

**Guía para la optimización del proceso de compras del Departamento de
Mantenimiento Occidente de la Gerencia de Poliductos de la Vicepresidencia de
Transporte de Ecopetrol S.A.**

Luis Robinson Luna Flórez

Antonio Sánchez Perdomo

**Trabajo de grado para optar el título de
Maestría en Administración**

Director de trabajo de grado:

Dr. Andrés López Astudillo

Universidad ICESI

Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas

Santiago de Cali, Abril 2011

CONTENIDO

	Pág.
1. RESUMEN	5
2. PALABRAS CLAVES	7
3. INTRODUCCION	8
4. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	10
4.1. DELIMITACION DEL PROBLEMA	10
4.2. FORMULACION DEL PROBLEMA	10
5. FUNDAMENTOS TEORICOS	21
5.1. DIFUSION DEL TPM	21
5.2. TPM COMO ESTRATEGIA	23
5.3. SOFTWARE PARA TPM EN SOLUCIONES ERP	24

5.4. DISCIPLINA OPERATIVA	25
5.5. LIDERAZGO	26
6. PROPUESTA DE SOLUCION E IMPLEMENTACION	27
6.1. MEJORA PARA LA CATALOGACION DE COMPONENTES: EJECUCION DE PLAN DE RECONOCIMIENTO EN EL AREA DE MANTENIMIENTO	30
6.1.1. Determinación de componentes pendientes por catalogación	31
6.1.2. Asignación de presupuesto para la implementación de plan bonificación	33
6.2. PROCESOS DEL ADMINISTRADOR DE INVENTARIOS (ADIN)	36
6.2.1. Revisión del procedimiento: ecp-dab-p-10 procedimiento para reposición de inventario de materiales jul. 2006.	38
6.2.2. Revisión del procedimiento: ecp-dab-p-16 procedimiento para optimización de inventarios de materiales jul. 2006	38
6.2.3. Revisión del procedimiento: ecp-gea-p-15 procedimiento de administración de bodega de materiales jul. 2006	39
6.2.4. Recomendaciones generales de acuerdo a los procedimientos del administrador de inventarios	40
6.3. EL PROCESO DE COMPRAS	42
6.3.1. Análisis del informe de compras fallidas durante el 2010	44

6.3.2. Propuesta de mejora para el proceso de compras y la interacción con la dirección de abastecimiento	46
7. LIMITACIONES Y RESTRICCIONES	48
8. CONCLUSIONES	49
9. RECOMENDACIONES	51
10. BIBLIOGRAFIA	52

1. RESUMEN

En el presente proyecto se revisan los aspectos que están impactando administrativa y económicamente la gestión del departamento de Mantenimiento Occidente de la Gerencia de Poliducto de la Vicepresidencia de transporte de Ecopetrol S.A. en sus procesos de compra.

La gestión de mantenimiento requiere de insumos para la realización de sus actividades; cuando no hay oportunidad en los suministros se genera reproceso que afecta la confiabilidad de la operación, generan sobrecostos a los procesos de mantenimiento y pérdidas en la ejecución del presupuesto asignado por no hacer un uso efectivo del recurso. El proceso de suministro para Ecopetrol se realiza utilizando dos herramientas informáticas Elipse y SAP; es común escuchar que dos herramientas de gestión de la información no pueden coexistir, se debe definir una sola herramienta de gestión, sin embargo, los documentos de la comunidad académica permiten evidenciar como la integración de sistemas de información es la dinámica empresarial común y existen innumerables entidades que se encargan de hacer este tipo de actividades y lograr la transferencia efectiva de información entre sistemas.

Los documentos también identifican las mejores prácticas para la integración e implementación de sistemas; en ellos se observa como los factores claves son: definir las necesidades, el plan de acción, el seguimiento del plan, el liderazgo y la disciplina que generan la cultura para que la integración tenga éxito.

El mantenimiento productivo total TPM, da una visión holística e integral de la función de mantenimiento de comprobada efectividad en muchas organizaciones, es un modelo para definir el cómo se debe orientar dentro de la organización e involucrar a todas sus dependencias para lograr el mayor beneficio en el ciclo de vida de los activos.

En la actualidad en Ecopetrol la existencia de dos herramientas de información generan conflictos en el proceso de compras de insumos y repuestos para mantenimiento, lo cual está disminuyendo la efectividad de la estrategia de mantenimiento y de los activos en concordancia con el modelo TPM, este proyecto busca permitir el logro de dicha efectividad mientras subsistan los dos sistemas de información.

1. SUMMARY

In this project, the aspects that are impacting the economic and administrative management of the Department of Mantenimiento Occidente de la Gerencia de Poliducto de la Vicepresidencia de transporte de Ecopetrol S.A. were reviewed.

The maintenance management requires inputs to their activities; When there is no opportunity in the supply, a reprocessing is generated affecting the reliability of the operation, creating cost overruns to the processes of maintenance and lost in the implementation of the budget by not making an effective use of the resource. The supply process for Ecopetrol is performed using two informatics tools: ellipse and SAP; It is common to hear that two tools of information management can not coexist, a single management tool must be defined; however, the documents of the academic community can demonstrate how the integration of information systems is a common business dynamic and there are innumerable entities that are responsible for making this type of activity and achieve an effective transfer of information between systems.

The documents also identify the best practices for the integration and implementation of systems; as main factors we find: defining needs, the plan of action , follow-up to the plan, leadership and discipline that generate the culture for integration to succeed.

The total productive maintenance TPM, gives a holistic and integral view of the maintenance function of proven effectiveness in many organizations, is a model for defining how to guide within the Organization involving all its units to achieve the greatest benefit in the lifecycle of the assets.

Currently the existence of two information tools at Ecopetrol generates conflicts in the process of purchases of inputs and spare parts for maintenance, which decreases the effectiveness of the maintenance strategy and the assets in accordance with the TPM model; This project seeks to enable the achievement of such effectiveness while two information systems exist.

2. PALABRAS CLAVES

TPM: Mantenimiento productivo total, es una filosofía originaria de Japón que se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costes en los procesos de producción industrial.

Catalogación de materiales: Nombrar técnicamente cada uno de los componentes de un equipo según como lo indica el procedimiento ECP-GEA-P-13.

ERP: Planificador de recursos empresariales.

2. KEY WORDS

TPM: Total productive maintenance, it is a philosophy it would originate of Japan that is focused in the elimination of loss and costs in the processes of industrial production.

Cataloguing of materials: To name each one of the components of a team technically according to as it indicates it the procedure ECP-GEA-P-13.

ERP: Enterprise resource planning

3. INTRODUCCION

El proyecto de grado está estructurado en las siguientes partes:

Se presenta la situación actual de ECOPETROL S.A. en el área de mantenimiento, realizando la justificación del problema en donde se evidenciaran los tres aspectos que están generando falencias en el proceso de compras.

Se expone de forma clara y sencilla qué significa TPM, cómo se ha llegado a él, porqué y qué importancia tiene en la industria actual.

En TPM, la organización debe definir claramente los insumos requeridos para la operación, esto se logra a través de la catalogación de las partes de los diferentes equipos a los que se aplica la política de mantenimiento y de los materiales necesarios para la realización del mismo. Este aspecto se abordará a partir de las estrategias de mantenimiento; cada técnico ejecutor revisará la estrategia y definirá para cada componente del equipo, el material requerido para la realización del mantenimiento.

Para la mejora de este aspecto se propone la implementación de un plan de incentivos que contribuirá con esta actualización, motivando a cada uno de los participantes dentro de la organización, logrando cumplir con esta mejora en un plazo adecuado.

Consecuente con las actividades que actualmente están afectando la gestión del Departamento de Mantenimiento, se analizará los procedimientos que involucran al rol de la función del administrador de inventarios. Para la mejora de este impacto se propondrán mejoras de acuerdo a la evaluación realizada.

Como tercer aspecto, se analiza la función de compras de la Dirección de Abastecimiento de Ecopetrol, la cual se realiza a través de personal contratado, quienes efectúan los procesos administrativos, para que finalmente se adquiera el insumo, mediante una aprobación en el sistema por un funcionario autorizado de acuerdo al manual de delegaciones de Ecopetrol. Para la mejora de este aspecto, se revisará un informe entregado por la Dirección de abastecimiento relacionado con las causas del proceso fallido de compra en la vigencia 2010, en donde muestran porqué no realizaron determinadas compras, se propondrán mejoras de acuerdo a este estudio.

Limitaciones y restricciones: se discutirá el alcance de las propuestas de mejora y las restricciones que pueden surgir para su implementación.

Conclusiones y recomendaciones: se darán opiniones que a juicio de los investigadores, son más importantes para la implantación de las propuestas.

El proyecto busca mejorar los procesos para la gestión de suministro de materiales y repuestos para mantenimiento, el cual utiliza dos sistemas de información; se espera mejorar la efectividad de la estrategia de mantenimiento definida por Ecopetrol S.A.

4. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

4.1. DELIMITACION DEL PROBLEMA

La investigación se realizó en el Departamento de Mantenimiento Occidente de la Gerencia de Poliductos de la Vicepresidencia de Transporte de Ecopetrol S.A, entre agosto del 2010 y marzo del 2011.

4.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

El presente estudio analiza el impacto generado en el Departamento de Mantenimiento por la existencia de dos sistemas de información (Ellipse y SAP) durante la ejecución de las compras de suministros y repuestos. Estos sistemas se vienen trabajando desde hace seis años en conjunto; entre ellos se transmite información de bases de datos desde Ellipse¹ a SAP². Estas interfaces no se encuentran alineadas lo que proporciona información incompleta hacia el ERP SAP que la recibe, genera reproceso en la ejecución de las compras.

¹ Ellipse, herramienta desarrollada por MINCOM, se define como una herramienta informática para la administración de activos (EAM) y planificador de recursos empresariales ERP, especializados en la industria intensiva como la minería, defensa, infraestructura pública, energía, petróleo y gas. Mincom tiene una larga historia de liderazgo en software de gestión de activos empresariales que se remonta a 1979, originaria de una pequeña empresa de software australiana enfocada en minería, En 2007, Mincom fue adquirida por EAM Software Finance Pty Limited, una empresa controlada indirectamente por Francisco Partners, una firma de capitales privados de tecnología con base en EE.UU.

Tomado de: <http://www.mincom.com/es.aspx>

²SAP se destaca entre los proveedores de sistemas ERP (planificación de recursos empresariales), Fundada en 1972, SAP es la corporación líder en proveer soluciones de negocio colaborativas para todo tipo de industrias y para todos los mercados empresariales. Con sede central en Walldorf, Alemania, SAP es la mayor empresa de **software empresarial** y **sistemas para Pymes** del mundo y el tercer proveedor de software independiente más importante del planeta. SAP tiene más de 53.000 trabajadores en más de 50 países, todos ellos dedicados al suministro de soporte y servicios de alto nivel al cliente.

Tomado de: <http://www.sap.com/colombia/index.epx>

Esta situación ya que está afectando los resultados del área de mantenimiento, tanto en la oportunidad para la realización de los mantenimientos que garanticen la confiabilidad de la operación, como en la efectividad en la utilización de los recurso asignados por la organización; por estas razones en la presente investigación se plantean las soluciones de acuerdo al estudio realizado en los diferentes procesos.

4.3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE SE IDENTIFICA EL PROBLEMA: MANTENIMIENTO.

Ellipse llego a Ecopetrol como la solución informática de un proyecto llamado SCAM: sistema corporativo para la administración de mantenimiento, a finales de los noventa en la Gerencia Caño Limón Coveñas de la Vicepresidencia de Transporte; Ecopetrol era una empresa industrial del estado y cada uno de sus negocios operaba de manera descentralizada con lo cual cada negocio definía las herramientas y los procesos para cumplir con el objeto social. Las ventajas que ofreció en su momento Elipse fueron: la sistematización de la estructura de costos de la organización, la administración de bodega, catalogo de materiales, gestión de compras y contratación, la gestión de mantenimiento, permitieron la mejora de muchos proceso que antes se hacían de manera manual y con el uso de otras herramientas informáticas menos sofisticadas. Estas razones llevaron a que los otros negocios adoptaran Elipse.

Las tareas de mantenimiento que se implementaron inicialmente en Ellipse provenían de las herramientas de información que tenia cada negocio, adoptando todas las rutinas de mantenimiento que se encontraban en el sistema anterior; por ejemplo, la gerencia de Poliductos se encontraba el sistema de información llamado SINDEMAN (Plataformas en DOS³, que básicamente definía las actividades de mantenimiento, preventivo y recursos necesarios para la ejecución pero no quedaba registro de la documentación pues era manual). Con un enfoque preventivo se definieron las tareas a ejecutar con base en la experiencia de los técnicos de mantenimiento y las recomendaciones de los fabricantes de los equipos, sin embargo en la definición de recursos para mantenimiento, los materiales que requería cada equipo y su registro en el sistema de información, no se desarrolló de una

³ **DOS** es una familia de sistemas operativos para PC. El nombre son las siglas de disk operating system ("sistema operativo de disco"). Fue creado originalmente para computadoras de la familia IBM PC, que utilizaban los procesadores Intel 8086 y 8088, de 16 bits, siendo el primer sistema operativo popular para esta plataforma. Contaba con una interfaz de línea de comandos en modo texto o alfanumérico. Tomado de http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_operativo

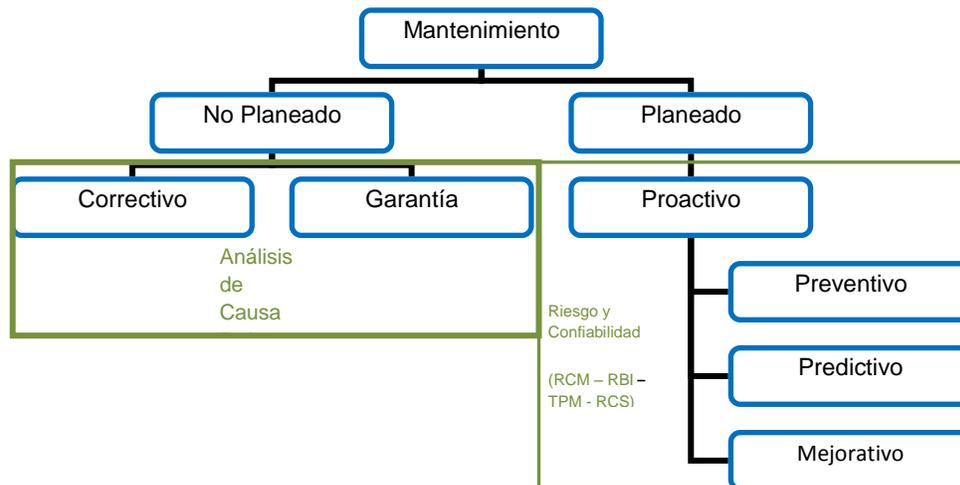
manera planificada con plazos definidos; se dejó a criterio del personal ejecutor el ingreso de esta información a la herramienta de acuerdo a las necesidades del día a día.

En el año 2002 con el proceso de transformación de la empresa, de una empresa industrial del estado a una empresa por acciones, con miras a luego convertirse en una empresa de economía mixta, hace necesario integrar la información empresarial de manera ágil. Se generó el proyecto SENSOR que revisó todos los sistemas de información que tenían las diferentes dependencias; hasta ese momento existían decenas de sistemas, lo que hacía imposible la información en línea en las diferentes áreas. Después de variados estudios económicos y administrativos SENSOR definió ELLIPSE como la herramienta corporativa para la administración de mantenimiento en todos sus negocios y adoptó la herramienta SAP para la administración contable, gestión de compras y contratación como también algunos aspectos de la gestión de personal.

De la integración de los dos sistemas de información que actualmente tiene Ecopetrol S.A.: Elipse, la herramienta para la gestión de activos y SAP utilizada para la gestión contable y de costos por medio de la cual se realiza la gestión de suministros; depende la ejecución para la gestión de mantenimiento.

Origen de las actividades de Mantenimiento:

Figura 1. Tipos de Mantenimiento para Ecopetrol S.A.



Tomado de: Informe de resultados del análisis RCM de la planta Herveo, Ecopetrol, 2008

La figura 1. Muestra el enfoque de mantenimiento adoptado por Ecopetrol para la conservación de sus activos basado en la confiabilidad y la integridad⁴

La Guía para el Gerenciamiento de Activos de Ecopetrol define:

- La función mantenimiento debe asegurar las condiciones de preservación de los sistemas, instalaciones y equipos dentro de los requerimientos y exigencias del contexto operacional del proceso con el objetivo de asegurar la confiabilidad e integridad del proceso y de los productos.
- La función de mantenimiento debe ser responsable de la planeación, programación, ejecución y control de las actividades de mantenimiento preventivo, correctivo por condición mayor de los activos, así como del aseguramiento de los requerimientos para la ejecución de los proyectos de mejoramiento y modernización de instalaciones.
- La función de mantenimiento es responsable del cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo y por condición de los activos a cargo de la operación.
- En caso de desviaciones de las condiciones de operación o del cumplimiento de los programas de mantenimiento, debe sustentar técnico-económicamente los riesgos asumidos por dichas desviaciones soportando las operaciones en la toma de las decisiones respectiva.
- Todos los trabajos de mantenimiento deben tener una orden de trabajo, registrarse por los procesos de mantenimiento y ser tramitados en el sistema de información de acuerdo con los procedimientos establecidos.
- La justificación y valoración del riesgo de los trabajos de mantenimiento deben soportarse en la matriz de valoración de riesgos – RAM.
- La tendencia del mejoramiento en cada proceso de mantenimiento, será evaluada con base en los indicadores de gestión corporativos para mantenimiento, relacionados en la política de gerencia de activos.

La guía de gerencia de activos de Ecopetrol define las metodologías que establecen las actividades de mantenimiento, tomando como criterios principales; la confiabilidad de la operación, la integridad de los activos y la optimización de los costos que permitan obtener el mayor beneficio económico de los activos durante su ciclo de vida:

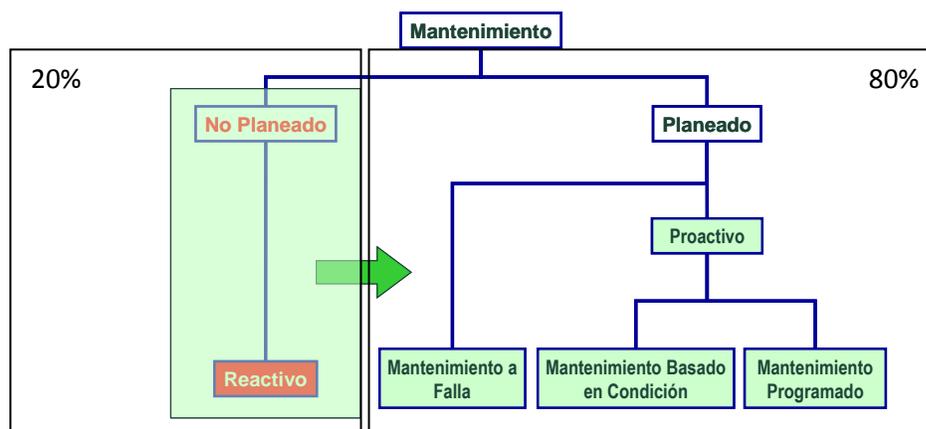
⁴ ECOPEPETROL S.A. Guía para la Gerencia de Activos, 2010

- RCM, de las siglas en ingles que traducen mantenimiento centrado en la confiabilidad, es una herramienta implementada por Ecopetrol S.A. en los años 2007 y 2008, para definir la estrategia de mantenimiento de los activos, considerando impacto del mismo en la operación ante una condición de falla,
- RBI es una metodología para la inspección de activos basada en el riesgo, utilizada para definir la estrategia de mantenimiento de ductos y tanques, que busca fundamentalmente evitar la pérdida de contención de sustancias. Para el caso de la industria del petróleo tiene la implicación de sustancias peligrosas.
- RCA: de las siglas en ingles que traducen análisis de causa raíz; es una metodología con un proceso disciplinado de pensamiento, hasta llegar a la verdadera causa original del problema, y que se utiliza para el mantenimiento no planeado, con el propósito de que las causas que originan la falla no vuelvan a ocurrir.

Con base en estas metodologías, Ecopetrol definió las actividades de mantenimiento para la infraestructura y las tareas de mantenimiento que se registraron en la herramienta Ellipse.

La estrategia de mantenimiento obtenida por el estudio de RCM de los activos, está enfocada a actividades planeadas que evitan la parada inesperada de los equipos, minimizando el mantenimiento no planeado o reactivo. En términos de indicadores, los costos asociados al mantenimiento proactivo deben ser del 80% del costo total del mantenimiento para un periodo definido, mientras que las tareas no planeadas o reactivas representan el 20%. Ver figura 2.

Figura 2. Opciones de Mantenimiento ⁵



Tomado de: Informe de resultados del análisis RCM de la planta Herveo, Ecopetrol, 2008

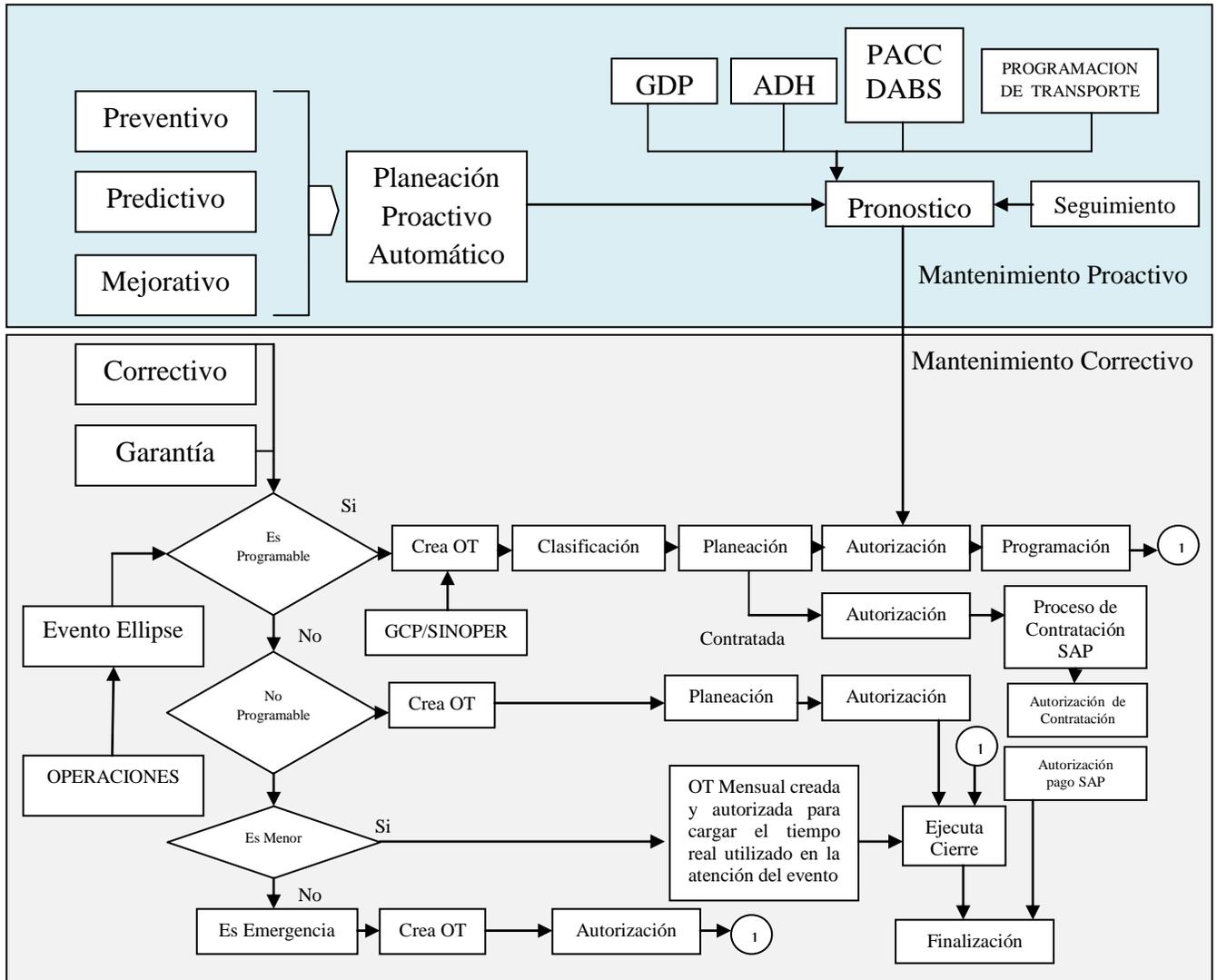
⁵ Informe de resultados del análisis RCM de la planta Herveo, Ecopetrol, 2008

El mantenimiento proactivo que originó el análisis RCM, tiene en cuenta los costos estimados de los materiales; para valorar el costo beneficio de la implementación de la estrategia de mantenimiento proactivo; la metodología parte de la premisa de que los materiales están definidos y disponibles en bodega para la realización de mantenimiento. Para obtener de la estrategia los resultados esperados, es necesario que la organización de mantenimiento defina los materiales requeridos y se garantice el suministro de insumos y repuestos para lograr la efectividad en el cumplimiento del mantenimiento planeado.

Las actividades de mantenimiento definidas por las metodologías de confiabilidad se convierten en órdenes de trabajo (OT) en la herramienta Ellipse. La orden de trabajo es una estructura de información que permite registrar: los detalles técnicos de la tarea, los recursos de mano de obra, materiales, herramientas, cuantificar los costos, permite la planeación, la programación de las actividades y la autorización entre otras funciones.

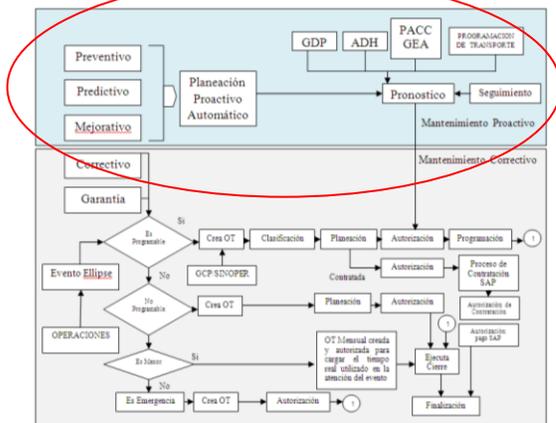
A continuación se describen los procesos que siguen las órdenes de trabajo para ilustrar la operación del día a día del sistema de información.

Figura 3. Diagrama de flujo de una orden de trabajo



Tomado de Presentación Ecopetrol S.A. VIT GPO Medellín 2006. Realizado por Rafael Antonio Corredor Bernal, profesional de gestión de mantenimiento GPO

Figura 4. Diagrama de flujo de una orden de trabajo - Mantenimiento Proactivo



La figura 4 muestra el proceso que sigue la OT para el mantenimiento proactivo: el sistema genera automáticamente las tareas de mantenimiento de acuerdo a las estrategias definidas por RCM. Mediante un proceso de programación, se comprometen los procesos

descritos a continuación para concretar la ejecución de las actividades.

GDP (Gestión de Personal): Este proceso es el encargado de satisfacer las necesidades de personal requerido por los procesos de mantenimiento. GDP promueve el desarrollo del personal de mantenimiento para garantizar el mejoramiento continuo de los procesos y la organización.

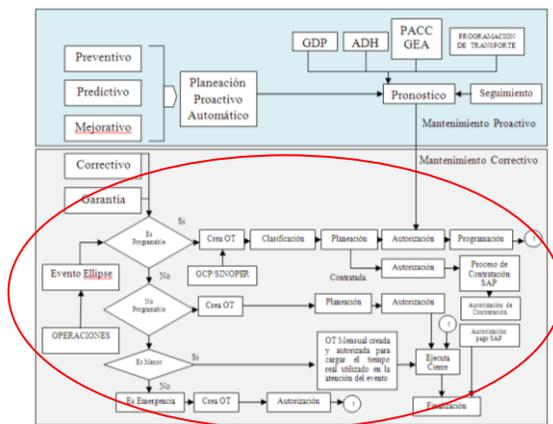
ADH (Administración de Herramientas): Este proceso es el encargado de garantizar la disponibilidad y suministro de los equipos-herramientas solicitados para los procesos de mantenimiento. ADH mantiene actualizados los listados de disponibilidad de equipo-herramientas programables. Se consideran equipo-herramientas programables a aquellas herramientas especializadas, que por su alto costo y baja frecuencia de utilización, no se requiere contar con ellas en cada una de las plantas de la vicepresidencia de transportes, como por ejemplo, los equipos de alineación láser, torcometros hidráulico, tiendetubos, retroexcavadoras, cargadores, grúas, montacargas entre otros.

PACC (Plan anual de compras y contratación): Es la planeación estratégica de los bienes y servicios que requiere Ecopetrol para su normal funcionamiento el cual es generado por cada área de negocio. Con base al plan la Dirección de Abastecimiento de Bienes y Servicios (DABS), define la estrategia de abastecimiento con fundamento en la matriz de aprovisionamiento establecida.

La DABS es la encargada de satisfacer oportunamente los requerimientos de compra del repuesto para la ejecución de los mantenimientos de origen proactivo y reactivo igualmente los pasos necesarios para adelantar los procesos de contratación para atender las necesidades de los demás procesos de mantenimiento u operación solicitados en el PACC, para una vigencia específica en la vicepresidencia de Transporte.

Programación de Transporte: Este proceso es responsabilidad del grupo de programación del centro de control maestro del operaciones (CCMO) de la Gerencia de Operación Centralizada, cuyo objetivo es garantizar el normal abastecimiento a nivel nacional de productos en los terminales de almacenamiento de Ecopetrol y consignatarios.

Figura 5. Diagrama de flujo de una orden de trabajo - Mantenimiento Correctivo



La figura 5 muestra el flujo de la orden de trabajo para mantenimiento correctivo: inicia con un requerimiento de operaciones para la atención de una falla campo reportada a un equipo a partir de un evento debidamente registrado en Ellipse. De acuerdo a lo especializado del evento realiza el análisis de la falla de campo para determinar si puede ser

atendida como:

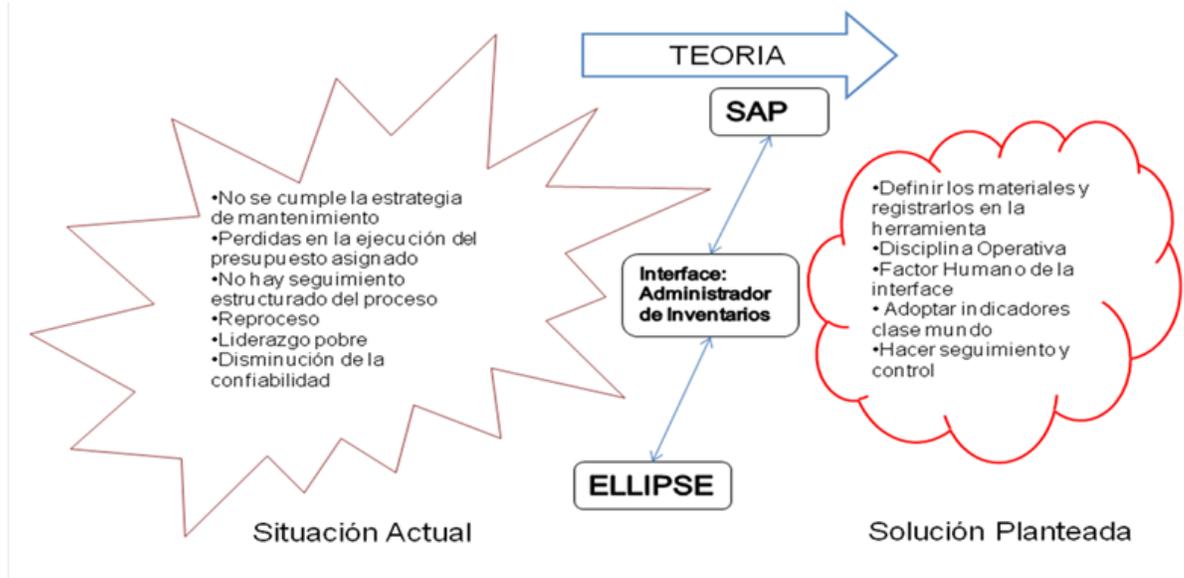
- 1) Evento menor de planta
- 2) Orden de trabajo especial o emergente
- 3) Orden de trabajo normal o propia
- 4) Orden de trabajo de contratación

Las actividades descritas desarrolladas a través de órdenes de trabajo requieren materiales. En el mantenimiento proactivo los materiales deberían estar asociados a la OT, de tal manera que cuando el sistema cumpla el periodo de tiempo o de operación fijado para el mantenimiento, se disponga de los recursos para su ejecución. De igual manera en actividades reactivas el técnico debe buscar a través de la OT en la base de datos del catalogo de materiales cargado en Ellipse, los insumos necesario para restablecer el servicio del equipo. Idealmente la bodega debería tener los repuestos definidos por la estrategia de mantenimiento; por medio de la OT, el técnico busca el código de material y efectúa la requisición de material a la bodega, si hay disponibilidad del mismo; luego del proceso de aprobación configurado en la herramienta, se entrega el repuesto y se ejecuta el mantenimiento. Si no hay existencia en la bodega, el sistema indica el faltante y lo anuncia al administrador de inventarios; se inicia el proceso mediante el cual el administrador de

inventario trasfiere la información mediante un programa de la herramienta Elipse que refleja la información al sistema SAP.

En SAP, el comprador realiza el proceso de solicitud de ofertas, una vez obtenida la oferta se evalúa económicamente, se adjudica y envía la orden de compra. Dependiendo de las características del material o repuesto, hay un tiempo de espera, finalmente el proveedor hace entrega del material. Una vez se registra el recibo de material en bodega, Ellipse vía interface habilita el proceso de pago del suministro que se efectúa en la herramienta SAP, con lo cual se completa el proceso y queda el registro del costo en SAP; vía interface electrónica, SAP registra el costo del material a la OT Ellipse, con lo cual se finaliza el proceso, así queda el registro del costo de mantenimiento cargado contra el equipo que lo consumió.

Figura 6. Diagrama conceptual – Situación actual en Ecopetrol S.A



Las dificultades para mantenimiento se dan cuando no existe el código de material catalogado en Ellipse, lo cual obliga a efectuar la catalogación de materiales generando tiempos muertos en el proceso de adquisición. El mantenimiento proactivo parte de la premisa que los materiales están definidos y disponibles en la bodega, este aspecto no está asegurado en la gestión del departamento de mantenimiento occidente.

El flujo de información de Ellipse a SAP se limita a definir: el gestor de la compra, el código del material, el valor unitario de la última compra, la preferencia de marca del

suministro y una descripción corta, que en muchos casos obliga al comprador a solicitar aclaraciones con lo que se genera reproceso y pérdidas de disponibilidad para la operación de los equipos. No se cumple la política de inventarios, no se han definido los materiales estratégicos, existe la tendencia a tener cero inventarios en bodega, lo que no es coherente con las estrategias de mantenimiento. La existencia de una sola bodega genera sobre costo en la organización, cuando el material recibido en la bodega se transporta hasta el sitio de utilización; el Departamento de Mantenimiento Occidente tiene la bodega en Yumbo Valle del Cauca, desde allí se distribuyen materiales a las localidades de Cisneros y Medellín en Antioquia, Mariquita, Fresno y Herveo en el Tolima, Manizales en Caldas, Pereira en Risaralda, Cartago, Dagua y Buenaventura en Valle.

También se evidencia un rompimiento entre la necesidad operativa y las prioridades de los ejecutores de compras; la responsabilidad de la compra esta designada a la Dirección de Abastecimiento, que se apoya en personal contratado para realizar los procesos de compra; es aquí cuando se pierde el sentido de urgencia que requiere mantenimiento en el suministro de materiales para garantizar la operación eficiente y efectiva.

El no cumplimiento de la estrategia de mantenimiento en razón a que existen falencias en el proceso de suministro de materiales pone en riesgo la integridad de los equipos para que el negocio pueda cumplir su razón social, la exposición a riesgo definida por la metodología implican pérdidas estimadas en \$23 millones de dólares por año, esto es 4,4 veces mayor al riesgo si se tuviese la estrategia de mantenimiento implementada correctamente.

5. FUNDAMENTOS TEORICOS

Los sistemas de mantenimiento preventivo y productivo⁶, introducidos por las industrias de proceso japonesas, han tenido un papel importante en la mejora de la calidad del producto y en la productividad. Han contribuido significativamente al progreso global en la gestión y al expertis en áreas tales como: el mantenimiento especializado, la creación de sistemas de gestión de los equipos, la mejora de la tecnología de equipos, y la elevación de la productividad del mantenimiento.

Origen y desarrollo: Mientras las industrias de proceso avanzaban en el mantenimiento preventivo y productivo, las industrias de manufactura y ensamble invertían en nuevos equipos, esforzándose en ser menos intensivas en mano de obra; los equipos utilizados por estas industrias se han estado automatizando y sofisticando, combinada con la producción just-in-time; esto estimuló el interés en mejorar la gestión del mantenimiento en las industrias de manufactura y ensamble y dio origen a un enfoque exclusivamente japonés denominado mantenimiento productivo total (TPM)⁷, una forma de mantenimiento productivo que involucra a todos los empleados.

5.1. DIFUSION DEL TPM

El TPM surgió y se desarrolló inicialmente en la industria del automóvil y rápidamente pasó a formar parte de la cultura corporativa de empresas tales como Toyota, Nissan, y Mazda, de sus suministradores y filiales. Se ha introducido también posteriormente en otras industrias tales como electrodomésticos, microelectrónica, máquinas herramientas, plásticos, fotografía, etc.

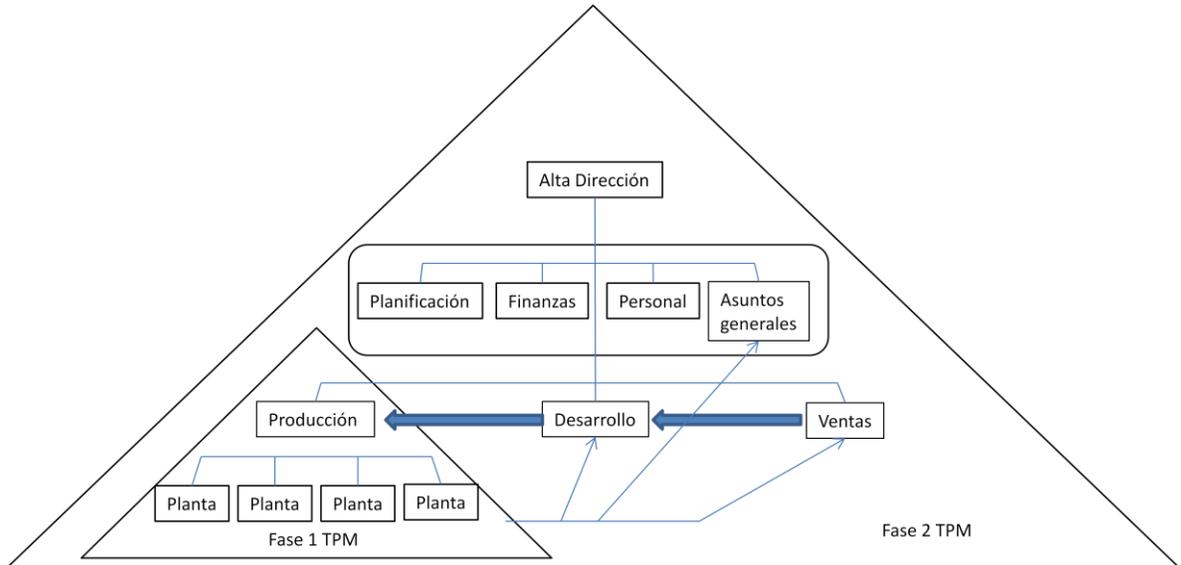
También las industrias de proceso, partiendo de sus experiencias de mantenimiento preventivo, han empezado a implantar el TPM. En los últimos años, han estado incorporando el TPM un creciente número de plantas de procesos de industrias de la alimentación, caucho, refinerías de petróleo, químicas, farmacéutica, gas, cemento, papeleras, siderurgia, impresión⁸, etc.

Inicialmente, las actividades TPM se limitaron a los departamentos directamente relacionados con los equipos.

6 Suzuki, Takutaro, TPM en Industrias de Proceso, Japan Institute of Plan Maintenance. 1992. Portland. Productivity Press, P. O. Box 7 Production Plannig & Control, 2001, VOL 12, NO. 7, 695-705 – Analytical hierarchy process for justification of total productive maintenance

8 Producción + Limpia – Enero – Junio 2007 – Vol. 2. No. 1 – El mejoramiento productivo total como una herramienta de acercamiento hacia una producción más limpia en COLCERÁMICAS S.A. – Luisa Fernanda Vasco Restrepo.

Figura 7. Desde el TPM en el departamento de producción al TPM en toda la empresa⁹



Tomado de: Suzuki, Takutaru, TPM en Industrias de Proceso, Japan Institute of Plan Maintenance. 1992. Portland. Productivity Press, P. O. Box. Página 3.

Se conocen resultados tangibles e intangibles al realizar una implementación de TPM entre, los que se encuentran:

Tabla 1. Beneficios tangibles e intangibles en la implementación de un TPM

Beneficios Tangibles
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de productividad neta: entre 1.5 y 2 veces <ul style="list-style-type: none"> ○ Descenso del número de averías súbitas: 1/10 a 1/250 parte de los anterior ○ Eficacia global de la planta de 1.5 a 2 veces • Descenso de tasa de defectos por proceso 90% <ul style="list-style-type: none"> ○ Descenso de reclamaciones de clientes 75% • Reducción de costes de producción 30% • Stocks de productos y trabajos en curso 50%

⁹ International Journal of Production Research, Vol. 43, No. 18, 15 September 2005, 3745-3771 – Strategic success factors in enterprise resource-planning desing and implementation: a case-study approach. S. DOWLATSHAHI.

- Accidentes 0
 - Incidentes de polución 0
- Sugerencias de mejora: de 5 a 10 veces más que antes

Beneficios Intangibles

- Logro de autogestión plena: los operarios asumen las responsabilidades del equipo se ocupan de él sin recurrir a los departamentos indirectos.
- Se eliminan averías y defectos y se infunde confianza en: -puedo hacerlo-
- Los lugares de trabajos antes sucios y grasientos. son ahora limpios, brillantes y vivos
 - Se ofrece una mejor imagen a los visitantes y clientes

Tomado de: Suzuki, Takutaro, TPM en Industrias de Proceso, Japan Institute of Plan Maintenance. 1992. Portland. Productivity Press, P. O. Box. Página 4.

El TPM tiene como objetivo principal realizar el mantenimiento de los equipos con la participación del personal de producción¹⁰, dentro de un proceso de mejora continua y una gestión de calidad total. Cuando se implementa este tipo de mantenimiento en una empresa, todo el personal y todos los sectores de la empresa se involucran, participando activamente para mejorar la disponibilidad operacional y el rendimiento global del sistema. El objetivo del TPM es mejorar la disponibilidad real de los equipos reduciendo las fuentes de pérdidas de productividad.

5.2. TPM COMO ESTRATEGIA¹¹

Una estrategia efectiva requiere tener las herramientas, tecnología, personal y procesos necesarios para maximizar las prestaciones y la vida útil de los equipamientos. Para maximizar las prestaciones de los activos es crítico aplicar las actividades correctas, al activo correcto, en todo su ciclo de vida. Dependiendo de los objetivos precisos y de la parte del proceso a mantener, la estrategia ideal es una mezcla de los tres métodos de mantenimiento conocidos como predictivo, preventivo y reactivo.

El valor del mantenimiento predictivo se mide, a menudo, en términos de costos o tiempos de parada evitados¹². Los programas predictivos precisan una inversión inicial que, si se

¹⁰ Gómez, Carlos A. "TPM: Mantenimiento productivo total"

¹¹ Automation, Rockwell. <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/14763-Gestion-del-mantenimiento.html> (2006)

aplica correctamente, es menor que el daño ocasionado por un fallo de un elemento crítico del proceso. Con personal correctamente formado y tiempo suficiente para ejecutar las acciones correctoras, estos programas ofrecen un valor añadido sin igual. Las empresas pueden maximizar este valor integrando estos equipos en su arquitectura de control, con elementos capaces de recolectar los datos requeridos para prevenir problemas más graves.

Los autores trataron de ampliar el referenciamiento teórico de TPM para lo cual consultaron los siguientes autores y se ratificó que la teoría de Suzuki sigue siendo vigente”, a) Production Plannig & Control, 2001, VOL 12, NO. 7, 695-705 – Analytical hierarchy process for justification of total productive naintenance. b) Producción + Limpia – Enero – Junio 2007 – Vol. 2. No. 1 – El mejoramiento productivo total como una herramienta de acercamiento hacia una producción más limpia en COLCERÁMICAS S.A. – Luisa Fernanda Vasco Restrepo. c) Informática Económica Vol. 14, no. 2/2010 – The Modern Approach to Industrial Maintenance Management. d) International Journal of Production Research, Vol. 43, No. 18, 15 September 2005, 3745-3771 – Strategic success factors in enterprise resource-planning desing and implementation: a case-study approach. S. DOWLATSHAHI

5.3. SOFTWARE PARA TPM EN SOLUCIONES ERP¹³

En el mercado existen dentro de las soluciones ERP módulos diseñados para la administración del mantenimiento TPM, los cuales son adaptados al proceso de cada compañía.

Entre las que se encuentran a nivel mundial están, SAP, Oracle, QAD, PeopleSoft, SSA, IBM entre otras, en general todas presentan los mismos módulos (aplicaciones específicas dentro de la suite, como lo es el modulo de administración de mantenimiento).

En Colombia las soluciones ERP se han guiado específicamente a empresas grandes, debido principalmente a su costo, SAP ha sido una de las proveedoras líderes en Latinoamérica, y ha proveído soluciones a más de 50 empresas colombianas entre las que se encuentran, Panamco-Indega (Coca-Cola), Avianca, Seguros La Previsora, Colseguros, Cervecería Leona y Comcel.

¹² Penkova, Maria. Mantenimiento y análisis de vibraciones. Ciencia y sociedad, octubre-diciembre, año/vol XXXii, número 004 Instituto tecnológico de Santo Domingo. Santo Domingo, República Dominicana.2007.
Tomado de: www.redalyc.vaemex.mx/pdf7870/87032407.pdf

¹³ Tomado de: Gestipolis.com . <http://www.gestipolis.com/lidera/revistas/edic7/ERP.htm>

En la siguiente matriz se determinan las similitudes o patrones comunes encontrados por los autores de este proyecto en variados artículos:

Tabla 2. Modelo Unificado de factores críticos de éxito

Organizacional	<p>Estratégicos</p> <ul style="list-style-type: none"> •Apoyo continuado de la alta dirección •Gestión efectiva del cambio organizacional •Buena gestión del ámbito de proyecto •Composición adecuada del equipo de proyecto •Reingeniería de los procesos de negocio •Papel adecuado del líder del proyecto •Papel adecuado del gestor del proyecto •Implicación y participación de los usuarios •Confianza entre las partes afectadas •La cultura y el liderazgo como factores clave en la implementación de proyectos. •Gerencia de las expectativas • 	<p>Tácticos</p> <ul style="list-style-type: none"> •Equipo y consultores ampliamente dedicados •Comunicación decidida hacia dentro y hacia fuera • Planificación formalizada del proyecto • Programa de formación adecuado • Anticipación preventiva de problemas • Uso adecuado de consultores • Responsables debidamente autorizados • Definición de necesidades claras y con el alcance adecuado. •Seguir todas las etapas del ciclo de vida del proyecto. •Entrenamiento de usuarios •Baja rotación del personal del proyecto.
Tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> •Estrategia de implantación ERP adecuada •Evitar desarrollos a medida •Versión adecuada del ERP •Selección adecuada del proveedor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento suficiente de los sistemas preexistentes • Plan de pruebas formalizado • Proceso de migración de datos adecuado • Conversión de datos •Adecuación de las plataformas tecnológicas

Tomado de: varias fuentes consultadas por los autores: Esteves, Jose; Pasto, Joan. Proyectos ERP Exitosos como base de ventajas competitivas (2004), Haag, Stephen. Management information systems for the information age. 4ta edición, pag 298., Colmenares G. Leopoldo, Universidad, ciencia y tecnología vol 12, No. 46, marzo 2008

5.4. LA DISCIPLINA OPERATIVA¹⁴

¹⁴Du Pont. Formación De Especialistas En Auditorías De Seguridad De Los Procesos – PSM, Du Pont Ecopetrol 2010.

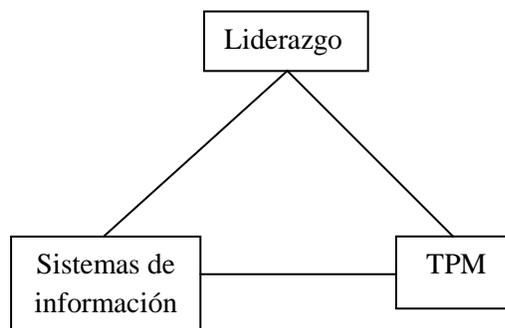
Asegurar que TODAS las operaciones sean llevadas a cabo SEGURA, CORRECTA y CONSISTENTEMENTE a través del cumplimiento riguroso y continuo de TODOS los Procedimientos de un sitio o Negocio¹⁵.

Esta definición tomada de Du Pont en su modelo administrativo para garantizar la seguridad de los procesos es una guía que permite a la administración las herramientas para generar cultura y sentido de pertenencia en todos los miembros de la organización, la disciplina operativa requiere del liderazgo y el compromiso visible de la administración. Aunque el liderazgo y la iniciativa son necesarios en todos los niveles de la organización, es crucial que la Dirección y la alta gerencia proporcionen apoyo visible y participen personalmente en cualquier iniciativa de cambio dentro de la organización.

5.5. LIDERAZGO

Liderazgo es la capacidad de influir para movilizar y convocar a los miembros de una comunidad, una organización, una nación o un equipo de trabajo a partir de una situación dada, y de una manera no coactiva, utilizando motivadores intrínsecos y trascendentes y mediante una comunicación autentica, generadora de una cultura de trabajo en equipo, en donde el liderazgo llegue a ser rotativo y generalizado.¹⁶

Figura 8. Pilares conceptuales del proyecto



La revisión de los conceptos permite enmarcar conceptualmente y definir los referentes de las mejores prácticas para desarrollar la propuesta de mejora para el proceso de compras de materiales y repuestos que contribuirá a la efectividad de la gestión de mantenimiento.

¹⁵Informática Económica Vol. 14, no. 2/2010 – The Modern Approach to Industrial Maintenance Management.

¹⁶ Muñoz Echeverry, Cesar Augusto. Más allá del Líder. Primera edición 2001, Santiago de Cali.

6. PROPUESTA DE SOLUCION E IMPLEMENTACION

Los informes de los análisis RCM para las plantas a cargo del Departamento de Mantenimiento Occidente indican que la adecuada implementación de las estrategias de mantenimiento tendría las siguientes ventajas económicas expresadas en miles de dólares estadounidenses por año:

Tabla 3. Variación económica de acuerdo a la adecuada implementación económica en las plantas a cargo del Departamento de mantenimiento de Occidente

Planta	Riesgo económico sin mantenimiento (KU\$)	Riesgo económico con mantenimiento RCM (KU\$)	Costo del mantenimiento anterior (KU\$)	Costo del mantenimiento aplicando RCM (KU\$)	Ahorro (KU\$)	MEI	Beneficio económico (KU\$)
Mariquita	3658,2	689,46	354,73	343,7	11	8,64	2625,04
Fresno	2312,86	297,48		545,63		3,69	1469,75
Herveo	3436	627	315,79	305,68	10,11	9,19	2503,32
Manizales	1615,06	425,52	313,31	306,15	7,16	3,89	883,39
Pereira	315,39	151,12	143,8	143,8	0	1,14	20,47
Cartago	2814,4	819,1		850,8		2,35	1144,5
Yumbo	1326,3	265,76		268,2		3,95	792,34
Buga	228,88	110,29	109,94	106,5	3,44	1,11	12,09
Dagua	530,12	170,72	200,52	189,15	11,37	1,90	170,25
Buenaventura	688,59	220,2	247,49	234,48	13,01	2,00	233,91
Cisneros	3089,39	903,86	652,79	636,52	16,27	3,43	1549,01
Medellín	3331,8	705,84	466,01	446,32	19,69	5,88	2179,64
TOTAL	23.346,99	5.386,35		4.376,93	92,05	4,10	13.583,71

Tomado de: Informes de análisis RCM de las plantas de bombeo de Ecopetrol S.A. entre mayo de 2007 y mayo de 2009.

Nota a la Tabla 3.

Los documentos consultados para la elaboración de la tabla anterior no relacionan el costo estimado de mantenimiento antes de aplicar RCM para las plantas Fresno, Cartago y Yumbo (celdas resaltadas en amarillo) razón por la cual no se registran datos en los campos correspondientes.

En la tabla 3 se aprecia el beneficio económico de la correcta implementación de la estrategia de mantenimiento en términos del costo de la materialización de riesgos la cual justifica la inversión en la estrategia para lograr la confiabilidad de la infraestructura.

Para asegurar la confiabilidad de los equipos, se debe definir los recursos materiales para cumplir las estrategias establecidas; es así que los repuestos deben ser analizados por su: criticidad, reemplazo, accesibilidad, tiempo de reposición, costo de reposición y variabilidad de la demanda; con toda esta información podemos definir los adecuados modelos de reposición y con ellos las políticas de gestión de stocks a desarrollar. Las tendencias actuales en este campo muestran una reducción en el número de proveedores, la aparición de programas de proveedores exclusivos; alianzas ó asociaciones entre proveedor, cliente y las transferencias de stock del cliente al proveedor; todas estas líneas de trabajo buscan como objetivo optimizar los plazos de entrega, reducir los stocks y asegurar la calidad de los suministros.¹⁷

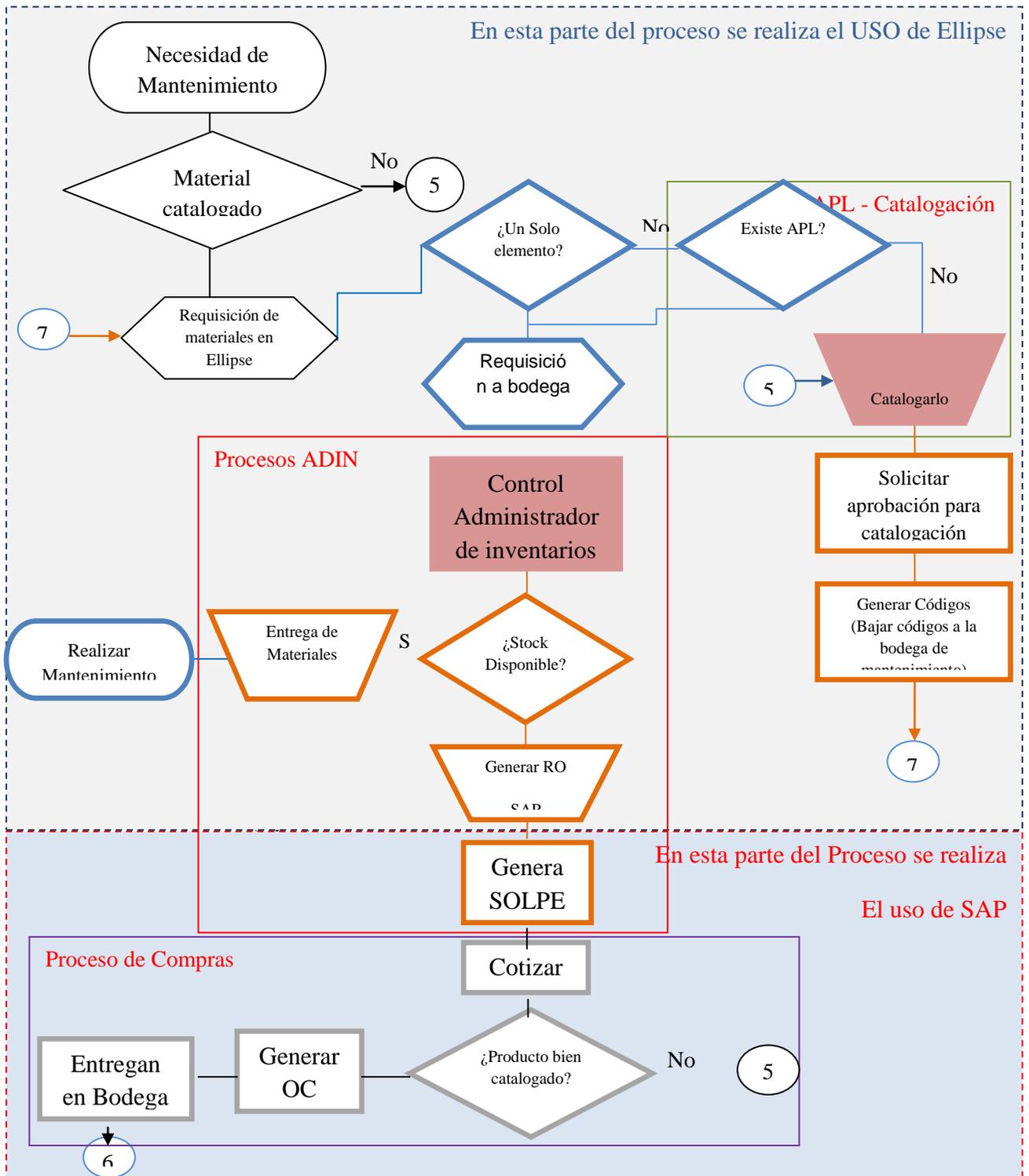
Figura 9, procesos de adquisición de materiales; a continuación se describirán los procesos, se identificarán los aspectos en donde hay oportunidad de mejora y se definirá para cada uno de ellos las actividades propuestas como solución.

RECOMENDACIONES:

A continuación, frente a cada situación planteada se insertan recomendaciones dadas por los autores.

¹⁷ Presentación RCS 18-11-10 para la comunidad de práctica. Ecopetrol S.A.

Figura 9. Proceso de compras de materiales en Ecopetrol S.A.



Adaptada por los autores de los diagramas de flujo de los procesos de Ecopetrol Abril de 2011.

6.1. MEJORA PARA LA CATALOGACION DE COMPONENTES: EJECUCION DE PLAN DE RECONOCIMIENTO EN EL AREA DE MANTENIMIENTO

Figura 10. Proceso de compras de materiales en Ecopetrol S.A. - Proceso APL - Catalogación



La figura 10 describe el PROCESO APL- CATALOGACION: Cada componente de un equipo, bajo la caracterización de ELLIPSE está conformado por una lista asociada de partes o repuestos (APL); a cada parte o repuesto se le debe asignar un código de material en el sistema Ellipse mediante el procedimiento de catalogación. Para cada componente se debe definir el APL. La aplicación del APL puede abarcar el mantenimiento planeado y no planeado.

- RECOMENDACIÓN 1.

Catalogar un producto corresponde a asignar un código de material en la herramienta Ellipse con la descripción técnica adecuada para cada repuesto en donde se defina códigos técnicos (según el fabricante del producto).

La catalogación de materiales está definida en el procedimiento: [ECP-GEZ-P-13 Procedimiento de Catalogación de Materiales Abr 2006](#). La aplicación del procedimiento inicia en la definición de cada material por parte de los técnicos ejecutores del mantenimiento; la caracterización de la información está definida en el procedimiento en un formato estandarizado y control administrativo con niveles de autorización que involucra a supervisores y profesionales de las especialidades de mantenimiento con el propósito de asegurar la calidad de la información de acuerdo al organigrama de la figura.

Actualmente se tienen de 5367 componentes de equipos de las diferentes especialidades de mantenimiento (eléctrica, controles, mecánica y líneas y tanques) a los que se les debe definir los APL.

6.1.1. DETERMINACION DE COMPONENTES PENDIENTES POR CATALOGACION

- **RECOMENDACIÓN 2.**

Como propuesta para mejorar el proceso de compra específicamente el tema de la definición de los materiales de acuerdo a las estrategias de mantenimiento planteadas por RCM, se propone el plan para la implementación y un sistema de incentivos para lograr efectividad en el desarrollo de la actividad planteada.

La primera tarea es definir para cada componente analizado en RCM el listado de partes asociado (APL).

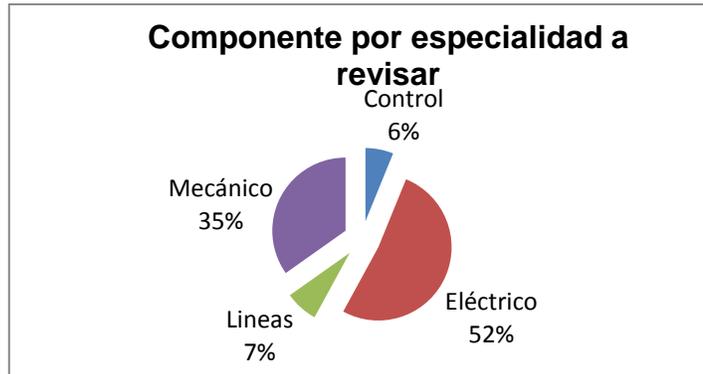
En la actualidad se cuenta con los siguientes componentes caracterizados en la herramienta Ellipse:

Tabla 4. Relación de componentes por especialidad

Especialidad	Cantidad de Componentes
Control	331
Eléctrico	2779
Líneas	389
Mecánico	1868
Total general	5367

Tomado de Ecopetrol S.A archivo: Arboles Equipos caracterizados en la herramienta Ellipse de la VIT.xls 2008.

Grafico 1. Componentes por especialidad a revisar



Tomado de Ecopetrol S.A archivo: Arboles Equipos VIT.xls. 2008

- **RECOMENDACIÓN 3.**

Basados en la caracterización de equipos y la definición de mantenimientos de la metodología RCM, se plantea el ejercicio de definición de materiales y repuestos para cada componente; cada máquina o componente está conformada por partes o repuestos, generalmente los fabricantes de maquinas, definen una parte, número o referencia de cada uno de los repuestos los cuales facilitan a los usuarios finales la adquisición de los mismos. El propósito es generar los códigos Ellipse de cada uno de los repuestos que hacen parte de una maquina caracterizada como componente en la herramienta Ellipse; una vez generados los códigos se pueden generar los APL (listado de partes asociadas por sus siglas en ingles) para cada componente. Estas actividades son propias de la función de los técnicos ejecutores de mantenimiento y están habilitados para desarrollarla mediante el procedimiento ECP-GEZ-P-13, el cual implica la revisión y aprobación con lo cual se vincula a los profesionales de especialidad y Jefe de Departamento de Mantenimiento.

La herramienta Ellipse permite asociar estos APL a las tareas de mantenimiento periódico definidas por RCM, las cuales originarían el proceso de suministro de materiales de manera automática al cumplirse el disparador de mantenimiento programado en la herramienta. De esta manera se completa la estrategia que permitirá automatizar los procesos mantenimiento, disminución de costos, mejor planeación de presupuesto y oportunidad en el abastecimiento de recursos para el mantenimiento.

- RECOMENDACIÓN 4.

El RCM también definió como estrategia de mantenimiento proactivo, el remplazo de componentes o repuestos a falla; para cumplir esta estrategia es necesario que cada técnico ejecutor, identifique en las tareas de mantenimiento los materiales que deben estar en stock en almacén para poder ejecutar la estrategia, de igual manera se deben catalogar estos materiales y definir los mínimos de materiales disponibles en bodega.

Otro grupo de materiales los constituyen los fungibles o consumibles; cada técnico requiere para la realización del mantenimiento, se deben definir los códigos para poder realizar tareas de mantenimiento proactivo y reactivo.

Para la implementación, se plantea establecer como objetivo para los técnicos de cada especialidad, responsables de la ejecución de mantenimiento, efectuar el análisis a cada componente y generar el proceso de catalogación que permita la elaboración de los APL de cada componente.

Posterior a esta tarea, se debe definir con el administrador de la herramienta Ellipse y la Dirección de Abastecimientos apoyados en la metodología RCS: las estrategias para el suministro de los materiales requeridos para el mantenimiento.

6.1.2. ASIGNACION DE PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACION DE PLAN BONIFICACION

Según Informe 2010 presentado por Dirección de Abastecimiento de bienes y Servicios DABS. (DABS es la dependencia de Ecopetrol encargado de la ejecución de las compras); presentan las compras fallidas o no realizadas para la vigencia 2010. Este informe define varias causales que detallan por qué la compra no fue efectiva. Dentro de estos se encuentra la causal: "Corregir Catalogación" que corresponde a la explicación de DABS relacionadas con errores de catalogación de Materiales que no permitió efectuar la compra, para la investigación se tomaran los valores correspondientes a este causal.

Tabla 5. Relación de compras fallidas para el área de mantenimiento presentadas por causal durante el 2010

Descripción	Total en \$ Sin Comprar
Corregir Catalogación	\$ 297.755.913
Desviación Presupuestal	\$ 233.182.287
No Ofertaron	\$ 330.967.283
Otras Causas	\$ 60.175.512
Por Cambio de CDP	\$ 278.107.949
Total general	\$ 1.200.188.944

Tomado de Informe presentado por DABS. Octubre de 2010.

La propuesta para determinar el presupuesto de plan de incentivo, es tomar como base la causal de "corregir catalogación" del año 2010 y efectuar un estimado del costo de este aspecto, referido al presupuesto ejecutado en el año 2009, debido a que en el año 2009 no se conto con el informe de DABS; a continuación se describe el cálculo:

$$\text{Porcentaje 2010} = \frac{\text{Presupuesto por falta de catalogación 2010}}{\text{Presupuesto sin Ejecucion 2010}}$$

$$\frac{\text{Presupuesto por falta de catalogación 2010}}{\text{Presupuesto sin Ejecucion 2010}} = \frac{\$ 297.755.913}{\$ 1.050.294.532} = 28\%$$

$$\text{Porcentaje 2009} = \text{Presupuesto sin ejecución 2009} \times \text{porcentaje 2010}$$

$$\text{Presupuesto 2009} = \$ 519.271.150$$

Con la información anterior se determina la tabla 6.

Tabla 6. Relación de compras fallidas para el área de mantenimiento presentadas en el 2009-2010 que involucra la falta de catalogación

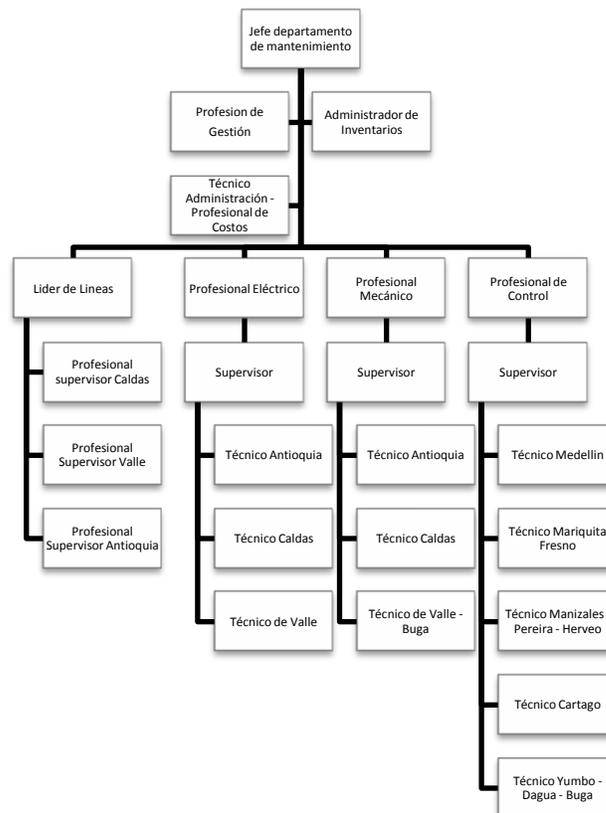
Año	2009	2010
Presupuesto sin Ejecución por falta de catalogación	\$ 519.271.150	\$ 297.755.913
Total 2009 – 2010	\$ 817.027.063	
Promedio entre 2009-2010	\$ 408.513.532	

Tomado de Informe presentado por DABS Octubre de 2010 e Informes de salidas de Bodega Ecopetrol S.A herramienta Ellipse años 2009 y 2010.

- RECOMENDACIÓN 5.

Se establecen como participantes, a los empleados directamente involucrados con la catalogación de materiales, para esto, a continuación se describe en el organigrama como está conformado el departamento de mantenimiento.

Figura 11. Estructura funcional del departamento de Mantenimiento Occidente de Ecopetrol S.A.



Tomado de: Adaptado por los autores del organigrama del Departamento de Mantenimiento Occidente,

El total de participantes para el plan de bonificación serian 21 funcionarios:

- Líder de líneas junto con los cuatro profesionales a cargo
- Profesional eléctrico junto con el supervisor los tres técnicos a cargo
- Profesional mecánico junto con el supervisor los tres técnicos a cargo
- Profesional control junto con el supervisor los cinco técnicos a cargo

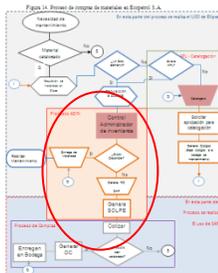
Según los lineamientos establecidos en la compañía Ecopetrol S.A. y previa investigación descrita se crea el documento: ECP - VT - P – 001: Plan de Bonificaciones por resultado en la mejora del catalogo de materiales para el área de mantenimiento.

El documento define el monto de la bonificación que recibiría cada funcionario involucrado en esta actividad; se define los indicadores a medir para establecer el cumplimiento.

Dicho documento tiene como objetivo, lograr incrementar eficiencia en los mantenimientos de la zona occidente optimizando el presupuesto asignado anualmente y contribuir con la actualización de la información de los equipos en sus 14 estaciones para que la gestión de compra sea la más acertada. Está dirigido a los profesionales y técnicos de mantenimiento según cada especialidad pertenecientes al departamento de mantenimiento occidente, que tenga contrato individual de trabajo a término fijo o indefinido. Este documento hará parte de los anexos de la presente investigación.

6.2. PROCESOS DE ADMINISTRACION DE INVENTARIOS (ADIN)

Figura 12. Proceso de compras de materiales en Ecopetrol S.A. - Proceso de administración de inventario



La figura 12 describe el proceso de la administración de inventarios, los cuales son responsabilidad de la jefatura del Departamento de Mantenimiento.

La administración de inventarios ADIN es un proceso clave para el departamento de mantenimiento; a través de ella se controla la ejecución del presupuesto de compras, se administra la bodega de materiales, se tramitan las solicitudes de compra de material faltante; esto implica activar la interface de información de la herramienta Ellipse a SAP: ayuda a las especialidades de mantenimiento en la preparación del presupuesto, efectúa el inventario del equipo capital de las plantas entre otras funciones.

Los reportes anuales de despacho de bodega tomados de la herramienta Ellipse permiten evidenciar, una diferencia importante entre los recursos solicitados y los efectivamente ejecutados, lo que indica una gran oportunidad de mejora para la gestión de mantenimiento.

Tabla 7. Presupuesto aprobado para la compra de repuestos en el área de mantenimiento durante 2009-2010 y presupuesto sin ejecución de estos dos años

Año	2009	% Presupuesto sin Ejecución / Presupuesto Aprobado 2009	2010	% Presupuesto sin Ejecución / Presupuesto Aprobado 2010
Presupuesto Aprobado	\$ 4.324.806.133		\$ 4.463.849.063	
Presupuesto sin Ejecución	\$ 1.831.660.181	42%	\$ 1.050.294.532	24%

Tomado de Informes de Bodega Ecopetrol S.A herramienta ELIPSE periodos 2009 y 2010.

- **RECOMENDACIÓN 6.**

A pesar que los procesos de la administración de inventarios son responsabilidad del departamento de mantenimiento, lo cual es apropiado y coherente con las políticas de gestión de activos de la organización, no se evidencia el uso de indicadores, ni la realización consistente de seguimiento y control para este proceso.

La dirección de Abastecimientos de Bienes y Servicios definió los procedimientos que se deben seguir para el proceso de Administración de Inventarios, los cuales son:

[ECP-DAB-P-10: Procedimiento para Reposición de Inventario de Materiales Jul 2006.](#)

[ECP-DAB-P-16 Procedimiento para Optimización de Inventarios de Materiales Jul 2006](#)

[ECP-GEA-P-15 Procedimiento de Administración de Bodega de Materiales Jul 2006](#)

A continuación se realiza una descripción de cada procedimiento, se relaciona los aspectos de mayor relevancia de estos documentos internos de Ecopetrol y se plantean las oportunidades de mejora en el departamento de mantenimiento.

6.2.1. REVISION DEL PROCEDIMIENTO: ECP-DAB-P-10 PROCEDIMIENTO PARA REPOSICION DE INVENTARIO DE MATERIALES JUL 2006.

El documento describe los indicadores definidos para la óptima operación de la bodega de materiales para la función de mantenimiento:

- Nivel de servicio
- Oportunidad en tramitación y seguimiento de RO's
- Nivel de Rotación en 12 meses
- Nivel de OT'S de mantenimiento en estado X (pendiente por material)

Para el adecuado desempeño en este aspecto es necesario elaborar informes periódicos de la herramienta que permitan tomar acciones respecto de las desviaciones encontradas con los indicadores definidos.

6.2.2. REVISIÓN DEL PROCEDIMIENTO: ECP-DAB-P-16 PROCEDIMIENTO PARA OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS DE MATERIALES JUL. 2006

El procedimiento describe las revisiones que se deben realizar a la bodega para identificar materiales obsoletos, materiales mínimos en bodega para la función de mantenimiento.

Existe un paradigma respecto al costo de materiales en bodega de tal suerte que para evitar costos de inventario, es una práctica común que la mayor parte de los materiales son entregados a los técnicos, con lo cual cada usuario acumula repuesto que al salir del sistema se dan como consumidos cuando en realidad están guardados sin control ni análisis de inventarios, esta práctica genera sobrecostos y no permite aprovechar las herramientas informáticas para hacer una gestión de inventarios de acuerdo a la necesidad y visible para la organización, de tal manera que se reduzca efectivamente el costo del inventario.

En este aspecto como oportunidad de mejora para poder tener un mantenimiento de clase mundial, las metodologías de confiabilidad definen un stock de materiales necesario para

la operación. La falta de catalogación de repuestos no ha permitido definir los mínimos de materiales en bodega. Una vez realizada la catalogación propuesta se debe realizar el ejercicio de definición de stock mínimo de bodega, para ello se propone la aplicación de la metodología de confiabilidad basada en el Stock. Una vez se logre este propósito se podrá hacer gestión para la optimización de inventarios.

6.2.3. REVISIÓN DEL PROCEDIMIENTO: ECP-GEA-P-15 PROCEDIMIENTO DE ADMINISTRACIÓN DE BODEGA DE MATERIALES JUL. 2006

Los indicadores descritos en este procedimiento son:

- Tiempo de chequeo
- Porcentaje de materiales sin localización
- Nivel de servicio de despacho

El departamento de mantenimiento occidente, tiene solamente una bodega oficial administrada desde la herramienta Elipse, que comparte con el departamento de operaciones.

Las compras centralizadas en Bogotá, buscan poner en el proveedor la responsabilidad de la entrega del material al usuario solicitante, quien la recibe y declara la conformidad del recibo al administrador de la bodega para su registro en el sistema y el proceso de pago.

Cuando el usuario no recibe directamente hay, tiempos de espera y en algunas oportunidades el material entregado no corresponde a lo especificado con lo que se genera un proceso de reclamación y devolución, con el sobrecosto y reproceso que esto implica.

Una gran parte de los suministros son entregados directamente en la bodega, este aspecto genera sobre costo, dado que la bodega debe despachar los materiales a los usuarios en las bases operativas, dispersas en varias regiones. Cuando se generan discrepancias de parte del usuario, es decir que el material no cumple con la especificación técnica un nuevo sobrecosto por el traslado, en algunas oportunidades directamente al proveedor y en otras nuevamente a la bodega y de aquí al proveedor.

Con la revisión de materiales para catalogación, se debe vigilar la calidad de la información registrada en el código Ellipse de manera que se reduzcan las discrepancias por errores de catálogo.

Otro aspecto a mejorar es definir bodegas de mantenimiento en las bases operativas del personal técnico que permitan tener el stock definido para confiabilidad, esto es la creación de una bodega de mantenimiento en la base Medellín y otra en la base Manizales que se administren a través de la herramienta para poder hacer seguimiento y optimización del inventario.

Si bien las buenas prácticas indican que lo mejor es tener la menor cantidad de inventario centralizado, las condiciones de dispersión geográfica de las estaciones de bombeo de hidrocarburos, la complejidad de algunos repuestos en aspectos como su volumen, peso, facilidad de adquisición y la oportunidad en la prestación de servicio de mantenimiento justifican la iniciativa de contar con estas facilidades de bodega; en la práctica estas bodegas como espacio físico existen, sin embargo no llevan un control a través de la herramienta Ellipse ya que el procedimiento de entrega de la bodega principal registra como consumo cualquier elemento que salga del inventario de bodega, con lo cual se pierde la trazabilidad de las existencias reales.

Con la formalización de las bodegas en la herramienta Ellipse se espera mejorar los tiempos de entrega, tener información en línea y en tiempo real de los insumos y disminuir los costos de traslado de materiales para mantenimiento.

6.2.4. RECOMENDACIONES GENERALES DE ACUERDO A LOS PROCEDIMIENTOS DEL ADMINISTRADOR DE INVENTARIOS

- Seguir los lineamientos de la guía para la gestión de activos de Ecopetrol S.A.
- Realizar divulgación de los indicadores a los usuarios involucrados en los procesos. La divulgación de los indicadores de gestión son de suma importancia en toda organización ya que permiten evidenciar la labor que se está realizando, sobre todo si esta divulgación se realiza a las áreas para las cuales se es un proveedor interno, para que a su vez, periódicamente se propongan mejoras y así se vayan minimizando fallas en el proceso.

- Realizar seguimiento a cada uno de los indicadores descritos en los procedimientos revisados: con este seguimiento se espera que de acuerdo a la periodicidad descrita se establezcan mejoras para minimizar el impacto que actualmente esta función está generando en la adquisición de repuestos para el área de mantenimiento y que finalmente repercute en la gestión del área de mantenimiento.

- Establecer cultura organizacional al seguimiento de procedimientos y la utilización de indicadores de buenas prácticas en la administración de inventarios para lograr la confiabilidad de la infraestructura a través de la función de mantenimiento. De acuerdo a los documentos revisados se tienen previstos unos controles sobre los procesos.

- Revisión de personal requerido para cumplir con el proceso:

Con el apoyo de la Vicepresidencia de Talento humano se deberá realizar una revisión de las funciones realizadas en tiempo real para el proceso de administración de inventarios, liderado por la Jefatura del departamento de Mantenimiento, teniendo en cuenta los resultados obtenidos a la fecha, para determinar si en este cargo se requiere personal adicional para lograr obtener lo esperado por este proceso.

- Evaluación de competencias:

Realizar evaluación de competencias de los cargos que se requieren para el proceso de administración de inventarios. Definir un cierre de brechas que permita al personal del proceso cumplir con las competencias mínimas requeridos para el proceso.

6.3. EL PROCESO DE COMPRAS

Figura 13. Proceso de compras de materiales en Ecopetrol S.A. - Proceso de compras

La figura 13 describe el proceso de compra que es por la Dirección de Abastecimiento: una dependencia de la Vicepresidencia de Servicios de Ecopetrol, a través de un Líder de Abastecimiento regional con sede en Bogotá, quien es el responsable por la gestión de suministros; la operación de esta dependencia se apoya en un contrato que ejecuta los procesos de selección de ofertas, una vez seleccionado el proveedor elabora la orden de compra para su aprobación por parte del funcionario autorizado de acuerdo al manual de delegaciones de Ecopetrol. S.A

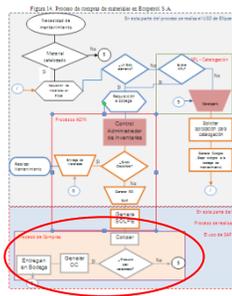
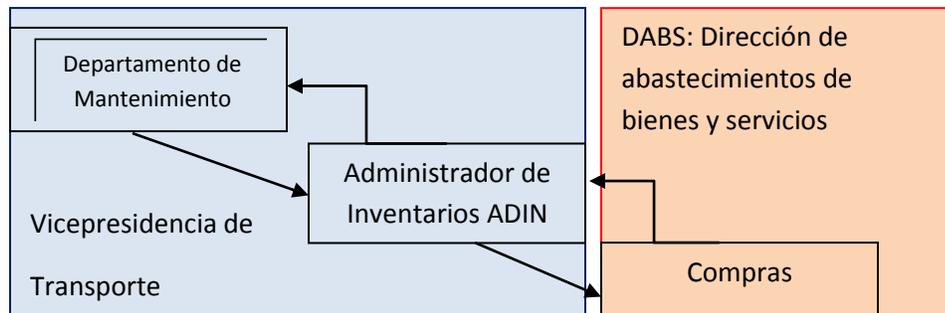


Figura 14. Interacción en el proceso de compra entre la dependencia operativa y la *dirección de abastecimiento*.



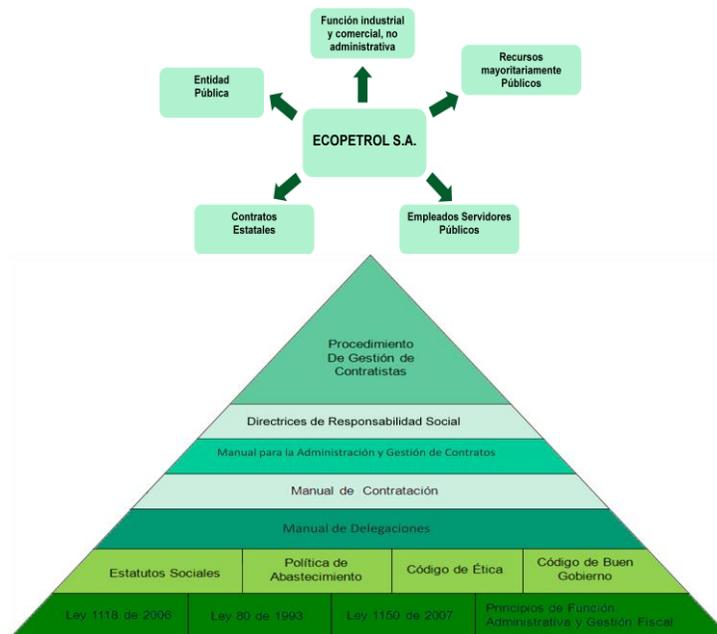
La interface Ellipse SAP se define por el procedimientos SIFCA-3-ML-C&C-17 Recomendaciones de Compra de Inventario V2. La revisión del documento permite ver que la información que va de Ellipse a SAP es básicamente: el código de material, la descripción, la cantidad, el precio del material y el comprador. Esta forma no es muy

conveniente cuando existen varios materiales en una misma requisición a bodega, ya que el paso de información de un sistema al otro se hace código por código, esto los desliga, es decir los materiales no se van a un solo proceso de selección de proveedor y pueden tener proceso de compra diferente, esto puede ocasionar que uno de los materiales no llegue a tiempo para el mantenimiento con lo que se entorpece la ejecución.

El sistema está diseñado para gestionar la compra de materiales previamente catalogados en la herramienta Ellipse; cuando se necesita un material el funcionario solicitante, efectúa una solicitud del código de material a la bodega, generalmente asociada a una orden de trabajo de mantenimiento, el ADIN analiza la existencia de inventario en la bodega, si no hay existencia genera la RO¹⁸ para iniciar el proceso de compra en la herramienta SAP.

Por legislación nacional se requiere que toda compra tenga la participación plural de oferentes, esto en razón a que Ecopetrol S.A. es una empresa de economía mixta cuyo propiedad accionaria es mayoritariamente de la nación por tanto sus procesos contractuales se rigen por los principios de la contratación pública¹⁹.

Figura 14. Ámbito legal de los proceso de compra y contratación de Ecopetrol S. A.



¹⁸ Recommended Order, recomendación de compra. Se refiere a la información que se registra en Ellipse, que se refleja en SAP por medio de la interface de los dos sistemas.

¹⁹ Ley 80 de 1993

Tomado de: Políticas, Normas, Controles Proceso de Abastecimiento de Bienes y Servicios, Vicepresidencia Jurídica, Ecopetrol S.A. 2011. Intranet de Ecopetrol.

De otro lado haciendo referencia a la cultura de Ecopetrol S.A. con corte a 31 de diciembre de 2011, cuenta con 32954 trabajadores contratistas, 6744 trabajadores directos de los cuales el 65% pertenecen a la nomina directiva 30% a la nomina convencional y 5% son aprendices SENA²⁰. Se resalta la gran participación de personal contratista, en la función de compras la Dirección de Abastecimiento se apoya en contratista para llevar a cabo los procedimientos administrativos de la gestión de compra, no obstante la responsabilidad de la gestión es de funcionarios directos de Ecopetrol.

En los dos últimos años por cuenta del proceso de compras se dejaron de ejecutar \$2.881.954.713; las principales causas de la no realización de las compras se presentan en un informe de la Dirección de Abastecimiento el cual se analizará a continuación.

6.3.1. ANALISIS DEL INFORME DE COMPRAS FALLIDAS DURANTE EL 2010

De acuerdo a los presupuestos no ejecutados durante el 2009 y 2010 en el área de mantenimiento se tiene la siguiente información

Tabla 8. Relación de presupuesto 2009-2010 sin ejecución en el área de mantenimiento

Año	2009	2010
Presupuesto sin Ejecución	\$1.831.660.181	\$1.200.188.944
Total 2009 – 2010	\$3.031.849.125	

Tomado de: Informes de Bodega Ecopetrol S.A herramienta ELLIPSE. Año 2009 y 2010

En octubre de 2010 el grupo de compras de la Dirección de Abastecimiento elaboró un informe al departamento de mantenimiento explicando la causa de los procesos fallidos de compra en donde se determinan variados causales.

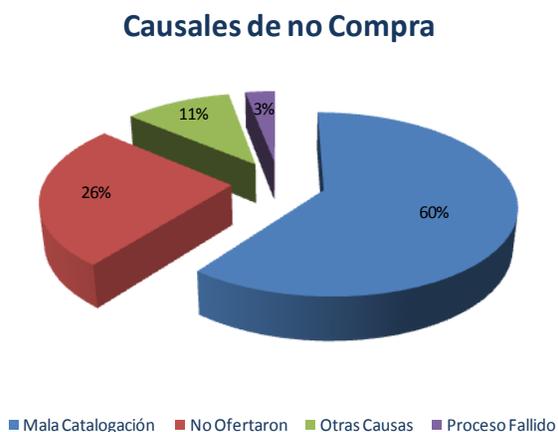
²⁰ Reporte de Sostenibilidad 2010 Ecopetrol S.A. Tomado de:
<http://www.ecopetrol.com.co/especiales/Reporte%20de%20sostenibilidad%202011/index.html>

Tabla 9. Relación de compras fallidas por causal, valorizada en pesos (\$), durante el 2010

Causal	Valor	%
Mala Catalogación	725.627.347	60%
No Ofertaron	308.219.674	26%
Otras Causas	130.306.523	11%
Proceso Fallido	36.035.400	3%
Total general	1.200.188.944	100%

Tomado de: Informe presentado por DABS 2010.

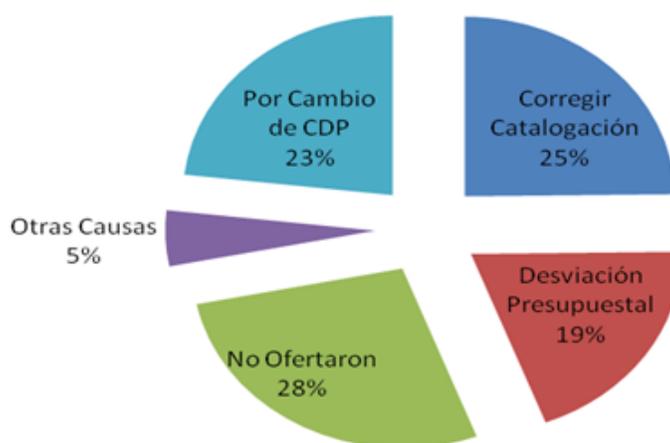
Grafico 2. Porcentaje de participación por causal de compras fallidas durante el 2010



Tomado de Informe presentado por DABS octubre 2010

Grafico 3. Porcentaje de participación por causal de compras fallidas durante el 2010 - Estandarizando el Causal: Otras Causas

Porcentaje de participación por causal de compras fallidas en el 2010 - Estandarizando el Causal Otras Causas del Gráfico 2



Tomado de Informe presentado por DABS octubre 2010

6.3.2. PROPUESTA DE MEJORA PARA EL PROCESO DE COMPRAS Y LA INTERACCIÓN CON LA DIRECCION DE ABASTECIMIENTO

Es necesario mejorar la interface Ellipse SAP de tal manera que permita toda la información al comprador. El proyecto SENSOR en su procedimiento SIFCA-3-ML-C&C-17. Recomendaciones de Compra de Inventario estipula que el comprador debe conocer el sistema Ellipse, esto con el objeto de que tome de Ellipse la descripción de material requerido y en caso que la requisición de material contenga varios ítems el proceso de compra permita llegar todos los materiales a tiempo para el proceso de mantenimiento.

En este aspecto se puede actuar en dos sentidos: en primera instancia efectuar una validación del procedimiento entre los actores del proceso revisando el procedimiento para definir claramente la responsabilidad de cada uno de los actores y operar el sistema de acuerdo a esta revisión. En segunda instancia efectuar un nuevo ejercicio de integración de

las herramientas que permita el paso automático de la información de una herramienta a otra.

- **RECOMENDACIÓN 7.**

El procedimiento SIFCA-3-ML-FM-08 Manual para Interfase Mantenimiento Ellipse, describe los procedimientos que se siguen para adquirir servicios desde Ellipse a SAP, este tipo de procesos permite pasar como paquete APL de servicios, este procedimiento sería un punto de partida para mejorar la interfase Ellipse SAP en el proceso de compra de materiales.

Es necesario adoptar los lineamientos de la Guía para el gerenciamiento de activos de Ecopetrol.

Efectuar una revisión del acuerdo de servicios y definir la matriz de responsabilidades de acuerdo con los procedimientos existentes, se requiere efectuar la revisión de los procedimientos y el reentrenamiento de los actores del proceso de compra.

Procedimentar o adicionar al proceso de compras los referentes a compras fallidas. Esto permitirá utilizar causales estandarizados y que sean de fácil clasificación y así mismo de fácil solución.

Entregar informe bimestral de las compras fallidas, este informe permitirá solucionar los factores que no están permitiendo gestionar correctamente las compras.

7. LIMITACIONES Y RESTRICCIONES

- Para dar solución con el primer proceso de mejora – Catalogación de partes por medio de una implementación de un plan de incentivos se cuenta con la restricción de la aprobación de dicho plan por parte de Ecopetrol S.A., teniendo en cuenta que esta solución implica bonificación representada en dinero.
- La ejecución de las recomendaciones dadas en el segundo proceso de mejora están limitadas por la cultura de la organización en relación con la Disciplina Operativa, se requiere estructurar todo el proceso de disciplina operativa.
- Para todos los casos es importante establecer tiempos de ejecución a través de acuerdos de servicios de lo contrario esto restringiría la viabilidad de la presente investigación.

8. CONCLUSIONES

- La dinámica actual de los negocios obliga a integrar información de diferentes fuentes y herramientas informáticas, es necesario definir detalladamente la necesidad y estructurar un plan de implementación con el seguimiento debido, para que el proyecto tenga éxito, es indispensable ejercer el liderazgo que permita el involucramiento de cada uno de los colaboradores, el seguimiento y apoyo constante de la administración, generan la cultura que finalmente redundará en el éxito del proyecto.
- Siendo necesarias las dos plataformas ERP (Ellipse – SAP) para la administración de las compras para el área de mantenimiento en Ecopetrol S.A., se justifica la implementación del plan de incentivos como mejora en la actualización de las partes que están pendientes por catalogación, este plan permitirá que los funcionarios involucrados amablemente contribuyan con las actividades descritas y de paso se contara con la información completa lo que a su vez hará fluir la información, en un plazo corto de tiempo.
- El proceso de administración de inventarios en la ejecución de las compras es fundamental para que la política de administración de activos dé los resultados esperados en el área de mantenimiento. Por eso es importante dar trascendencia a las recomendaciones dadas en el presente documento, fomentar la disciplina operativa para que se sigan los procedimientos definidos, es imprescindible que la administración demuestre el liderazgo y el compromiso acompañando el proceso y efectuando el control requerido para obtener los resultados esperados.

- La Dirección de Abastecimiento debe adoptar los criterios de la Guía de Gerenciamiento de Activos de Ecopetrol, el compromiso de la alta dirección y la disciplina operativa son necesarios para lograr que el proceso tenga resultados con estándares clase mundo que permitan que la filosofía de TPM trascienda.
- Generando a partir del liderazgo la cultura organizacional se puede lograr el funcionamiento en los diferentes procesos que actualmente tienen fallas, de nada sirve tener las mejores herramientas de información si no se alimenta con información valiosa y pertinente.
- La definición de objetivos y la adopción de indicadores y buenas prácticas, son herramientas que debe utilizar la administración en la implementación de la disciplina operativa, es importante vincular a las áreas operativas en razón a que son ellos quienes hacen con su trabajo diario que la organización pueda cumplir su razón social, es necesario revisar periódicamente con ellos los procedimientos con el fin de afinarlos y ajustarlos a la realidad, esto a su vez incentiva el compromiso de todos los miembros de la organización.
- La alta administración define las políticas y la visión del negocio, a través del liderazgo se debe verificar que los planes operativos y tácticos se enfoquen en el cumplimiento de la estrategia que finalmente conducirá al éxito de la organización.

9. RECOMENDACIONES

- La integración de información es la dinámica común en el mundo de los negocios, los factores de éxito están ligados a la cultura de la organización, a una muy buena definición de la necesidad, al liderazgo visible y demostrado de la dirección y la disciplina para seguir los lineamientos establecidos, un camino por recorrer en este aspecto es ¿cómo podemos adquirir la cultura que nos permita equipararnos a las grandes potencias? ¿Qué valores se deben fomentar para generar el liderazgo que requieren las organizaciones para que sus procesos sean exitosos?
- ¿Es realmente posible definir una única herramienta de gestión de la información, que permita tener todos los aspectos de la gestión integral de la organización, o es un ideal que está lejos de ser una realidad?
- Durante la implementación de nuevos sistemas administrativos en cualquier compañía se debe realizar un análisis de los sistemas existentes que hayan sido desarrollados específicamente para el rol de la compañía y dar aprovechamiento de estos en dado caso que sean compatibles sus software. Esto puede representar para cualquier compañía ahorros en estas implementaciones.
- Cuando un proceso en una compañía tenga falencia se debe revisar las entradas y las salidas o productos esperados de él, no es tan relevante la verificación de los funcionarios que se encuentran ejecutándolo, sino garantizar las diferentes herramientas y recursos que se requieren para el cumplimiento de dicho proceso.

- Toda entidad que se encuentre prestando un servicio alterno a una compañía debe cumplir con lineamientos estipulados por la compañía a la que se le preste el servicio y ser proactivas en el mejoramiento continuo de su servicio demostrando una alianza estratégica. La organización debe procurar a través de especificaciones técnicas, garantías y seguimiento al cumplimiento en la ejecución de actividades contratadas para que estas apalanquen la operación principal de la compañía.

10. BIBLIOGRAFIA

Andrade, C., Rojas, R., & Lorenzo, O. (2007). Postimplantación de sistemas ERP: del pánico a la evolución constante. *Revista de Empresa* , 10.

Cannella, S., Ciancimino, E., Framian, J. M., & Disney, S. M. (2010). Los Cuatro arquetipos de cadenas de Suministro. *Bussines Review* , 17.

Esbelta, M. (s.f.). *www.data.driver.com.mx*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2010, de *www.data.driver.com.mx*: <http://www.data.com>

Esteves, J., & Pastor, J. (2004). Proyectos ERP Exitosos como base de ventajas competitivas. *Revista de Empresa No.9* , 14.

Fernandez, D. J. (8 de Mayo de 2005). *www.mantenimientoplanificado.com*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2010, de *www.mantenimientoplanificado.com*: <http://mantenimientoplanificado.com>

Fuentes, F. E. (2010). TPM-Mantenimiento Productivo Total. *Charlas para la gestion de Mantenimiento* .

Suzuki, T. (1995). *TPM Gerencia Productiva Total*. Madrid, España: TGP Hoshin.

Production Plannig & Control, 2001, VOL 12, NO. 7, 695-705 – Analytical hierarchy process for justification of total productive maintenance

Producción + Limpia – Enero – Junio 2007 – Vol. 2. No. 1 – El mejoramiento productivo total como una herramienta de acercamiento hacia una producción más limpia en COLCERÁMICAS S.A. – Luisa Fernanda Vasco Restrepo.

Informática Económica Vol. 14, no. 2/2010 – The Modern Approach to Industrial Maintenance Management.

International Journal of Production Research, Vol. 43, No. 18, 15 September 2005, 3745-3771 – Strategic success factors in enterprise resource-planning desing and implementation: a case-study approach. S. DOWLATSHAHI.