

METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADA EN EL PILAR DE
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO DEL TPM PARA FILTROS CASCARA DE NUEZ
EN FACILIDADES DE SUPERFICIE EN LA INDUSTRIA DE HIDROCARBUROS

FABIAN MAURICIO MALDONADO CAMACHO
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2016

METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADA EN EL PILAR DE
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO DEL TPM PARA FILTROS CASCARA DE NUEZ
EN FACILIDADES DE SUPERFICIE EN LA INDUSTRIA DE HIDROCARBUROS

FABIAN MAURICIO MALDONADO CAMACHO
Ingeniero Mecánico

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

Director: CARLOS BORRAS PINILLA
Ingeniero Mecánico, Ph.D., MSc.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2016

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	13
1. MARCO CONCEPTUAL.....	14
1.1. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO.....	14
1.1.1. Propósito del mantenimiento.....	15
1.1.2. La importancia de una metodología de mantenimiento.....	16
1.2. CULTURA DE LAS 5'S.....	18
1.2.1. SEIRI (eliminar lo innecesario).....	19
1.2.2. SEITON (un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar).....	20
1.2.3. SEISO (Mas que limpiar).....	21
1.2.4. SEIKETSU (estandarizar).....	22
1.2.5. SHITSUKE (disciplina de la organización, orden, limpieza y estandarización).....	23
1.3. TPM (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL).....	24
1.3.1. Definición del TPM:.....	25
1.3.2. Desarrollo del TPM.....	26
1.3.3. Aplicación y resultados del TPM en la industria local.....	28
1.3.4. Los 8 pilares del TPM.....	29
1.4. PILAR DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	29
1.4.1. Objetivos del mantenimiento autónomo.....	30
1.4.2. Desarrollo de un programa de Mantenimiento Autónomo.....	31
1.4.3. Los siete pasos del mantenimiento autónomo.....	32
2. ANTECEDENTES.....	39
3. METODOLOGÍA.....	42
3.1. ETAPA 1: DESARROLLO E INCORPORACIÓN DE LA CULTURA DE LAS 5'S.....	43
3.1.1. SEIRI (eliminar lo innecesario).....	44
3.1.2. SEITON (un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar).....	46
3.1.3. SEISO (Mas que limpiar).....	47

3.1.4. SEIKETSU (estandarizar)	50
3.1.5. SHITSUKE (disciplina de la organización, orden, limpieza y estandarización).....	51
3.2. ETAPA 2: PASOS SECUENCIALES DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	52
3.2.1. Limpieza como inspección:	52
3.2.2. Eliminar fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso:.....	53
3.2.3. Estandarizar (limpieza, ajustes y lubricación):.....	55
3.2.4. Inspección general del equipo:.....	56
3.2.5. Inspección general del proceso:.....	57
3.2.6. Sistematizar el mantenimiento:	59
3.2.7. Auto-gestión:.....	60
3.3. CICLO CAPD APLICADO AL FCN 15KBWPD.....	61
3.4. MODELO DE GESTIÓN MAESTRO	63
4. CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFÍA.....	81
ANEXOS	83

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Ilustración 1. Objetivos del mantenimiento de los equipos.....	16
Ilustración 2. Diagrama de las 5'S.....	18
Ilustración 3. TPM en toda la empresa.....	25
Ilustración 4. Pilares del TPM.....	29
Ilustración 5. Los 7 pasos del mantenimiento autónomo.....	32
Ilustración 6. Objetivos para fuentes de contaminación y lugares inaccesibles	34
Ilustración 7. Ejemplo de ajuste correcto de tuercas.....	36
Ilustración 8. Complejidad de un sistema de agua en un campo petrolero	39
Ilustración 9. Diagrama básico de la influencia del agua en la extracción de crudo	40
Ilustración 10. Filtros Cascara de Nuez 15 kBWPD	41
Ilustración 11. Metodología modelo de mantenimiento autónomo FCN 15 kBWPD.....	42
Ilustración 12. Repuestos presentes en el área de operación de los FCN.....	45
Ilustración 13. Equipos innecesarios para la operación.....	45
Ilustración 14. Ejemplo de organización de herramientas.....	46
Ilustración 15. Zona de presencia de suciedad, bomba retrolavado.	48
Ilustración 16. Actuador sin su respectivo filtro-silenciador.....	49
Ilustración 17. Suciedad en la recamara neumática de los actuadores.	49
Ilustración 18. Suciedad en el pistón del actuador neumático.....	50
Ilustración 19. Sensor DPIT.....	54
Ilustración 20. Posición sugerida para DPIT.....	54
Ilustración 21. Indicadores visuales en manómetro del fluido de proceso.....	55

Ilustración 22. Propuesta de tarjetas rojas y azules TPM..... 61

Ilustración 23. Ciclo CAPD 62

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Pasos para la implantación del TPM en una empresa.	27
Tabla 2. Ciclo CAPD en el mantenimiento autónomo.	32
Tabla 3. Elementos necesarios para los operarios competentes en procesos	37
Tabla 4. Formato registro de fallas.....	57
Tabla 5. Formato registro de variables de proceso	59
Tabla 6. Ciclo CAPD aplicado al FCN 15KBWPD.....	63
Tabla 7. Plan maestro mantenimiento autónomo FCN 15KBWPD.....	65

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Formato registro de fallas	16
Anexo 2. Formato registro de variables de proceso.....	84

RESUMEN

TÍTULO: METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADA EN EL PILAR DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO DEL TPM PARA FILTROS CASCARA DE NUEZ EN FACILIDADES DE SUPERFICIE EN LA INDUSTRIA DE HIDROCARBUROS

AUTOR: FABIAN MAURICIO MALDONADO CAMACHO

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento Autónomo, TPM, Filtros cascara de nuez, Ciclo CAPD.

DESCRIPCIÓN: La presente monografía consiste en estructurar una metodología de mantenimiento basada en el mantenimiento autónomo, pilar del TPM, para Filtros Cascara de nuez en facilidades de superficie en la industria de hidrocarburos.

Se busca proponer y desarrollar un modelo de gestión de mantenimiento autónomo aplicado a Filtros Cascara de nuez con capacidad de 15 KBWPD, logrando incorporar al operador en una filosofía de mantenimiento para obtener un resultado favorable y obtener indicadores óptimos en el tratamiento de agua de producción en los campos petroleros.

Además estructurando la metodología de mantenimiento, se establecen las etapas estratégicas del ciclo CAPD, para lograr una estandarización de procedimientos y protocolos de las actividades de limpieza, de inspección, de procesos, de regulación de la gestión y de programación de la gestión para el activo.

En la metodología de esta monografía se incorpora la cultura de las 5'S de la mano de los pasos fundamentales del mantenimiento autónomo pilar del Mantenimiento Productivo Total (TPM) proponiendo un ambiente de trabajo óptimo, seguro y responsable con el medio ambiente.

Además, se busca resaltar la importancia del operador mantenedor en las industrias de proceso en el sector de hidrocarburos, para obtener resultados favorables y tener una mejora continua en la operación y mantenimiento de Filtros Cascara de nuez con capacidad de 15 KBWPD.

*Monografía de grado

**Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Carlos Borrás

SUMMARY

TITLE: MAINTENANCE METHODOLOGY BASED ON THE PILLAR OF TPM, AUTONOMOUS MAINTENANCE, FOR WALNUT SHELL FILTERS IN SURFACE FACILITIES IN THE OIL INDUSTRY.

AUTHOR: FABIAN MAURICIO MALDONADO CAMACHO

KEY WORDS: AUTONOMOUS MAINTENANCE, TPM, WALNUT SHELL FILTERS, CAPD CYCLE.

SUBJECT: This monograph is structured a methodology maintenance based on autonomous maintenance, TPM pillar for Nutshell Filters in surface facilities in the hydrocarbon industry.

It seeks to propose and develop a management model of autonomous maintenance applied to Nutshell Filters with capacity of 15 KBWPD, managing to incorporate the operator in a maintenance philosophy for a favorable result and optimal indicators in the treatment of produced water in the oil fields.

Besides structuring the maintenance methodology, they are establishing strategic stages of the CAPD cycle to achieve a standardization of procedures and protocols cleanup activities, inspection, process, control of management, and scheduling management for active.

The methodology of this monograph include the culture of the 5'S complementing the fundamental steps of autonomous maintenance pillar of Total Productive Maintenance (TPM), incorporating proposing an optimal environment, safe and responsible work environment.

In addition, it seeks to highlight the importance of the Operator-maintainer in the process industries in the hydrocarbons sector, in order to obtain favorable results and to have a continuous improvement in the operation and maintenance of Nutshell Filters with capacity of 15 KBWPD.

*Monograph

** Physical-Mechanical Engineering Faculty. School of mechanical engineering. Director: Carlos Borrás

INTRODUCCIÓN

La siguiente monografía tendrá como tema fundamental proponer una metodología de mantenimiento basada en el pilar de Mantenimiento Autónomo del TPM para filtros cascara de nuez en facilidades de superficie en la industria de hidrocarburos.

Desde la cultura de las 5'S hasta llegar al modelo de gestión maestro del pilar de mantenimiento Autónomo, será el recorrido paso a paso de esta tesis logrando el cumplimiento del objetivo principal.

Se documentan y establecen las etapas de la cultura 5'S como a su vez las etapas del mantenimiento autónomo, pilar fundamental del TPM, enfocados a los Filtros Cascara de Nuez, encargados del tratamiento de agua de producción en la industria de Hidrocarburos.

Las etapas estratégicas del ciclo CAPD del Mantenimiento Autónomo, aplicado a los Filtros Cáscara de Nuez 15 kWPD se establecen en esta monografía, para estandarizar, procedimiento y protocolos de las actividades de limpieza, de inspección, de procesos, de regulación de gestión, de programación de la gestión, para el activo.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

Se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

A partir de la Primera Guerra Mundial, de la Segunda y sobre todo tras atravesar una grave crisis energética en el 73, empieza a concebirse el concepto de fiabilidad. La aviación y la industria automovilística lideran esta nueva corriente. Se desarrollan nuevos métodos de trabajo que hacen avanzar las técnicas de mantenimiento en varias vertientes:

- En la robustez del diseño, a prueba de fallos y que minimice las actuaciones de mantenimiento.
- En el mantenimiento por condición, como alternativa al mantenimiento sistemático. Aparece el mantenimiento predictivo.
- En el análisis de fallos, tanto los que han ocurrido como los que tienen una probabilidad tangible de ocurrir (fallos potenciales). Se desarrolla el Mantenimiento basado en Fiabilidad o RCM. El RCM como estilo de gestión de

mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Se podría afirmar que RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente metodológica.

- En el uso de la informática para el manejo de todos los datos que se manejan ahora en mantenimiento: órdenes de trabajo, gestión de las actividades preventivas, gestión de materiales, control de costes, etc. Se busca tratar todos estos datos y convertirlos en información útil para la toma de decisiones.

El porcentaje de empresas que dedican todos sus esfuerzos a mantenimiento correctivo es muy alto. Son muchos los responsables de mantenimiento, tanto de empresas grandes como pequeñas, que creen que la gestión del mantenimiento, la implantación de TPM o RCM, el análisis de fallos potenciales o incluso la simple elaboración de un plan de mantenimiento programado son conceptos muy interesantes en el campo teórico, pero que en la planta que dirigen no son aplicables: parten de la idea de que la urgencia de las reparaciones es la que marca y marcará siempre las pautas a seguir en el departamento de mantenimiento.

1.1.1. Propósito del mantenimiento: El objetivo fundamental de mantenimiento no es pues reparar urgentemente las averías que surjan. El departamento de mantenimiento tiene cuatro objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo:

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad.
- Cumplir un valor determinado de fiabilidad.
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa planta.

Ilustración 1. Objetivos del mantenimiento de los equipos



1.1.2. La importancia de una metodología de mantenimiento: La fiabilidad y la disponibilidad de una planta industrial o de un activo dependen, en primer lugar, de su diseño y de la calidad de su montaje. Si se trata de un diseño robusto y fiable, y la planta ha sido construida siguiendo fielmente su diseño y utilizando las mejores técnicas disponibles para la ejecución, depende en segundo lugar de la forma y buenas costumbres del personal de producción, el personal que opera las instalaciones.

En tercer y último lugar, fiabilidad y disponibilidad dependen del mantenimiento que se realice. Si el mantenimiento es básicamente correctivo, atendiendo sobre todo los problemas cuando se presentan, es muy posible que a corto plazo esta política sea rentable. El mantenimiento puede imaginarse como un gran depósito. Si se realiza un buen mantenimiento preventivo, el depósito siempre estará lleno. Si no se realiza nada, el depósito se va vaciando, y puede llegar un momento en el que el depósito, la reserva de mantenimiento, se haya agotado por completo,

siendo más rentable adquirir un nuevo equipo o incluso construir una nueva planta que atender todas las reparaciones que van surgiendo.

Es muy normal prestar mucha importancia al mantenimiento de los equipos principales, y no preocuparse en la misma medida de todos los equipos adicionales o auxiliares. Desde luego es un grave error, pues una simple bomba de refrigeración o un simple transmisor de presión pueden parar una planta y ocasionar un problema tan grave como un fallo en el equipo de producción más costoso. Conviene, pues, prestar la atención debida no sólo a los equipos más costosos económicamente, sino a todos aquellos capaces de provocar fallos críticos.

Un buen plan de mantenimiento es aquel que ha analizado todos los fallos posibles, y que ha sido diseñado para evitarlos. Eso quiere decir que para elaborar un buen plan de mantenimiento es absolutamente necesario realizar un detallado análisis de fallos de todos los sistemas que componen la planta. Para ello, en los activos principales debe seguirse lo indicado por el fabricante. Pero el resto de equipos y sistemas que componen la planta, capaces de parar la planta y provocar un grave problema, también deben estar sujetos a este riguroso análisis.

La elaboración del Plan de Mantenimiento atraviesa una serie de fases. Las primeras son: descomposición de la planta en áreas, elaboración de la lista de equipos, descomposición de cada uno de ellos en sistemas y elementos, codificación, y asignación del modelo de mantenimiento que mejor se adapta a las características del equipo y su función en el sistema productivo de la planta. Una vez este trabajo esté finalizado, estamos en disposición de comenzar a elaborar la lista de tareas que incluirá el Plan de Mantenimiento.

1.2. CULTURA DE LAS 5'S

La cultura de las 5'S es una concepción ligada a la orientación hacia la calidad total que se originó en el Japón hace más de 40 años y que está incluida dentro de lo que se conoce como mejoramiento continuo o gemba kaizen.

Surgió a partir de la segunda guerra mundial, propuesta por la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros como parte de un movimiento de mejora de la calidad y sus objetivos principales eran eliminar obstáculos que impidan una producción eficiente, lo que trajo también aparejado una mejor sustantiva de la higiene y seguridad durante los procesos productivos.¹

Las 5'S se pueden dividir en dos grupos según su enfoque. Seiri (clasificar), Seiton (ordenar), Seiso (limpiar) están orientadas a las condiciones de trabajo y en general al entorno físico. Seiketsu (estandarizar) y Shitsuke (mantener) están orientadas a las personas y su desempeño.

Ilustración 2. Diagrama de las 5'S



¹ <http://www.gestiopolis.com/recursos5/docs/ger/cincos.htm>

1.2.1. SEIRI (eliminar lo innecesario): Consiste en retirar del área o lugar de trabajo todos los elementos que no sean necesarios para realizar la labor específica, separándolos y eliminarlos, ya sea en áreas productivas o en áreas administrativas.

La primera S de esta cultura suministra recomendaciones y prácticas para evitar los elementos en general (herramientas, materia prima, accesorios personales, etc.) innecesarios que sobrecargan el área laboral limitando las actividades y llegando a ser factores potenciales de accidentes laborales. Los elementos necesarios se deben tener cerca a la acción.

Al implantar Seiri se obtienen entre los siguientes beneficios:

- ✓ Se mejora el control visual de los elementos de trabajo, materiales en proceso y producto final.
- ✓ La calidad del producto se mejora ya que los controles visuales ayudan a prevenir los defectos.
- ✓ Se mejora el MTBF o tiempo medio entre fallos de los equipos.
- ✓ Es más fácil identificar las áreas o sitios de trabajo con riesgo potencial de accidente laboral.
- ✓ Liberar espacio útil en planta y oficinas.
- ✓ Reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos de trabajo.
- ✓ Mejorar el control visual de stocks de repuestos y elementos de producción, carpetas con información, planos, etc.
- ✓ Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo expuestos en un ambiente no adecuado para ellos; por ejemplo, material de empaque, etiquetas, envases plásticos, cajas de cartón y otros.

- ✓ Facilitar el control visual de las materias primas que se van agotando y que requieren para un proceso en un turno.
- ✓ Preparar las áreas de trabajo para el desarrollo de acciones de mantenimiento autónomo, ya que se puede apreciar con facilidad los escapes, fugas y contaminaciones existentes en los equipos y que frecuentemente quedan ocultas por los elementos innecesarios que se encuentran cerca de los equipos.

1.2.2. SEITON (un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar): Consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Aplicar Seiton en mantenimiento tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas e instalaciones industriales.

Una vez hemos eliminado los elementos innecesarios, se define el lugar donde se deben ubicar aquellos que necesitamos con frecuencia, identificándolos para eliminar el tiempo de búsqueda y facilitar su retorno al sitio una vez utilizados (es el caso de la herramienta).

El orden se aplica posterior a la clasificación y organización. Se deben usar reglas sencillas como: lo que más se usa debe estar más cerca, lo más pesado abajo lo liviano arriba, etc. Es decir ordenar lo clasificado en el paso 1.

Los beneficios de implementar Seiton son:

- ✓ Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno al lugar.
- ✓ Facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos, sistemas de seguridad, alarmas, controles, sentidos de giro, etc.

- ✓ Lograr que el equipo tenga protecciones visuales para facilitar su inspección autónoma y control de limpieza.
- ✓ Se mejora la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial.
- ✓ El aseo y limpieza se pueden realizar con mayor facilidad y seguridad.
- ✓ La presentación y estética de la planta se mejora, comunica orden, responsabilidad y compromiso con el trabajo.
- ✓ La seguridad se incrementa debido a la demarcación de todos los sitios de la planta y a la utilización de protecciones transparentes especialmente los de alto riesgo.

1.2.3. SEISO (más que limpiar): La limpieza se relaciona estrechamente con el buen funcionamiento de los equipos y la habilidad para producir artículos de calidad. La limpieza implica no únicamente mantener los equipos dentro de una estética agradable permanentemente. Seiso implica un pensamiento superior a limpiar. Exige que realicemos un trabajo creativo de identificación de las fuentes de suciedad y contaminación para tomar acciones de raíz para su eliminación, de lo contrario, sería imposible mantener limpio y en buen estado el área de trabajo. Se trata de evitar que la suciedad, el polvo, y las limaduras se acumulen en el lugar de trabajo.

La limpieza es una actividad de mantenimiento autónomo: "la limpieza es inspección". El trabajo de limpieza como inspección genera conocimiento sobre el equipo. No se trata de una actividad simple que se pueda delegar en personas de menor cualificación.

No se trata únicamente de eliminar la suciedad. Se debe elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar su causa raíz.

Los beneficios de implementar Seiso son:

- ✓ Reduce el riesgo potencial de accidentes.
- ✓ Mejora el ambiente laboral. Se convierte en un lugar agradable para trabajar.
- ✓ Incrementa la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad.
- ✓ Las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza.
- ✓ La limpieza conduce a un aumento significativo de la Efectividad Global del Equipo.
- ✓ Se reducen los desperdicios de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes.

1.2.4. SEIKETSU (estandarizar): Seiketsu es la metodología que nos permite mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres primeras "S". Cuando no existe un proceso para conservar los logros, es posible que el lugar de trabajo nuevamente llegue a tener elementos innecesarios y se pierda la limpieza alcanzada con nuestras acciones.

“Seiketsu implica elaborar estándares de limpieza y de inspección para realizar acciones de autocontrol permanente. "Nosotros" debemos preparar estándares para nosotros. Cuando los estándares son impuestos, estos no se cumplen satisfactoriamente, en comparación con aquellos que desarrollamos gracias a un proceso de formación previo.”²

Los beneficios de implementar Seiketsu son:

- ✓ Se guarda el conocimiento producido durante años de trabajo.

² <http://www.gestiopolis.com/recursos5/docs/ger/cincos.htm>

- ✓ Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente.
- ✓ Los operarios aprenden a conocer en profundidad el equipo.
- ✓ Se evitan errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.
- ✓ Se prepara el personal para asumir mayores responsabilidades en la gestión del puesto de trabajo.
- ✓ Los tiempos de intervención se mejoran y se incrementa la productividad de la planta.

1.2.5. SHITSUKE (disciplina de la organización, orden, limpieza y estandarización): Significa convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza en el lugar de trabajo. Podremos obtener los beneficios alcanzados con las primeras "S" por largo tiempo si se logra crear un ambiente de respeto a las normas y estándares establecidos.

Las cuatro "S" anteriores se pueden implantar sin dificultad si en los lugares de trabajo se mantiene la Disciplina. Su aplicación nos garantiza que la seguridad será permanente, la productividad se mejore progresivamente y la calidad de los productos sea excelente.

Shitsuke implica un desarrollo de la cultura del autocontrol dentro de la empresa. Si la dirección de la empresa estimula que cada uno de los integrantes aplique el Ciclo Deming en cada una de las actividades diarias, es muy seguro que la práctica del Shitsuke no tendría ninguna dificultad. Es el Shitsuke el puente entre las 5S y el concepto Kaizen o de mejora continua. Los hábitos desarrollados con la práctica del ciclo PHVA se constituyen en un buen modelo para lograr que la disciplina sea un valor fundamental en la forma de realizar un trabajo.

Los beneficios de implementar Shitsuke son:

- ✓ Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa.
- ✓ La disciplina es una forma de cambiar hábitos.
- ✓ Se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre personas.
- ✓ La moral en el trabajo se incrementa.
- ✓ El cliente se sentirá más satisfecho ya que los niveles de calidad serán superiores debido a que se han respetado íntegramente los procedimientos y normas establecidas.
- ✓ El sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegara cada día.

1.3. TPM (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL)

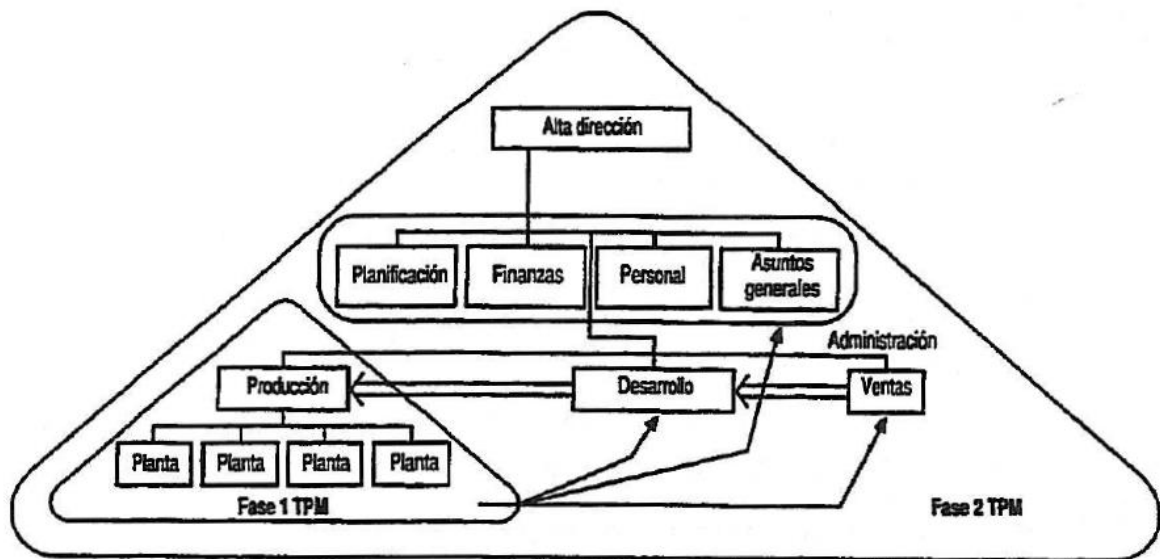
A medida que las industrias de proceso progresaban en el mantenimiento preventivo y productivo, las industrias manufactureras y ensambladoras realizaban inversión en nuevos equipos enfocándose en la reducción en mano de obra. Dichos equipos se han estado automatizando y sofisticando exponencialmente, llegando a ser Japón, un líder mundial en el uso de robots industriales. Este estilo hacia la automatización en combinación con la producción “just-in-time”, hizo necesario el mejoramiento de la gestión del mantenimiento en dichas industrias. Todo esto dio origen a una visión exclusivamente japonesa llamada Mantenimiento Productivo Total (TPM), una forma de mantenimiento productivo que involucra todos los empleados de una organización.

El TPM se ha difundido rápidamente en la industria mundial gracias a tres razones fundamentales:

1. Garantiza resultados positivos y drásticos en las organizaciones
2. Transforma visible y técnicamente los lugares de trabajo.
3. Aumenta el nivel de conocimiento y capacidad de los trabajadores de producción y mantenimiento de la organización.

1.3.1. Definición del TPM: El TPM se debe aplicar a toda la empresa, abarcando los departamentos de producción (desarrollo del producto), así como los administrativos y de ventas.

Ilustración 3. TPM en toda la empresa



Fase 1 TPM: TPM en Departamento de Producción

Fase 2 TPM: Toda la empresa: producción, ventas, desarrollo, administración.

Fuente: SUSUKI, Tocutaro. TPM para industrias de proceso. TGP-HOSHIN S.L. (trad.). Marqués de Cubas, 25. Madrid, España. 1995.

Para plasmar esta tendencia, el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) ha introducido en 1989 una nueva definición del TPM, con los siguientes componentes estratégicos:

- Crear una organización corporativa que maximice la eficacia de los sistemas de producción.
- Gestionar la planta con una organización que evite todo tipo de pérdidas (asegurando los cero accidentes, defectos y averías) en la vida entera del sistema de producción.
- Involucrar a todos los departamentos en la implantación del TPM, incluyendo desarrollo, ventas y administración.
- Involucrar a todos, desde la alta dirección a los operarios de la planta, en un mismo proyecto.
- Orientar decididamente las acciones hacia las “cero-pérdidas” apoyándose en las actividades de los pequeños grupos.

1.3.2. Desarrollo del TPM: El TPM se implanta normalmente en una empresa en cuatro fases secuenciales: Preparación, Introducción, Implantación, y consolidación. Estas 4 etapas fundamentales se pueden descomponer en doce pasos como se describe en el cuadro siguiente:

Tabla 1. Pasos para la implantación del TPM en una empresa.

Paso	Puntos clave
Preparación	
1. Anuncio formal de la decisión de introducir el TPM	La alta dirección anuncia su decisión y el programa de introducción del TPM en una reunión interna; publicidad en revista de la empresa, etc.
2. Educación sobre TPM introductoria y campaña de publicidad	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección superior: grupos de formación para niveles específicos de dirección • Empleados: cursos, diapositivas, ejemplos, etc.
3. Crear una organización para promoción interna del TPM	<ul style="list-style-type: none"> • Comité de dirección y subcomités especializados • Oficina de promoción del TPM
4. Establecer los objetivos y políticas básicas TPM	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer líneas de actuación estratégica y objetivos • Prever efectos
5. Diseñar un plan maestro para implantar el TPM	Desde la fase de preparación hasta la postulación para el Premio PM
Introducción	
6. Introducción lanzamiento del proyecto empresarial TPM	Invitar a clientes, filiales, y subcontratistas
7. Crear una organización corporativa para maximizar la eficacia de la producción	Perseguir hasta el final la eficacia global de la producción
7-1 Realizar actividades centradas en la mejora	Actividades de equipos de proyectos y de pequeños grupos en puntos de trabajo
7-2 Establecer y desplegar programa de mantenimiento autónomo	Proceder paso a paso, con auditorias y certificando la superación de cada paso
7-3 Implantar un programa de mantenimiento planificado	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento correctivo • Mantenimiento con parada • Mantenimiento predictivo
7-4 Formación sobre capacidades para mantenimiento y operación correctos	Educación de líderes de grupo que después forman a miembros de grupos
8. Crear un sistema para la gestión temprana de nuevos equipos y productos	Desarrollar productos y equipos fáciles de usar y mantener
9. Crear un sistema de mantenimiento de calidad	Establecer, mantener y controlar las condiciones para el cero defectos
10. Crear un sistema administrativo y de apoyo eficaz: TPM en departamentos indirectos	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar la eficacia de los departamentos de apoyo a producción • Mejorar y agilizar las funciones administrativas y el entorno de oficinas
11. Desarrollar un sistema para gestionar la salud, la seguridad y el entorno	Asegurar un entorno de trabajo libre de accidentes y polución
Consolidación	
12. Consolidar la implantación del TPM y mejorar las metas y objetivos legales	<ul style="list-style-type: none"> • Postular para el Premio PM • Contemplar objetivos más elevados

Fuente: SUSUKI, Tocutaro. TPM para industrias de proceso. TGP-HOSHIN S.L. (trad.). Marqués de Cubas, 25. Madrid, España. 1995.

1.3.3. Aplicación y resultados del TPM en la industria local: Los resultados tangibles que se han logrado en la industria a través de la implementación de la filosofía TPM, han sido muy relevantes. En algunas compañías se evidencia un nivel avanzado del TPM obteniendo resultados e indicadores muy favorables para la misma compañía. También hay compañías que actualmente cuentan con las bases o están dando los primeros pasos para la incorporación de esta filosofía en su actividad económica. La cualidad común en ambos casos de estas compañías es el esmero y voluntad para tener siempre una mejora continua ya sea perfeccionando el TPM o dando inicio al mismo.

Según Arenas, en su tesis *“Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento autónomo en la línea de mecanizado juntas fijas para Dana Transejes Colombia”* logró desde tener mejoras en la estructura y organización del departamento de mantenimiento integrado, permitir mejoras en el estado y rendimiento de los equipos, permitir un ambiente de trabajo limpio y ordenado a diario, hasta lograr un refuerzo en las habilidades y capacidades de los operarios.

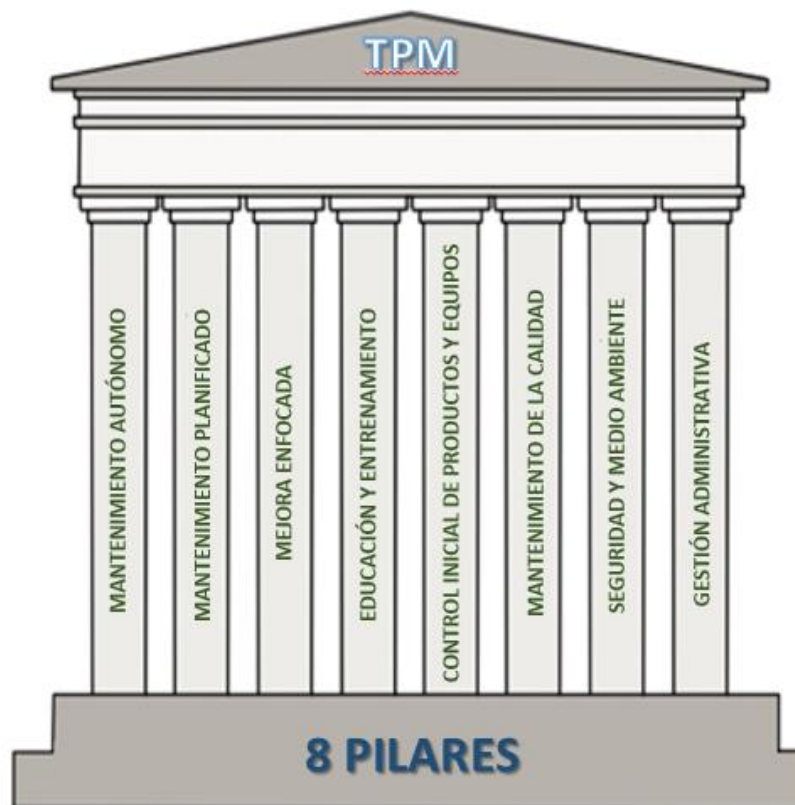
En la tesis *“Implementación del programa 5s y desarrollo de la metodología para mantenimiento autónomo en la zona de corte de lámina de la planta de autopista sur del consorcio metalúrgico nacional colmena ltda.”*, Puerto y Rincón, evidencian los resultados obtenidos logrando una mejora en el espacio físico en el área de trabajo en un 70%. Además se pudo cuantificar el aumento en el grado de conciencia y compromiso del personal con un incremento del 10%. Los autores argumentan que su tesis dio el inicio a la implementación del mantenimiento autónomo, que a la fecha debe reflejar un impacto positivo a esta compañía gracias a las bases o cimientos que fueron incorporados por ellos.

Rincón y Rivera, lograron con su trabajo *“Implementación del mantenimiento autónomo para la cervecería Bavaria en el área de servicios industriales”*, reducir

el tiempo de inspección por parte de los operadores desarrollando e implementando los estándares LILA (limpieza, inspección, lubricación y ajustes). A su vez ganaron que el personal de servicios industriales afianzara sus conocimientos sobre la metodología de mantenimiento autónomo, uno de los grandes pilares del TPM.

1.3.4. Los 8 pilares del TPM

Ilustración 4. Pilares del TPM



1.4. PILAR DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

El TPM mejora los resultados empresariales y crea un lugar de trabajo agradable y productivo, cambiando el modo de pensar y trabajar de todo el personal. El

mantenimiento autónomo (mantenimiento realizado por el departamento de producción) es uno de los pilares básicos más importantes del TPM.³

Después de que se introdujo el Mantenimiento Preventivo en el Japón, procedente de Estados Unidos, se separaron formalmente las funciones de operación y las de mantenimiento. Con este hecho los operarios perdieron responsabilidades respecto al equipo y progresivamente perdieron sensibilidad respecto a su mantenimiento. El mantenimiento autónomo pilar del TPM cambia esta tendencia de una forma radical. Los operarios se involucran en el mantenimiento diario de rutina y en actividades de mejora que evitan el deterioro acelerado, controlan la contaminación y desorden, y ayudan a mejorar las condiciones del equipo.

1.4.1. Objetivos del mantenimiento autónomo: El objetivo principal del departamento de producción es crear buenos productos rápido y a bajo costo. Una de sus funciones más importantes es detectar y tratar con prontitud las anomalías del equipo, objetivo de un buen mantenimiento.

El mantenimiento autónomo incluye actividades realizadas por el departamento de producción relacionadas con el mantenimiento y además que ayuden a mantener la planta operando eficiente y establemente con el fin de cumplir con la meta de producción. Los objetivos primordiales de un programa de mantenimiento autónomo son:

- ✓ Evitar el deterioro del equipo a través de una operación correcta y chequeos diarios.
- ✓ Llevar el equipo a su estado ideal a través de su restauración y una gestión apropiada
- ✓ Establecer las condiciones básicas necesarias para tener el equipo bien mantenido permanentemente

³ SUSUKI, Tocaturo. *TPM para industrias de proceso*. Madrid, España. 1995. Pag 87.

- ✓ Otro objetivo importante es utilizar el equipo como medio para enseñar nuevos modos de pensar y trabajar.

1.4.2. Desarrollo de un programa de Mantenimiento Autónomo: La operación y el mantenimiento son inseparables reflejándolos en un entorno TPM. Es de gran importancia definir las actividades y roles de cada departamento para lograr una integración entre los dos, y así lograr la implementación del pilar. A continuación se describen algunas de las actividades del departamento de producción y mantenimiento relevantes al pilar de mantenimiento autónomo.

Actividades del departamento de producción:

1. Prevenir el deterioro
2. Medir el deterioro
3. Restaurar el equipo

Actividades del departamento de mantenimiento:

1. Mejorar la confiabilidad del equipo
2. Guiar y asistir a los operadores
3. Facilitar instrucciones en técnicas de inspección y ayudar a los operarios a preparar estándares de inspección (puntos a chequear, intervalos de chequeo, etc.)
4. Facilitar formación en técnicas de lubricación, estandarizar tipos de lubricantes, y ayudar a los operarios a formular estándares de lubricación (puntos de lubricación, tipos de lubricantes, intervalos, etc.).
5. Dar asistencia técnica en las actividades de mejora tales como eliminar las fuentes de contaminación, hacer más accesibles las áreas difíciles para la limpieza, lubricación, e inspección y mejorar la eficiencia del equipo.
6. Investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de mantenimiento.

7. Crear sistemas de registros de mantenimiento, datos para mantenimiento y resultados de mediciones.
8. Desarrollar y utilizar técnicas de análisis de fallos e implantar medidas para evitar la repetición de fallos serios.

1.4.3. Los siete pasos del mantenimiento autónomo

Ilustración 5. Los 7 pasos del mantenimiento autónomo



Tabla 2. Ciclo CAPD en el mantenimiento autónomo.

Tabla 4-5. El ciclo CAPD en el mantenimiento autónomo

Paso 1: Realizar la limpieza inicial	<i>Chequear</i> el equipo y descubrir irregularidades	C
Paso 2: Eliminar las fuentes de contaminación y mejorar los puntos inaccesibles	<i>Actuar</i> contra las fuentes de contaminación y lugares inaccesibles	A
Paso 3: Establecer estándares de limpieza e inspección	<i>Planificar</i> y hacer chequeos basados en estándares	P, D
Paso 4: Realizar inspecciones generales periódicas del equipo	Repetir para cada categoría C → A → P → D	
Paso 5: Inspecciones generales del proceso	Repetir para cada categoría C → A → P → D	
Paso 6: Sistematizar el mantenimiento autónomo	C → A → P → D → C → A → P → D	
Paso 7: Practicar la plena auto-gestión	C → A → P → D → C → A → P → D	

Autor: SUSUKI, Tocutaro. TPM para industrias de proceso. TGP-HOSHIN S.L. (trad.). Marqués de Cubas, 25. Madrid, España. 1995.

1) Limpieza como inspección:

El objetivo principal del paso 1 es aumentar la fiabilidad del equipo a través de tres actividades secuenciales.

- Eliminar el polvo, la suciedad y los desechos.
- Revelar todas las anomalías.
- Corregir las pequeñas deficiencias y establecer las condiciones básicas del equipo.

Una limpieza profunda hace interactuar al operario con cada parte de la máquina, esto aumenta su interés y se cuestiona para no permitir que la máquina se vuelva a ensuciar. El tema de limpieza tiene un comienzo lento debido a que el operario del equipo o máquina no asume que es su deber o piensa que dicha limpieza la debe realizar el departamento de mantenimiento.

Una anomalía es una deficiencia, desorden, ligera irregularidad, defecto, falla, fisura o cualquier condición que pueda derivar en otros problemas.⁴

La buena práctica de la limpieza profunda deja al descubierto irregularidades ocultas para lo cual el operario experimenta que la limpieza es un método de inspección. Para llegar a este punto donde el operario comprenda lo que es o no es una anomalía, es necesario tener un entrenamiento sobre el tema.

Aumentar la fiabilidad del equipo estableciendo sus condiciones básicas es un tema primordial en el área de mantenimiento, corrigiendo tan pronto como se detecten las deficiencias menores tales como fallas, tolerancias excesivas, deformaciones, desgastes apresurados, se ha logrado un paso conmemorable en la metodología del mantenimiento autónomo. Las fallas serias o complejas, deben

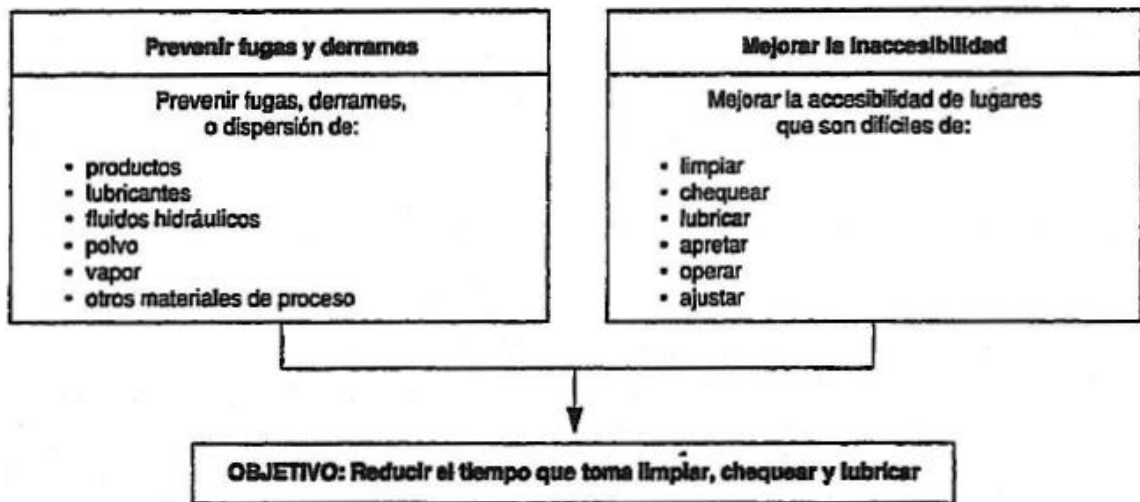
⁴ SUSUKI, Tocaturo. *TPM para industrias de proceso*. Madrid, España. 1995. Pag 105.

ser dejadas en manos de especialistas expertos en el tema o en el Departamento de Mantenimiento en su defecto.

2) Eliminar fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso:

El operario debe sentir la necesidad de hacer algo para que el equipo no se ensucie con frecuencia o a un nivel acelerado. En este paso el operador debe cuestionar sobre los modos o métodos de controlar las fuentes de contaminación para mantener las condiciones básicas del equipo como se menciona en el paso 1. El objetivo principal del paso 2 es minimizar el tiempo de limpieza, inspección y ajuste implementando dos tipos de mejora como se muestra en la siguiente figura:

Ilustración 6. Objetivos para fuentes de contaminación y lugares inaccesibles



Autor: SUSUKI, Tocutaro. TPM para industrias de proceso. TGP-HOSHIN S.L. (trad.). Marqués de Cubas, 25. Madrid, España. 1995.

3) Estandarizar (limpieza, ajustes y lubricación):

Garantizar el mantenimiento de las metas alcanzadas en los pasos 1 y 2 es el objetivo principal de la estandarización. Para lograr dicho objetivo los operarios

deben estandarizar los procedimientos de limpieza e inspección y asumir la responsabilidad y compromiso de mantener su propio equipo en condiciones óptimas de trabajo.

Incorporar al operador en la elaboración de los estándares de limpieza, ajustes y lubricación, es un tema necesario y eficaz, debido a que son ellos quienes van a interactuar con las maquinas o quienes seguirán al pie de la letra estos estándares. Un lenguaje sencillo y explícito ayudara a que el operador interprete en su totalidad esta herramienta evitando inconsistencias o ambigüedad en lo plasmado.

La clave para la realización exitosa de las tareas de limpieza, chequeo y lubricación es que sean fáciles de ejecutar correctamente por cualquier operador. La mejor forma de llegar a esta clave es con controles visuales. Estos medios visuales deben estar directamente sobre el equipo a controlar e indicar claramente y de forma sencilla las condiciones de operación, direcciones de rotación y otras informaciones importantes para la operación. Los siguientes son algunos ejemplos generales de dichos controles.

- ✓ Marcar cada unidad de equipo con su nombre y código para una identificación Inmediata.
- ✓ Poner marcas en tuercas y pernos indicando el nivel de ajuste para simplificar el chequeo verificando fácilmente si alguna esta floja.
- ✓ Señalar los rangos aceptables de operación en instrumentos (indicadores).
- ✓ Indicar los niveles de lubricante, tipos y cantidades para mejorar la mantenibilidad.
- ✓ Etiquetar las piezas rotativas de máquinas en las direcciones correctas de funcionamiento.
- ✓ Etiquetar los tubos con su contenido y con la dirección de flujo para mejorar la mantenibilidad, operabilidad y seguridad.

- ✓ Poner indicaciones (on-off) en válvulas y conmutadores para mejorar la mantenibilidad, operabilidad y seguridad.

Ilustración 7. Ejemplo de ajuste correcto de tuercas



Autor: SUSUKI, Tocutaro. TPM para industrias de proceso. TGP-HOSHIN S.L. (trad.). Marqués de Cubas, 25. Madrid, España. 1995.

4) Inspección general del equipo:

Los operadores de plantas industriales deben conocer a fondo los equipos y maquinas a las cuales operan.

La formación en inspección general tiene como meta dos objetivos primordiales. El primero de ellos es que cada operario adquiera las habilidades requeridas y el segundo es que se logren resultados tangibles mediante las inspecciones generales de todos los equipos.

En este paso es de gran ayuda los manuales de operación de las maquinas, suministrados por el fabricante o proveedor, los cuales ayudaran al operador a tener un conocimiento sobre el equipo. En este paso se logra realizar una inspección general donde se evidencien defectos menores para así ser corregidos inmediatamente y del mismo modo facilitar la tarea de inspección.

5) Inspección general del proceso:

Los cuatro primeros pasos del mantenimiento autónomo se enfocan en desarrollar operarios competentes en equipos y mejorar la fiabilidad de los mismos. Este paso se enfoca en el proceso en el cual está inmerso este equipo que el operador lleva en constante interacción.

El paso 5 del programa de mantenimiento autónomo tiene como finalidad establecer plantas seguras y con cero pérdidas y desperdicio. La fiabilidad operacional y la seguridad del equipo se aumentan formando a los operarios para convertirlos en competentes en procesos y operaciones, y en técnicas de inspección general.

Tabla 3. Elementos necesarios para los operarios competentes en procesos

Nivel 1 <ul style="list-style-type: none">• Comprender las funciones y los rendimientos de los procesos• Operación correcta de los procesos
Nivel 2 <ul style="list-style-type: none">• Comprender las propiedades de los materiales que se manejan• Realizar ajustes y montajes correctos
Nivel 3 <ul style="list-style-type: none">• Detectar pronto las anomalías• Tomar acciones de emergencia contra las anomalías
Nivel 4 <ul style="list-style-type: none">• Reconocer las señales de anomalía• Tratar correctamente las anomalías• Realizar correctamente chequeos generales periódicos y reemplazo de piezas

Autor: SUSUKI, Tocutaro. TPM para industrias de proceso. TGP-HOSHIN S.L. (trad.). Marqués de Cubas, 25. Madrid, España. 1995.

6) Sistematizar el mantenimiento:

La planta que completa los cinco primeros pasos del programa de mantenimiento autónomo, logra condiciones óptimas en el equipo y establece un sistema de

estándares que apoya esas condiciones. Los operarios competentes en equipos y procesos son capaces de detectar y prevenir las anomalías por anticipado a través de chequeos y operaciones apropiados. El paso 6 añade los toques de acabado al sistema de mantenimiento autónomo.

El objetivo principal del paso 6 es facilitar a los operarios para que realicen un mantenimiento autónomo profundo del proceso entero y que amplíen sus actividades al campo del mantenimiento de calidad. Las actividades que promueven esto incluyen la estandarización de los diversos elementos de control, la preparación de diagramas de flujo del proceso y manuales de mantenimiento de calidad, y profundizar en la comprensión de los operarios de la relación entre equipo y calidad. Los operarios descubren las fuentes de los defectos de calidad realizando inspecciones generales del mantenimiento de calidad, anotando observaciones en los diagramas de flujo del proceso y en diagramas estructurales simples de los equipos y gradualmente, crean un sistema que les permite detectar y rectificar pronto las anomalías que afectan a la calidad.⁵

7) Auto-gestión:

Este paso se enfoca en desarrollar metas para la compañía con respecto al mantenimiento autónomo y generar un compromiso con las actividades de mejora continua enfocando a un proceso recurrente.

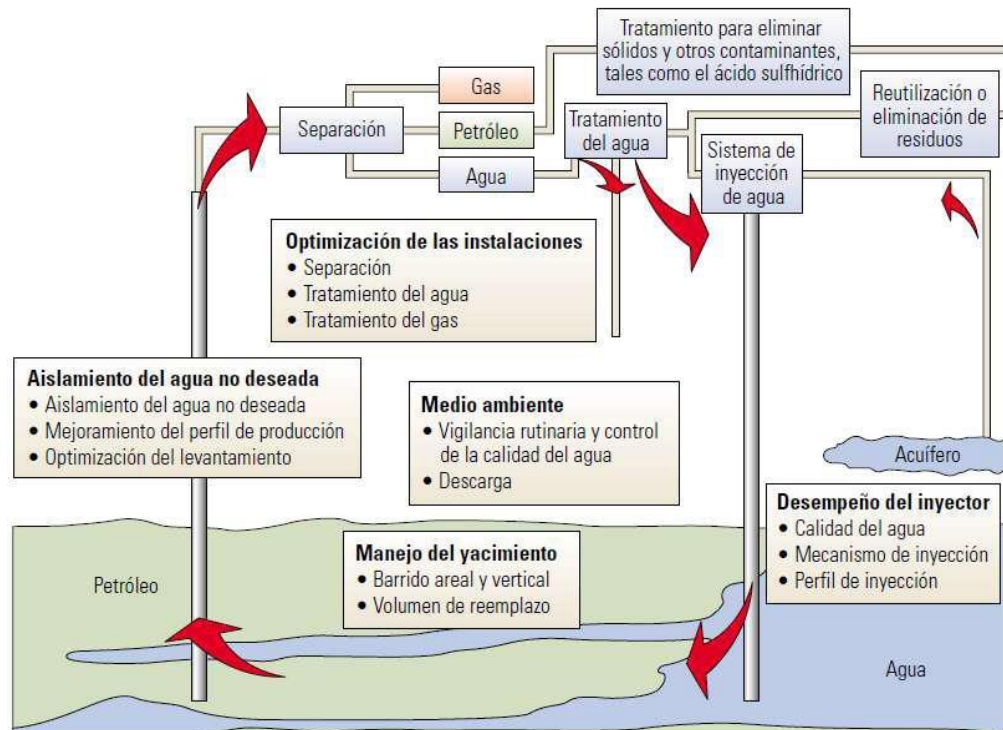
⁵ SUSUKI, Tocaturo. *TPM para industrias de proceso*. Madrid, España. 1995. Pag 131.

2. ANTECEDENTES

PGS S.A.S. es una empresa dedicada al diseño, construcción y puesta en marcha de equipos para el tratamiento de agua de producción (recovery-disposal) en la industria de hidrocarburos. Cuenta con variedad de equipos tales como celdas de flotación (IAF), filtros cáscara de nuez (FCN), separadores (CPI), Oil Skim Flotation (OSF®), entre otros.

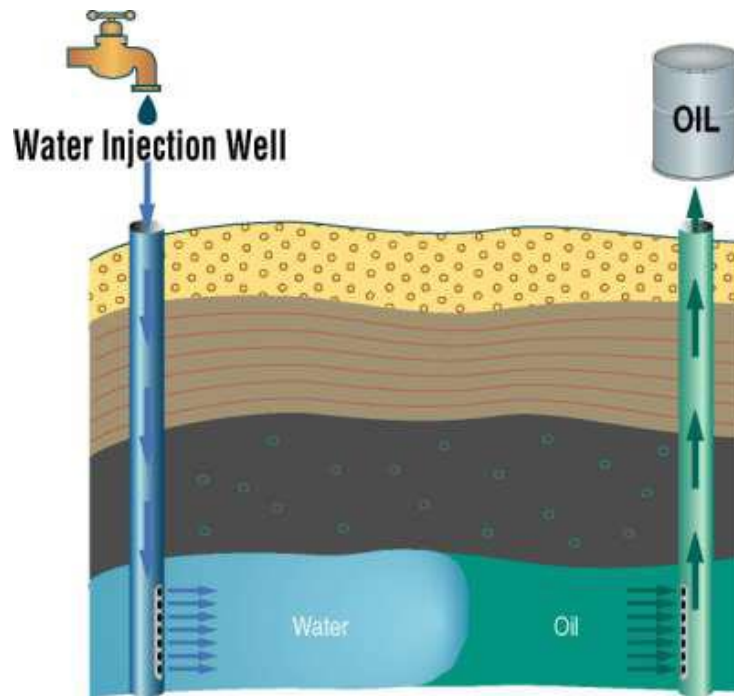
Los FCN son los encargados del tratamiento terciario del agua de producción en las facilidades de superficie. Además estos equipos realizan el tratamiento del agua de producción previa a la inyección, suministrando agua en parámetros aceptables de sólidos, turbiedad y aceites, según normativa ambiental, para ser inyectada de nuevo en el pozo inyector y así desplazar el crudo para su extracción por medio del pozo productor; repitiendo el proceso continuamente.

Ilustración 8. Complejidad de un sistema de agua en un campo petrolero



Fuente: Oil Field Review "control del agua", Schlumberger, verano del 2000

Ilustración 9. Diagrama básico de la influencia del agua en la extracción de crudo



Fuente: <http://netl.doe.gov>

El filtro cascara de nuez es un equipo crítico en el tratamiento de agua de producción por su vital importancia al suministrar agua para inyección. Las fallas presentadas en dicho equipo pueden ser diversas variando desde fallas de instrumentación y eléctricas hasta llegar a fallas mecánicas como daños en los tubos de ranura continua (encargados de retener el medio filtrante en el interior del filtro) o fallas en equipo rotativo como lo es la bomba de retrolavado del medio filtrante (bomba centrífuga de alto caudal tipo ANSI).

La participación del operador juega un factor muy importante en la detección de fallas y en el tiempo de ser reportadas y mitigadas. Actualmente las áreas de Mantenimiento y de Operación de facilidades se encuentran muy distanciadas y presentan falta de comunicación, lo que conlleva a demoras en los tiempos de reparación, omisión de las alertas de averías o fallas y sobre todo, a deficiencia en la producción.

Estos FCN actualmente no cuentan con una rutina o metodología de mantenimiento básico, teniendo como resultado un mantenimiento correctivo no planeado, llevando el equipo y sus componentes a fallas inesperadas afectando la confiabilidad del equipo y teniendo factores negativos en la producción.

Además el operador de facilidades, se encuentra muy aislado de la relación operador-equipos, dejando todas las actividades de inspección y detección de fallas a las cuadrillas de mantenimiento, excluyendo su valioso aporte en los aspectos metodológicos del mantenimiento autónomo. Al tener un distanciamiento del operador con las señales y alertas tempranas del equipo tenemos como resultado deficiencias que afectan finalmente el costo del mantenimiento.

Ilustración 10. Filtros Cascara de Nuez 15 kBWPD



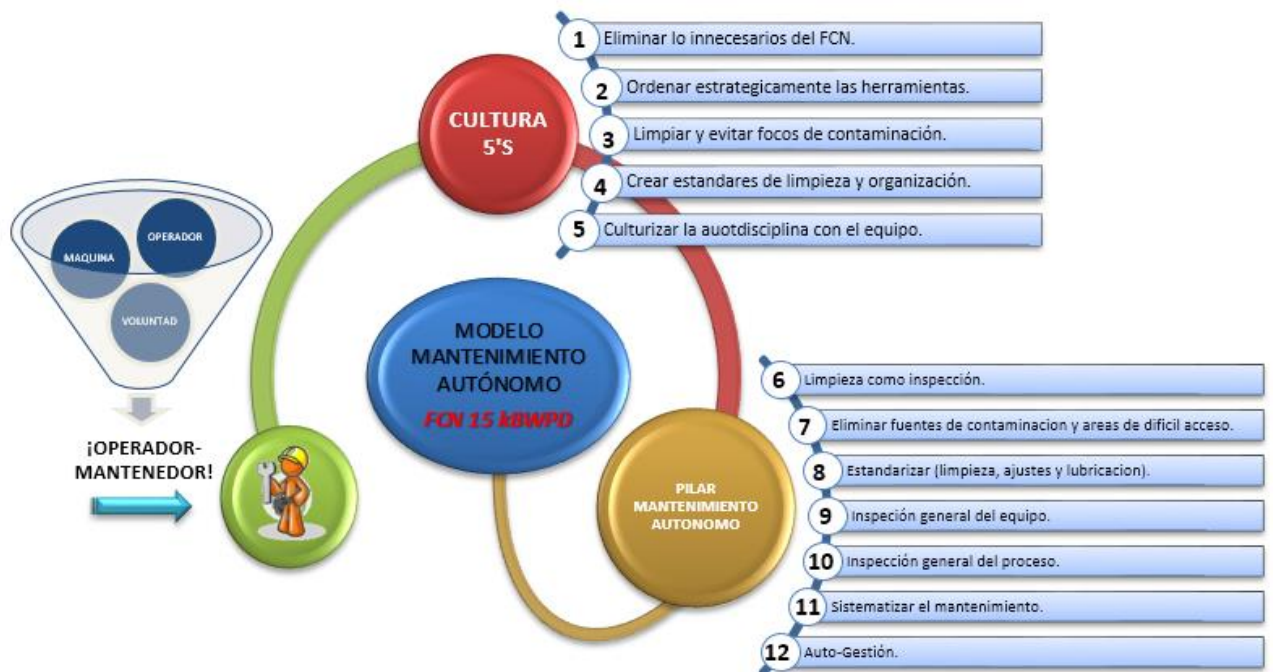
Fuente: PGS S.A.S.

3. METODOLOGÍA

La metodología para desarrollar el modelo de mantenimiento basado en el pilar de Mantenimiento Autónomo del TPM para Filtros Cascara de Nuez en facilidades de superficie en la Industria de Hidrocarburos consta de dos etapas fundamentales:

- **Etapla 1: Desarrollo e incorporación de la cultura de las 5'S.**
- **Etapla 2: Pasos secuenciales del mantenimiento Autónomo.**

Ilustración 11. Metodología modelo de mantenimiento autónomo FCN 15 kBWPD



Antes de involucrar las dos etapas fundamentales se analizó el entorno laboral, evaluando tres aspectos primordiales como condiciones iniciales para el desarrollo de esta metodología de mantenimiento; la Máquina, el Operador y sobre todo la voluntad del trabajador.

La Máquina, que en este caso es el Filtro Cascara de Nuez 15 KBWPD, representa un activo fijo para la compañía, un activo de gran valor, en el cual se debe prolongar su vida útil como objetivo principal del mantenimiento, para a su vez, extraer al máximo su eficiencia en el proceso de producción de hidrocarburos.

El operador con ayuda de esta metodología debe ser consiente que por medio de él la maquina efectúa sus labores, y es el principal intermediario entre la máquina y el departamento de mantenimiento. El operador al estar en constante interacción con la máquina, es la pieza clave para el desarrollo del mantenimiento autónomo en un equipo. Esta persona fundamentalmente será la encargada de ejecutar a la perfección todos los pasos a seguir para lograr la autonomía en el mantenimiento, llegando a ser parte indispensable del departamento de mantenimiento de la compañía.

La voluntad, se podría decir que es el tema más importante al implementar esta metodología. Tanto los operadores del Filtro, como el personal completo de mantenimiento deben estar en disposición a ayudar a que el modelo de mantenimiento se fortalezca. Según Albert Einstein “Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad.”, esto nos deja en evidencia que el operador con voluntad, capacitación y dedicación puede llegar a ser el Operador-Mantenedor que busca el modelo de Mantenimiento Autónomo para el Filtro 15 KBWPD.

3.1. ETAPA 1: DESARROLLO E INCORPORACIÓN DE LA CULTURA DE LAS 5'S

Esta etapa inicial que da como partida a la metodología de mantenimiento autónomo para FCN 15 KBWPD, es la educación inicial y constante que tendrá el operador para soportar y lograr a feliz término todos los pasos del mantenimiento autónomo.

El amplio tema de la cultura de las 5's es un factor donde la voluntad y la sinceridad del operador es la clave del éxito, para entender, aplicar y apoderarse de cada una de las acciones que representan esta cultura japonesa.

Introducir en un entorno laboral una cultura nueva y extraña para algunos, es un tema complicado, fácil de promover pero difícil de poner en práctica. El cambio de cultura lleva consigo enfrentamientos, discordias y restricción al cambio. Por tal motivo el desarrollo de la cultura de las 5's será un proceso secuencial y lúdico, en el cual el operador mismo evidenciará la necesidad de implementar esta cultura tanto para su entorno laboral como para su vida en general.

La cultura de las 5's en el entorno laboral de operación del FCN 15KBWPD lograra el colchón ideal o el preámbulo óptimo para dar inicio a los pasos técnicos del Mantenimiento Autónomo.

Las fronteras de este paso estarán enfocadas netamente en el área de trabajo de los FCN 15KBWPD correspondientes al sistema de tratamiento de agua de producción.

3.1.1. SEIRI (eliminar lo innecesario): En las áreas de los Filtros Cascara de Nuez 15KBWPD se encuentran diversidad de herramientas, repuestos, materiales, objetos personales y otros elementos innecesarios para la óptima operación del equipo. Estos elementos son dejados tanto por los operadores de dichos equipos, como por los trabajadores en general de la planta. Aproximadamente 50% de los elementos que ocupan espacio en el área de los Filtros, no son necesarios para la operación.

El objetivo de esta actividad es concientizar que el operador elimine elementos que no se requieren en la operación diaria del equipo. Introducir un cambio de mentalidad la cual consista en hacer jornadas de desplazamiento de materiales

innecesarios a sus respectivos lugares; los repuestos direccionarlos a bodega, las herramientas que no sean de uso continuo llevarlas a taller y del mismo modo para todos los elementos innecesarios que ocupen espacio en el área de operación de los Filtros.

Ilustración 12. Repuestos presentes en el área de operación de los FCN.



Fuente: PGS S.A.S.

Ilustración 13. Equipos innecesarios para la operación



Fuente: PGS S.A.S.

3.1.2. SEITON (un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar): Luego de realizar una clasificación de lo que es vital para la operación y cuales cosas son innecesarias, se procede a dar un orden estratégico a los elementos que si son necesarios para la operación. Elementos tales como herramientas de uso diario, instrumentos y demás.

Con el caso de las herramientas una buena técnica es tener todas las herramientas colgadas en un tablero con su silueta marcada para identificar que herramienta va en cada lugar y además identificar cuando una herramienta no está en su lugar.

Ilustración 14. Ejemplo de organización de herramientas



Fuente: http://contenidos.educarex.es/mci/2009/43/TEMA1/organizacin_de_herramientas.html

Las herramientas son un activo de gran valor para la compañía, y los operadores deben cuidarlas y no dejarlas tiradas en sitios donde afectan al orden de la planta y que puedan ocasionar accidentes. La eficiencia de las herramientas está en su cuidado y utilización.

3.1.3. SEISO (más que limpiar): En diversas zonas del Filtro cascara de nuez hay focos de contaminación. Una de las zonas con mayor suciedad son las boquillas de cambio de aceite de la bomba centrífuga tipo ANSI (bomba encargada de realizar el retrolavado del filtro) y boquilla de ingreso de aceite a la misma bomba.

Estas zonas generan focos de contaminación donde en ocasiones el técnico de mantenimiento no tiene el cuidado necesario de evitar derrames al realizar estas dos actividades y deja derramar aceite, lo cual, ocasiona que el polvo y las suciedades del ambiente se impregnen y eviten una adecuada inspección del equipo y ocasionen un deterioro evitando el aumentando de la Efectividad Global del Equipo.

Para este caso en específico se propone realizar una práctica de cambio de aceite estandarizada y regida con un paso a paso para evitar el derrame de lubricante, el cual es el foco de contaminación más alto presente en el filtro.⁶

Debemos tomar como regla universal de limpieza y aseo: “la zona debe quedar igual o en mejores condiciones de cómo se encontraba al inicio de la actividad”. Partiendo de esta regla, al momento del técnico de mantenimiento realizar la actividad encontrara el equipo limpio, y después de realizar su debido cambio de aceite, el equipo debe quedar en iguales o mejores condiciones de cómo se encontraba al inicio, así se garantiza la conservación de la zona limpia.

⁶ La elaboración de los procedimientos recomendados no está en el alcance de la monografía, para lo cual se recomienda como un trabajo complementario a esta tesis.

Ilustración 15. Zona de presencia de suciedad, bomba retrolavado.

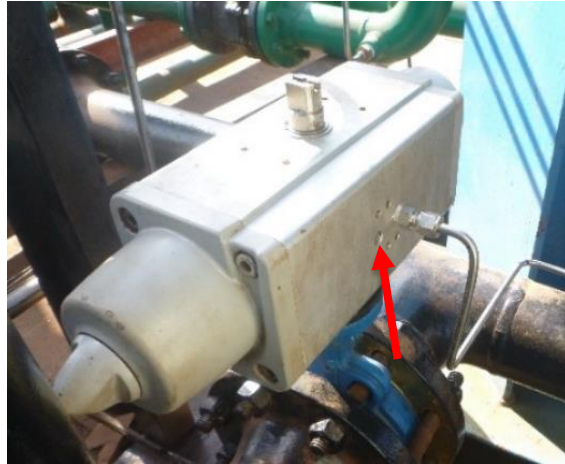


Fuente: PGS S.A.S.

Otros elementos del Filtro donde se encuentran focos de contaminación que afectan con el buen funcionamiento del sistema, son los actuadores neumáticos de las válvulas de proceso del equipo. El equipo se encuentra a la intemperie y su ubicación geográfica, las llanuras del departamento del Meta, afectan ya que hay una constante brisa la cual lleva una gran cantidad de polvo de tierra y demás contaminantes abrasivos.

Los actuadores neumáticos con el tiempo iban perdiendo su filtro-silenciador, por motivos de desmantelamiento curioso de las personas o simplemente como repuesto para demás equipos en la planta. Este elemento evita que ingresen partículas de polvo a la recámara de accionamiento neumático.

Ilustración 16. Actuador sin su respectivo filtro-silenciador



Fuente: PGS S.A.S.

Al ingresar polvo a la recamara neumática de los actuadores, generaban una superficie abrasiva entre el movimiento relativo del pistón y el bloque. Esto ocasionaba apertura discontinua y mal funcionamiento de las válvulas de proceso. Este problema es crítico, debido a que por el mal funcionamiento de las válvulas de proceso el Filtro ocasionaba golpe de Ariete en sus tuberías, generando sobrepresiones que afectan la integridad del activo.

Ilustración 17. Suciedad en la recamara neumática de los actuadores.



Fuente: PGS S.A.S.

Ilustración 18. Suciedad en el pistón del actuador neumático.



Fuente: PGS S.A.S.

3.1.4. SEIKETSU (estandarizar): Luego de exponer las tres primeras S de la cultura japonesa aplicadas al FCN 15KBWPD, debemos conservar en función del tiempo estas tareas de limpieza, orden e inspección y volverlas innatas en cada operador, que perduren con el tiempo.

La estandarización de protocolos, procedimientos o rutinas es fundamental para así evitar que el operador por cuestión propia omita pasos o intente hacer pasos indebidos o que no sean eficientes al momento de la operación.

Estos procedimientos o protocolos deben ser de “nosotros” para “nosotros”. El operador debe tener un aporte significativo en la creación de dichas ayudas prácticas para realizar un estándar en actividades. El lenguaje común y la fácil interpretación deben ser prioridad en estos documentos.

Con estas herramientas didácticas de estandarización se busca reducir el tiempo de intervención del equipo y ser eficientes en el recurso humano, de cada operador.⁷

Si un procedimiento o protocolo no está siendo eficiente debe ser reevaluado y estudiado para percibir la causa de su baja eficiencia y así rediseñarlo para llegar a obtener el objetivo que se espera.

3.1.5. SHITSUKE (disciplina de la organización, orden, limpieza y estandarización): Partiendo de la famosa frase japonesa “la disciplina algún día superara a la inteligencia”, se logra incentivar y culturizar a los operadores a mantener una rutina voluntaria y una gestión constante con las actividades de clasificación, orden, limpieza y estandarización.

Este proceso de implementar las 5'S en el entorno de un equipo, conlleva un desarrollo constante y recurrente, el cual nunca llega a un fin o a una cúspide; este proceso siempre tendrá mejoras o actividades nuevas que se incorporarán al entorno del equipo, pero teniendo disciplina, la quinta S en mención, se obtendrán resultados más eficientes y favorables para la operación y para la compañía.

Se propone implementar recorridos de gestión de 5'S en las cuales el líder del recorrido haga una inspección del cumplimiento de cada S del programa para así detectar oportunidades de mejoras o deficiencias, y poder combatir desde otro punto de vista los hallazgos que resulten.

Al realizar estos recorridos se debe generar un informe donde se socialicen todos los hallazgos presentes en el área de los filtros y en un próximo recorrido se

⁷ La elaboración de los procedimientos recomendados no está en el alcance de la monografía, para lo cual se recomienda como un trabajo complementario a esta tesis.

evidencie el cierre de dichos hallazgos y así tener una gestión constante de perdurar la cultura de las 5'S en el equipo.

3.2. ETAPA 2: PASOS SECUENCIALES DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

El mantenimiento autónomo tiene sus bases fundamentales en la cultura de las 5'S; haciendo un preámbulo necesario e importante para el desarrollo de este pilar fundamental en el TPM.

Los pasos secuenciales y recurrentes del mantenimiento autónomo comparten conceptos y actividades técnicas al igual que cada una de las S descritas en el capítulo anterior.

3.2.1. Limpieza como inspección: En este paso inicial, se educará y se promoverá la participación indispensable del operador. Se desea que el operador diariamente al desarrollar las actividades de producción tales como encendido del equipo; toma de muestras para monitorear la calidad de agua e inspección de variables, pase del concepto técnico operacional al concepto de limpieza técnica.

Al realizar estas actividades el operador debe realizar limpieza constante para detección de fallas, anomalías o funcionamientos extraños del equipo, informando al área de mantenimiento para lograr atacar lo más pronto posible estos hallazgos y evitar fallas que puedan afectar la integridad del equipo.

Para desarrollar este paso el operador debe tener las herramientas necesarias para que en su recorrido rutinario del equipo, pueda realizar su respectiva limpieza de la mejor manera. Como el fluido de proceso del filtro cascara de nuez es agua con trazas de crudo, es indispensable contar con un desengrasante

biodegradable, para así, utilizarlo como disolvente de grasa logrando una limpieza más eficiente y optima del activo, y así ser amigable al medio ambiente.

El petróleo crudo por sus características fisicoquímicas oculta muchas averías en el lugar donde este alojado, por eso hay que combatir todas las áreas donde haya presencia de este fluido.

3.2.2. Eliminar fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso: Al volver rutinaria la limpieza como inspección, se hace necesario no caer en la costumbre de gastar la mayoría de tiempo haciendo limpieza. Es en este preciso momento es donde el segundo paso hace importancia.

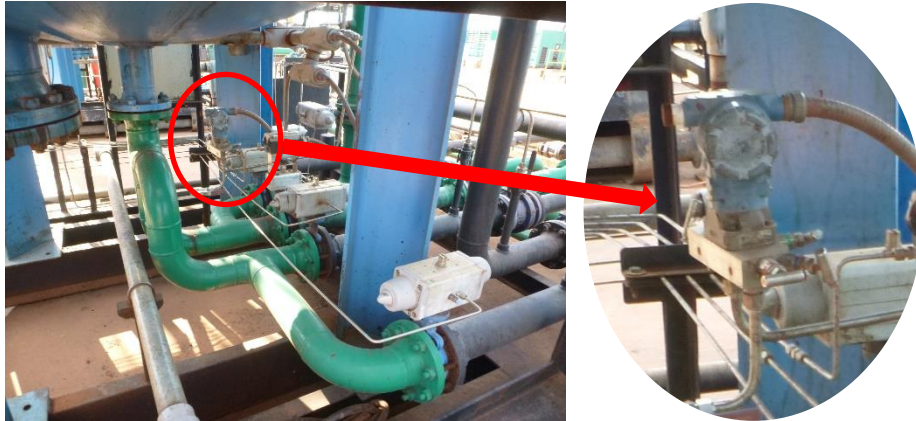
Eliminar fuentes de contaminación es útil y eficiente ya que el operador combatirá las áreas donde identifique focos de suciedad y contaminación, mitigando este aspecto. Si no se ataca estos focos, el operador se convertirá en una persona que se dedicará a limpiar una suciedad que se regenera con el tiempo porque no se combate la causa principal de dicha suciedad.

Para combatir las fuentes de contaminación es necesario percibir, el por qué, de la contaminación. En muchos casos las fuentes de contaminación son fugas de fluidos, o derrames que en su momento no se gestionó su limpieza.

En el filtro se evidencian muchas áreas de difícil acceso, lo cual dificulta el monitoreo de variables y la inspección general del equipo. El DPIT (sensor diferencial de presión) es un instrumento electrónico, el cual indica al operador el nivel de saturación del medio filtrante para determinar en qué momento realizar retrolavado. La ubicación de este instrumento está en la parte inferior del tanque. Este lugar es de difícil acceso para inspeccionar dichas variables y además hay que tener en cuenta que el tanque tiene como fluido de proceso agua de

producción a una temperatura aproximada de 70°C, lo que hace inherente la radiación de alta temperatura para esta zona, volviendo tediosa esta actividad.

Ilustración 19. Sensor DPIT



Fuente: PGS S.A.S.

Se propone trasladar este instrumento al lado del gabinete de control del filtro para tener mejor acceso y eliminar este lugar de difícil acceso e inspección. Esta actividad consiste en extender las conexiones de proceso del instrumento (tubing de 1/2”) ubicándolo en el lugar propuesto.

Ilustración 20. Posición sugerida para DPIT



Fuente: PGS S.A.S.

3.2.3. Estandarizar (limpieza, ajustes y lubricación): En este paso del mantenimiento autónomo es necesario estandarizar todas las actividades o inspecciones que tengan el riesgo de ser interpretadas o ejecutadas por diferentes formas por parte del operador.

El filtro como equipo presenta, en diferentes zonas elementos de mediciones tales como manómetros, los cuales nos indican la presión del fluido en la parte donde están instalados. Se propone demarcar las zonas de presión normal con color verde y la zona de sobre presión con color rojo en el manómetro, para tener un estándar de lectura y operación, como a su vez un indicador visual de la variable. El filtro en la etapa de filtración normal presenta una presión máxima de 80 Psi.

Ilustración 21. Indicadores visuales en manómetro del fluido de proceso



Fuente: PGS S.A.S.

Esta presión se debe ajustar según la presión de salida de las celdas de flotación, afluente del filtro.

3.2.4. Inspección general del equipo: Para el operador y para la eficacia del mantenimiento autónomo es de mucha importancia que se realicen inspecciones generales del filtro, logrando como resultado un diagnóstico recurrente del estado del equipo y así poder detectar anomalías y fallas tempranas con ayuda del operador mantenedor.


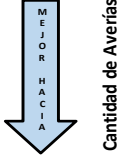
Las herramientas básicas y principales que debe tener el operador para percibir anomalías en un proceso de inspección del equipo, son sus propios sentidos (tacto, olfato, visión y oído). Por medio de los sentidos el operador puede inspeccionar y diagnosticar las anomalías que presenta el filtro informando en un tiempo prudencial al área de mantenimiento sobre este tema.

Para facilitar esta actividad de inspección se hace necesario crear una lista de verificación o “check list” en la cual con ayuda de la estandarización del paso anterior podemos clasificar y cuantificar los elementos y componentes a los cuales el operador debe ir directamente a inspeccionar para registrar la anomalía o falla que presenta. Esta actividad debe ser recurrente y periódica para así tener un historial y medir la eficacia de esta actividad de inspección a corto plazo.

Para lograr mejores resultados se propone realizar este documento a diario, registrando todo lo sucedido y lo observado durante los turnos de operación.

A continuación, se muestra un modelo de formato para el registro de fallas en el cual se evidencia cada sistema del filtro con sus componentes para que el operador mantenedor realice su registro de fallas diarias y a su vez grafique en la zona superior el comportamiento semanal de estas fallas realizando una herramienta de gestión visual.

Tabla 4. Formato registro de fallas

		REGISTRO DE FALLAS FCN 15KBWPD							OBSERVACIONES
		Grafico de gestión visual (sombrear hasta el numero de fallas presentadas por día)							
	20								
	19								
	18								
	17								
	16								
	15								
	14								
	13								
	12								
	11								
	10								
	9								
8									
7									
6									
5									
4									
3									
2									
1									
Meta Mensual									
Semana:		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Total									
Sistemas del Filtro		Fallas presentadas (colocar el numero de fallas correspondiente al sistema y componente)							Componentes
Eléctrico									
Instrumentación y control								Motor Bomba centrifuga	
								Acometida 440 v	
								Tableros eléctricos de potencia	
								Cableado interno filtro	
								Otro? Cual	
								Transmisor de presión	
Mecánico								Manómetros	
								Sensor diferencial de presión	
								Flujo metro	
								PLC	
								Sensor diferencial de presión	
								Tablero eléctrico de control	
Neumático								HMI	
								Otro? Cual	
								Bomba centrifuga tipo ANSI	
								válvulas de mariposa tipo wafer	
								válvulas de bola manual	
								válvulas de compuerta	
							Filtros ranurados		
								Tanque	
								Estructura	
								Tuberías	
								Otro? Cual	
								Actuadores	
								Reguladores de presión	
								Silenciadores	
								Racores	
								Tubería tubing	
								Unidad de mantenimiento	
								Electroválvulas	
								Otro? Cual	

3.2.5. Inspección general del proceso: Las variables generales del proceso de filtración son muy relevantes al momento de evaluar o analizar una falla en los componentes del filtro.

El filtro en su funcionamiento habitual presenta las siguientes variables de proceso:

- Presión del afluente - entrada [Psi]

- Presión del efluente - salida [Psi]
- Diferencial de presión (afluente y efluente) [Psi]
- Presión descarga bomba centrífuga de retrolavado [Psi]
- Flujo de entrada [m^3/s]
- Flujo de salida [m^3/s]
- Temperatura afluente [°C]
- Temperatura efluente [°C]
- Presión sistema neumático [Psi]
- Parámetros del efluente (agua filtrada) *:
 - ❖ TSS (Solidos suspendidos) [PPM]
 - ❖ Turbidez [NTU]
 - ❖ O/W (aceites en agua) [PPM]

*Los parámetros del efluente son obtenidos en el laboratorio.

A continuación, se muestra un modelo de formato para el registro de variables de proceso del filtro en el cual se evidencia cada sistema del filtro con sus variables, para que el operador mantenedor realice el registro diarias de variables y a su vez grafique en la zona superior la variable de presión del afluente (entrada), la cual es la variable critica en el proceso de filtración.

Con este formato obtenemos una herramienta de gestión visual, en la cual podemos visualizar el comportamiento de cada variable y ver gráficamente la presión de entrada. Además, se logra tener un registro semanal de los valores de las variables para un posterior análisis según lo requiera.

Tabla 5. Formato registro de variables de proceso

	REGISTRO VARIABLES DE PROCESO FCN 15KBWPD							OBSERVACIONES
	Grafico de gestión visual (sombrear hasta el valor de presión de afluente registrado)							
Presión afluente [Psi]	100							
	95							
	90							
	85							
	80							
	75							
	70							
	65							
	60							
	55							
	50							
	45							
	40							
	35							
	30							
	25							
	20							
15								
10								
5								
0								
Semana:	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Sistemas del Filtro	Variables (colocar el valor de la variable registrada)							Variable
Afluente								Presión [Psi]
								Flujo [m ³ /s]
								Temperatura [°C]
Efluente								Presión [Psi]
								Flujo [m ³ /s]
								Temperatura [°C]
Sistema neumático								Presión [Psi]
Parámetros del afluente								TSS (Solidos suspendidos) [PPM]
								Turbidez [NTU]
								O/W (aceites en agua) [PPM]

3.2.6. Sistematizar el mantenimiento: Para lograr una administración óptima del mantenimiento se recomienda sistematizar el mantenimiento por medio de una herramienta de software para así tener un mayor seguimiento y control de las actividades, tiempos y recursos del mantenimiento.

En el mercado industrial relacionado con software de administración de mantenimiento (CMMS), se encuentran variedad de programas como son el AM, Infomante, Ellipse (software de Ecopetrol) hasta llegar al famoso SAP.

Sin embargo para la compañía es de aprobación gerencial tomar la inversión de un software de estas magnitudes, no obstante un avance inicial para lograr este paso del mantenimiento autónomo es documentar y llevar seguimiento por medio de hojas de datos en Excel y así tener un control de las actividades y ordenes de trabajo desarrolladas para el Filtro Cascara de Nuez.

3.2.7. Auto-gestión: Para desarrollar esta etapa del mantenimiento autónomo se propone el método de tarjetas rojas y tarjetas azules las cuales serán diligenciadas por el operador con el objetivo de realizar una gestión visual y documental de las fallas.

Las tarjetas rojas tendrán como destinatario el personal del departamento de mantenimiento, las cuales serán actividades complejas que se ejecuten solamente por técnicos especializados, ya sean temas de programación y control, cambio de rodamientos, cambio de sellos entre otras inherentes al mantenimiento industrial.

Las tarjetas azules corresponden a las actividades que el operador mantenedor pueda realizar logrando una gestión de autodisciplina.

Cada tarjeta tendrá información específica y clara del equipo en este caso el filtro, para hacer más fácil su interpretación y solución.

Ilustración 22. Propuesta de tarjetas rojas y azules TPM



Fuente: <http://es.slideshare.net/HighWilliam/charla-uso-tarjetas-tpm-op>

3.3. CICLO CAPD APLICADO AL FCN 15KBWPD

Basados en la teoría del ciclo CAPD se desea proponer para el Filtro Cascara de Nuez 15KBWPD un ciclo específico el cual establezca las etapas estratégicas del ciclo CAPD del Mantenimiento Autónomo, para estandarizar, procedimiento y protocolos de las actividades de limpieza, de inspección, de procesos, de regulación de gestión, de programación de la gestión, para el activo.

Ilustración 23. Ciclo CAPD



A continuación se describe el cuadro y diagrama de flujo de las actividades estratégicas del ciclo CAPD aplicadas al FCN 15kBWPD para lograr el mantenimiento autónomo eficaz.

Tabla 6. Ciclo CAPD aplicado al FCN 15kBWPD

PASO	Actividades a realizar al FCN 15kBWPD	Ciclo
1: Realizar la limpieza inicial	Se debe realizar la limpieza general del equipo periódicamente, logrando una inspección paralela a la limpieza y documentando los hallazgos por medio de tarjetas TPM.	C
2: Eliminar las fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso	Se deben eliminar las fuentes de contaminación detectadas en el filtro y realizar un rediseño eficaz para eliminar los lugares de difícil acceso.	A
3: Establecer estándares de limpieza e inspección	Se deben establecer y seguir rigurosamente los estándares de limpieza del filtro para estandarizar todas las actividades relacionadas con el equipo y lograr una eficiencia en las actividades.	P, D
4: Realizar inspecciones generales periódicas del Filtro	Realizar la inspección general del filtro realizando el ciclo desde el paso 1.	CAPD
5: Inspección general del proceso de filtración de agua de producción	Realizar la inspección general del proceso de filtración desde el paso 1.	CAPD
6: Sistematizar el mantenimiento autónomo	Realizar actividades recurrentes desde el paso 1.	CAPD ²
7: Practicar la Auto-gestión	Realizar actividades recurrentes desde el paso 1.	CAPD ²

3.4. MODELO DE GESTIÓN MAESTRO

Para la implementación del modelo de gestión maestro de mantenimiento autónomo aplicado a los filtros cascara de nuez en la industria de hidrocarburos es

necesario proponer un plan maestro donde se evidencien las etapas del proceso y se cuantifique en función del tiempo su avance y cumplimiento.

A continuación, se propone el plan maestro profundizando en las etapas 0 y 1, como inicio al pilar.

Este plan consta de un seguimiento por semana realizando un paralelo entre lo planeado y lo ejecutado para un mayor seguimiento de su vital cumplimiento partiendo desde la semana 1 hasta la 48 culminando con la etapa 1 de limpieza como inspección.

4. CONCLUSIONES

- Con esta monografía se puede concluir la vital importancia del operador-mantenedor en un proceso de producción, el cual dicho operador será pieza clave en la estructura de mantenimiento del activo, arrojando indicadores de gestión favorables.
- El mantenimiento autónomo es una cultura la cual el operador-mantenedor debe tener total voluntad para seguir y cumplir con todas las actividades de forma sincera y eficaz. Sin la voluntad del personal se hace muy tedioso desarrollar esta metodología.
- La implementación y mejora continua del proceso de mantenimiento autónomo deja como resultado favorable la estandarización de actividades y la reducción de fallas, como a su vez la reducción del tiempo de intervención del activo, logrando valores favorables para el MTBF y MTTR.
- Implementar la cultura de las 5'S en un activo deja como resultado la conservaciones del equipo evitando el deterioro acelerado y teniéndolo en condiciones básicas para operación, aumentando la mantenibilidad del mismo.
- Las herramientas básicas e innatas para el operador-mantenedor en una metodología de mantenimiento autónomo son sus propios sentidos, los cuales serán el canal de comunicación entre la máquina y el operador, para así, si se detectan anomalías informar y corregirlas en el menor tiempo posible y evitar fallas catastróficas.

BIBLIOGRAFÍA

ARENAS, Yuribeth. Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento autónomo en la línea de mecanizado juntas fijas para Dana Transejes Colombia. 2011.

CUELLAR, Jhorn J. BELTRAN, Fabio A. MORENO V, Sonia J. Modelo para el proceso de mejoramiento de planes de mantenimiento basado en la metodología RCM para equipos críticos de facilidades de superficie en campos petroleros en tierra firme. 2009

GARCÍA GARRIDO, Santiago. Ingeniería de mantenimiento: Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial. Renovetec. 2009. Disponible en: <http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf>

GARCÍA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. Ediciones Diaz de Santos S.A. ISBN: 978-84-7978-548-2. 2010

HERNANDEZ M, Carlos E. Modelo estratégico de implementación de RCM en filtros de inyección de agua de servicios petroleros. 2009

MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en confiabilidad (Reliability-centered Maintenance) II. Ellmann, Sueiro y Asociado (trad.) Buenos Aires, Argentina – Madrid, España. II, Aladon LLC, USA - 2004.


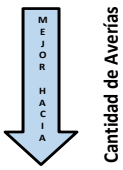
PUERTO Julian, RINCON Wilson. Implementación del programa 5s y desarrollo de la metodología para mantenimiento autónomo en la zona de corte de lámina de la planta de autopista sur del consorcio metalúrgico nacional colmena ltda. 2014.

RINCON, Daniel, RIVERA, Martin. Implementación del mantenimiento autónomo para la cervecería Bavaria en el área de servicios industriales. 2014.

SUSUKI, Tōcutaro. TPM para industrias de proceso. TGP-HOSHIN S.L. (trad.).
Marqués de Cubas, 25. Madrid, España. 1995.

ANEXOS

Anexo A. Formato registro de fallas

		REGISTRO DE FALLAS FCN 15KBWPD							OBSERVACIONES
		Grafico de gestión visual (sombrear hasta el numero de fallas presentadas por día)							
	20								
	19								
	18								
	17								
	16								
	15								
	14								
	13								
	12								
	11								
10									
9									
8									
7									
6									
5									
META MENSUAL	4								
	3								
	2								
	1								
Semana:		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Total									
Sistemas del Filtro		Fallas presentadas							Componentes
		(colocar el numero de fallas correspondiente al sistema y componente)							
Eléctrico									Motor Bomba centrifuga
									Acometida 440 v
									Tableros eléctricos de potencia
									Cableado interno filtro
									Otro? Cual
Instrumentación y control									Transmisor de presión
									Manómetros
									Sensor diferencial de presión
									Flujo metro
									PLC
									Sensor diferencial de presión
									Tablero eléctrico de control
Mecánico									HMI
									Otro? Cual
									Bomba centrifuga tipo ANSI
									válvulas de mariposa tipo wafer
									válvulas de bola manual
									válvulas de compuerta
									Filtros ranurados
									Tanque
Neumático									Estructura
									Tuberías
									Otro? Cual
									Actuadores
									Reguladores de presión
									Silenciadores
									Racores
								Tubería tubing	
								Unidad de mantenimiento	
								Electroválvulas	
								Otro? Cual	

Anexo B. Formato registro de variables de proceso

	REGISTRO VARIABLES DE PROCESO FCN 15KBWPD							OBSERVACIONES
	Grafico de gestión visual <small>(sombrear hasta el valor de presión de afluente registrado)</small>							
Presion afluente [Psi]	100							
	95							
	90							
	85							
	80							
	75							
	70							
	65							
	60							
	55							
	50							
	45							
	40							
	35							
30								
25								
20								
15								
10								
5								
0								
Semana:	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Sistemas del Filtro	VARIABLES <small>(colocar el valor de la variable registrada)</small>							Variable
Afluente								Presión [Psi]
								Flujo [m ³ /s]
								Temperatura [°C]
Efluente								Presión [Psi]
								Flujo [m ³ /s]
								Temperatura [°C]
Sistema neumático								Presión [Psi]
Parámetros del afluente								TSS (Solidos suspendidos) [PPM]
								Turbidez [NTU]
								O/W (aceites en agua) [PPM]