000	1011	
13	83472	12000	905	12322
14	84495	1000	1023	
15	85501	1000	1006	
16	86504	3000	1003	3032
17	87569	1000	1065	
18	88589	1000	1020	
19	89601	6000	1012	6129
20	90622	1000	1021	
21	91630	1000	1008	
22	92642	3000	1012	3041
23	93642	1000	1000	
24	94650	1000	1008	
25	95673	24000	1023	24523

Tabla 3 secuencia de mantenimientos mecánicos con base en el estado del horómetro, y el estado real de los horómetro

Con base en la tabla 2 y 3 se relaciona el siguiente cuadro donde se aprecia el desfase de horas en las cuales el CMMS estima la ejecución de mantenimientos, Las HRS MAQUINA indican el estado del horómetro teórico acumulado, la FRECUENCIA indica la frecuencia de mantenimiento, DIFERENCIA 1 es la diferencia teórica de horas de intervención entre un mantenimiento y el siguiente. En los INTERVALO DE TIEMPOS PARA CAMBIO DE COMPONENTES se indica el ciclo de tiempos en el que se deben realizar los cambios.

INTERVALO DE TIEMPOS PARA CAMBIO DE COMPONENTES: es el ciclo de tiempos por medio de los cuales se debe hacer cambio de componentes.

REALES DE EJECUCION, se encuentran las columnas HRS MAQUINA indica el estado acumulado real que tiene la unidad de generación en el momento de la intervención por mantenimiento preventivo. DIFERENCIA 2, indica la diferencia real que se genera por el desfase de horas entre el mantenimiento programado y el estado del horómetro en el momento de la ejecución del mismo y por ultimo DESFASE, indica la cantidad de horas que el mantenimiento se realiza, las cuales pueden ser o antes o después del mantenimiento teórico en el cual se debe realizar la intervención. Se aprecia que existen valores negativos, esto se debe a que el mantenimiento se adelantó cierto número de horas, lo cual se realiza por razones operativas o del mismo mantenimiento.

#	ESTIMADAS PARA MANTENIMIENTO				REALES DE EJECUCION		DESFASE
	HRS MAQUINA	FRECUENCIA	DIFERENCIA 1	INTERVALO DE TIEMPOS PARA CAMBIO COMPONENTES	HRS MAQUINA	DIFERENCIA 2	
1	71150	24000			71150		
2	72150	1000	1000		72200	1050	50
3	73150	1000	1000		73210	1010	10
4	74150	3000	1000	3000	74290	1080	80
5	75150	1000	1000		75310	1020	20
6	76150	1000	1000		76350	1040	40
7	77150	6000	1000	6000	77440	1090	90
8	78150	1000	1000		78525	1085	85
9	79150	1000	1000		79534	1009	9
10	80150	3000	1000	3000	80549	1015	15
11	81150	1000	1000		81556	1007	7
12	82150	1000	1000		82567	1011	11
13	83150	12000	1000	12000	83472	905	-95
14	84150	1000	1000		84495	1023	23
15	85150	1000	1000		85501	1006	6
16	86150	3000	1000	3000	86504	1003	3
17	87150	1000	1000		87569	1065	65
18	88150	1000	1000		88589	1020	20
19	89150	6000	1000	6000	89601	1012	12
20	90150	1000	1000		90622	1021	21
21	91150	1000	1000		91630	1008	8
22	92150	3000	1000	3000	92642	1012	12
23	93150	1000	1000		93642	1000	0
24	94150	1000	1000		94650	1008	8
25	95150	24000	1000	24000	95673	1023	23
valor corrimiento acumulado para mantenimiento de 3000 hrs reg 2 a 4							140
valor corrimiento acumulado para mantenimiento de 6000 hrs reg 2 a 7							290
valor corrimiento acumulado para mantenimiento de 12000 hrs reg 2 a 13							322
valor corrimiento acumulado para mantenimiento de 24000 hrs reg 2 a 25							523

Tabla 4 Comparativo tabla 2 y 3

Como se puede apreciar en el cuadro 3, estos desfases de tiempos pueden ser de 150 horas para un mantenimiento de 3000 horas, hasta 500 horas para un mantenimiento mayor de 24000 horas. Esta variación genera ciertos inconvenientes tanto administrativos como técnicos pues actividades como programaciones de mantenimientos, estimados y presupuestos pueden variar de un mes a otro e incluso de un año a otro, pues el ejecutar una mantenimiento mayor en diciembre o en enero, tiene implicaciones contables y financieras ya que se afectan diferentes periodos financieros en la ejecución de dichas rutinas de mantenimiento, cuyos costos son considerablemente importantes.

Desde el punto de vista técnico, el efectuar un mantenimiento con horas de anticipación, es de alguna manera incurrir en costos mayores, pues no se lleva la maquina a su límite operacional por mantenimiento, gastando de esa manera horas de operación, a menos que existan otras razones de fuerza mayor.

2 ESTADO ACTUAL SISTEMA

2.1 INFORMACION CMMS

En las Plantas de procesamiento de petróleo, se encuentran ubicadas unidades de generación de energía las cuales están inventariadas en el CMMS-MAXIMO, donde se encuentra información como:

i. Hoja de vida de equipo, donde se tiene la siguiente información:

- * Número de serie de la unidad
- * Modelo de la unidad
- * Ubicación dentro de la operación con su respectivo centro de costo
- * Numero de inventario como activo dentro de la empresa
- * Identificación funcional dentro del proceso o número de TAG.
- * Códigos de los equipos o sub-equipos que lo conforman
- * Códigos de los repuestos que lo conforman.
- * Valor acumulado en horas de operación o el horómetro.
- * Especificaciones técnicas operacionales
- * Documentos anexos, como manuales de operación, resultados gráficos de inspecciones, como curvas de vibraciones, termo grafías. etc....

ii. Rutinas de Mantenimiento asociadas.

Parte del control del mantenimiento sobre las unidades de generación, se realiza por medio rutinas de mantenimiento, las cuales se tienen clasificadas de acuerdo a la especialidades de manteamiento llamadas "CRAFT", quienes hacen parte del grupo de Mantenimiento, siendo así se tiene:

- * Rutina de Mantenimiento Mecánica
- * Rutina de Mantenimiento Eléctrica
- * Rutina de Mantenimiento Instrumentación
- * Rutina de Mantenimiento Inspecciones

Por último se tiene una rutina de mantenimiento Operacional, la cual está bajo la responsabilidad del grupo de Producción y no tiene dependencia sobre la ejecución del mantenimiento mecánico.

2.2 DESCRIPCION PROCESO RUTINAS DE MANTENIMIENTO

La rutina de mantenimiento mecánica, es la que tiene una frecuencia mayor, es decir, se interviene más veces la unidad de generación por mantenimiento mecánico en el año que las rutinas eléctrica y de instrumentación.

Cada rutina o PM (Preventive Maintenance) tiene sus propios supervisores y ejecutores de mantenimiento, ya que se tienen supervisores especialistas en cada área, es decir, se tiene supervisores de mantenimiento Mecánicos, Eléctricos, de Instrumentación y de Inspecciones

La programación de las rutinas eléctricas, de instrumentación y de inspecciones se programan con base en la rutina mecánica por ser la de mayor frecuencia y de igual manera, con el propósito que los mantenimientos por las diferentes especialidades o CRAFTs, se realicen simultáneamente y con ello se máxima la planeación del recurso humano y se efectúa la parada de la maquina una sola vez para la ejecución de los diferentes mantenimientos,

donde la coordinación de los mantenimientos es realizada por el Supervisor Mecánico una vez son generadas las correspondientes órdenes de trabajo para cada una de las especialidades o CRAFTs.

En la siguiente tabla se muestran la relación de rutinas de mantenimiento con sus respectivas frecuencias y supervisores de mantenimiento correspondientes:

PM	DESCRIPCION	FRECUENCIA	SUPERVISOR	DESCRIPCION
PM-MEC	RUTINA MECANICA	1000	SUP-MEC	SUPERVISOR MECANICO
PM-ELE	RUTINA ELECTRICA	3000	SUP-ELE	SUPERVISOR ELECTRICO
PM-INS	RUTINA DE INSTRUMENTACION	6000	SUP-INS	SUPERVISOR DE INSTRUMENTACION
PM-INP	RUTINA DE INSPECCIONES	3000	SUP-INP	SUPERVISOR DE INSPECCIONES

Tabla 5 Relación de rutinas de mantenimiento

No se considera en este esquema, la rutina de mantenimiento de operaciones, por ser actividades propias del grupo de producción, donde el alcance del mantenimiento es netamente operacional

2.2.1 Rutina de Mantenimiento o Mantenimiento Preventivo

“Es un procedimiento periódico para minimizar el riesgo de fallo y asegurar la continua operación de los equipos, logrando de esta manera extender su vida útil.

Esto incluye limpieza, lubricación, ajuste, y reemplazo de ciertas partes vulnerables, aumentando la seguridad del equipo y reduciendo la probabilidad de fallas mayores; pero no se excluye el mantenimiento que a diario debe realizar el operador del equipo (ej.: limpieza de electrodos en el desfibrilador, procedimientos de auto calibración en equipos computarizados, etc.)”³

2.2.2 Diferencia entre la Rutina de Mantenimiento y la Orden de Trabajo

³<http://www.gruposaludgtz.org/proyecto/mspas-gtz/Downloads/Manual-de-Mantenimiento-Preventivo-Planificado.pdf>

Como se mencionó anteriormente, la Rutina de mantenimiento es un procedimiento que se debe ejecutar periódicamente, este procedimiento contiene las instrucciones de mantenimiento a seguir sobre un equipo, junto con los responsables correspondientes.

Una vez la frecuencia es alcanzada para ejecutar el procedimiento de la rutina de mantenimiento, se crea o se genera la Orden de Trabajo que contiene exactamente las tareas relacionadas en dicha rutina volviéndose una actividad mandataria a realizar en un determinado tiempo.

2.2.3 Contenido de la Rutina de Mantenimiento dentro del CMMS

La Rutina de mantenimiento está configurada de la siguiente manera:

- código de la rutina, el cual es único
- descripción de la rutina
- código del equipo al cual se le debe intervenir
- nombre del supervisor responsable del mantenimiento
- plan de trabajo a realizar o el alcance del mantenimiento detallado
- centro de costo el cual asume los cargos contables incurridos por el mantenimiento
- frecuencia del mantenimiento, que puede ser basado en tiempo, en horómetro o por condiciones climáticas, para el caso de las unidades de generación, el control se realiza por horómetro, ya que estas unidades laboran 24 horas diarias con interrupciones tanto programadas como no programadas.

2.2.4 Funcionamiento Rutina de Mantenimiento

Internamente el CMMS, por medio de la rutina de mantenimiento va chequeando el estado del horómetro que tiene la unidad de generación y a la vez identifica el estado del horómetro de la ultima orden de trabajo preventiva generada y realiza una suma algebraica donde compara la frecuencia, el estado del horómetro actual de la unidad y el estado del horómetro en la última orden de trabajo y como resultado genera un valor dentro de la rutina de mantenimiento llamado "Units to Go", que quiere decir el número de horas de operación que le faltan a la unidad de generación para ser intervenida, que como ya se explico anteriormente, es una metodología que puede llevar a ejecuciones de mantenimiento prematuras, así como vencidas por valores entre 150 y 500 horas.

Sin embargo, debido a las condiciones particulares del mantenimiento de estas unidades de generación, donde la dependencia de mantenimientos mayores, no se hace con base en el mantenimiento anterior, se realiza un control por fuera del CMMS, por medio del cual se tiene información acerca del estado de los horómetro de la unidad en el momento de la ejecución de los mantenimientos mayores y para la generación de las ordenes de trabajo, mediante el proceso del forecast o proyección de mantenimiento, se efectúa una operación donde al valor Units to Go, se le resta el resultado del producto del número de horas promedio diarias que está trabajando la unidad de generación por el número de días de la quincena en curso, si el resultado es negativo, quiere decir que la unidad debe ser intervenida en esa quincena, de lo contrario, no se debe intervenir dicha unidad, como se menciona a la siguiente formula algebraica:

Convenciones:

- qty_hrs: cantidad de horas de operación acumuladas de la unidad de Generación
- lst_mtr: estado del horómetro acumulado en la última orden de trabajo Preventiva
- mtr_fre: frecuencia de mantenimiento asociado a la rutina de mantenimiento
- avg_mtr: promedio de horas que opera la unidad de generación diariamente
- for_days: número de días proyectados en los cuales se debe realizar el Mantenimiento.
- units_to_go: número de horas faltantes para el siguiente mantenimiento

Formula

$$units_to_go = lst_mtr + mtr_fre - (qty_hrs + avg_mtr \times for_days)$$

2.3 FLUJO ÓRDENES DE TRABAJO PREVENTIVAS.

Quincenalmente el grupo de Planeación de mantenimiento, realiza el proceso de generación de ordenes de trabajo preventivas para cubrir los mantenimientos de la siguiente quincena mediante una actividad denominada "forecast", es decir, es una proyección del mantenimiento esperado de acuerdo al cumplimiento de los mantenimientos anteriores y al alcance de la frecuencia correspondiente, mediante las siguientes actividades:

- Se corre un proceso consultando la base de datos del CMMS-MAXIMO el cual identifica los equipos que deben ser intervenidos por mantenimiento durante los próximos 15 días, lo cual se hace con base en el cumplimiento de la última orden de trabajo generada por la misma rutina de mantenimiento.

- Debido a que el CMMS, calcula el próximo mantenimiento con base en el inmediatamente anterior cumplido, es probable que para mantenimientos mayores de las unidades de generación se presente un desfase en horas, ya explicado anteriormente, y para ello se consulta otra base de datos externa.
- Para los equipos que tienen su mantenimiento basado en horómetro, se realiza un proceso adicional en el cual se consulta una base de datos externa al CMMS donde se tienen las dependencias por horómetro para cumplimiento entre rutinas mecánicas y se calcula los tiempos reales, es decir, en esta base de datos se tiene información para cada unidad de generación como: cuales fueron sus ordenes de trabajo para mantenimientos mayores y el estado de horómetro en el momento de la ejecución del mantenimiento, qué tipo de mantenimiento se realizó o a qué frecuencia corresponde, es decir, si fue de 6000 horas o de 12000 horas etc..
- Con base en lo estimado directamente por el CMMS y la información obtenida en el punto anterior, se efectúan los ajustes en el CMMS para que genere las ordenes de trabajo preventivas correspondientes a la frecuencia, siempre dándole prioridad al mantenimiento preventivo mecánico.
- Al generarse las órdenes de trabajo en el día n, el CMMS marca la rutina de mantenimiento correspondiente con el horómetro que el equipo asociado tiene en ese momento y a partir de este momento, el CMMS, inicia el cálculo para generar la próxima rutina de mantenimiento. Sin embargo, la intervención del mantenimiento no se realiza sino hasta dentro de 10 o más días, pues como se menciona anteriormente, por proceso interno de la empresa, se genera un forecast para la quincena venidera, lo que quiere decir que el equipo se puede intervenir en cualquiera de esos 15 días y no necesariamente el día en que se emite o genera la orden de trabajo preventiva.
- Una vez el grupo de Planeación de Mantenimiento ha generado las órdenes de trabajo para una unidad de generación en particular, las envía a los

supervisores correspondientes para notificación de todos los trabajos estimados para la siguiente quincena.

- Los supervisores de mantenimiento efectúan una reunión periódica para hacer la revisión de todos los trabajos a realizar, es decir, analizan como un todo, los trabajos preventivos como correctivos y de acuerdo a prioridades efectúan la programación correspondiente aprobando todas las órdenes de trabajo.
- Posterior a esta reunión de los supervisores, llamada reunión de Planeación & Programación, emiten instrucciones para coordinar la interrupción del servicio de los equipos a intervenir y dentro de ellos se encuentra alguna unidad de generación, motivo del presente caso de estudio.
- Al iniciarse el mantenimiento preventivo de la unidad de generación, el estado de su correspondiente horómetro es registrado en la base de datos externa al CMMS para tener el registro del estado real del horómetro en el momento de la intervención, pues como se mencionó anteriormente, el CMMS toma el estado del horómetro en el momento de la generación de la orden de trabajo preventiva.
- La orden de trabajo pasa por un estado de planeación, programación, ejecución y completamiento siendo procesada por medio de un flujo de trabajo o work flow dependiendo del estado de aprobación, como se aprecia a continuación:

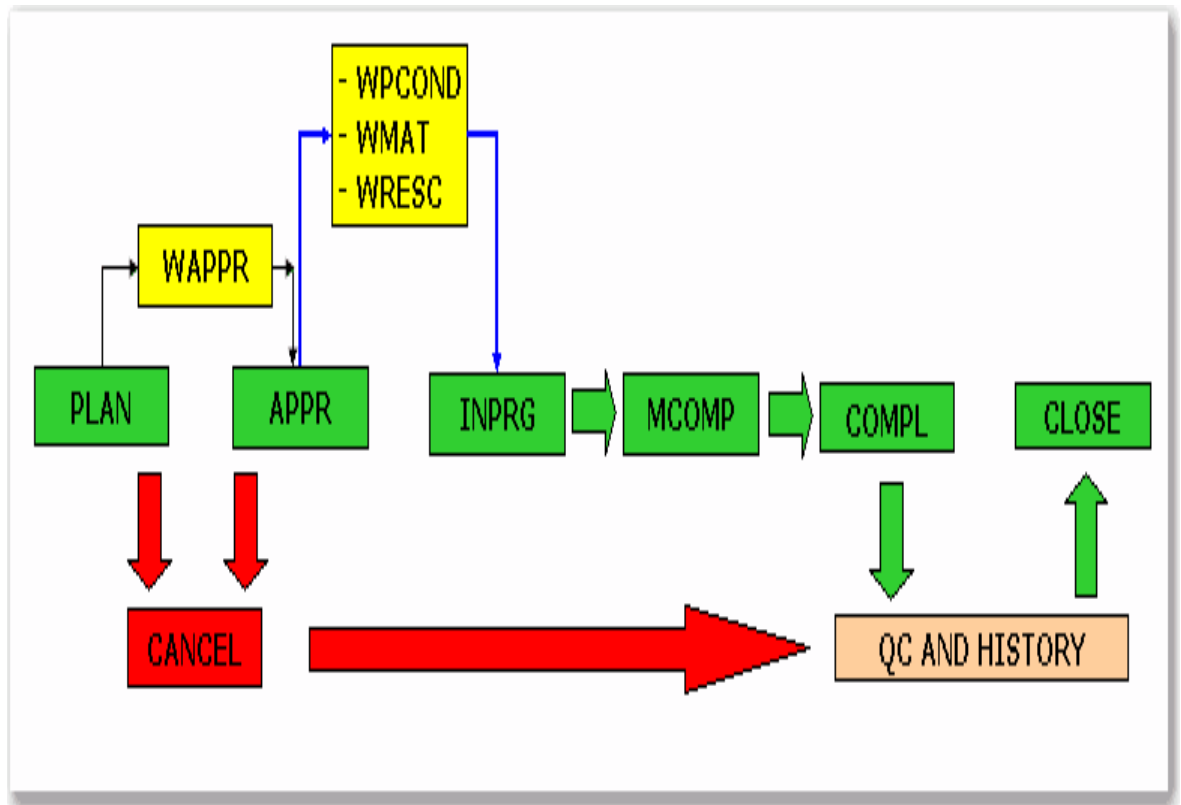


Fig. 2 Flujo orden de mantenimiento preventivo

Como se aprecia, el primer estado de la orden de trabajo, es el PLAN, y es el que obtiene la orden de trabajo una vez es generada desde la Rutina de Mantenimiento. Los diferentes estados por lo que pasa la orden de trabajo, de acuerdo al flujo mostrado en la figura anterior es como sigue:

√ PLAN: Se efectúa planeación del mantenimiento. En este estado, la Rutina de mantenimiento captura el horómetro que tiene el equipo y desde allí inicia el conteo de horas para generar la siguiente orden de trabajo.

√ WAPPR: O Waiting for Approval, una vez quien ha hecho la planeación de la orden de trabajo, la envía para que sea aprobada por el supervisor correspondiente, lo que puede realizar dos o tres días después de haberse creado la orden de trabajo.

√ APPR. El supervisor correspondiente revisa la planeación y alcance del mantenimiento y procede a aprobar la orden de trabajo, lo que puede realizar de 3 a 5 días posteriores a la fecha de haber recibido la orden de trabajo.

√ INPRG. Después de haber sido aprobada la orden de trabajo, el ejecutante inicia el proceso de adquisición de materiales, mano de obra y coordinación de actividades y finalmente el día que debe iniciar el mantenimiento pasa la orden de trabajo a estado INPRG, o In Progress que quiere decir mantenimiento en ejecución, lo que debe coincidir cuando el generador es parado o se deja fuera de servicio por mantenimiento.

√ MCOMP. Quiere decir, Mantenimiento Completado, la orden de trabajo pasa a este estado una vez el mantenimiento es finalizado aunque no necesariamente se tiene toda la documentación soporte del mantenimiento realizado.

Cabe mencionar que entre el estado PLAN y el estado INPRG, pueden transcurrir hasta 15 días, durante los cuales el horómetro de la unidad de generación ha estado incrementando su valor pues la unidad no se ha detenido aun, y de otro lado, la Rutina de mantenimiento está proyectando el próximo mantenimiento desde que la ultima orden de trabajo fue generada, es decir desde el estado PLAN, con lo cual se puede identificar que adicionalmente se presenta un desfase en horas, pues la proyección de la siguiente orden de trabajo ya ha venido ejecutándose prematuramente.

3 CONCEPTOS GENERALES

3.1 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

“(TPM por sus siglas en inglés), es un concepto nuevo en cuanto al involucramiento del personal productivo en el mantenimiento de plantas y equipos. La meta del TPM es incrementar notablemente la productividad y al mismo tiempo levantar la moral de los trabajadores y su satisfacción por el trabajo realizado. El sistema del TPM nos recuerda el concepto tan popular de TQM "Manufactura de Calidad Total" que surgió en los 70's y se ha mantenido tan popular en el mundo industrial. Se emplean muchas herramientas en común, como la delegación de funciones y responsabilidades cada vez más altas en los trabajadores, la comparación competitiva, así como la documentación de los procesos para su mejoramiento y optimización. Este artículo describe al TPM en detalle y valora sus debilidades y cualidades como filosofía de mantenimiento y discute sus procedimientos de implementación.

Qué es Total Productive Maintenance? (Mantenimiento Productivo Total)

Filosóficamente, el TPM recuerda como se dijo antes, algunos aspectos valiosos del TQM "Manufactura de Calidad Total" o también Total Quality Management, (Gerencia de Calidad Total) entre ellos:

- El compromiso total por parte de los altos mandos de la empresa, es indispensable.
- El personal debe tener la suficiente delegación de autoridad para implementar los cambios que se requieran.
- Se debe tener un panorama a largo plazo, ya que su implementación puede tomar desde uno hasta varios años.
- También deberá tener lugar un cambio en la mentalidad y actitud de toda la gente involucrada en lo que respecta a sus nuevas responsabilidades.

TPM le da un nuevo enfoque al mantenimiento como una parte necesaria y vital dentro del negocio. Se hace a un lado el antiguo concepto de que éste es una actividad improductiva y se otorgan los tiempos requeridos para mantener el equipo que ahora se consideran como una parte del proceso de manufactura. No se considera ya una rutina a ser efectuada sólo cuando el tiempo o el flujo de material lo permitan. La meta es reducir los paros de emergencia, los servicios de mantenimiento inesperados se reducirán a un mínimo. -- En un taller de tubería de acero, por ejemplo, las máquinas dobladoras que entre reajustes para cambio de medidas y reparaciones llegaban a perder hasta más del 30% de su productividad, hoy los tiempos perdidos son menores al 3%.

¿Cuándo y Dónde se originó el TPM?

En realidad el TPM es una evolución de la Manufactura de Calidad Total, derivada de los conceptos de calidad con que el Dr. W. Edwards Deming's influyó tan positivamente en la industria Japonesa. El Dr. Deming inició sus trabajos en Japón a poco de terminar la 2a. Guerra Mundial. Como experto en estadística, Deming comenzó por mostrar a los japoneses cómo podían controlar la calidad de sus productos durante la manufactura mediante análisis estadísticos. Al combinarse los procesos estadísticos y sus resultados directos en la calidad con la ética de trabajo propia del pueblo japonés, se creó toda una cultura de la calidad, una nueva forma de vivir. De ahí surgió TQM, "Total Quality Management" un nuevo estilo de manejar la industria.

En los años recientes se le ha denominado más comúnmente como "Total Quality Manufacturing" o sea Manufactura de Calidad Total. Cuando la problemática del mantenimiento fue analizada como una parte del programa de TQM, algunos de sus conceptos generales no parecían encajar en el proceso. Para entonces, ya algunos procedimientos de Mantenimiento Preventivo (PM) - ahora ya prácticamente obsoleto - se estaban aplicando en un gran número de plantas.

Usando las técnicas de PM, se desarrollaron horarios especiales para mantener

El equipo en operación. Sin embargo, esta forma de mantenimiento resultó costosa y a menudo se daba a los equipos un mantenimiento excesivo en el intento de mejorar la producción. Se aplicaba la idea errónea de que "si un poco de aceite es bueno, más aceite debe ser mejor". Se obedecía más al calendario de PM que a las necesidades reales del equipo y no existía o era mínimo el involucramiento de los operadores de producción. Con frecuencia el entrenamiento de quienes lo hacían se limitaba a la información (a veces incompleta y otra equivocada), contenida en los manuales.

La necesidad de ir más allá que sólo programar el mantenimiento de conformidad a las instrucciones o recomendaciones del fabricante como método de mejoramiento de la productividad y la calidad del producto, se puso pronto de manifiesto, especialmente entre aquellas empresas que estaban comprometiéndose en los programas de Calidad Total. Para resolver esta discrepancia y aún mantener congruencia con los conceptos de TQM, se le hicieron ciertas modificaciones a esta disciplina. Estas modificaciones elevaron el mantenimiento al estatus actual en que es considerado como una parte integral del programa de Calidad Total.

El origen del término "Mantenimiento Productivo Total" (TPM) se ha discutido en diversos escenarios. Mientras algunos afirman que fue iniciado por los manufactureros americanos hace más de cuarenta años, otros lo asocian al plan que se usaba en la planta Nippondenso, una manufacturera de partes eléctricas automotrices de Japón a fines de los 1960's. Seiichi Nakajima un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta, (JIPM), recibe el crédito de haber definido los conceptos de TPM y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón.

Los libros y artículos de Nakajima así como otros autores japoneses y americanos comenzaron a aparecer a fines de los 1980's. En 1990 se llevó a cabo la primera conferencia en la materia en los EEUU. Hoy día, varias

empresas de consultoría están ofreciendo servicios para asesorar y coordinar los esfuerzos de empresas que desean iniciar sus plantas en el promisorio sistema de TPM.

3.2. IMPLEMENTACIÓN DEL TPM

Para iniciar la aplicación de los conceptos de TPM en actividades de mantenimiento de una planta, es necesario que los trabajadores se enteren de que la gerencia del más alto nivel tiene un serio compromiso con el programa. El primer paso en este esfuerzo es designar o contratar un coordinador de TPM de tiempo completo. Será la labor de ese coordinador el "vender" los conceptos y bondades del TPM a la fuerza laboral a base de un programa educacional. Se debe convencer al personal de que no se trata simplemente del nuevo "programa del mes", simplemente esa culturización puede tomar hasta más de un año.

Una vez que el coordinador está seguro de que toda la fuerza laboral ha "comprado" el programa de TPM y que entienden su filosofía e implicaciones, se forman los primeros equipos de acción.

Los equipos de acción tienen la responsabilidad de determinar las discrepancias u oportunidades de mejoramiento, la forma más adecuada de corregirlas o implementarlas e iniciar el proceso de corrección o de mejoramiento. Posiblemente no resulte fácil para todos los miembros del equipo el reconocer las oportunidades e iniciar las acciones, sin embargo otros tal vez tengan experiencia de otras plantas o casos previos en la misma y gracias a lo que hayan observado en el pasado y las comparaciones que puedan establecer, se logrará un importante avance. El establecimiento de estas comparaciones que a veces pueden implicar visitar otras plantas, se denomina "benchmarking" o sea "comparación sobre la mesa" como cuando tenemos dos aparatos de las mismas características y los ponemos sobre la

mesa para comparar cada parte en su proceso de funcionamiento. Esta es una de las grandes ventajas del TPM.

A los equipos se les anima a iniciar atacando discrepancias y mejoras menores y a llevar un registro de sus avances. A medida que alcanzan logros, se les da reconocimiento de parte de la gerencia. A fin de que crezca la confianza y el prestigio del proceso, se le da la mayor publicidad que sea posible a sus alcances. A medida que la gente se va familiarizando con TPM, los retos se van haciendo mayores ya que se emprenden proyectos de más importancia.

Como ejemplo, en una planta manufacturera una prensa sacabocados fue seleccionada como área de problema, la máquina fue estudiada muy detalladamente por el equipo TPM. Se hicieron observaciones de tiempo productivo y de paros por fallas o por cambios de herramienta (tiempo improductivo), algunos miembros del equipo tuvieron la oportunidad de visitar otra planta que tenía una máquina igual pero usándola con mayor eficiencia. Esta visita les dio varias ideas de mejoramiento para traer la máquina a una operación competitiva tipo "clase mundial" y se trazó un plan de acción. Se procedió a seguir el plan, se hizo limpieza, cambio de partes desgastadas, bandas, mangueras, pintura y ajustes necesarios. Como parte del proceso, se revisaron los procedimientos de operación y mantenimiento y se dio la capacitación necesaria. Un representante de la fábrica de la máquina fue llevado para apoyar en algunas partes de este proceso.

El éxito quedó demostrado, los registros de tiempo productivo de la máquina comenzaron a marcar un avance tanto en el proceso como en la productividad. Se seleccionó otra máquina, luego otra y así sucesivamente hasta completar la tarea de convertir esa planta a "clase mundial" y traerla a mejores niveles de rendimiento.

Nótese que en este ejemplo, el operador de la máquina tomó parte activa en el proceso. Esa es una parte esencial de la innovación que implica el TPM.

Aquella actitud de "yo nada más opero la máquina" ya no es aceptable. Los diarios chequeos de lubricación, detalles y ajustes menores así como reparaciones simples, cambios de partes, etc. se convierten en parte de las responsabilidades del operador. Claro que reparaciones mayores o problemas técnicos siguen siendo atendidos por el personal de mantenimiento, o técnicos externos si es necesario, y ahora cuentan con un mayor apoyo, más clara información y una real participación de parte del operador.

El entrenamiento para coordinadores de TPM se puede obtener de diversos proveedores, instituciones privadas, (TPMonLine entre ellos por ejemplo), asociaciones de profesionales y además hay un buen número de publicaciones especializadas. Hay varios seminarios principalmente en los EEUU. Algunas de estas empresas de capacitación están ofreciendo recorridos por las plantas exitosas, lo que sirve para tomar buenas ideas y ejemplos, así como establecer comparaciones.

3.3 LOS RESULTADOS DE TPM

Ford, Eastman Kodak, Dana Corp., Allen Bradley, Harley Davidson; son solamente unas pocas de las empresas que han implementado TPM con éxito. Todas ellas reportan una mayor productividad gracias a esta disciplina. Kodak por ejemplo, reporta que con 5 millones de dólares de inversión, logró aumentar sus utilidades en \$16 millones de beneficio directamente derivado de implementar TPM. Una fábrica de aparatos domésticos informa de la reducción en cambio de dados en sus troqueladoras de varias horas a sólo 20 minutos! Esto equivale a tener disponibles el equivalente a dos o tres máquinas más, con valor de un millón de dólares cada una, pero sin haber qué tenido que comprarlas o rentarlas. En algunas de sus divisiones, Texas Instruments reporta hasta un 80% de incrementos de su productividad. Prácticamente todas las empresas mencionadas aseguran haber reducido sus tiempos perdidos por fallas en el equipo en 50% o más, también reducción en inventarios de refacciones y mejoramiento en la puntualidad de sus entregas. La necesidad de subcontratar manufactura también se vio drásticamente reducida en la mayoría de ellas.

Hoy con una competitividad mayor que nunca antes, es indudable que el TPM es la diferencia entre el éxito o el fracaso para muchas empresas. Ha quedada demostrada su eficacia no sólo en plantas industriales, también en la construcción, el mantenimiento de edificios, transportes y varias otras actividades incluidos varios deportes (NT). Los empleados de todos los niveles deben ser educados y convencidos de que TPM no es "el programa del mes", sino que es un plan en el que los más altos niveles gerenciales se hallan comprometidos para siempre, incluida la gran inversión de tiempo mientras que dure su implementación. Si cada quien se compromete como debe, los resultados serán excelentes comparados con la inversión realizada".⁴

3.4 KAIZEN

⁴http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm_archivos/definicion%20e%20historiaTPM%20Mantenimiento%20Productivo%20Total.doc.

“Kaizen (改善, Japonés para wario rico "cambio para mejorar" o "mejoramiento"; el uso común de su traducción al castellano es "mejora continua" o "mejoramiento continuo").

En su contexto este artículo trata de Kaizen como una estrategia o metodología de calidad en la empresa y en el trabajo, tanto individual como colectivo. Kaizen es hoy una palabra muy relevante en varios idiomas, ya que se trata de la filosofía asociada al Sistema de Producción Toyota, empresa fabricante de vehículos de origen japonés.

“¡Hoy mejor que ayer, mañana mejor que hoy!” es la base de la milenaria filosofía Kaizen, y su significado es que siempre es posible hacer mejor las cosas. En la cultura japonesa está implantado el concepto de que ningún día debe pasar sin una cierta mejora.

Durante los años 50 del siglo pasado, en Japón, la ocupación de las fuerzas militares estadounidenses trajo consigo expertos en métodos estadísticos de Control de calidad de procesos que estaban familiarizados con los programas de entrenamiento denominados TWI (Training Within Industry) cuyo propósito era proveer servicios de consultoría a las industrias relacionadas con la Guerra.

Los programas TWI durante la posguerra se convirtieron en instrucción a la industria civil japonesa, en lo referente a métodos de trabajo (control estadístico de procesos). Estos conocimientos metodológicos los impartieron W. Edwards Deming y Joseph M. Juran; y fueron muy fácilmente asimilados por los japoneses. Es así como se encontraron la inteligencia emocional de los orientales (la milenaria filosofía de superación), y la inteligencia racional de los occidentales y dieron lugar a lo que ahora se conoce como la estrategia de mejora de la calidad Kaizen. La aplicación de esta estrategia a su industria llevó al país a estar entre las principales economías del mundo.

Este concepto filosófico, elemento del acervo cultural del Japón, se lo lleva a la práctica y no sólo tiene por objeto que tanto la compañía como las personas

que trabajan en ella se encuentren bien hoy, sino que la empresa es impulsada con herramientas organizativas para buscar siempre mejores resultados”*

*Partiendo del principio de que el tiempo es el mejor indicador aislado de competitividad, actúa en grado óptimo al reconocer y eliminar desperdicios en la empresa, sea en procesos productivos ya existentes o en fase de proyecto, de productos nuevos, del mantenimiento de máquinas o incluso de procedimientos administrativos.

Su metodología trae consigo resultados concretos, tanto cualitativos como cuantitativos, en un lapso relativamente corto y a un bajo costo (por lo tanto, aumenta el beneficio) apoyado en la sinergia que genera el trabajo en equipo de la estructura formada para alcanzar las metas establecidas por la dirección de la compañía.

Fue Kaoru Ishikawa el que retomo este concepto para definir como la mejora continua o Kaizen, se puede aplicar a los procesos, siempre y cuando se conozcan todas las variables del proceso.”⁵

⁵ <http://es.wikipedia.org/wiki/Kaizen>

3.5 Ventajas y beneficios del Kaizen

El Kaizen es un sistema de mejora continua e integral que comprende todos los elementos, componentes, procesos, actividades, productos e individuos de una organización. No importa a que actividad se dedique la organización, si es privada o pública, y si persigue o no beneficios económicos, siempre debe mejorar su performance a los efectos de hacer un mejor y más eficiente uso de los escasos recursos, logrando de tal forma satisfacer la mayor cantidad de objetivos posibles. Mucho más es necesaria la mejora continua cuando se trata de actividades plenamente competitivas, se trate de lo económico, en lo deportivo, o en cualquier otro orden.

La mejora continua es no sólo necesaria, sino además una obligación permanente del ser humano para consigo mismo y la sociedad. La mejora continua hace a la cultura, ética y disciplina de toda sociedad que piense avanzar y participar en los avances y adelantos de la humanidad.

El kaizen ideado por consultores y empresas japonesas se ha diseminado en empresas de otras naciones vía círculos de calidad, sistemas de producción just-in-time, mantenimiento productivo total, tablas de costes, sistema de sugerencias, y métodos rápidos de preparación de máquinas-herramientas; logrando sorprendentes e importantes resultados.

De lo que se trata es de adecuar las diferentes herramientas, instrumentos y métodos que hacen al kaizen, a las características de cada empresa y cultura. Es en éste particular aspecto donde el Desarrollo Organización cobra como técnica y disciplina un incuestionable y gran valor, permitiendo evaluar las características socio-culturales propias de cada empresa, ajustando los diversos sistemas productivos a las características de las mismas, como así también facilitando el reacomodamiento y cambio psico-social por parte de los integrantes de la organización.

A la hora de inventariar las ventajas y beneficios en la implementación y puesta en práctica del sistema kaizen cabe apuntar las siguientes:

- Reducción de inventarios, productos en proceso y terminados.
- Disminución en la cantidad de accidentes.
- Reducción en fallas de los equipos y herramientas.
- Reducción en los tiempos de preparación de maquinarias.
- Aumento en los niveles de satisfacción de los clientes y consumidores.
- Incremento en los niveles de rotación de inventarios.
- Importante caída en los niveles de fallas y errores.
- Mejoramiento en la autoestima y motivación del personal.
- Altos incrementos en materia de productividad.
- Importante reducción en los costes.
- Mejoramiento en los diseños y funcionamiento de los productos y servicios.
- Aumento en los beneficios y rentabilidad.
- Menores niveles de desperdicios y despilfarros. Con su efecto tanto en los costes, Como así también en los niveles de polución ambiental, entre otros.
- Notables reducciones en los ciclos de diseño y operativos.
- Importantes caídas en los tiempos de respuestas.
- Mejoramiento en los flujos de efectivo.
- Menor rotación de clientes y empleados.
- Mayor y mejor equilibrio económico-financiero. Lo cual trae como consecuencia una mayor solidez económica.
- Ventaja estratégica en relación a los competidores, al sumar de forma continua mejoras en los procesos, productos y servicios. Mediante la mejora de costos, calidad, diseño, tiempos de respuesta y servicios a los consumidores.

- Mejora en la actitud y aptitud de directivos y personal para la implementación continua de cambios.
- Acumulación de conocimientos y experiencias aplicables a los procesos organizacionales.
- Capacidad para competir en los mercados globalizados.

- Derribar las barreras o muros interiores, permitiendo con ello un potente y auténtico trabajo en equipo.
- Capacidad para acomodarse de manera continua a los bruscos cambios en el mercado (generadas por razones sociales, culturales, económicas y políticas, entre otras).

Estas son razones suficientes para pensar seriamente en aplicar el kaizen en las organizaciones. No hacerlo privará a sus propietarios, directivos, personal, clientes y a la sociedad en su conjunto, de las ventajas de generar auténticos y sólidos puestos de trabajo que permitan generar productos con valor agregado, calidad de vida laboral, altos rendimientos sobre la inversión, más y mejores productos y servicios, y menores niveles de desperdicios.

La mejora continua es lo que permite al mundo gozar cada día de mejores productos, mejores comunicaciones, mejores medicamentos, entre muchísimas otras cosas. Hay empresas, sociedades, gobiernos y países que aceptan el reto, y otras que sólo se limitan a ver como otros mejoran. La mejora continua es compromiso con el conocimiento, la calidad y la productividad. Requiere de ética y disciplina, como de planes estratégicos que permitan lograr mejoras graduales, continuas e integrales. En una era del conocimiento como lo es ésta Tercer Ola pasarán a ocupar los primeros lugares aquellos individuos, organizaciones, y sociedades que hagan del conocimiento y perfeccionamiento sistemático su objetivo prioritario.”⁶

⁶ <http://www.tuobra.unam.mx/publicadas/040816180352.html>

3.6 Mejoras Enfocadas (Kobetsu Kaizen)

“Las mejoras enfocada son actividades que se desarrollan individualmente o con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto maximizar la efectividad global de equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado individualmente o en equipos interfuncionales, empleando metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en las plantas industriales.

Se trata de desarrollar el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos de Control Total de Calidad aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento. Si una organización cuenta con actividades de mejora similares, simplemente podrá incorporar dentro de su proceso Kaizen o de mejora, nuevas herramientas desarrolladas en el entorno TPM. No deberá modificar su actual proceso de mejora que aplica actualmente.

Las técnicas TPM ayudan a eliminar dramáticamente las averías de los equipos. El procedimiento seguido para realizar acciones de mejoras enfocadas sigue los pasos del conocido ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

El desarrollo de las actividades Kobetsu Kaizen se realizan a través de los pasos mostrados en la siguiente Figura:

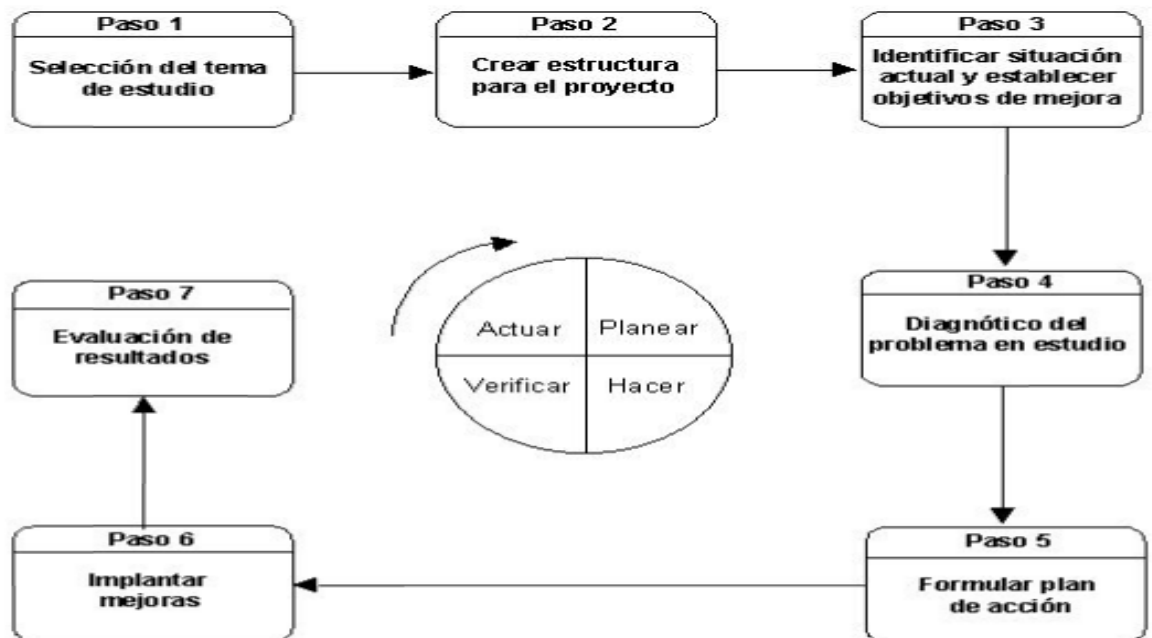


Fig. 3 Flujo ciclo PHVA

Paso 1. Selección del tema de estudio.

El tema de estudio puede seleccionarse empleando diferentes criterios:

Objetivos superiores de la dirección industrial.

Problemas de calidad y entregas al cliente.

Criterios organizativos.

Posibilidades de replicación en otras áreas de la planta.

Relación con otros procesos de mejora continua

Mejoras significativas para construir capacidades competitivas desde la planta.

Factores innovadores y otros.

Paso 2. Crear la estructura para el proyecto

La estructura frecuentemente utilizada es la del equipo interfuncional. En esta clase de equipos intervienen trabajadores de las diferentes áreas involucradas en el proceso productivo como supervisores, operadores, personal técnico de mantenimiento, compras o almacenes, proyectos, ingeniería de proceso y control de calidad. Es necesario recordar que uno de los grandes Propósitos del TPM es la creación de fuertes estructuras interfuncionales participativas.

Consideramos que un alto factor en el éxito de los proyectos de Mejora Enfocada radica en una adecuada gestión del trabajo de los equipos; esto es, un buen plan de trabajo, seguimiento y control del avance, como también, la comunicación y respaldo motivacional por parte de la dirección superior.

En las empresas japonesas es frecuente encontrar un tablero de control visual donde se registran los diferentes equipos, su avance y estado actual. Esta clase de tableros visuales producen un efecto motivacional, especialmente cuando algunos de los equipos se encuentran avanzados en su trabajo o de presión cuando se encuentran detenidos durante un largo período de tiempo sin actuar.

Paso 3. Identificar la situación actual y formular objetivos

En este paso es necesario un análisis del problema en forma general y se identifican las pérdidas principales asociadas con el problema seleccionado. En esta fase se debe recoger o procesar la información sobre averías, fallos, reparaciones y otras estadísticas sobre las pérdidas por problemas de calidad, energía, análisis de capacidad de proceso y de los tiempos de operación para identificar los cuellos de botella, paradas, etc. Esta información se debe presentar en forma gráfica y estratificada para facilitar su interpretación y el diagnóstico del problema.

Una vez establecidos los temas de estudio es necesario formular objetivos que orienten el esfuerzo de mejora. Los objetivos deben contener los valores numéricos que se pretenden alcanzar con la realización del proyecto. En una cierta compañía líder en productos comestibles se establecieron objetivos generales relacionados con el aumento de la Efectividad Global de Planta en 8 % en un año. Sus objetivos específicos estaban relacionados con el aumento del Tiempo Medio entre Fallos en 15 % y una reducción de 50 % del coste de mantenimiento en la sección de empaque para el primer año.

Paso 4: Diagnóstico del problema

Antes de utilizar técnicas analíticas para estudiar y solucionar el problema, se deben establecer y mantener las condiciones básicas que aseguren el funcionamiento apropiado del equipo. Estas condiciones básicas incluyen: limpieza, lubricación, chequeos de rutina, apriete de tuercas, etc. También es importante la eliminación completa de todas aquellas deficiencias y las causas del deterioro acelerado debido a fugas, escapes, contaminación, polvo, etc. Esto implica realizar actividades de mantenimiento autónomo en las áreas seleccionadas como piloto para la realización de las mejoras enfocadas.

Las técnicas analíticas utilizadas con mayor frecuencia en el estudio de los problemas del equipamiento provienen del campo de la calidad. Debido a su facilidad y simplicidad tienen la posibilidad de ser utilizadas por la mayoría de los trabajadores de una planta. Sin embargo, existen otras técnicas de desarrollo en TPM que permiten llegar a eliminar en forma radical los factores causales de las averías de los equipos. Las técnicas más empleadas por los equipos de estudio son:

- Método Why & Why conocida Como técnica de conocer porqué.
- Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFES)
- Análisis de causa primaria
- Método PM o de función de los principios físicos de la avería

- Técnicas de Ingeniería del Valor
- Análisis de datos
- Técnicas tradicionales de Mejora de la Calidad: siete herramientas
- Análisis de flujo y otras técnicas utilizadas en los sistemas de producción Justo a Tiempo como el SMED o cambio rápido de herramientas.

Es necesario atender las recomendaciones de los expertos del Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) Shirose, Kimura y Kaneda sobre las limitaciones de los métodos tradicionales de calidad para abordar problemas de averías de equipos. Estos expertos manifiestan que esta clase de técnicas permiten eliminar en buena parte las causas, pero para llegar a un nivel de cero averías es necesario emplear preferiblemente la técnica PM.

Paso 5: Formular plan de acción

Una vez se han investigado y analizado las diferentes causas del problema, se establece un plan de acción para la eliminación de las causas críticas. Este plan debe incluir alternativas para las posibles acciones. A partir de estas propuestas se establecen las actividades y tareas específicas necesarias para lograr los objetivos formulados. Este plan debe incorporar acciones tanto para el personal especialista o miembros de soporte como ingeniería, proyectos, mantenimiento, etc., como también acciones que deben ser realizadas por los operadores del equipo y personal de apoyo rutinario de producción como maquinistas, empacadores, auxiliares, etc.

Paso 6: Implantar mejoras

Una vez planificadas las acciones con detalle se procede a implantarlas. Es importante durante la implantación de las acciones contar con la participación de todas las personas involucradas en el proyecto incluyendo el personal operador. Las mejoras no deben ser impuestas ya que si se imponen por orden superior no contarán con un respaldo total del personal operativo involucrado. Cuando se pretenda mejorar los métodos de trabajo, se debe consultar y tener

en cuenta las opiniones del personal que directa o indirectamente intervienen en el proceso.

Paso 7: Evaluar los resultados

Es muy importante que los resultados obtenidos en una mejora sean publicados en una cartelera o paneles, en toda la empresa lo cual ayudará a asegurar que cada área se beneficie de la experiencia de los grupos de mejora. El comité u oficina encargada de coordinar el TPM debe llevar un gráfico o cuadro en la cual se controlen todos los proyectos, y garantizar que todos los beneficios y mejoras se mantengan en el tiempo.”⁷

3.7 PILAR MANTENIMIENTO DE CALIDAD (HINSHITSU HOZEN)

“Su nombre Mantenimiento de Calidad es conocido en Japón con el nombre Hinshitsu Hozen. La palabra Hinshitsu Kanri es muy conocida en la industria japonesa ya que significa "Control de Calidad.

Definición

Es una estrategia de mantenimiento que tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el "cero defectos" es factible. Las acciones del MC buscan verificar y medir las condiciones "cero defectos" regularmente, con el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad.

Mantenimiento de Calidad no es...

Aplicar técnicas de control de calidad a las tareas de mantenimiento

Aplicar un sistema ISO a la función de mantenimiento

Utilizar técnicas de control estadístico de calidad al mantenimiento

Aplicar acciones de mejora continua a la función de mantenimiento

⁷ <http://www.ceroaverias.com/centroTPM/mejorasenfocadas.htm>

Mantenimiento de Calidad es...

Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad

Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para "cero defectos" y que estas se encuentran dentro de los estándares técnicos.

Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de anormalidad potencial.

Realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final, realizar el control de estos elementos de la máquina e intervenir estos elementos.

Mantenimiento de Calidad y Control de Calidad en el Proceso...no es lo mismo.

Lo importante no es mantener en funcionamiento el equipo (se supone que es altamente fiable gracias a otros pilares TPM). Se trata de mantener los más altos estándares de calidad del producto controlando las condiciones de los elementos y sistemas de la maquinaria. El control de calidad en proceso se concentra en este, mientras que el MC se concentra en las condiciones de la maquinaria.

3.7.1 Principios Del Mantenimiento De Calidad

Los principios en que se fundamenta el Mantenimiento de Calidad son:

Clasificación de los defectos e identificación de las circunstancias en que se presentan, frecuencia y efectos.

Realizar un análisis PM (Mantenimiento Preventivo) para identificar los factores del equipo que generan los defectos de calidad.

Establecer valores estándar para las características de los factores del equipo y valorar los resultados a través de un proceso de medición.

Establecer un sistema de inspección periódico de las características críticas.

Preparar matrices de mantenimiento y valorar periódicamente los estándares.

Herramientas de análisis en el Mantenimiento de Calidad

Los principales instrumentos utilizados en el MC son:

Matriz QA o Mantenimiento de Calidad

Análisis Modal de Fallos y Efectos

Método PM

Tecnologías para medir las condiciones de los parámetros del equipo

Técnicas de Mejoras Enfocadas (Kobetsu Kaizen)

Diagramas de flujo de proceso

Diagramas matriciales

Lecciones de un punto (LUP).

Técnicas de análisis de capacidad de proceso

Tecnologías utilizadas en el Mantenimiento de Calidad para las mediciones

Instrumentos de medida

Galgas

Indicadores de interferencia laser

Máquinas de medición por láser

Visio gramas

Medidores de tensión

Vibro tensores

Osciloscopios
Medidores de potencia (Vatímetro)
Termómetros
Rayos X
Medidores de ángulos
Contadores de partículas
Medidores de sonido y FFT (Fast Fourier Transform)
Etapas del Pilar Mantenimiento de Calidad

El JIPM ha establecido nueve etapas para el desarrollo del Mantenimiento de Calidad. Estas se deben auditar y siguen las estrategias de prueba piloto, equipo modelo y transferencia del conocimiento utilizados en otros pilares TPM.

Etapa 1. Identificación de la situación actual del equipo

Etapa 2. Investigación de la forma como se generan los defectos

Etapa 3. Identificación y análisis de las condiciones 3M (Materiales, Máquina y Mano de obra)

Etapa 4. Estudiar las acciones correctivas para eliminar "Fuguis"

Etapa 5. Analizar las condiciones del equipo para productos sin defectos y comparar los resultados.

Etapa 6. Realizar acciones Kobetsu Kaizen o de mejora de las condiciones 3M

Etapa 7. Definir las condiciones y estándares de las 3M

Etapa 8. Reforzar el método de inspección

Etapa 9. Valorar los estándares utilizados”⁸

⁸ <http://www.ceroaverias.com/centroTPM/mantenimientocalidad.htm>

3.8 CASOS DE ÉXITO DE LA EN EMPRESAS DE PETRÓLEO.



Fig. 4 Logo YPFB CHACO S.A.

“La Empresa Petrolera Chaco S.A. se constituyó, en el marco de la Ley de Capitalización de empresas públicas N° 1.544 de fecha 21 de Marzo de 1994, mediante la cual Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB) como sector público, y sus trabajadores como sector privado, conformaron una sociedad de economía mixta denominada “Empresa Petrolera Chaco Sociedad de Economía Mixta” (Chaco S.A.M.).

El 10 de abril de 1997 la compañía se convirtió en Empresa Petrolera Chaco S.A., tras licitación internacional y adjudicación del 50 % de la empresa en favor de la Sociedad Amoco Netherlands Petroleum Company, que posteriormente transfirió sus acciones a Amoco Bolivia Oil and Gas AB. Por su parte, los fondos de pensiones bolivianos AFP Previsión BBV S.A. y AFP Futuro de Bolivia S.A. se hicieron cargo de la administración del 49% de las acciones, en representación del pueblo boliviano, y un total de 4.040 antiguos y actuales trabajadores de YPFB completaron el grupo propietario con el 1% del capital accionario. Posteriormente, ese 49% de las acciones paso a poder de YPFB en mérito del decreto de nacionalización de los hidrocarburos de mayo de 2006.

En la actualidad, y de acuerdo a Decreto Supremo N° 29888 emitido el 23 de enero de 2009 se dispuso la nacionalización de la totalidad del paquete accionario de Empresa Petrolera Chaco S.A. en cumplimiento de los D.S. 28701 de 1 de mayo de 2006 y D.S. 29541 de 1 de mayo de 2008.

Las operaciones de Chaco involucran 19 campos, de los cuales 12 campos están en operación, el resto de los mismos se encuentran en reserva y/o en etapa de retención.

Los 12 campos de operación están ubicados en 4 departamentos del país, de la siguiente manera:

Cochabamba: Bulo Bulo, Carrasco, Carrasco FW, Kanata y Kanata Norte.

Santa Cruz: Humberto Suarez Roca, Los Cusis, Montecristo, Patujusal y Patujusal Oeste.

Chuquisaca: Vuelta Grande.

Tarija: San Roque.

El Sistema de Gestión Autónoma o “Total Productive Maintenance” (TPM) es una herramienta de gestión adoptada y puesta en práctica por la compañía desde 1998 con excelentes resultados.

El TPM visualiza la eficiencia de manera integral y tiene como objetivo mejorar la eficiencia productiva con la intervención de los empleados en la detección oportuna de fallas en el funcionamiento de equipos, y la posibilidad de solucionar los problemas detectados de manera directa e inmediata, cuando sea posible, o que sea derivada oportunamente al especialista cuando la acción requiera de un conocimiento más específico.

El programa convierte al propio lugar de trabajo en el “laboratorio” de entrenamiento y a los equipos en su material didáctico. La meta es prevenir las pérdidas, lograr “cero accidentes, cero defectos y cero roturas/fallas” que tienen un impacto final en una efectiva reducción de costos. El programa demanda la participación de todos, desde la alta administración hasta los operarios de primera línea y permite a los empleados la toma de acciones y decisiones oportunas en base a las lecciones aprendidas, replicables en procesos nuevos.

En el proceso los operadores adquieren capacidades que les permiten ser cada vez más independientes en base al conocimiento a fondo del equipo que usan,

incluyendo aspectos de mantenimiento que se convierten en responsabilidad de cada operador, haciéndolo mucho más proactivo en la solución de los problemas. El objetivo es llegar a convertir a los trabajadores en operadores multifuncionales, de manera que puedan intercambiar puestos o realizar suplencias con la misma solvencia en el trabajo.

Los frutos de este sistema se reflejan en los indicadores de gestión, en los cuales se aprecia un verdadero salto (cualitativo y cuantitativo), y en los indicadores que miden los niveles de satisfacción de los empleados. Chaco es actualmente una de las empresas más avanzadas en este tipo de capacitación constante de su fuerza de trabajo.

En la gestión 2005 Chaco S.A. cosechó los frutos del proceso de adiestramiento de los Grupos Autónomos y Grupos de Mejora para mejorar la productividad de la empresa. Por primera vez desde la implantación del Sistema de Gestión Autónoma (TPM) Chaco organizó una exposición con todas las propuestas de mejora de los grupos autónomos de todas sus plantas productivas, que tuvo un verdadero impacto al interior de la empresa. Muchas de esas propuestas se tradujeron en incrementos de producción y en significativas reducciones de costos operativos.”⁹



Fig. 5 Pilares de TPM

⁹ http://www.ypfchaco.com.bo/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=13&Itemid=27

4 MODELO DE MEJORA ENFOCADA

4.1 EL CICLO DE MEJORA CONTINUA

“El mundo empresarial se encuentra repleto de problemas que necesitan ser resueltos. Las empresas que sobreviven a los cambios continuos del entorno son precisamente aquellas que fueron capaces de resolverlos exitosamente. Sin embargo muy pocas han desarrollado las habilidades necesarias para encontrar la causa raíz de sus problemas. Esto trae como consecuencia que periódicamente “dolores” similares vuelven a aparecer y aunque los “síntomas” parecen diferentes, la “enfermedad” organizacional es la misma.

¿Qué ocurrió? Pasó que la última vez que apareció el dolor se lo tapó con un analgésico de acción rápida, en lugar de intentar descubrir qué lo estaba produciendo.

Si como empresa busca crear soluciones de largo alcance y generar aprendizaje organizacional, entonces lo que necesita es aplicar metodologías de análisis de problemas que aseguren un proceso de mejora continua con el la inmunología necesaria para que no vuelva a sufrir de lo mismo.

Hace alrededor de 50 años el padre de la gestión moderna de la calidad, Edward Deming propuso un ciclo de mejora continua que se basaba en la aplicación de cuatro pasos:

Planificar (Plan)

Hacer (Do)

Verificar (Check)

Actuar (Act)

El Mantenimiento Productivo Total (TPM), entendido como sistema de gestión integral, utiliza desde hace muchos años una versión modificada del Ciclo de

Deming para aplicarla a su objetivo de mejora continua y eliminación de pérdidas.

Básicamente consiste en aplicar los mismos conceptos pero iniciando el ciclo de manera desfasada. En lugar de empezar por la Planificación empezamos por la Verificación. Esto supone que no estamos diseñando “desde cero” sino que buscamos mejorar, corregir u optimizar un proceso que ya está en marcha. El Ciclo se denomina comúnmente CAPDo y consiste en aplicar la siguiente secuencia de trabajo:

Verificar (Check)

Analizar (Act)

Planificar (Plan)

Hacer (Do)

4.1.1 Verificar o “Chequear”

Consiste en relevar los datos relativos al problema. Se trata de conocer adecuadamente el estado actual para tener una idea clara del desvío o “gap” con relación a la condición ideal o planificada. No se trata de sacar conclusiones apresuradas sino de relevar los datos asociados al problema. ¿Qué vemos?, ¿Qué aparece?, ¿Qué síntomas son visibles?

Se procede a identificar el fenómeno más importante, a través de técnicas como la de las 5W2H

4.1.2 Analizar

El núcleo de este paso consiste en analizar el fenómeno para encontrar la causa raíz. Una vez que disponemos la mayor cantidad de datos posibles procedemos a su análisis. Por eso el objetivo es ahora entender las razones del desvío: Por qué ocurrió lo que ocurrió. No se trata de quedarse en el síntoma sino de averiguar cabalmente qué fue lo que lo produjo.

Para ello se utilizan las herramientas más apropiadas al tipo de problema:

5 Por Qué

Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa)

Mapa de Tiempos de Operación

Análisis PM

Matriz de la Calidad

4.1.3 Planificar

Encontrada la causa raíz, debemos planear la implantación de las soluciones con responsables y plazos. Conviene aquí definir aquellos indicadores de gestión más apropiados para visualizar la efectividad de las acciones planteadas.

4.1.4 Hacer

Finalmente llegó el momento de poner en práctica la solución. Esta vez no será una acción inmediata al estímulo que la generó, sino el resultado de una acción reflexionada por el grupo de los directamente involucrados y que apunta a solucionar definitivamente el problema.

El Ciclo CAPDo refuerza el concepto de iniciar el análisis partiendo de la realidad concreta que nos interesa mejorar (maquinaria, equipo de trabajo o la empresa misma), lo que los japoneses denominan GEMBA. Sólo desde allí es posible imaginar acciones que respondan eficazmente y sean una verdadera solución.

Para finalizar, la mejor forma de capitalizar el esfuerzo es tomarse el tiempo para hacer un aprendizaje organizacional y mostrar a través de capacitaciones y entrenamientos en el lugar de trabajo las soluciones aplicadas y las situación del “antes y después”, con el objetivo didáctico de expandir conocimiento a través de la organización.”¹⁰

¹⁰ http://www.actiongroup.com.ar/news/news10/nota_02.htm

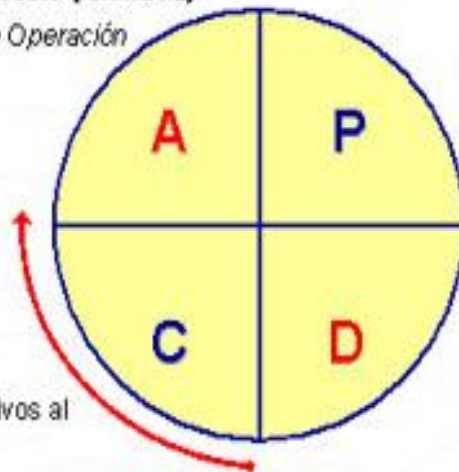
“ANALIZAR”

Analizar el fenómeno para encontrar la causa raíz. Usar las herramientas mas apropiadas al tipo de problema:

- **5 PORQUES**
- *Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa)*
- *Mapa de Tiempos de Operación*
- *Análisis PM*
- *Matriz de la Calidad*

“CHEQUEAR”

Relevar los datos relativos al problema.
Identificar el fenómeno más importante, a través del **5W2H**



“PLANEAR”

Encontrada la causa raíz, planear la implantación de las soluciones y las actividades complementarias (verificación, replicación)

“DO – HACER”

Mostrar a través de la lección de punto único **LUP's** las soluciones aplicadas y las situación del “antes y después”, con el objetivo didáctico de expandir conocimiento a través de la organización.

Fig. 6 Ciclo CAP'DO

4.2 ESTADO INICIAL (CHECK)

La evaluación del estado inicial del departamento de mantenimiento se realizara mediante la medición y tabulación de los siguientes temas en diferentes puntos de análisis.

4.2.1 “Función básica y planeación estratégica de mantenimiento.

- Características de los equipos de producción y auxiliares (bombas, calderas, compresores, etc.)
- Tipo de mantenimiento equipos y auxiliares: propio, contratado.
- Sistema de mantenimiento utilizado (software)
- Cumplimiento de las características básicas del sistema
- Definición de los módulos básicos del sistema de mantenimiento.
- Administrar registros y Datos de los equipos
- Control sobre equipos y auxiliares
- Reportes de mantenimiento generados por el sistema
- Generación de cotizaciones, requisiciones y órdenes de compra de repuestos y partes, administración de los proveedores
- Administración del inventario de repuestos y partes
- Reportes de inventarios y compras generados por el sistema
- Manejo funcional de la información.
- Beneficios y/o problemas del sistema

4.2.2 Planeación Y Programación De Mantenimiento

- Grupos de Mejoramiento
- Reportes de Trabajo
- Programación parada de equipos
- Mantenimiento periódico vs Mantenimiento correctivo (%)
- Divulgación de resultados
- Indicadores de Gestión
- Ranking de equipos (A,B,C)
- Mantenimiento basado en condiciones (confiabilidad)
- Mantenimiento basado en el tiempo (mantenimiento Preventivo)
- Porcentaje del mantenimiento actual: operativo, preventivo, correctivo, predictivo
- Registro de información de los equipos
- Registro de la ejecución del mantenimiento
- Tipos de ordenes de trabajo
- Asignación de prioridades en los trabajos
- Estimación de las horas de trabajo de mantenimiento
- Partes y repuestos necesarios para el trabajo
- Planeación trabajos mayores (reparaciones)
- Pedido de materiales
- Programación general de los trabajos
- Ejecución de los trabajos (cumplimiento de programas)
- Medidas de eficiencia del trabajo realizado vs programado
- Registro de información de los trabajos importantes.

4.2.3 Repuesto de los equipos. - manejo e inventarios

- Mantenimiento y control del inventario del almacén
- Sistema de control de Inventarios: puntos de re orden, máximos y mínimos, manejo de urgencias, control de pedidos y entregas, criterios de compra de repuestos
- Especificaciones técnicas para pedido de partes y repuestos
- Organización del almacén: Identificación (códigos), estanterías, Ubicación fácil de los repuestos.
- Precisión del Inventario (exceso o defecto)
- Valor total del almacén
- Tiempo de rotación de repuestos
- Materiales y repuestos obsoletos
- Homologación de talleres, proveedores, ferreterías.
- Criterios aplicados en la compra de repuestos y servicios técnicos

4.2.4 Lubricación de los equipos de producción y mantenimiento.

- Tipos de lubricantes utilizados: Aceites, Grasas, aceites especiales
- Métodos utilizados para aplicación de lubricación
- Estructura funcional de lubricación (métodos)
- Control y auditoria de la lubricación (Rutas)
- Control de consumos de lubricantes
- Problemas debido a la lubricación
- Selección de proveedores
- Criterios de aplicación de lubricantes
- Sistema de almacenamiento de lubricantes

4.2.5 Costos de mantenimiento.

- Presupuestación y control del presupuesto
- Costo de mano de obra: Propia (%), contratistas (%), temporales (%)
- Porcentaje de la mano de obra de mantenimiento vs total de la compañía
- Costo total de mantenimiento: mano de obra, repuestos, inversiones
- Índice costo de mantenimiento Costo total / costo mercancía producida
- Porcentaje tiempo extra de mantenimiento
- Costos por tipos de mantenimiento: preventivo, emergencias.
- Costo total por pérdidas debidas a fallas del equipo. Tecnología de Mantenimiento; aplicabilidad y efectividad

4.2.6 Tecnología de mantenimiento aplicabilidad y efectividad

- Equipos de inspección utilizados
- Herramientas y equipos para : -confiabilidad del equipo, - prevención de fallas, - monitoreo permanente
- Metrología utilizada en mantenimiento y control de mantenimiento de herramientas y equipos de medición. (calibradores, pie de rey, regla metrica).
- Especificaciones de planos de piezas.
- Tecnologías aplicadas: Termografía, análisis de aceites, vibraciones, dieléctricos en motores, rayos X.
- Herramientas metodológicas para análisis de fallas: porqué, para que, análisis FMEA, análisis PM

4.2.7 Personal de Mantenimiento y Producción

- Nivel de escolaridad de las personas
- Están definidas las habilidades de cada cargo?
- Como se determinan y evalúan las necesidades de capacitación.
- Existen grupos de mejoramiento de mantenimiento?
- Existe polifuncionalidad o flexibilización (Mecánico - Eléctrico)
- Existe un plan de carrera?
- Análisis de necesidades de capacitación y entrenamiento
- Programas específicos propios validados y documentados
- Como es el manejo del tiempo de capacitación?
- Existen instructores propios (internos)?
- La capacitación se realiza en el sitio de trabajo (Job related training)
- Plan de capacitación y entrenamiento
- Cómo se evalúa la capacitación?
- Programas de reconocimiento y plan de ideas?

4.2.8 Equipos de Producción de Planta.

- Características de los equipos de producción y auxiliares (bombas, calderas, compresores, etc.)
- Tipo de mantenimiento equipos y auxiliares: propio, contratado.
- Sistema de mantenimiento utilizado (software)
- Cumplimiento de las características básicas del sistema
- Definición de los módulos básicos del sistema de mantenimiento.
- Administrar registros y Datos de los equipos
- Control sobre equipos y auxiliares
- Reportes de mantenimiento generados por el sistema
- Generación de cotizaciones, requisiciones y órdenes de compra de repuestos y partes, administración de los proveedores
- Administración del inventario de repuestos y partes
- Reportes de inventarios y compras generados por el sistema
- Manejo funcional de la información.

- Beneficios y/o problemas del sistema”¹¹

4.2.9 TABULACION DE RESULTADOS

Una vez evaluados los temas se tabularon con los siguientes resultados:

RESULTADOS DATOS CONSOLIDADOS	CALIF.			CALIF.		
	A	M	B	A	M	B
TEMA: 1.- Función básica y Planeación Estratégica de Mantenimiento.	10	2	0	83%	17%	0%
TEMA: 2.- Planeación y Programación de Mantenimiento.	21	1	0	95%	5%	0%
TEMA: 3.- Repuesto de los equipos. - Manejo e Inventarios	10	0	0	100%	0%	0%
TEMA: 4.- Lubricación de los equipos de Producción y Mantenimiento.	8	1	0	89%	11%	0%
TEMA: 5.- Costos de Mantenimiento.	8	0	0	100%	0%	0%
TEMA: 6.- Tecnología de Mantenimiento; aplicabilidad y efectividad	5	1	0	83%	17%	0%
TEMA: 7.- Personal de Mantenimiento y Producción	12	2	0	86%	14%	0%
TEMA: 8.- Equipos de Producción de Planta.	13	0	0	100%	0%	0%
TOTAL	87	3	0			

Tabla 6 Tabla resultados datos consolidados

Comportamiento del desfase según la rutina

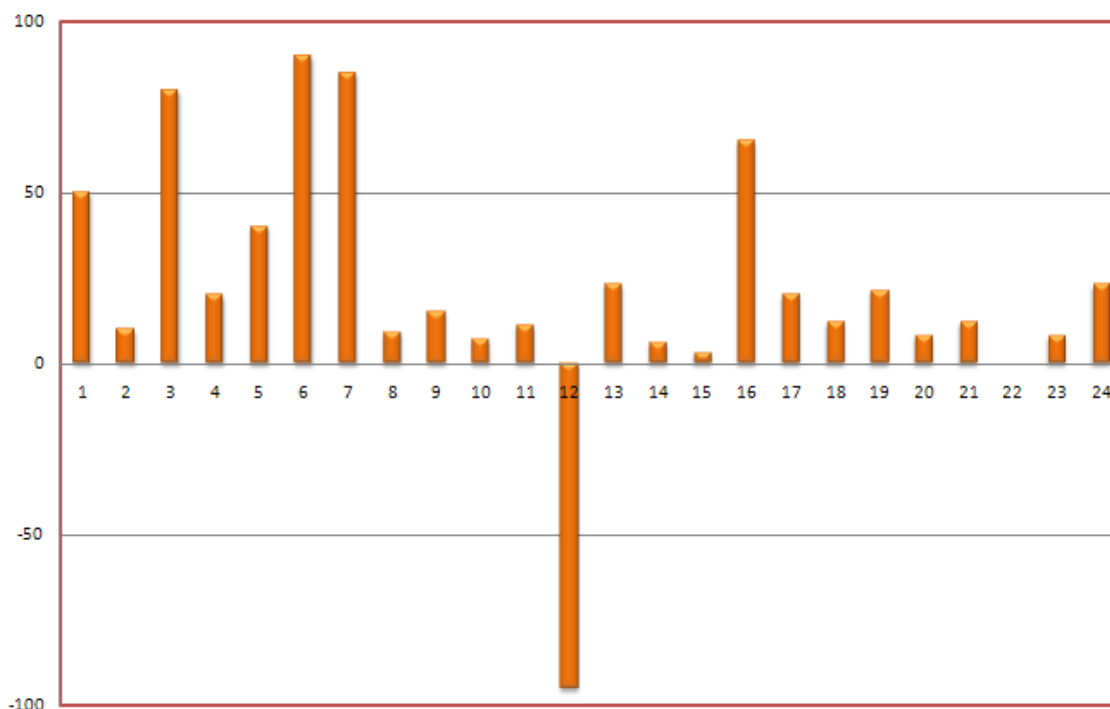


Fig. 7 Comportamiento del desfase según la rutina

¹¹ ARCINIEGAS Carlos Alberto. Mantenimiento Productivo Total. Escuela de Ingeniería Mecánica Bucaramanga 2010.

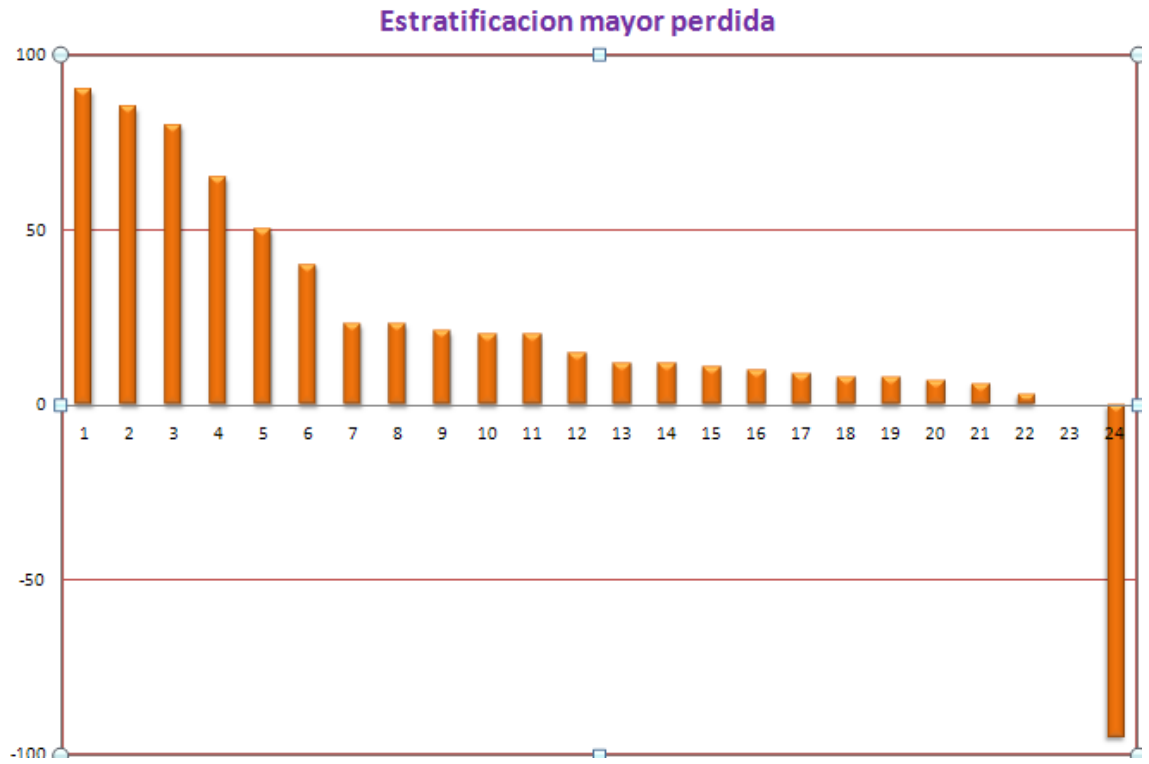


Fig. 8 Estratificación mayor perdida

4.3 ANALISIS DE RESULTADO

4.3.1 Descripción del fenómeno - 5W + 1H

5W + 1 H	
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	
¿QUÉ?	Variación entre la planeación y la ejecución de las rutinas de mantenimiento
¿CUÁNDO?	Durante la ejecución rutinas de mantenimiento de 6000, 12000 y 24000 horas
¿DÓNDE?	En el cierre de las OT el sistema de información de mantenimiento o CMMS
¿QUIÉN?	Depende de la habilidad del operador
¿CUÁL?	En las rutinas de mantenimiento de 6000, 12000 y 24000 horas
¿CÓMO?	Para las rutinas de 6000 horas en promedio 290 Horas Para las rutinas de 12000 horas en promedio 320 Horas Para las rutinas de 24000 horas en promedio 520 Horas
Descripción del Fenómeno: Variación entre la planeación y la ejecución de las rutinas de mantenimiento durante la ejecución rutinas de mantenimiento de 6000, 12000 y 24000 horas con evidencia en el cierre de las OT el sistema de información de mantenimiento o CMMS, depende de la habilidad del operador y su tendencia es en las rutinas de mantenimiento de 6000, 12000 y 24000 horas con variaciones para las rutinas de 6000 horas en promedio 290 Horas, para las rutinas de 12000 horas en promedio 320 Horas y para las rutinas de 24000 horas en promedio 520 Horas	
Meta (De ser necesario grafique) = Toleración de +/- 50 horas de desfase	

Tabla 7 Análisis 5W + 1H

Variación entre la planeación y la ejecución de las rutinas de mantenimiento durante la ejecución rutinas de mantenimiento de 6000, 12000 y 24000 horas con evidencia en el cierre de las OT el sistema de información de mantenimiento o CMMS, depende de la habilidad del operador y su tendencia es en las rutinas de mantenimiento de 6000, 12000 y 24000 horas con variaciones para las rutinas de 6000 horas en promedio 290 Horas, para las rutinas de 12000 horas en promedio 320 Horas y para las rutinas de 24000 horas en promedio 520 Horas.

4.3.2 Espina De Pescado - Diagrama 5M

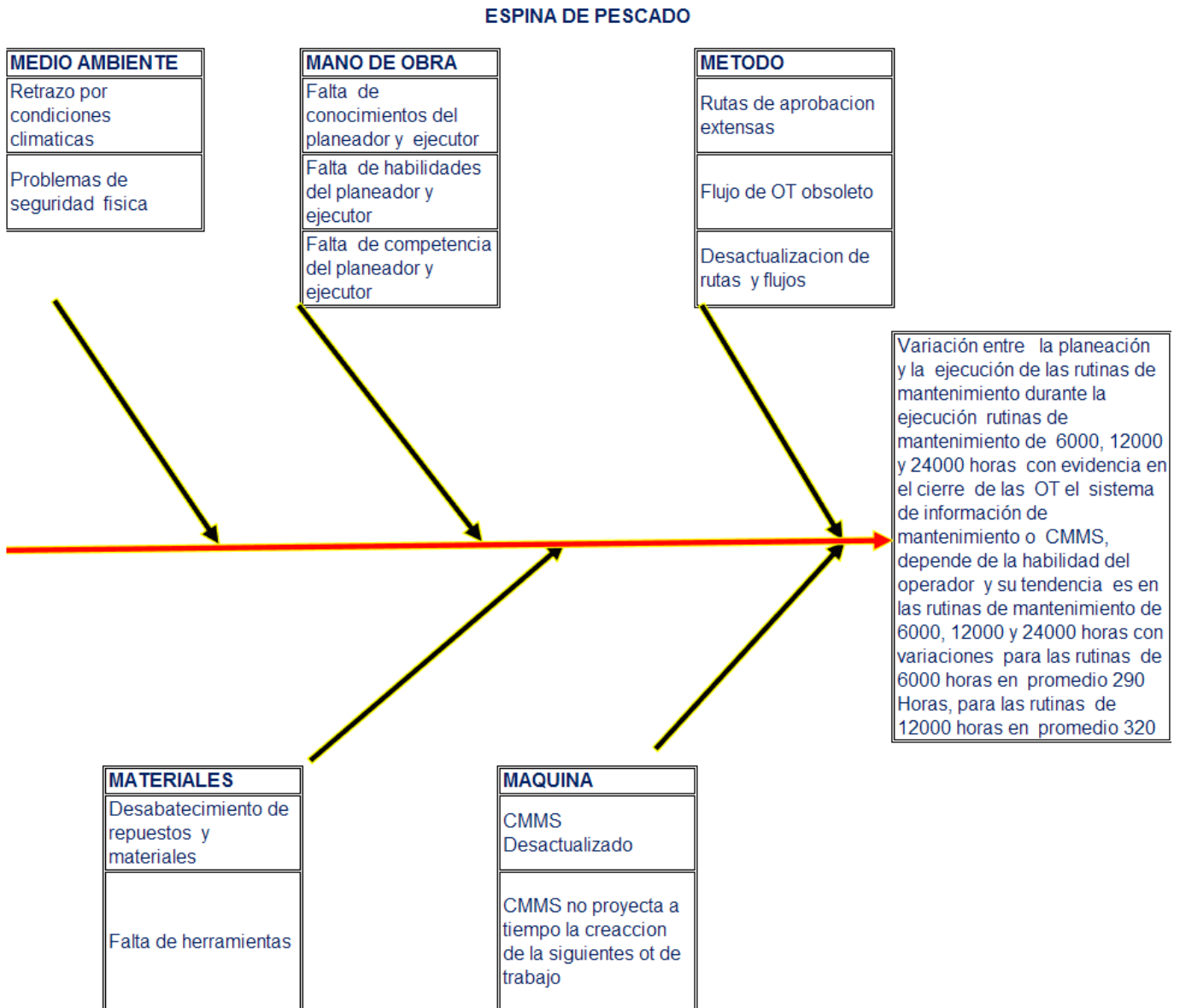


Fig. 9 Diagrama 5M

Siendo la espina de pescado una herramienta para el análisis multi – causal en la que se plasman diferentes y posibles causas al fenómeno planteado se debe atacar las causas que se consideren más asertivas con el problema. En este analizaremos Flujo de OT.

4.3.3 Causa Raíz - 5 WHY

ANÁLISIS PORQUE PORQUE										
FENÓMENO:					CAUSA A ANALIZAR:					
Variación entre la planeación y la ejecución de las rutinas de mantenimiento durante la ejecución rutinas de mantenimiento de 6000, 12000 y 24000 horas con evidencia en el cierre de las OT el sistema de información de mantenimiento o CMMS, depende de la habilidad del operador y su tendencia es en las rutinas de mantenimiento de 6000, 12000 y 24000 horas con variaciones para las rutinas de 6000 horas en promedio 290 Horas para las rutinas de 12000					Flujo de Ordenes de trabajo obsoleto CMMS no proyecta a tiempo la creación de la siguiente orden de trabajo					
1º ROUND		2º ROUND		3º ROUND		4º ROUND		5º ROUND		IDEAS DE MEJORA (Ampliar en el
Por qué permanece una orden de trabajo preventiva abierta tanto tiempo?		Por qué se aprueba una orden de trabajo varios días después a cuando se debe hacer?		Por qué el mantenimiento no ha cumplido su frecuencia?		Por qué la última orden de trabajo preventiva se creó con mucha anticipación?		Por qué el generador no ha cumplido las horas suficientes para el mantenimiento?		* Identificar las frecuencias de mantenimiento que tienen dependencia * Proyectar los mantenimientos con base en las frecuencias que tienen dependencias
A	RESPUESTA	Continúa <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	RESPUESTA	Continúa <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	Continúa <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	Continúa <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	Continúa <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	Continúa <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	Continúa <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	
	Porque es aprobada varios días después a cuando se debe hacer		Porque el mantenimiento no ha cumplido su frecuencia		Porque la última orden de trabajo preventiva se creó con mucha anticipación		Porque el generador no ha cumplido las horas suficientes para el mantenimiento		Porque la última orden de trabajo se creó con base en la orden de trabajo inmediatamente anterior	
Por qué el CMMS no proyecta a tiempo la creación de la siguiente orden de trabajo?		Por qué el mantenimiento preventivo inmediatamente anterior se efectuó con horas de operación anticipadas?		Por qué el CMMS no tuvo en cuenta que el mantenimiento inmediatamente anterior se efectuó con horas de operación con anticipación?		Por qué la última orden de trabajo se creó con base en la orden de trabajo inmediatamente anterior		Por qué el CMMS no tiene en cuenta la dependencia de frecuencias de mantenimiento?		* Identificar las frecuencias de mantenimiento que tienen dependencia * Proyectar los mantenimientos con base en las frecuencias que tienen dependencias
B	RESPUESTA	Continúa <input checked="" type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	RESPUESTA	Continúa <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	Continúa <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	Continúa <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	Continúa <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	Continúa <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	Continúa <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	
	Porque el mantenimiento preventivo inmediatamente anterior se efectuó con horas de operación anticipadas		Porque el mantenimiento se debió realizar tempranamente por razones operacionales		Porque la última orden de trabajo se creó con base en la orden de trabajo inmediatamente anterior		Porque el CMMS no tiene en cuenta la dependencia de frecuencias de mantenimiento		Porque la programación y configuración del CMMS solo tiene en cuenta la ejecución de la última orden de trabajo	

Tabla 8 Análisis 5W + 1H

Una vez realizado el 5 Why se determinaron las siguientes causas raíz del desfase de las OT trabajo:

- La última orden de trabajo se crea con base en la orden de trabajo inmediatamente anterior.
- Porque la programación y configuración del CMMS solo tiene en cuenta la ejecución de la última orden de trabajo

4.3.4 Plan de acción

PLAN DE ACCION					
ACTIVIDAD	RESP.	FECHA	SEGUIMIENTO		
			FECHA	AVANCES	ESTADO
1 Realizar una personalizacion o modificacion en el módulo de ordenes de trabajo en la aplicación MAXIMO, de tal manera que en el momento de pasarse una orden de trabajo al estado INPRG, o trabajo en progreso, dentro de la orden de trabajo en un campo especifico se capture el estado del horometro de la unidad de generacion correspondiente y quede almacenada y gravada dicha lectura.	Planeacion de Mantenimiento	Pandiente Progamacion	Pandiente Progamacion		
2 Actualizar la rutina de mantenimiento con esta misma lectura del horometro cuando se inicia el mantenimiento, asi la misma rutina refleja el horometro exacto cuando se inicio el mantenimiento anterior.	Planeacion de Mantenimiento	Pandiente Progamacion	Pandiente Progamacion		
3 Crear una tabla dentro de la base de datos del CMMS, que contenga la secuencia de mantenimientos que deben ser ejecutados de acuerdo a recomendaciones del manufacturero	Planeacion de Mantenimiento	Pandiente Progamacion	Pandiente Progamacion		

Se plantean las acciones a seguir como alternativas para atacar la causa raíz de planteada. Dentro de la etapa de seguimiento se debe realizar la medición y cuantificación de las acciones propuestas una vez la compañía lo estime conveniente para cuantificar la disminución de la perdida.

CONCLUSIONES

- El hacer un panorama de la situación actual del proceso se expone la magnitud de la problemática que está afectando la operación del mantenimiento.
- Con la aplicación de la metodología de la mejora enfocada se depura de manera muy clara la problemática.
- Las herramientas de análisis de causas raíz y de descripción de fenómenos ayudan a entender de manera objetiva el problema.
- Desde el plan acción se plantearon acciones que solo tendrán su validación una vez se haga el piloto de las acciones y el seguimiento
- La cuantificación de la disminución de las pérdidas en el proceso depende de la puesta en funcionamiento del piloto.
- La metodología es aplicable a los diferentes tipos de procesos sin importar la industria.

BIBLIOGRAFÍA

ARCINIEGAS Carlos Alberto. Mantenimiento Productivo Total. Escuela de Ingeniería Mecánica Bucaramanga 2010.

GONZALEZ Isnardo. Seminario I La investigación Científica. Escuela de Ingeniería Mecánica Bucaramanga 2010.

GONZALEZ Isnardo. Seminario II Monografía de la especialización. Escuela de Ingeniería Mecánica Bucaramanga 2010.

MORA Gutiérrez Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. COLDI LTDA. Colombia 2009

MORA Gutiérrez Alberto. Mantenimiento Estratégico para empresas industriales o de servicios. AMG. Colombia 2008.

IMC International. Curso de Formación de Facilitadores TPM2. IMC International. Sao Paulo, Brasil.

VILLANUEVA Eduardo. Curso Mantenimiento Planeado TPM2. IMC International. Sao Paulo, Brasil. 2007

ANEXOS

EMPRESA: OXYCOL
FECHA Junio de 2010
HORA
RESPONSABLE: Carlos Perez / Hernan Rincon
AREA: Planeacion de Mantenimiento

Alto - Se Aplica - Se Registra - Se Mejora	MEDIO - Documento aprobado - Divulgado - No se aplica
BAJO - No se realiza - Se hace pero no esta documentado - Hay un borrador	

TEMA: 1.- Función básica y Planeación Estratégica de Mantenimiento.

	PUNTOS DE ANALISIS	CALIF.			CRITERIOS	OBSERVACIONES
		A	M	B		
1	Estructura Organizacional	1			Existe la estructura? Todo el personal la conoce? Existe registro de la estructura?	
2	Objetivos Gerenciales	1			Son claros los objetivos gerenciales del mantenimiento? Son tenidos en cuenta los objetivos gerenciales dentro de la planeación estratégica? Existe registro de los objetivos gerenciales? Son revisados periódicamente?	
3	Recursos Administrados por Mantenimiento. Financieros, Humanos, Fisicos (planta y equipo)	1			Son claros cuales son los recursos que son administrados por mantenimiento en mano de obra, energía, máquinas y materiales? Existen registros?	
4	Resultados Estratégicos esperados de la Compañía hacia Mantenimiento	1			Se tienen en cuenta los resultados estratégicos esperados por la Cia en la elaboración de la planeación estratégica de Mantenimiento?	
5	Objetivos y Funciones del departamento de Mantenimiento	1			Los objetivos y funciones están definidas? Existe registro por escrito de dichos objetivos y funciones? El personal es conocedor de los objetivos y funciones del departamento?	
6	Roles de las personas de Mantenimiento	1			Los roles del personal están claramente definidos? Cada persona conoce sus funciones? Existe registro de nombres de cargos y sus funciones? Son revisados las funciones del personal de acuerdo con las necesidades del cargo?	
7	Funcionamiento Organizacional del departamento de mantenimiento (trabajo en equipo)	1			Existe claridad en las relaciones entre los diferentes cargos y su forma de interactuar? El personal conoce y aplica el modo establecido de funcionamiento del Mantenimiento? Hay registro por escrito de este punto?	

8	Número total de personal por cargos y especialidades	1	El Mantenimiento tiene claro sus requisitos de personal en conformidad con el cumplimiento de sus objetivos? Se revisan periódicamente el número de personas de acuerdo con la evolución natural del negocio e indicadores de eficiencia? Hay registro por escrito?	
9	Presupuesto de funcionamiento / inversiones	1	Existen estimados mensuales de los recursos a ser utilizados por Mantenimiento? Se tienen registros cronológicos de los gastos reales de recursos por parte de Mantenimiento? Se confrontan Gastos Reales vs Estimados? Se hace presupuestación base cero?	
10	Metas y Reportes de Gestión Establecidos	1	Existen indicadores para medir la Gestión del mantenimiento? Dichos indicadores están vinculados con los objetivos planteados? Se lleva registro cronológico de los indicadores? Se analizan periódicamente tendencias y cumplimiento de metas? Los análisis son tenidos en cuenta dentro de la planeación estratégica del mantenimiento?	
11	Indicadores Internacionales de referencia	1	Son conocidos los indicadores internacionales de referencia del Mantenimiento en el mismo tipo de industria? Existe registro de dichos indicadores? Son actualizados? Son comparados con los presentados localmente? Existe registro de la comparación?	La empresa se encuentra en un plan de Globalización y se están implementando
12	Plan estratégico de mantenimiento (1-3 años)	1	Se elabora periódicamente un plan estratégico? Queda registro por escrito del Plan? Se revisa el cumplimiento del plan? Está establecido el potencial de mejoramiento mediante la matriz de pérdida?	
TOTAL		10	2	0

EMPRESA: OXYCOL
FECHA Junio de 2010
HORA
RESPONSABLE: Carlos Perez / Hernan Rincon
AREA: Planeacion de Mantenimiento

Alto - Se Aplica - Se Registra - Se Mejora	MEDIO - Documento aprobado - Divulgado - No se aplica
BAJO - No se realiza - Se hace pero no esta documentado - Hay un borrador	

TEMA: 2.- Planeación y Programación de Mantenimiento.

PUNTOS DE ANALISIS	CALIF.			CRITERIOS	OBSERVACIONES
	A	M	B		
1 Grupos de Mejoramiento		1		Mantenimiento cuenta con los espacios para incentivar la creación de grupos de mejoramiento? Existen actualmente grupos de mejoramiento? Existe constancia por escrito de la existencia de los grupos y sus integrantes?	
2 Reportes de Trabajo		1		Existe la estructura para el trámite de reportes de trabajo? El personal sigue la estructura establecida? Se lleva registro histórico de los reportes de trabajo?	
3 Programación parada de equipos		1		Están establecidos los procedimientos para la programación de paradas de equipos? El personal conoce adecuadamente los procedimientos? Están definidos los documentos involucrados en la programación de parada de equipos? Existe registro histórico de la parada de equipos?	
4 Mantenimiento periódico vs Mantenimiento correctivo (%)		1		Se llevan estadísticas del porcentaje de mantenimiento periódico vs Mantenimiento correctivo? Se han extractado tendencias del comportamiento del negocio en este aspecto?	
5 Divulgación de resultados		1		Se divulga periódicamente el comportamiento de los indicadores de gestión del negocio? La divulgación es tanto interna (para el personal de mantenimiento) como externa (para el negocio)?	

6	Indicadores de Gestión	1	Existen indicadores de gestión para medir el desempeño del mantenimiento? Existe registro escrito de los indicadores y su definición?
7	Ranking de equipos (A,B,C)	1	Se ha elaborado previamente el ranking de equipos? Existe registro de dicho ranking?
8	Mantenimiento basado en condiciones (confiabilidad)	1	Se ha comenzado la implantación de mantenimiento basado en condiciones en algunos equipos?
9	Mantenimiento basado en el tiempo (mantenimiento Preventivo)	1	Está implementado el mantenimiento preventivo? Existe un plan periódico por escrito de mantenimiento preventivo?
10	Porcentaje del mantenimiento actual: operativo, preventivo, correctivo, predictivo	1	Hay estadísticas del porcentaje de aplicación de cada uno de los tipos de mantenimiento? Hay registro cronológico de las tendencias de dichos porcentajes?
11	Registro de información de los equipos	1	Existe registro técnico de los equipos y sus partes y sistemas dentro del sistema de mantenimiento?
12	Registro de la ejecución del mantenimiento	1	Se lleva registro (actas) de los trabajos de mantenimiento realizados?
13	Tipos de ordenes de trabajo	1	Existe la clasificación de las órdenes de trabajo y la diferenciación en su trámite? Hay soporte del sistema de mantenimiento a dicha clasificación?
14	Asignación de prioridades en los trabajos	1	El sistema de mantenimiento cuenta con los mecanismos para priorizar el trabajo? Están definidos dichos mecanismos?
15	Estimación de las horas de trabajo de mantenimiento	1	Hay forma de establecer previamente el tiempo que debe ser asignado a cada trabajo? Existen registros de tiempos?
16	Partes y repuestos necesarios para el trabajo	1	El sistema de mantenimiento cuenta con registro de las referencias de partes y repuestos para realizar un trabajo determinado (prelistamiento)? El sistema es actualizado cuando es necesario (modificaciones técnicas, adquisición de equipos)?
17	Planeación trabajos mayores (reparaciones)	1	Existe un procedimiento definido para la planeación de trabajos mayores? Está consignado dicho procedimiento?
18	Pedido de materiales	1	Existe un sistema o conjunto de procedimientos para el pedido de materiales?
19	Programación general de los trabajos	1	Existen procedimientos para la programación general de trabajos? Están consignados los procedimientos?
20	Ejecución de los trabajos (cumplimiento de programas)	1	Se llevan estadísticas del cumplimiento de trabajos?

17	Planeación trabajos mayores (reparaciones)	1		Existe un procedimiento definido para la planeación de trabajos mayores? Está consignado dicho procedimiento?	
18	Pedido de materiales	1		Existe un sistema o conjunto de procedimientos para el pedido de materiales?	
19	Programación general de los trabajos	1		Existen procedimientos para la programación general de trabajos? Están consignados los procedimientos?	
20	Ejecución de los trabajos (cumplimiento de programas)	1		Se llevan estadísticas del cumplimiento de trabajos?	
21	Medidas de eficiencia del trabajo realizado vs programado	1		Se llevan cronológicamente estadísticas de cumplimiento de trabajos?	
22	Registro de información de los trabajos importantes	1		Se registran los trabajos importantes para usar la experiencia adquirida en futuros trabajos?	
TOTAL		21	1	0	

EMPRESA: OXYCOL
FECHA Junio de 2010
HORA
RESPONSABLE: Carlos Perez/ Hernan Rincon
AREA: Planeacion de Mantenimiento

Alto - Se Aplica - Se Registra - Se Mejora	MEDIO - Documento aprobado - Divulgado - No se aplica
BAJO - No se realiza - Se hace pero no esta documentado - Hay un borrador	

TEMA: 3.- *Repuesto de los equipos. - Manejo e Inventarios*

	PUNTOS DE ANALISIS	CALIF.			CRITERIOS	OBSERVACIONES
		A	M	B		
1	Mantenimiento y control del inventario del almacén	1			1. El inventario se encuentra actualizado?; 2. Se generan automáticamente listas de repuestos a pedir?; 3. Se relaciona cada articulo utilizado, con una máquina y con un trabajo de mto?; 4. Se han hecho acuerdos con proveedores para mantener ciertos artículos (justo a tiempo)?; 5. Se realizan inventarios periódicamente.?	
2	Sistema de control de Inventarios: puntos de reorden, máximos y mínimos, manejo de urgencias, control de pedidos y entregas, criterios de compra de repuestos	1			1. Existe procedimiento para determinar mínimos y máximos?; 2. existe procedimiento para solicitar repuestos al almacén?; 3. existe procedimiento para entrega de repuestos? 4. Existen indicadores de gestión	
3	Especificaciones técnicas para pedido de partes y repuestos	1			1. Se manejan catálogos para solicitar repuestos?; 2. Existen ficha técnica de repuestos (plano, proveedor, etc). 3. Existe procedimiento para solicitar repuestos a compras?.	
4	Organización del almacén: Identificación (códigos), estanterías, Ubicación fácil de los repuestos.	1			1. Se encuentran identificadas las estanterías?; 2. Existe procedimiento para organizar repuestos (ejem. Por máquina, comercial etc.). 3. Se encuentran identificados los repuestos. 4. La ubicación de los repuestos coincide con la ficha técnica (MP2 o Cardes)	

5	Precisión del Inventario (exceso o defecto)	1		1. El inventario actual, esta de acuerdo con las cantidades mínimas y máximas de cada repuesto?	
6	Valor total del almacén	1		1. Esta cuantificado el valor del inventario?;. 2. Esta cuantificado el valor de la rotación del inventario?. 3.	
7	Tiempo de rotación de repuestos	1		1. Están identificados los repuestos de mayor rotación?; 2.hay índice de gestión	
8	Materiales y repuestos obsoletos	1		1. Existe procedimiento para disponer de elementos y materiales Obsoletos	No se aplica el procedimiento para todos los casos.
9	Homologación de talleres, proveedores, ferreterías.	1		1. Existe procedimiento para homologar proveedores?; 2. Se realiza seguimientos a proveedores (entrega, calidad)	No se aplica el procedimiento para todos los casos.
10	Criterios aplicados en la compra de repuestos y servicios técnicos	1		1. Existen criterios claros al momento de comprar repuestos (Ej.: Por costos, calidad, tiempo de entrega)	No se aplica el procedimiento para todos los casos.
TOTAL		10	0	0	

EMPRESA: OXYCOL
FECHA Junio de 2010
HORA
RESPONSABLE: Carlos Perez / Hernan Rincon
AREA: Planeacion de Mantenimiento

Alto - Se Aplica - Se Registra - Se Mejora	MEDIO - Documento aprobado - Divulgado - No se aplica
BAJO - No se realiza - Se hace pero no esta documentado - Hay un borrador	

TEMA: 4.- *Lubricación de los equipos de Producción y Mantenimiento.*

	PUNTOS DE ANALISIS	CALIF.			CRITERIOS	OBSERVACIONES
		A	M	B		
1	Tipos de lubricantes utilizados: Aceites, Grasas, aceites especiales	1			1. Se encuentran homologados el uso de lubricantes?; 2. Se utilizan ayudas visuales?; 3. Los operarios han recibido capacitación.	
2	Métodos utilizados para aplicación de lubricación	1			1. Los elementos utilizados para lubricar están en buen estado?; 2. Están identificados los elementos utilizados con el tipo de lubricante?; 3. Existe carta de lubricación de los equipos y es conocida por los operarios?.	
3	Estructura funcional de lubricación (métodos)	1			1.Existe programa de mantenimiento preventivo (puntos a lubricar, frecuencia, elementos).	
4	Control y auditoria de la lubricación (Rutas)		1		1. Existe procedimiento para realizar auditorias?; 2. Hay algún indicador de gestión?; 3. Existe procedimiento para rutinas de mantenimiento?.	
5	Control de consumos de lubricantes	1			1. Están inventariados los lubricantes?; 2. Existe punto de reorden?; procedimiento para manejo de lubricantes usados?; hay responsable en el manejo de lubricantes.	

6	Problemas debido a la lubricación	1		1. Se lleva registro de problemas causados por falla de lubricación?; 3. Se realiza seguimiento a los problemas?.	
7	Selección de proveedores	1		1. Se utiliza el mismo proveedor para comprar aceites?; Se utiliza siempre la misma marca de lubricante (Ejem Mobil, Sheell etc)	
8	Criterios de aplicación de lubricantes	1		1. Para seleccionar aceites se basan en catálogos del equipo?; 2.Existe procedimiento para seleccionar aceites?; 3. hay responsable para seleccionar aceites	
9	Sistema de almacenamiento de lubricantes	1		1. Existe un área de lubricantes?; 2. El área esta libre de cualquier tipo de solventes?; 3.hay recipientes para cada tipo de aceites?; Existe carta de lubricantes en área de lubricantes (código de color y fabricante)?	
TOTAL		8	1	0	

EMPRESA: OXYCOL
FECHA Junio de 2010
HORA
RESPONSABLE: Carlos Perez / Hernan Rincon
AREA: Planeacion de Mantenimiento

Alto - Se Aplica - Se Registra - Se Mejora	MEDIO - Documento aprobado - Divulgado - No se aplica
BAJO - No se realiza - Se hace pero no esta documentado - Hay un borrador	

TEMA: 5.- Costos de Mantenimiento.

	PUNTOS DE ANALISIS	CALIF.			CRITERIOS	OBSERVACIONES
		A	M	B		
1	Presupuestación y control del presupuesto	1			Es conocido el presupuesto de mto asignado por el negocio? Se efectua presupuestación anual por parte del area? Se llevan controles sobre la ejecución del presupuesto ? Como se hace?	
2	Costo de mano de obra: Propia (%), contratistas (%), temporales (%)	1			Cual es valor de la mano de obra?Se discrimina este valor entre Propios, Contratistas, Temporales? Se llevan registros de las horas extras y los motivos que las generan? Se generan informes sobre el costo de la mano de obra ya sea mensual, quincenal...?	
3	Porcentaje de la mano de obra de mantenimiento vs total de la compañía	1			Cual es el valor total de la mano de obra en el negocio? Conoce la variación del valor de la mano de obra en el negocio?	
4	Costo total de mantenimiento: mano de obra, repuestos, inversiones	1			Se llevan registros sobre el costo de los repuestos que se compran?, esta valorizado el almacen? Existen registros del valor de las mejoras realizadas? Existen informes que muestren la tendencia de del costo total de mantenimiento?	

5	Indice costo de mantenimiento: Costo total / costo mercancía producida	1	Es calculado? Como lo calcula? Costo total gastos mto/Costo mercancía producida = (mano obra+rptos)/(Total gastos fijos directos producción+Total gastos fijos variables producción+Total gastos de admon)	
6	Porcentaje tiempo extra de mantenimiento	1	Como se aplica el criterio de H.E. (es decir como se autoriza, porque se dan H.E. Que analisis se efectua? Como se registra el valor de las horas extras?	
7	Costos por tipos de mantenimiento: preventivo, emergencias.	1	Existen registros detallados de estos costos? Como son cuantificados los costos según el tipo de mantenimiento?	Solo en equipos críticos.
8	Costo total por perdidas debidas a fallas del equipo.	1	Se llevan registros valorizados de las perdidas cuando los equipos fallan (emergencias). Se ha cuantificado el costo total de las perdidas como producto vendible?	
TOTAL		8	0	0

EMPRESA: OXYCOL
FECHA Junio de 2010
HORA
RESPONSABLE: Carlos Perez/ Hernan Rincon
AREA: Planeacion de Mantenimiento

Alto - Se Aplica - Se Registra - Se Mejora	MEDIO - Documento aprobado - Divulgado - No se aplica
BAJO - No se realiza - Se hace pero no esta documentado - Hay un borrador	

TEMA: 6.- Tecnología de Mantenimiento; aplicabilidad y efectividad

	PUNTOS DE ANALISIS	CALIF.			CRITERIOS	OBSERVACIONES
		A	M	B		
1	Equipos de inspección utilizados	1			Se utilizan estas inspecciones? La inspección es propia o contratada? Se conocen los equipos utilizados?	
2	Herramientas y equipos para : - confiabilidad del equipo, - prevención de fallas, - monitoreo permanente	1			Existen o se utilizan este tipo de equipos? Como se llevan los registros de esta información	
3	Metrología utilizada en mantenimiento y control de mantenimiento de herramientas y equipos de medición. (calibradores, pie de rey, regla metrica).	1			Que instrumentos utilizan? Cada cuanto se calibran estos instrumentos? Existen instrumentos para todos	
4	Especificaciones de planos de piezas.	1			Existen planos de las partes de maquina? Como se clasifica esta información? Existe un unico registro o existen copias de seguridad de estos registros?	
5	Tecnologías aplicadas: Termografía, análisis de aceites, vibraciones, dielectricos en motores, rayos X.	1			Son utilizadas? Cuales se usan? Se llevan registros? Como se analiza la información de estos ensayos?	
6	Herramientas metodológicas para análisis de fallas: porqué, para que, análisis FMEA, análisis PM, ME	0	1		Las conoce? Cuales utiliza? Como se registra la información del analisis? Estas tecnicas son conocidas para todo el personal? Cual es el nivel de experticia?	
TOTAL		5	1	0		

EMPRESA: OXYCOL
FECHA Junio de 2010
HORA
RESPONSABLE: Carlos Perez / Hernan Rincon
AREA: Planeacion de Mantenimiento

Alto - Se Aplica - Se Registra - Se Mejora	MEDIO - Documento aprobado - Divulgado - No se aplica
BAJO - No se realiza - Se hace pero no esta documentado - Hay un borrador	

Mantenimiento y Producción

Firma Asesor

	PUNTOS DE ANALISIS	C			CRITERIOS	OBSERVACIONES
		A	M	B		
1	Nivel de escolaridad de las personas	1			Se actualiza periodicamente? hay registro escrito?	
2	Están definidas las habilidades de cada cargo?	1			Estan definidas por escrito en el perfil del cargo? Son conocidas por el colaborador?	
3	Como se determinan y evalúan las necesidades de capacitación.	1			Hay un responsable para esta actividad? Se hace periodicamente?	
4	Existen grupos de mejoramiento de mantenimiento?	1			Hacen reuniones periodicamente? Cuándo fue el último proyecto propuesto por el grupo? Cuántos proyectos ha generado este grupo?	
5	Existe polifuncionabilidad o flexibilización (Mecanico- Electrico)	1			Hay acompañamiento en las tareas de uno u otro? Existen electromecánicos en el grupo? Se presenta padrinazgo en los equipos?	
6	Existe un plan de carrera?	1			Cada uno de los colaboradores lo conoce? Se evalúa dicho plan regularmente?	
7	Análisis de necesidades de capacitación y entrenamiento	1			Se revisa la evaluación del desempeño? Se actualiza periodicamente? hay registro escrito? se incluyen en los objetivos del periodo o en el plan de actividades anual?	

8	Programas específicos propios validados y documentados	1			Cuántos hay? Cuándo fue el último? Cuándo es el próximo? Se tienen las memorias en el área de mantenimiento?	
9	Como es el manejo del tiempo de capacitación?	1			Está claramente definido por la empresa? Es respetado por el área de planeación?	
10	Existen instructores propios (internos)?	0	1		Qué relación hay respecto a todo el grupo? Tiene capacitación como formador?	
11	La capacitación se realiza en el sitio de trabajo (job related training)	1			Existen memorias de esta capacitación? Hay lecciones de un punto, control visual o similares en el área de trabajo?	
12	Plan de capacitación y entrenamiento	1			Esta por escrito en la cartelera del área? Tiene fechas específicas de terminación? Está relacionado con la evaluación de necesidades?	
13	Cómo se evalúa la capacitación?	1			Se hace en la evaluación periodica de desempeño? O de manera escrita? Hay algun registro de esto?	
14	Programas de reconocimiento y plan de ideas?	0	1		Hay un comité evaluador? Los colaboradores están satisfechos con el reconocimiento?	
TOTAL		12	2	0		

EMPRESA: OXYCOL
FECHA Junio de 2010
HORA
RESPONSABLE: Carlos Perez / Hernan Rincon
AREA: Planeacion de Mantenimiento

Alto - Se Aplica - Se Registra - Se Mejora	MEDIO - Documento aprobado - Divulgado - No se aplica
BAJO - No se realiza - Se hace pero no esta documentado - Hay un borrador	

TEMA: 8.- Equipos de Producción de Planta.

	PUNTOS DE ANALISIS	CALIF.			CRITERIOS	OBSERVACIONES
		A	M	B		
1	Características de los equipos de producción y auxiliares (bombas, calderas, compresores, etc)	1			Todos los equipos tienen placa de identificación? Esta contiene los principales datos de funcionamiento? Tiene hoja de vida el equipo? Tiene registro del mantenimiento?	
2	Tipo de mantenimiento equipos y auxiliares: propio, contratado.	1			Está definido para cada uno de los equipos? Hay un plan de acciones para cada equipo? Dónde se registra esto?	
3	Sistema de mantenimiento utilizado (software)	1			Se utiliza algún software para la administración de los equipos? Hay algún otro sistema regulado de administración de los equipos?	
4	Cumplimiento de las características básicas del sistema	1			Se presentan problemas de desempeño del software? Se suplen las necesidades básicas del sistema de mantenimiento?	
5	Definición de los módulos básicos del sistema de mantenimiento.	1			Se manejan Órdenes de trabajo? Solicitudes de trabajo? Cotizaciones, Requisiciones y compras? Inventario? Registro de los equipos?	
6	Administrar registros y Datos de los equipos	1			Todos los datos están actualizados? Tiene el registro de los trabajos realizados a la máquina?	

7	Control sobre equipos y auxiliares	1		Qué tipo de control se le hace al mantenimiento de estos equipos? Hay algún registro de esto? Está actualizado?	Solo para equipos críticos
8	Reportes de mantenimiento generados por el sistema	1		Se publican los reportes periódicamente? Se toman correctivos o se generan planes de acción basados en los resultados?	
9	Generación de cotizaciones, requisiciones y órdenes de compra de repuestos y partes, administración de los proveedores	1		Existen niveles de aprobación? Se hacen varias cotizaciones por orden de trabajo? La orden de compra sirve como soporte del sistema de facturación?	
10	Administración del inventario de repuestos y partes	1		El inventario físico se hace periódicamente? Los valores de existencias del sistema corresponden a la realidad? Se descargan las órdenes de compra al inventario?	
11	Reportes de inventarios y compras generados por el sistema	1		Se publican los reportes periódicamente? Se toman correctivos o se generan planes de acción basados en los resultados?	
12	Manejo funcional de la información.	1		Todos los datos ingresados al sistema son utilizados para generar reportes o algún tipo de control sobre los equipos?	
13	Beneficios y/o problemas del sistema	1		Se tienen criterios o conocimiento de otros softwares o casos que permitan evaluar el desempeño del sistema?	
TOTAL		13	0	0	