

**MODELO PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE  
MEDICIÓN Y CONTROL DE LA GERENCIA DE OPERACIÓN CENTRALIZADA  
DE ECOPETROL S.A. APLICANDO TPM**

**DARIO BUITRAGO PATIÑO  
ELISEO HERNANDO DIAZ GUTIERREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2011**

**MODELO PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE  
MEDICIÓN Y CONTROL DE LA GERENCIA DE OPERACIÓN CENTRALIZADA  
DE ECOPETROL S.A. APLICANDO TPM**

**DARIO BUITRAGO PATIÑO  
ELISEO HERNANDO DIAZ GUTIERREZ**

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

**Director  
EUDILSON NUÑEZ  
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2011**

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos:

A nuestro Dios por darnos la salud e inteligencia por cumplir este proyecto.

A nuestro director de monografía Ing. Eudilson Nuñez por su aporte para el desarrollo de este trabajo.

A nuestros compañeros de trabajo por sus aportes técnicos para el desarrollo de este trabajo.

A la Universidad Industrial de Santander (U.I.S) por permitirnos compartir y aprender de las experiencias de cada uno de los maestros y compañeros de la especialización.

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo a nuestras familias quienes con su amor y apoyo han contribuido a nuestra realización profesional y personal.

**Darío Buitrago Patiño**  
**Eliseo Hernando Díaz Gutiérrez**

# CONTENIDO

pág.

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>13</b>
<b><u>1. MARCO CONTEXTUAL.....</u></b>	<b><u>14</u></b>
<b>1.1 ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL.....</b>	<b>14</b>
1.1.1 GERENCIA DE OPERACIÓN CENTRALIZADA.....	15
1.1.2 SUPERINTENDENCIA DE OPERACIÓN CENTRAL, SUPERINTENDENCIA TÉCNICA CENTRAL.....	16
<b>1.2 SISTEMAS DE MEDICIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>1.3 SITUACION ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1 NORMATIVIDAD .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2 CONCEPTOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3 CONCEPTOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL .....</b>	<b>33</b>
<b>3.4 PILARES DEL TPM .....</b>	<b>35</b>
3.3.1 PILAR UNO. ORIENTACIÓN A RESULTADOS.....	36
3.3.2 PILAR DOS. ADMINISTRACIÓN AUTÓNOMA.....	36
3.3.3 PILAR TRES. MANTENIMIENTO PLANIFICADO.....	37
3.3.4 PILAR CUATRO. EDUCACIÓN Y ENTRENAMIENTO.....	39
3.3.5 PILAR CINCO. MANTENIMIENTO TEMPRANO.....	39
3.3.6 PILAR SEIS. MANTENIMIENTO DE CALIDAD .....	40
3.3.7 PILAR SIETE. MANTENIMIENTO EN ÁREAS ADMINISTRATIVAS .....	40
3.3.8 PILAR OCHO. GESTIÓN DE SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE .....	41
<b>3.4 ETAPAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE TPM.....</b>	<b>41</b>
3.4.1 ETAPA UNO. DECLARACIÓN DE LA ALTA DIRECCIÓN .....	41
3.4.2 ETAPA DOS. CAMPAÑA EDUCACIONAL INTRODUCTORIA PARA EL TPM .....	41
3.4.3 ETAPA TRES. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	41
3.4.4 ETAPA CUATRO. FIJAR POLÍTICAS BÁSICAS Y OBJETIVOS.....	41
3.4.5 ETAPA CINCO. DISEÑAR EL PLAN MAESTRO DE TPM .....	42
3.4.6 ETAPA SEIS. LANZAMIENTO INTRODUCTORIO .....	42
3.4.7 ETAPA SIETE. ESTABLECER PILARES BÁSICOS.....	42
3.4.8 ETAPA OCHO. IMPLEMENTACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA .....	42
3.4.9 ETAPA NUEVE. ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD.....	42
3.4.10 ETAPA DIEZ. ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	43
3.4.11 ETAPA 11. SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE .....	43
<b><u>4. DEFINICION DE PRINCIPIOS PARA LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL .....</u></b>	<b><u>44</u></b>
<b>4.1 GESTION DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2 PRODUCCIÓN .....</b>	<b>45</b>

<b>4.3 PROCESOS .....</b>	<b>45</b>
<b>4.4 COMPONENTES Y CICLO .....</b>	<b>45</b>
<b>4.5 CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD Y MANTENIBILIDAD .....</b>	<b>45</b>
<b>4.6 TALENTO HUMANO.....</b>	<b>46</b>
<b>4.7 POLITICAS, DIRECTRICES Y PROCEDIMIENTOS .....</b>	<b>47</b>
<b>4.8 INTEGRACION TECNOLOGICA .....</b>	<b>47</b>
<b>4.9 TABLERO BALANCEADO DE GESTION .....</b>	<b>49</b>
<b>4.9 SEGURIDAD INDUSTRIAL Y MEDIO AMBIENTE .....</b>	<b>52</b>
<b><u>5. PLANTEAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO TPM .....</u></b>	<b><u>53</u></b>
<b>5.1 ETAPA 1.....</b>	<b>54</b>
<b>5.2 ETAPA 2.....</b>	<b>55</b>
5.2.1 EDUCACIÓN INTRODUCTORIA Y CAMPAÑA DE DIVULGACIÓN SOBRE TPM .....	55
5.2.2 ESQUEMA DE CAPACITACIONES.....	56
<b>5.3 ETAPA 3.....</b>	<b>57</b>
5.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	57
5.3.2 FUNCIONES DE LOS COMITÉS .....	57
5.3.3 COMITÉ DE PROMOCIÓN EN ÁREAS .....	58
<b>5.4 ETAPA 4.....</b>	<b>59</b>
<b>5.5 ETAPA 5 PLAN MAESTRO DE TPM.....</b>	<b>61</b>
<b>5.6 ETAPA 6.....</b>	<b>62</b>
<b>5.7 ETAPA 7 MANTENIMEINTO AREAS ADMINISTRATIVAS .....</b>	<b>62</b>
5.7.1 PILAR 1 ORIENTACIÓN A RESULTADOS .....	62
5.7.2 PILAR 2 ADMINISTRACION AUTONOMA.....	63
5.7.3 PILAR 3 MANTENIMIENTO PLANEADO .....	64
5.7.4 PILAR 4 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO .....	65
<b>5.8 ETAPA 8.....</b>	<b>66</b>
5.8.1 PILAR 5 ADMINISTRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA.....	66
<b>5.9 ETAPA 9.....</b>	<b>66</b>
<b>5.10 ETAPA 10 .....</b>	<b>67</b>
5.10.1 PILAR 7 ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	67
5.10.2 GERENCIA DE RECURSOS HUMANOS .....	71
5.10.2.1 MISIÓN .....	71
5.10.2.2 VISION .....	71
5.10.2.3 MOMENTOS DE VERDAD EN LA EJECUCIÓN DE UNA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO ....	71
<b>5.11 ETAPA 11 .....</b>	<b>73</b>
5.11.1 GESTIÓN AMBIENTAL.....	73
5.11.2 SEGURIDAD DE PROCESOS .....	74
<b><u>CONCLUSIONES.....</u></b>	<b><u>75</u></b>
<b><u>RECOMENDACIONES .....</u></b>	<b><u>77</u></b>

**BIBLIOGRAFÍA.....78**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Infraestructura Petrolera .....	14
Figura 2. Estructura Organizacional Vicepresidencia de Transporte año 2011 .....	15
Figura 3. Estructura Organizacional Gerencia Operación Centralizada.....	16
Figura 4. Grupo de Mantenimiento Controles y Medición.....	17
Figura 5 Sistema de Información Operacional Volumétrica .....	18
Figura 6 Procesos para Balances corporativos VIT.....	19
Figura 7. Diagrama P&ID Unidad de Medición LACT típico .....	20
Figura 8 Sistema primario de medición de hidrocarburos .....	20
Figura 9. Computadores de flujo del sistema de medición.....	22
Figura 10. Tablero computadores de flujo .....	22
Figura 11. Equipo probador del sistema de medición.....	23
Figura 12. Probador compacto del sistema de medición (Al fondo).....	23
Figura 13. Turbinas de flujo de sistema de medición.....	24
Figura 14. Transmisores de presión y temperatura sistema de medición .....	24
Figura 15. Densitómetro y válvula de contrapresión del sistema de medición.....	25
Figura 16. Diagrama sistema de control .....	26
Figura 17. Layer 1 - I/O and Field Device Layer.....	27
Figura 18. Modelo de Sistema de Gestión de Calidad basado en Procesos.....	32
Figura 19. Pilares TPM .....	35
Figura 20. Gestión de Mantenimiento para los Sistemas de Medición y Control de la VIT ..	44
Figura 21. Esquema Metodología Practicas Clave .....	48
Figura 22. Esquema Metodología .....	49
Figura 23. Sistema de Gestión Integrando la estrategia y las operaciones.....	50
Figura 24. Ejemplo de despliegue desde el mapa estratégico.....	51
Figura 25. Los principios de gestión .....	51
Figura 26. Despliegue estratégico en la organización.....	52
Figura 27. Modelo memorando declaración de alta gerencia para TPM.....	55
Figura 28. Esquema de Capacitaciones .....	56
Figura 29. Estructura organizacional para TPM .....	58
Figura 30. Tablero Balanceado de Gestión Superintendencia Técnica Central.....	59
Figura 31. Tablero Balanceado de Gestión Mantenimiento Medición Local.....	60
Figura 32. Plan maestro grupo de mantenimiento equipos de control y medición .....	61
Figura 33. Plan maestro grupo de mantenimiento equipos de Control y Medición.....	62
Figura 34. Plan Maestro Grupo de Mantenimiento Equipos de Control y Medición .....	64
Figura 35. Índice de formula de Costo de mantenimiento .....	65
Figura 36. Informes Inspecciones IGSM en Share Point .....	68
Figura 37. Informes Inspecciones IGSM.....	69
Figura 38. Informes Inspecciones IGSM.....	70
Figura 39. Registro de TBG en la Superintendencia Técnica Central .....	70
Figura 40. Momentograma.....	72

## RESUMEN

TITULO: MODELO PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL DE LA GERENCIA DE OPERACIÓN CENTRALIZADA DE ECOPETROL S.A. APLICANDO TPM

AUTOR (ES): DARIO BUITRAGO PATIÑO Y ELISEO HERNANDO DÍAZ GUTIERREZ.

PALABRA CLAVES: MODELO DE MANTENIMIENTO, SISTEMAS DE CONTROL Y MEDICIÓN DE HIDROCARBUROS, MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, TPM

DESCRIPCION: ECOPETROL S.A. tiene como propósito posicionarse como una de las mejores empresas a nivel mundial en la producción, refinación y transporte de hidrocarburos, aprovechando su posición como empresa líder a nivel nacional. Como negocio específico la Vicepresidencia de Transporte de ECOPETROL S.A. se encarga de la red de distribución de productos crudos y refinados utilizando una red de oleoductos y poliductos que atraviesan la geografía nacional.

Las áreas de la Vicepresidencia de Transporte de ECOPETROL S.A. encargadas de la contabilización de hidrocarburos y control de los procesos operativos tienen un rol importante en el aseguramiento de la confiabilidad de los equipos de medición y de automatización.

El desarrollo y uso de metodologías para mejorar los procedimientos y actividades de trabajo con una estructura definida son claves para el planteamiento de un modelo de gestión de mantenimiento aplicado a los procesos. El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una herramienta de gestión de mantenimiento que ha demostrado gran eficacia en las empresas donde se ha implementado, siendo una de sus principales características la integración de todo el personal desde la base de la organización hasta la alta dirección. El TPM se sustenta en ocho pilares básicos a saber: orientación a resultados, administración autónoma, mantenimiento planificado, educación y entrenamiento, mantenimiento temprano, mantenimiento de calidad, mantenimiento en áreas administrativas, gestión de seguridad, salud y medio ambiente

Este trabajo está basado en el análisis de los procesos de mantenimiento de los sistemas de medición y control de las áreas operativas, tácticas y estratégicas de la Vicepresidencia de Transporte, con enfoque al mantenimiento de los sistemas de control y medición.

Monografía

“Facultad de Ingenierías físico-Mecánicas. Especialización Gerencia de Mantenimiento.”

Director: Eudilson Nuñez. Ingeniero Electrónico

## SUMMARY

TITLE: MODEL FOR MAINTENANCE MANAGEMENT MEASUREMENT SYSTEMS AND CENTRALIZED MANAGEMENT OPERATION CONTROL, APPLYING TPM IN ECOPETROL SA

AUTHOR (S): DARIO BUITRAGO PATIÑO, ELISEO HERNANDO DÍAZ GUTIERREZ.

KEY WORD: MAINTENANCE MODEL, MEASUREMENT AND CONTROL SYSTEMS FOR HYDROCARBONS, TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM).

### DESCRIPTION:

Ecopetrol SA aims to position itself as one of the best companies worldwide in the production, refining and transportation of hydrocarbons, using its position as a national leader. As the specific business the “Vicepresidencia de Transporte” handles the distribution of raw and refined using a network of pipelines and pipelines that cross the national territory.

The areas of the “Vicepresidencia de Transporte” of Ecopetrol S.A . responsible for accounting for oil and control of operational processes play an important role in ensuring the reliability of measuring equipment and automation.

The development and use of methodologies for improving work procedures and activities with a defined structure are key to the approach of a maintenance management model applied to processes. Total Productive Maintenance (TPM) is a maintenance management tool that has proven highly effective in companies where it is implemented, one of its main features the integration of all personnel from the base of the organization to senior management. The TPM is based on eight pillars namely: results orientation, self-administration, planned maintenance, education and training, maintenance early, quality maintenance, maintenance management areas, management of safety, health and environment

This work is based on the analysis of the maintenance processes of measurement and control systems of operational areas, tactics and strategy of the “Vicepresidencia de Transporte”, with focus on maintaining control and measurement systems.

\*Monograph

\*\* School of Mechanical Engineering Maintenance Management Specialization

Director: Eudilson Nuñez

## INTRODUCCION

En la industria petrolera y específicamente en el negocio del transporte de hidrocarburos para la transferencia y custodia de los mismos, las empresas de este sector tienen instalados dentro de su infraestructura operativa los sistemas de medición y de control.

Los equipos de medición permiten asegurar la información de la cantidad de hidrocarburos recibidos o despachados en una planta de bombeo y la cantidad de los volúmenes entregados a los clientes. Los equipos de control aseguran la operación en las plantas para que éstas funcionen de manera adecuada de acuerdo a los parámetros establecidos. La información se captura a través de instrumentación que se instala en los diferentes equipos o ductos que intervienen en el proceso productivo.

La confiabilidad y mantenibilidad de los equipos que conforman cada uno de estos sistemas, se ejecuta a través de políticas de mantenimiento, donde se establece los lineamientos a seguir garantizando la disponibilidad de estos.

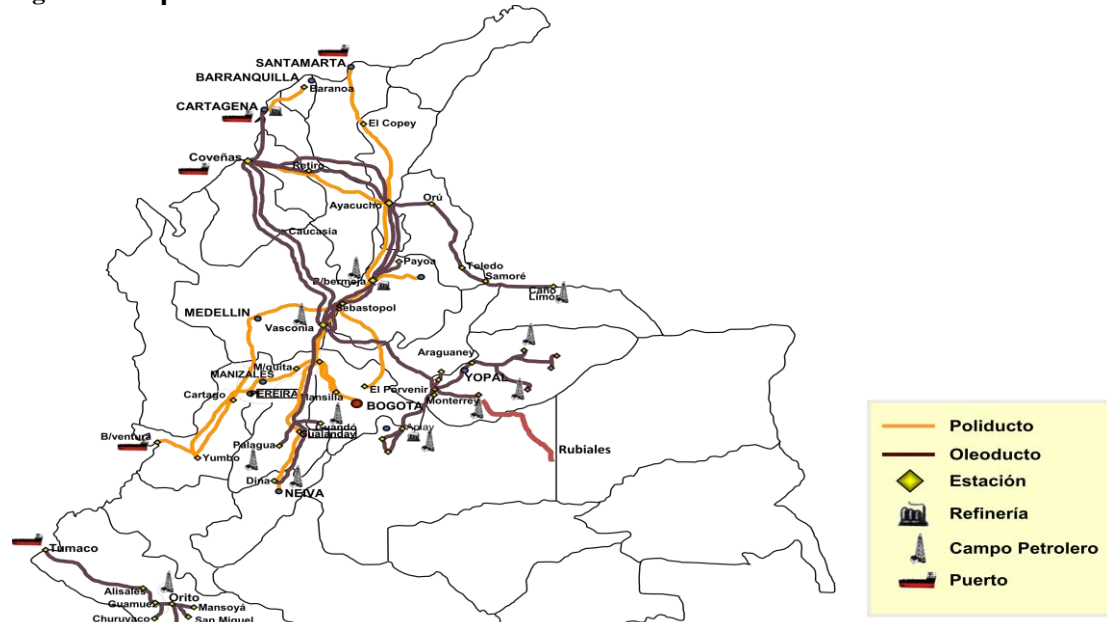
De acuerdo a la importancia y necesidad que tiene la Vicepresidencia de Transporte de ECOPETROL S.A. en el aseguramiento de la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de estos sistemas críticos para la operación, se presenta un modelo de gestión de mantenimiento que se basa en la metodología TPM y la integración de las estrategias a las operaciones para lograr ventajas competitivas.

## MARCO CONTEXTUAL

### 1.1 ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL

La Vicepresidencia de Transporte y Logística es una de las áreas de negocio de Ecopetrol S.A. que se encarga de administrar y garantizar la disponibilidad de la red de transporte de hidrocarburos, esta red está conformada por 8500 kilómetros de poliductos y oleoductos que van desde los centros de producción, plantas de bombeo hasta las refinerías y puertos en los océanos Atlántico y Pacífico. La Vicepresidencia de Transporte tiene a cargo la construcción y operación de la infraestructura de transporte y distribución de hidrocarburos, derivados y productos, de acuerdo con los requerimientos de ECOPETROL S.A. y del mercado, en forma rentable, sin perjuicio de las disposiciones legales vigentes. Con el objeto de ilustrar el tema se presenta un mapa donde se indican los principales sistemas de transporte de hidrocarburos

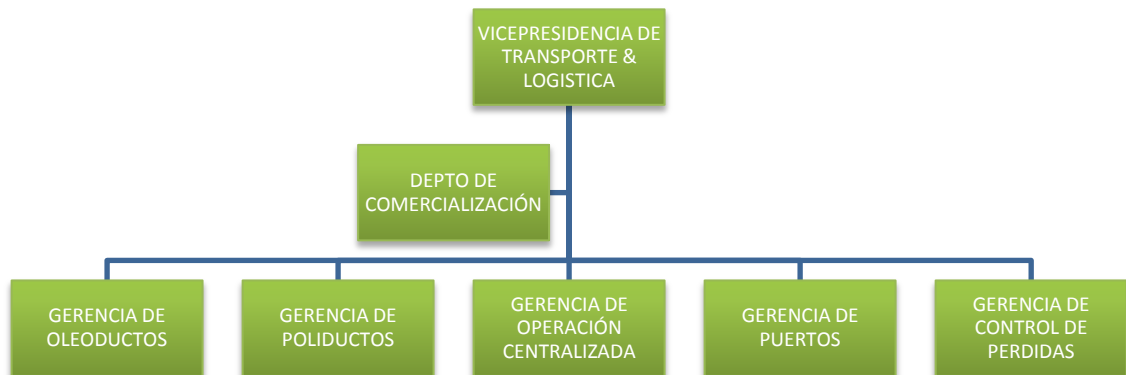
Figura 1. Mapa de Infraestructura Petrolera



Fuente: Presentación ODL

En su estructura organizacional la Vicepresidencia de Transporte y Logística está constituida por cuatro Gerencias Operativas (Oleoductos, Poliductos, Puertos y Operación Centralizada) y una Gerencia de apoyo (Control de Pérdidas), como se observa en la Figura 1.

**Figura 2. Estructura Organizacional Vicepresidencia de Transporte año 2011**

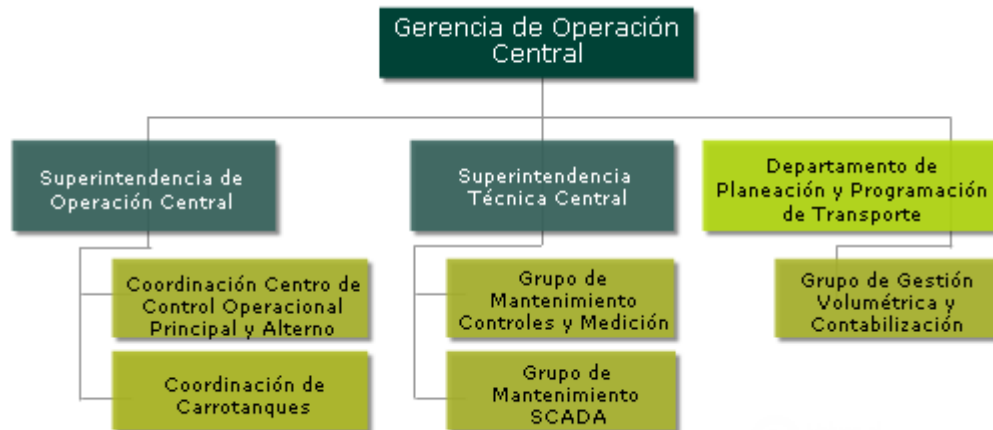


Fuente: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=278&conID=48123&pagID=145361>

### 1.1.1 Gerencia de Operación Centralizada

Es el área responsable de la adecuada operación de los sistemas de transporte que están a cargo de la Vicepresidencia de Transporte, coordinando y ejecutando actividades concernientes a programación, optimización de operaciones, procesos de servicio al cliente, gestión integral de medición y gestión de la calidad, con la finalidad de alcanzar el más alto grado de confiabilidad en la manipulación de los equipos y sistemas que se encuentran ligados a la operación centralizada. Adicionalmente es responsable del cumplimiento de los procedimientos, estándares y prácticas de ingeniería de mantenimiento con el fin de brindar confiabilidad de equipos y sistemas de control asociados a la operación centralizada.

Figura 3. Estructura Organizacional Gerencia Operación Centralizada



Fuente: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=278&conID=48123&pagID=146301>

El objeto de estudio del presente trabajo se centra en los procesos de mantenimiento del grupo de Mantenimiento de Controles y Medición.

### 1.1.2 Superintendencia de Operación Central, Superintendencia Técnica Central

La Superintendencia de Operación Central coordina y responde por el control y ejecución de la operación de los sistemas de transporte de oleoductos, poliductos y medios alternativos, a cargo de la Vicepresidencia. Se encarga del direccionamiento en la operación que se realiza en el Centro de Control Maestro, el cual controla la operación remota a nivel nacional de los sistemas de transporte configurados en el Sistema SCADA (Supervisión de control y adquisición de datos).

La Superintendencia Técnica Central, a través del Grupo de Mantenimiento Controles y Medición genera estrategias y programas para asegurar los niveles de confiabilidad y disponibilidad de equipos y sistemas de control operacional requeridos para la operación centralizada de los sistemas de transporte.

**Figura 4. Grupo de Mantenimiento Controles y Medición**



Fuente: Organigrama de la Superintendencia Técnica Central

El grupo de medición y control cuenta con profesionales en las diferentes áreas geográficas a nivel nacional. Este personal asegura la planeación, programación y ejecución del mantenimiento en las especialidades de controles, sistemas de medición y sistemas operacionales programables y configurables.

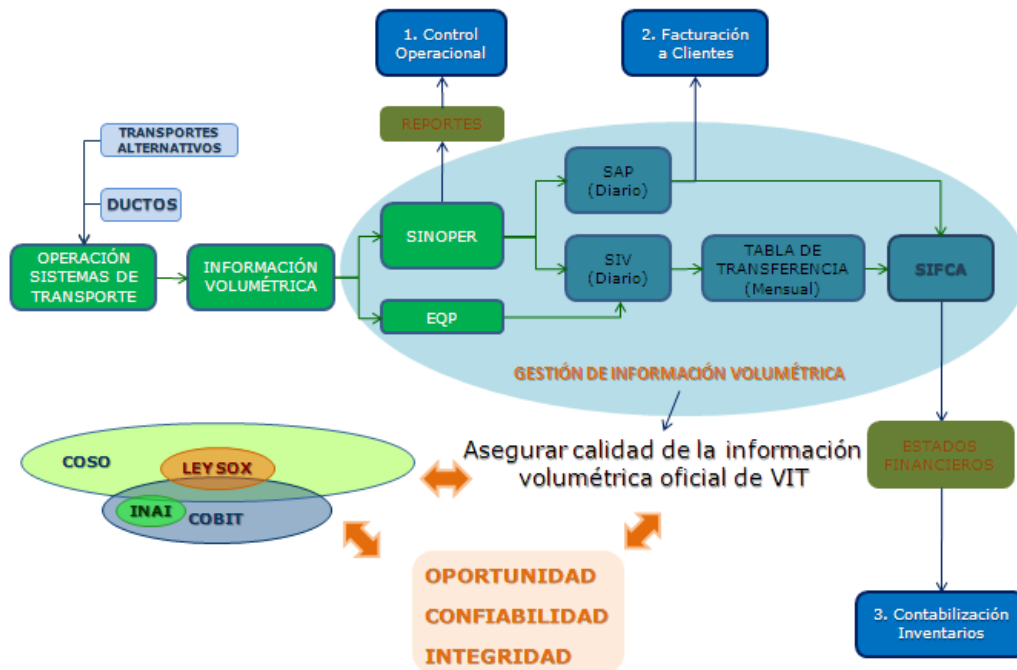
## 1.2 SISTEMAS DE MEDICIÓN

Según se menciona en el reglamento de Medición y Contabilización Ecopetrol S.A. la medición de cantidad y calidad de hidrocarburos es un proceso crítico y de máxima prioridad para su atención, operación y mantenimiento con el fin de minimizar las pérdidas, lograr la satisfacción de los clientes y generar valor en un marco de mejoramiento continuo.

Para el Sistema de Información Operacional Volumétrica (SINOPER), que es aplicativo oficial de la Vicepresidencia de Transporte y Logística (VIT) para el

registro de los volúmenes almacenados y transportados en estaciones de bombeo y tuberías, es esencial que la información de entrada sea lo más exacta posible, y estos datos se generan en los equipos de medición instalados en las plantas que transportan los combustibles. La falla de estos equipos primarios de medición puede producir una parada en la operación o podría reportar información errada generando desbalances volumétricos de línea.

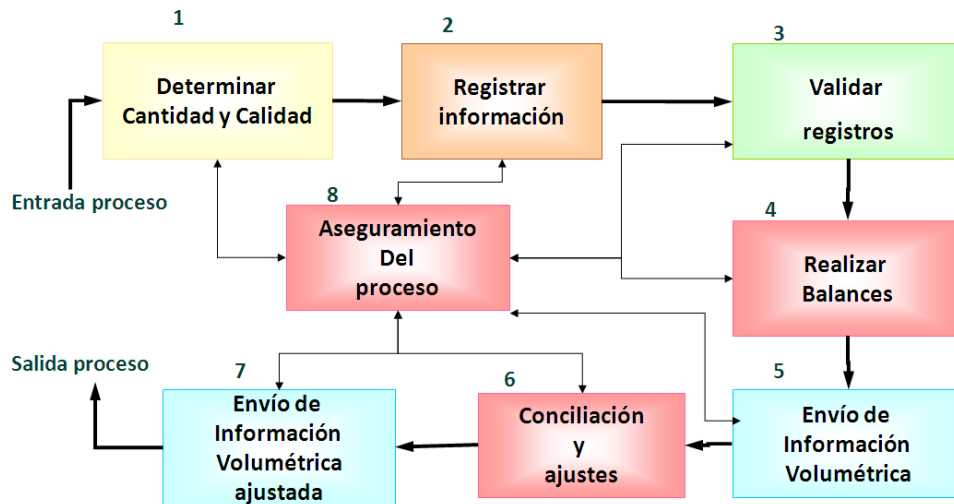
Figura 5 Sistema de Información Operacional Volumétrica



Fuente: Transversal gestión de información volumétrica

La medición de los productos también es muy importante para los clientes externos a quienes se les presta el servicio de transporte de sus productos refinados.

**Figura 6 Procesos para Balances corporativos VIT**



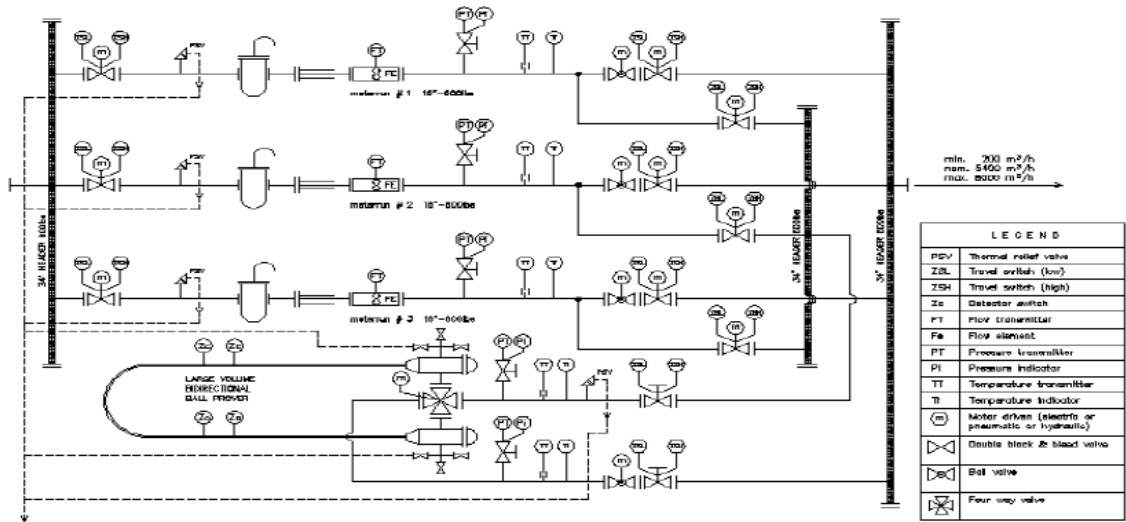
Fuente: Taller análisis del proceso de balances en VIT

La información volumétrica es generada entonces a partir de los sistemas de medición de hidrocarburos y estos están asegurados dentro de los términos relativos a la gestión de la calidad para los procesos de medición según la norma ISO 9000.

La medición de los productos combustibles se realiza en los patines de medición denominados LACT, que constan principalmente de medidores de producto tales como turbinas, las cuales miden el volumen del líquido que normalmente sale de los tanques de almacenamiento o pasa por las tuberías. Es así como los medidores de flujo y los transmisores electrónicos de temperatura, presión y densidad envían los valores de estas variables a los computadores de flujo en donde se calcula el valor de volumen recibido. Se tiene en el sistema de medición un probador que es un patrón con el cual se determina un factor de corrección para el medidor, este valor se tiene en cuenta para los cálculos realizados por el computador de flujo generándose al final de la operación un tickete oficial el cual

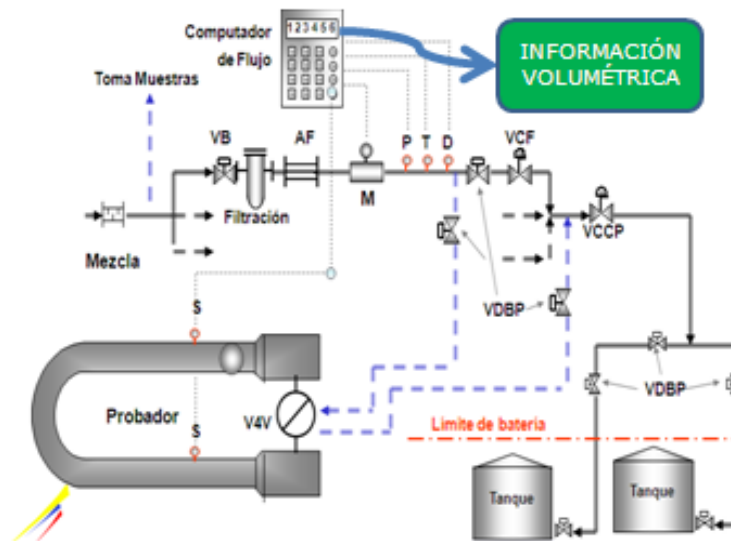
es impreso localmente, al mismo tiempo los datos de este ticket se envían por la red SCADA al SINOPER.

Figura 7. Diagrama P&ID Unidad de Medición LACT típico



Fuente: [http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/NOVEDADES/jornadas\\_de\\_medicion/jornadas\\_medicion\\_gasypetroleopdf/repsof\\_ygp/sist\\_medicion\\_existentes\\_nuevas\\_tec.pdf](http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/NOVEDADES/jornadas_de_medicion/jornadas_medicion_gasypetroleopdf/repsof_ygp/sist_medicion_existentes_nuevas_tec.pdf)

Figura 8 Sistema primario de medición de hidrocarburos



Fuente: (ECOPETROL S.A, 2006)

En resumen los equipos más importantes para la medición de productos combustibles son:

- Medidor de volumen tipo turbina o tipo desplazamiento positivo.
- Medidor de temperatura.
- Medidor de presión.
- Medidor de densidad.
- Probador
- Computador de flujo

La ejecución del mantenimiento de los equipos primarios como medidores de flujo, temperatura, presión y densidad son responsabilidad de las gerencias de Oleoductos, Poliductos y Puertos, el grupo de mantenimiento de controles y medición de GOC verifica que se realicen estos mantenimientos. Los equipos de responsabilidad directa del grupo de controles y medición de GOC para la ejecución de mantenimiento son los computadores de flujo y probadores.

La responsabilidad del mantenimiento de los equipos de medición está definida de acuerdo a la estructura establecida teniendo en cuenta que el grupo GOC atiende el mantenimiento de los equipos que afectan la operación remota (SCADA) y los patrones con los cuales se calibra la instrumentación de campo. Por esto es importante que los grupos de mantenimiento de las diferentes gerencias trabajen en armonía teniendo muy en cuenta que cada uno de ellos tiene bien definidos sus roles en los planes de mantenimiento establecidos para cada equipo.

**Figura 9. Computadores de flujo del sistema de medición**



Fuente: Registro Fotográfico planta Gualanday

**Figura 10. Tablero computadores de flujo**



Fuente: Registro Fotográfico Terminal Puente Aranda

**Figura 11. Equipo probador del sistema de medición**



Fuente: Registro Fotográfico Terminal Puente Aranda

**Figura 12. Probador compacto del sistema de medición (Al fondo)**



Fuente: Registro Fotográfico Terminal Puente Aranda

**Figura 13. Turbinas de flujo de sistema de medición**



**Fuente: Registro Fotográfico Terminal Puente Aranda**

**Figura 14. Transmisores de presión y temperatura sistema de medición**



**Fuente: Registro Fotográfico Terminal Puente Aranda**

**Figura 15. Densitómetro y válvula de contrapresión del sistema de medición**



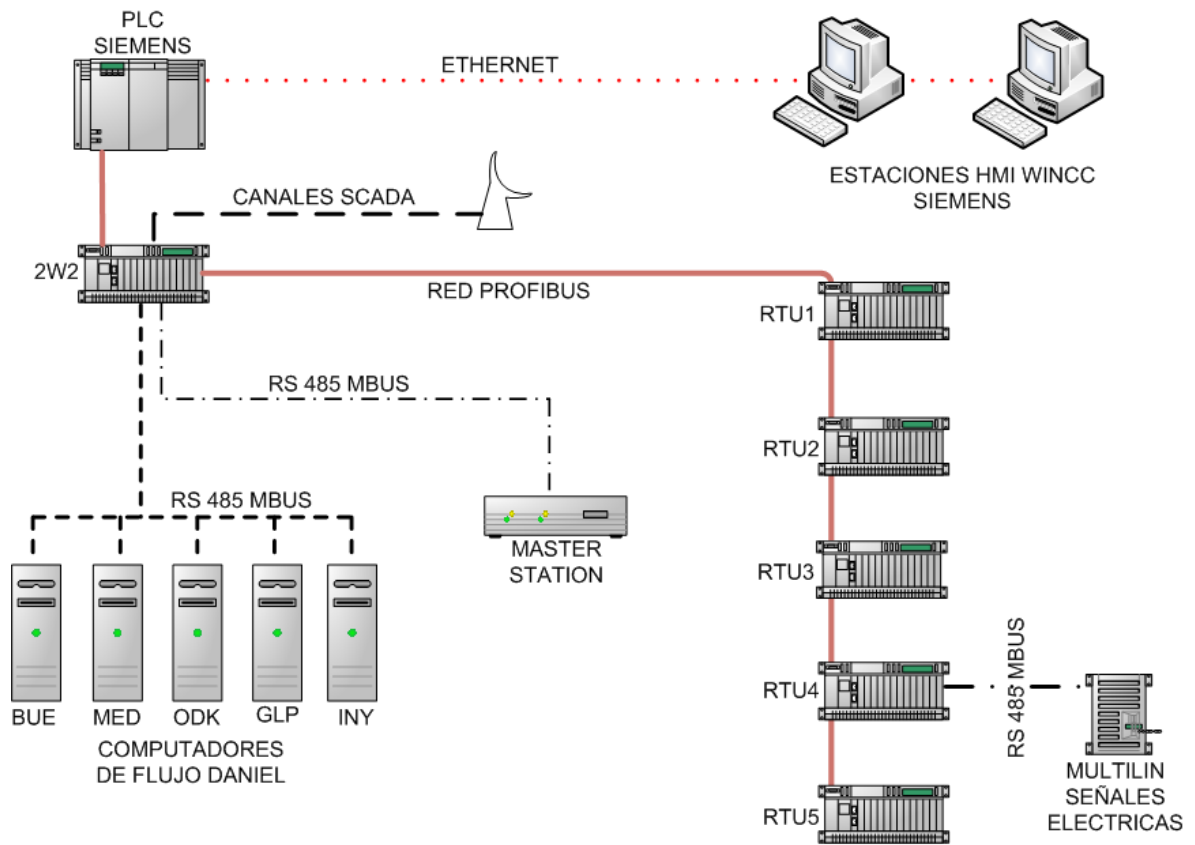
Fuente: Registro Fotográfico Terminal Puente Aranda

## **1.2 SISTEMAS DE CONTROL**

Los sistemas de control automatizan los procesos en el sistema de transporte, entregan la información de las variables operativas al grupo de operaciones y controlan el sistema recibiendo los comandos que los mismos operadores ejecutan de acuerdo a la operación programada.

Los sistemas de control automático son fundamentales para el manejo de los procesos de producción de las plantas industriales. Está comprobado que el aumento de la productividad está muy relacionado a la automatización de los procesos.

Figura 16. Diagrama sistema de control

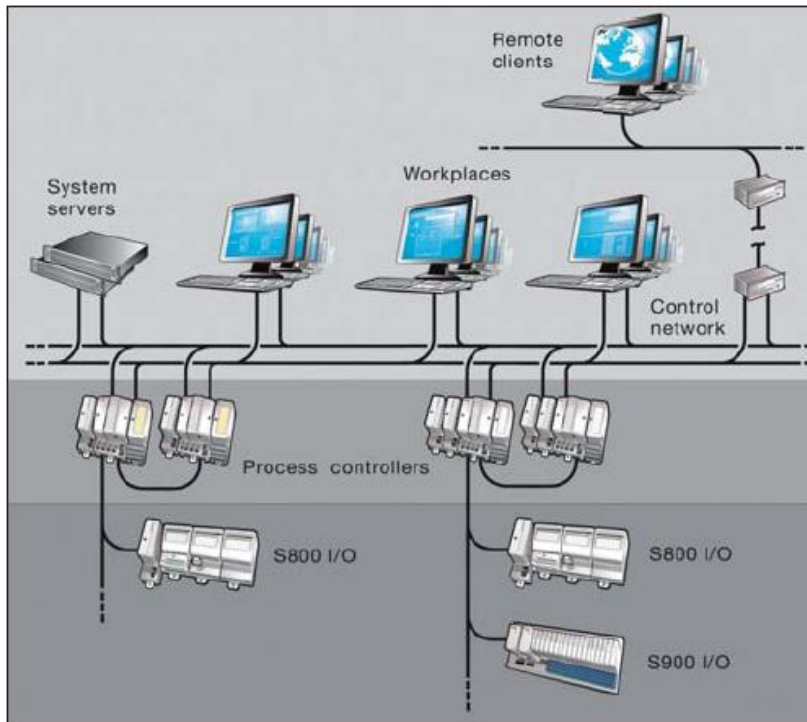


### SISTEMA DE CONTROL YUMBO

Fuente: manual Operaciones planta Yumbo

Los sistemas de control constan principalmente de módulos electrónicos que reciben y envían las señales del proceso industrial, módulos centrales de proceso, módulos de comunicaciones, equipos supervisorios HMI que permiten la interacción del operador para inspeccionar y manejar los diferentes dispositivos de la planta. Los sistemas de medición se comunican con los computadores de flujo para desplegar en la pantalla del operador el funcionamiento de los diferentes sistemas de medición. También envían y reciben las señales operativas al centro de control centralizado SCADA.

Figura 17. Layer 1 - I/O and Field Device Layer



Fuente: Catálogo sistema de control marca ABB

### 1.3 SITUACION ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL

Los procesos de mantenimiento de los sistemas, tanto de medición como de control, están asegurados con el cumplimiento de los programas establecidos.

Sin embargo, no se presenta una centralización de la información de la gestión que sirva para el seguimiento, actualización, elaboración y control de los procesos de mantenimiento.

Se hace necesario determinar la definición de indicadores que permitan identificar si la función de mantenimiento cumple con los objetivos de forma eficiente (*logro de objetivos con el aprovechamiento de los recursos*) o eficazmente (*logro de objetivos cumpliendo con los requisitos de calidad, servicio y precio*) o finalmente

si se alcanza a ser efectivos (*logro de objetivos a través del mejor método y el más económico*).

Hasta julio de 2.011 los cargos de profesional de controles y profesional de medición estaban separados. Por una reestructuración organizacional las directivas decidieron unificar los cargos en uno solo debido a que se crearon más áreas operativas. Por esto, el presente trabajo ayudará a reorganizar e iniciar un proceso de implementación de la gestión de mantenimiento teniendo los principios del Mantenimiento Productivo Total como base para aumentar la productividad y confiabilidad de los equipos a su cargo.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 NORMATIVIDAD

La estructura documental que regula la gestión de medición de hidrocarburos y biocombustibles de Ecopetrol S.A. está integrada por:

- Reglamento para la gestión de la medición de hidrocarburos y biocombustibles.
- Manual de medición de hidrocarburos y biocombustibles de Ecopetrol S.A.
- Estándares de ingeniería para sistemas de medición de hidrocarburos y biocombustibles.
- Procedimientos corporativos de medición estática y dinámica para crudos, refinados, biocombustibles y de medición dinámica para gas natural de la Vicepresidencia de Suministro y Mercadeo de Ecopetrol S.A.
- Instructivos de medición y aseguramiento metrológico de cantidad y calidad de la Vicepresidencia de Transporte de Ecopetrol S.A.
- Formatos estandarizados de reporte de medición de cantidad y calidad.
- Normas API (American Petroleum Institute)
- Normas ISA (Instruments Society of America)
- Ley SOx (Sarbanes Oxley)

Todos los documentos normativos para la gestión, operación y aseguramiento de la medición de hidrocarburos y biocombustibles están dentro del sistema de gestión integral de Ecopetrol S.A. completamente identificados y controlados.

A continuación se relacionan las normas API (American Petroleum Institute) que aplican a los sistemas de medición y control utilizados en los sistemas de transporte de hidrocarburos:

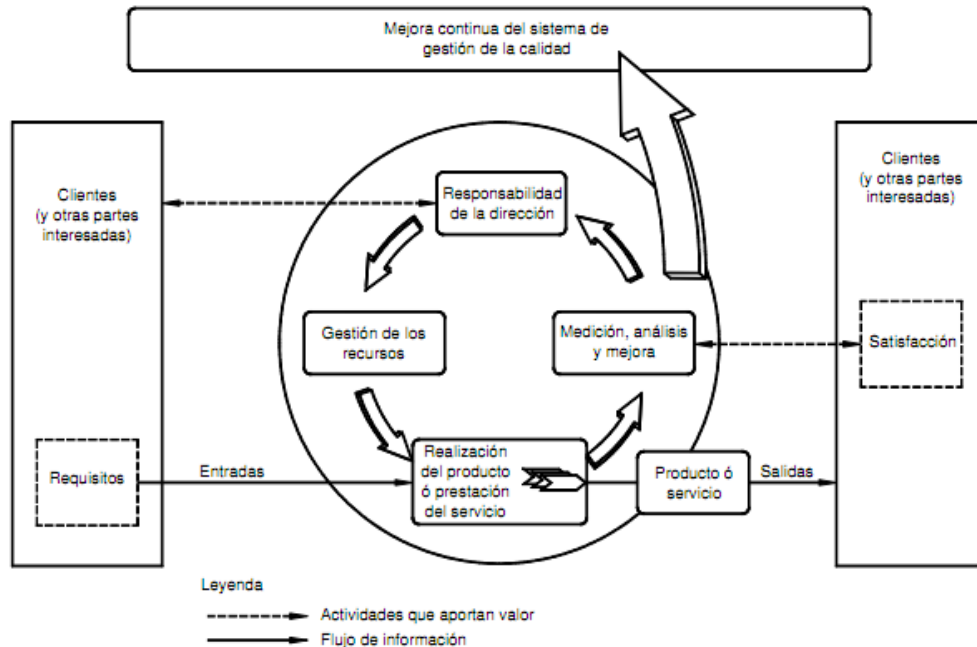
- API RP 2026 Zona crítica en los techos flotantes en tanques de almacenamiento de petróleo.
- API RP 2556. Tablas de corrección por incrustaciones.
- API STD 650 Construcción de tanques para almacenamiento de hidrocarburos soldado.
- API STD 653 Inspección, reparación, y reconstrucción de tanques.
- API STD 2551 Medición y calibración de tanques cilíndricos horizontales.
- API STD 2552 Medición y calibración de esferas y esferoides.
- API STD 2554 Medición y calibración de carro-tanques.
- API STD 2555 Calibración líquida de tanques, es complementaria al capítulo 2 del API MPMS sección 2B “Calibración de tanques usando el método de la línea de referencia óptica”.
- Standard 2560 Reconciliation of Liquid Pipeline Quantities
- API MPMS (Manual of Petroleum Measurement Standards)
- American National Standards Institute (ANSI):
- ANSI B 9319 Método para estratificación de muestras de fluidos de líneas operadas hidráulicamente con fluidos de hidrocarburos.
- American Society for Testing Materials (ASTM)
- ASTM D 288 Método de prueba y muestreo para productos volátiles.
- ASTM D 95 Pruebas para determinar agua en crudo y productos de petróleo por el método de destilación.
- ASTM D 923 Método de muestreo de líquidos para aislamiento eléctrico..
- ASTM D1250 Guía estándar para el uso de las Tablas de Medición de Petróleo.
- ASTM D 1265 Práctica para el muestreo manual de GLP.
- ASTM D 4057 Muestreo manual de crudo y productos de petróleo.
- ASTM D 4177 Muestreo automático de crudo y productos del petróleo.
- ASTM D 4306 Practicas para muestreo de combustible de aviación y analizar el contenido de contaminación.

- ASTM D 4377 Determinación de contenido de agua para hidrocarburos por el método de Karl Fischer de Valoración Potencio-métrica
- ASTM D4928 Método para determinación del contenido de agua por el método Karl Fischer de Valoración Voltamétrica (concordante capítulo 10.9 del API MPMS)
- ASTM D 5190 Método de pruebas estándar para obtener automáticamente la presión de vapor en petróleo.
- Gas Processors Association (GPA):
- GPA 2166 Obtención de Muestras de Gas Natural para Análisis de Cromatografía de Gases.
- GPA 2172-09 Cálculo del Valor Calorífico Bruto, Densidad Relativa, Compresibilidad y Contenido Teórico de Hidrocarburo Líquido para Mezclas de Gas Natural en Transferencia de Custodia.
- GPA TP-15 MPMS Capítulo 11, Datos de Propiedades Físicas, Sección 2, Parte 5, Correlaciones Simplificadas de Presión de Vapor para GNL Comercial.
- GPA TP-27 Corrección Volumétrica por Temperatura para GNL y GPL Tablas 23E, 24E, 53E, 54E, 59E y 60E

Para el desarrollo del modelo de gestión de mantenimiento de los sistemas de medición y control de la Vicepresidencia de Transporte se propone como fundamento teórico de requisitos y aplicación las normas ISO 9000 y GP 1000, el Manual de Medición de Hidrocarburos de Ecopetrol y la ley SOx.

Para la optimización de los procesos, la gestión documental, se tendrá en cuenta los requisitos establecidos en ISO 9000.

**Figura 18. Modelo de Sistema de Gestión de Calidad basado en Procesos.**



Fuente: NTCGP 1000

Algunos de elementos que se resaltan de la norma NTC GP 1000 son:

- La comprensión y el cumplimiento de los requisitos.
- La necesidad de considerar los procesos en términos que aporten valor.
- La obtención de resultados del desempeño y la eficacia del proceso.
- La mejora continua de los procesos con base en mediciones objetiva.

### 3.2 CONCEPTOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

“TPM es la sigla de Total Productive Maintenance (Mantenimiento Productivo Total) y es una técnica desarrollada en el Japón en la década de 1970, como una necesidad de mejorar la calidad de sus productos y servicios. Tiene como

concepto básico la reformulación y la mejora de la estructura empresarial a partir de la restructuración y mejora de las persona y de los equipos”<sup>1</sup>.

El enfoque y objetivo final que se persigue con la implementación del TPM es lograr en conjunto que equipos e instalaciones productivas sean más eficaces, la búsqueda de reducción de las inversiones y el aumento en la flexibilidad del sistema productivo.

El objetivo del mantenimiento de equipo y máquinas es lograr la disponibilidad de los equipos para las operaciones de producción, en condiciones de calidad exigibles, con costos mínimos y garantizando seguridad para el grupo de equipo de personal que las mantiene.

Cuando se habla de disponibilidad del equipo se refiere al tiempo en que la máquina está disponible para labores de producción con respecto al tiempo total.

Hay dos factores críticos que marcan la disponibilidad: la frecuencia de las averías y el tiempo necesario para repararlas, lo cual lleva a la identificación de factores de confiabilidad y mantenibilidad, lo que finalmente permite buenos niveles de disponibilidad. De acuerdo con la evolución histórica de la gestión de mantenimiento, en un primer momento se presentó el mantenimiento de reparaciones o reactivo. Luego se diseñó la fase del mantenimiento preventivo con el cual se buscó anticipar a la generación de las fallas a fin de no afectar la producción.

### **3.3 CONCEPTOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

Como dice LEFCOVICH<sup>2</sup>, TPM es un método de gestión altamente integrador de los recursos existentes que direcciona los procesos organizacionales de manera

---

<sup>1</sup> TAVARES, Lourival Augusto. Administración Moderna de Mantenimiento. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicacoes e Assessoria Ltda, 1999. P. 149.

tal que se alcancen los objetivos del negocio y para ello identifica y elimina sistemáticamente las pérdidas es decir aquello que no agrega valor. El propósito del TPM es el de aumentar la productividad involucrando a todo el personal de la compañía en el proceso de mantenimiento. Se emplean muchas herramientas en común, como la delegación de funciones y responsabilidades cada vez más altas en los trabajadores, la comparación competitiva, así como la documentación de los procesos para su mejoramiento y optimización.

El TPM propone:

- Aumentar la eficacia de los equipos
- Implementar un proceso de mantenimiento productivo durante el ciclo de vida del equipo.
- Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan, o mantienen equipo, en la implementación de TPM.
- Involucrar a todos los funcionarios, desde la alta gerencia hasta los trabajadores de campo.
- Ningún accidente
- Ninguna falla

El proceso TPM ayuda a la mejora de la efectividad de los sistemas operativos, reducción de costos operativos y aseguramiento del conocimiento de las actividades propias de mantenimiento.

El TPM tiene como propósito que los equipos operen sin fallas, evitando las pérdidas y mejorar la confiabilidad de los equipos, eliminando así pérdidas que

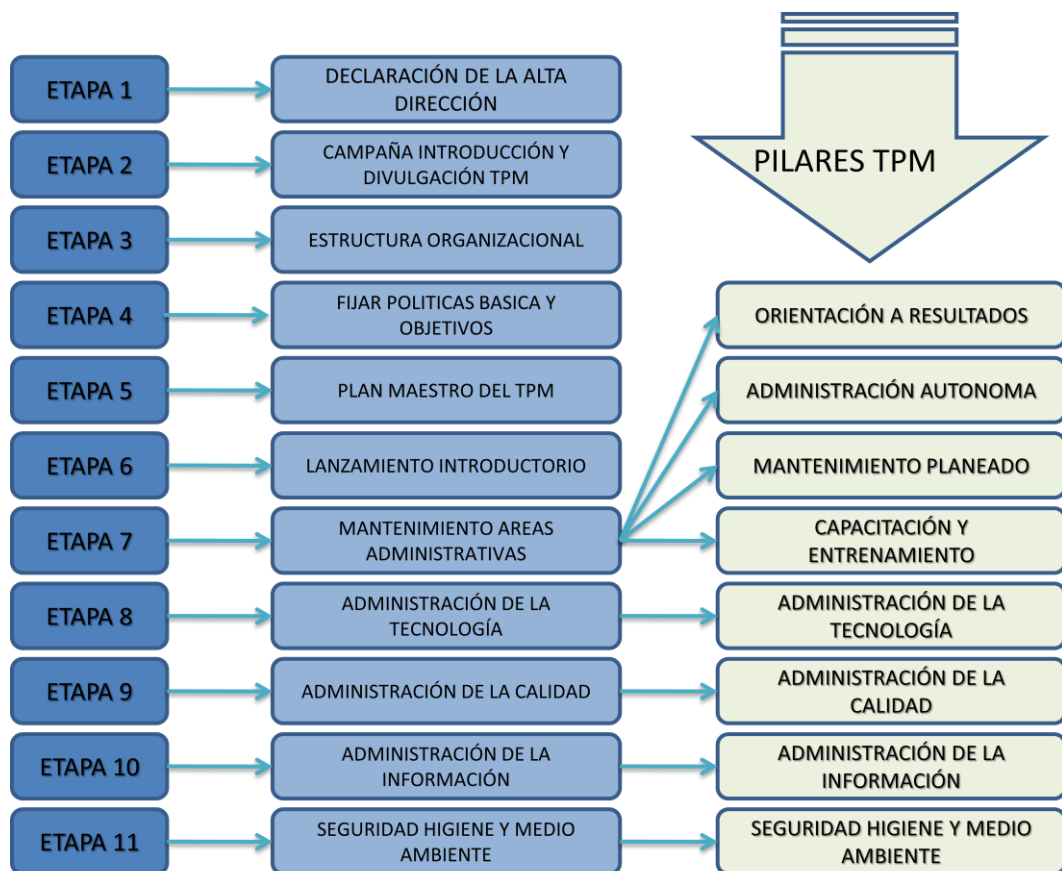
---

<sup>2</sup> LEFCOVICH, Mauricio. TPM - Mantenimiento productivo total. Un paso más hacia la excelencia empresarial [online]. Jun . 2005 [cited oct.. 2011]. Available from World Wide Web: <<http://www.gestiopolis.com/Canales4/ger/tpmanteni.htm>>

afectan la productividad de las plantas. Por otra parte, busca fortalecer el trabajo en equipo, haciendo participe al trabajador de las actividades con sus ideas permitiendo así que la creatividad que cada uno tiene se vea reflejada en su labor cotidiana. Esto conlleva a que el clima laboral mejore y se labore en condiciones más seguras.

### 3.4 PILARES DEL TPM

Figura 19. Pilares TPM



Como dice SANCHEZ ROZO<sup>3</sup> y ARCINIEGAS<sup>4</sup>

<sup>3</sup> SANCHEZ ROZO, Javier. Propuesta para la implementación del Mantenimiento Total Productivo [online]. 1986 [cited oct. 2011]. Available from World Wide Web: < <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/mantenimiento-productivo.pdf>>

### **3.3.1 Pilar uno. Orientación a resultados**

Es el mejoramiento enfocado y se trata de actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo para establecer las condiciones que conduzcan a los mejores resultados en rentabilidad y competitividad, con el objeto maximizar la efectividad global del equipo, proceso y planta; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos multidisciplinarios.

### **3.3.2 Pilar dos. Administración autónoma**

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Los operadores deben estar entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que opera. También se busca mejorar la seguridad en el trabajo y lograr un total sentido de pertenencia y responsabilidad del trabajador. Se aplica la metodología de las 5 S:

- Desalojar: Distinguir entre que es y no es necesario clasificando y desechando.
- Organizar: Cada elemento en su lugar
- Limpiar: se debe tener limpio y organizado todos los sitios de trabajo
- Estandarizar: Mantenimiento de la limpieza y el orden. Aplica el seguimiento visual
- Compromiso y disciplina: Hacer las cosas como se supone se deben hacer teniendo buenos hábitos sin esperar auditorías para realizarlo.

---

<sup>4</sup> ARCINIEGAS, Carlos Alberto. Mantenimiento Productivo Total. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2011.

### 3.3.3 Pilar tres. Mantenimiento planificado

La finalidad de este pilar es la de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta "cero fallas" en una planta industrial y maximizar la vida útil de los equipos a un costo razonable.

**Confiabilidad:** No se presentan pérdidas de función parcial o total con baja ocurrencia de fallas, estabilidad en los ciclos de tiempo del activo. La confiabilidad se puede definir también como la probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

RCM Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. El objetivo principal de RCM está en reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando o quitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias. El Mantenimiento RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas, mediante:

- Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.
- Manteniendo mucha atención en las tareas del Mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar<sup>5</sup>.

**Mantenibilidad:** En un equipo se determina con la facilidad de medir y restaurar el deterioro. La rapidez con la que se puede determinar la falla de sus componentes, la rapidez para cambiar repuestos y la rapidez para recuperar sus funciones operativas.

---

<sup>5</sup> ORTIZ SUAREZ, Luis Antonio. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad [online]. Nov 2008 [cited oct. 2011]. Available from World Wide Web: <<http://mantenimientoindustrial.blogspot.com/2008/11/mantenimiento-centrado-en-la.html>>

**Autonomía, operatividad y seguridad:** Para estas actividades es necesario normalizar para determinar estándares de mantenimiento básico en un corto periodo de tiempo, para garantizar el rendimiento del equipo y por último garantizar las condiciones de seguridad de los operadores y del medio ambiente.

**Mantenimiento preventivo:** Se ejecuta antes de que ocurra una falla y bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se programa según la experiencia y conocimiento de los empleados responsables del mantenimiento quienes determinan la frecuencia de intervención según el historial del equipo o por las recomendaciones del fabricante a través de los manuales técnicos.

Características:

- Se ejecuta en horas en las cuales el equipo se encuentra fuera de línea sin interferir en la operación.
- Se realiza siguiendo un programa predeterminado facilitándose su ejecución por tener las herramientas y repuestos necesarios en el momento preciso.
- Se establece una fecha exacta de intervención con un tiempo programado y autorizado por los mandos directivos de la empresa.
- Permite llevar datos históricos de características técnicas y de mantenimiento.
- Se cuenta con un presupuesto adecuado para labores del área de mantenimiento.

**Mantenimiento Predictivo:** se evalúa el estado de los componentes mecánicos o eléctricos mediante técnicas de seguimiento y análisis, permitiendo programar las actividades de mantenimiento únicamente cuando es necesario. Consiste esencialmente en el estudio de variables relacionadas con el estado del medio en donde ese encuentra el equipo, como la vibración, la temperatura, aceites, aislamientos, etc. El análisis de estas variables entrega información del estado de los componentes del equipo y de la forma en la cual está funcionando, permitiendo detectar fallas de los componentes. Es importante determinar a qué equipos se les aplica para no incurrir en costos innecesarios.

Tecnologías utilizadas para el mantenimiento predictivo: análisis de vibraciones, termografía infrarroja, análisis de aceites, análisis espectral de intensidades de corriente, análisis del flujo de dispersión, detección ultrasónica de defectos, ensayos de aislamiento de motores, descargas parciales y ensayos no destructivos.

#### **3.3.4 Pilar cuatro. Educación y entrenamiento**

Este pilar determina todas las actividades que se deben realizar para el desarrollo de competencias con el fin de lograr altos niveles de desempeño de todas las personas de la organización. Así, los operadores deben tener la voluntad y ser capaces de cuidar su proceso por sí mismos, el personal de mantenimiento debe adquirir los conocimientos y la capacidad requerida para intervenir los equipos. Los ingenieros deben obtener la maestría en tecnología de equipos, técnicas de gestión y capacidad directiva para desarrollar correctamente sus funciones.

#### **3.3.5 Pilar cinco. Mantenimiento temprano**

Este pilar busca mejorar la tecnología de los equipos de producción. Es fundamental para empresas que compiten en sectores de innovación acelerada ya que en estos sistemas de producción la actualización continua de los equipos, la

capacidad de flexibilidad y funcionamiento libre de fallos, son factores extremadamente críticos. Este pilar actúa durante la planificación y construcción de los equipos de producción. Para su desarrollo se emplean métodos de gestión de información sobre el funcionamiento de los equipos actuales, acciones de dirección económica de proyectos, técnicas de ingeniería de calidad y mantenimiento. La meta es la de reducir las pérdidas durante la instalación de un equipo nuevo.

### **3.3.6 Pilar seis. Mantenimiento de calidad**

Tiene como fin establecer las condiciones del equipo para lograr una condición de cero fallas. Las acciones del mantenimiento de calidad buscan verificar y medir las condiciones "cero defectos" regularmente, con el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad. Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de anormalidad potencial.

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

### **3.3.7 Pilar siete. Mantenimiento en áreas administrativas**

Este pilar tiene como propósito reducir las pérdidas que se pueden producir en el trabajo manual de las oficinas. El mantenimiento productivo en áreas administrativas ayuda a evitar pérdidas de información, coordinación, precisión de la información, etc. Emplea técnicas de mejora enfocada, estrategia de 5 S, acciones de mantenimiento autónomo, educación y formación y estandarización de trabajos. Es desarrollado en las áreas administrativas con acciones individuales o en equipo y busca la eliminación de pérdidas de información entre los

departamentos operativos y administrativos, ampliándose a los proveedores y clientes.

### **3.3.8 Pilar ocho. Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente**

Tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad. Emplea metodologías desarrolladas para los pilares mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo. Contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente.

## **3.4 Etapas para la implantación de TPM**

### **3.4.1 Etapa uno. Declaración de la alta dirección**

Comunicar el compromiso de la alta gerencia para introducir el TPM. Se debe hacer una declaración del ejecutivo de más alto rango en la cual exprese que se tomó la resolución de implantar TPM en la empresa.

### **3.4.2 Etapa dos. Campaña educativa introductoria para el TPM**

Para esto se requiere de la impartición de varios cursos de TPM en los diversos niveles de la empresa.

### **3.4.3 Etapa tres. Estructura organizacional**

Establecimiento de una organización promocional y un modelo de mantenimiento mediante una organización formal que apalanque la implementación del TPM.

### **3.4.4 Etapa cuatro. Fijar políticas básicas y objetivos**

Las metas deben ser por escrito en documentos que mencionen que el TPM será implantado como un medio para alcanzar las metas. Primero se debe decidir sobre

el año en el que la empresa se someterá a auditoría interna o externa. Fijar una meta numérica que debe ser alcanzada para cada categoría en ese año.

#### **3.4.5 Etapa cinco. Diseñar el plan maestro de TPM**

El plan maestro actúa como una guía para llegar a las metas trazadas en el tiempo deseado. La mejor forma es de una manera lenta y permanente.

#### **3.4.6 Etapa seis. Lanzamiento introductorio**

Involucra a las personas de nivel alto y medio, quienes trabajan en establecer los ajustes para el lanzamiento, ya que este día es cuando será lanzado TPM con la participación de todo el personal.

#### **3.4.7 Etapa siete. Establecer pilares básicos**

Administración de costos y utilidades, administración autónoma, administración de los activos y administración del talento Humano

#### **3.4.8 Etapa ocho. Implementación de la administración de la tecnología**

Se realiza el control inicial de la tecnología y productos revisando diseño y desempeños de nuevos equipos.

#### **3.4.9 Etapa nueve. Administración de la calidad**

Realizar análisis de estado de los equipos, seleccionar equipo, análisis efectos esporádicos contra defectos crónicos, restauración del equipo, realización del CAPDO al equipo (chequear, analizar, planear y hacer) y sostenimiento para evitar defectos.

#### **3.4.10 Etapa diez. Administración de la información**

Propender para que las mejoras en la administración de la información abarquen tanto a la alta gerencia, mandos medios y áreas operativas.

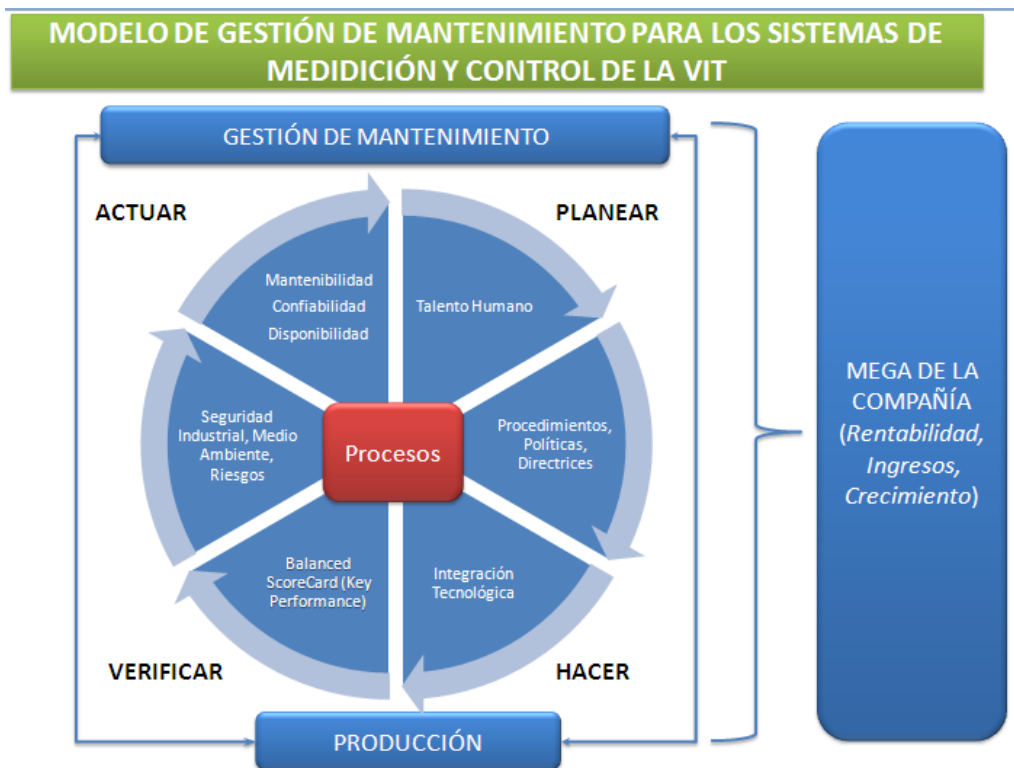
#### **3.4.11 Etapa 11. Seguridad, higiene y medio ambiente**

Implementar acciones enfocadas en la seguridad industrial y a la conservación del medio ambiente.

#### 4. DEFINICION DE PRINCIPIOS PARA LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL

La gestión de mantenimiento está orientada a garantizar que se realicen todas las actividades necesarias para que los equipos y/o sistemas se encuentren en perfectas condiciones de operatividad, en las condiciones adecuadas para la cual fueron creados. El modelo de gestión busca mejorar y optimizar procesos, mejorando la producción con la máxima disponibilidad y confiabilidad de los equipos e instalaciones. Debe gerenciar su quehacer de mantenimiento integrando todos los aspectos operativos, tácticos y estratégicos que corresponden y que deben tener alienados con los propósitos (estrategias, metas y objetivos) de la compañía.

**Figura 20. Gestión de Mantenimiento para los Sistemas de Medición y Control de la VIT**



#### **4.1 GESTION DE MANTENIMIENTO**

La gestión de mantenimiento se considera como el arte de gerenciar, direccionar y desplegar todos los aspectos, áreas y procesos que intervienen en el mejor desarrollo de las actividades y sobre todo el alcance de los objetivos. Es el mecanismo que influye en todas las áreas que lo constituyen para que entregue los mejores resultados y a su vez contribuya con la estrategia de la compañía.

#### **4.2 PRODUCCIÓN**

Se establece una relación directa entre la Gestión de Mantenimiento y Producción, es una relación reciproca en el desarrollo de todas las actividades que los involucran y en la entrega de resultados.

#### **4.3 PROCESOS**

Incluye todos los procesos con sus actividades de mantenimiento que están a cargo del grupo de mantenimiento de Controles y Medición. El aseguramiento de los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos de los equipos y sistemas de medición y control.

#### **4.4 COMPONENTES Y CICLO**

Concebido así, tiene seis componentes que giran en torno a los procesos en una constante ciclo de mejora continua (PHVA). Todo está orientado hacia el objetivo de la compañía, hacia la MEGA, la generación de rentabilidad, el crecimiento de la organización y la generación de valor con la alineación y optimización de procesos.

#### **4.5 CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD Y MANTENIBILIDAD**

En este aspecto se debe establecer el plan de mantenimiento periódico, que involucre todas las rutinas de mantenimiento tanto preventivos como predictivos.

Con la línea base de la planeación del mantenimiento, se genera el presupuesto de mantenimiento, los proyectos y actividades que permiten garantizar la confiabilidad y disponibilidad, evitar el deterioro prematuro de los equipos y todo esto conseguirlo a los mejores costos, generando optimización del proceso.

Con este lineamiento se busca implementar y mejorar de forma continua la estrategia de mantenimiento, asegurando el máximo beneficio a los clientes tanto internos como externos.

La identificación de actividades críticas que pueden generar correctivos en equipos de medición y control que son fundamentales para la operación, las actualizaciones tecnológicas por proyectos.

#### **4.6 TALENTO HUMANO**

Este aspecto propuesto tiene como objetivo el desarrollo de los colaboradores, contar con personal competente, con las calidades humanas y conocimientos técnicos suficientes para atender con oportunidad y calidad las necesidades de mantenimiento.

El plan de desarrollo del personal considera los aspectos de conocimientos y formación profesional que contribuye al cierre de brechas de competencias.

Se desarrollan planes de gestión del conocimiento con la elaboración de manuales, documentación de los procesos, las mejores prácticas y lecciones aprendidas. Se debe realizar foros con expertos y someter temas que resuelvan los aspectos críticos en el mantenimiento.

Integrar el equipo de mantenimiento de controles y medición para que participe en las mesas de trabajo de la metodología de prácticas clave.

En lo relacionado con el clima laboral, es importante crear espacios para que los colaboradores puedan manifestar sus opiniones positivas o negativas por las que consideren se debe mantener o mejorar. Un ejercicio de realimentación con el jefe inmediato que a su vez se traduzca en búsqueda de soluciones “negociadas” de forma individual si es el caso o con en el grupo de trabajo según corresponda.

#### **4.7 POLITICAS, DIRECTRICES Y PROCEDIMIENTOS**

Tener en cuenta el desarrollo y actualización de políticas alineadas con la estrategia de la organización, los objetivos, la misión y visión, que apalancen la gestión de mantenimiento, con una filosofía de compromiso y sentido de pertenencia hacia las labores de mantenimiento.

La actualización de procedimientos, formatos e instructivos, el desarrollo de políticas de mantenimiento, el uso de tecnologías informáticas que nos permitan hacer seguimiento, dar trazabilidad a los eventos, a la ejecución de los trabajos, generación de estadísticos, modos de fallas, causas, análisis, integración con el CMMS (Computerized Maintenance Management System) y sitios virtuales donde se comparta información de interés para el grupo.

Para el modelo de gestión de mantenimiento de los sistemas de control y medición de la Vicepresidencia de Transporte, se utilizará el repositorio de P8 (localizado en la intranet de la compañía) como herramienta de gestión documental corporativa.

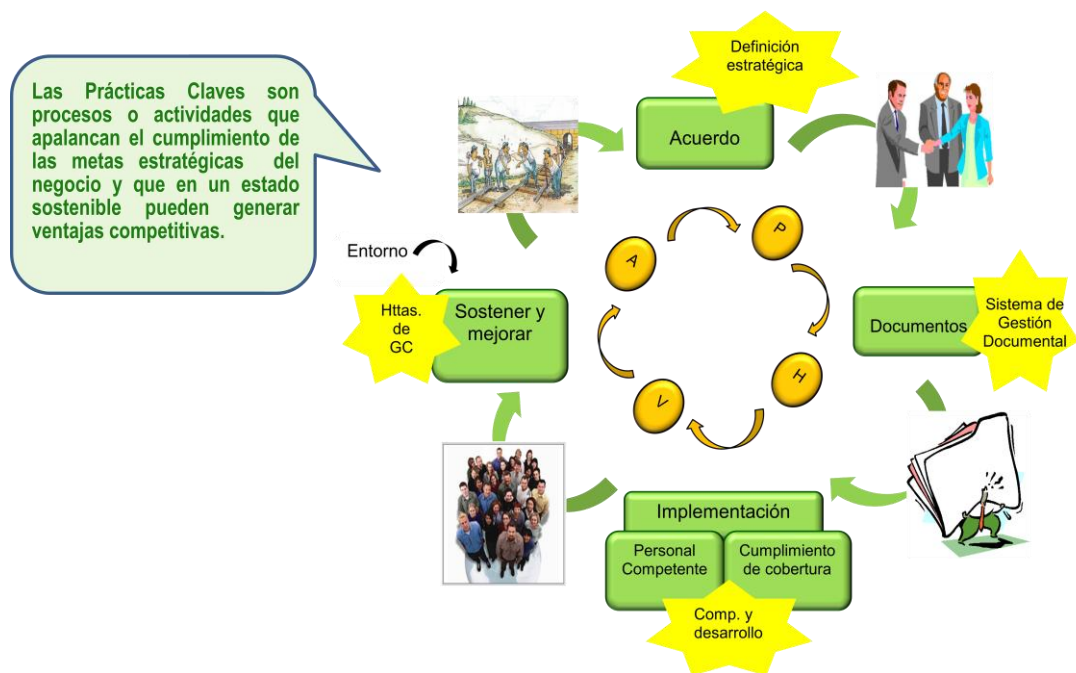
#### **4.8 INTEGRACION TECNOLOGICA**

En el desarrollo de la integración tecnológica se tendrá en cuenta la herramienta Sharepoint como portal para el registro de información relevante, medio de consulta y apoyo para el grupo de Mantenimiento de los Sistemas de Control y Medición de la Vicepresidencia de Transporte. En este sitio se diseñan sitios

virtuales donde por temática se clasifica la información, se crean planes de seguimiento a procesos con la medición de avance por actividades, costos de trabajos de mantenimiento, etc. todo esto como soporte a la gestión que se debe dar en el sistema CMMS Ellipse en donde se genera toda la programación, planeación y documentación de los trabajos por medio de Órdenes de Trabajo.

En el modelo se propone el uso de la metodología de prácticas clave, con la participación de personal del área en mesas de discusión de temáticas de prácticas de mantenimiento y la difusión de los conceptos de medición y control por medio del entrenamiento a todo el personal involucrado en el proceso.

**Figura 21. Esquema Metodología Prácticas Clave**



Fuente: Presentación Programa Transversal Prácticas Clave Ecopetrol S.A.

**Figura 22. Esquema Metodología**



Fuente: Presentación Practicas Clave VIT

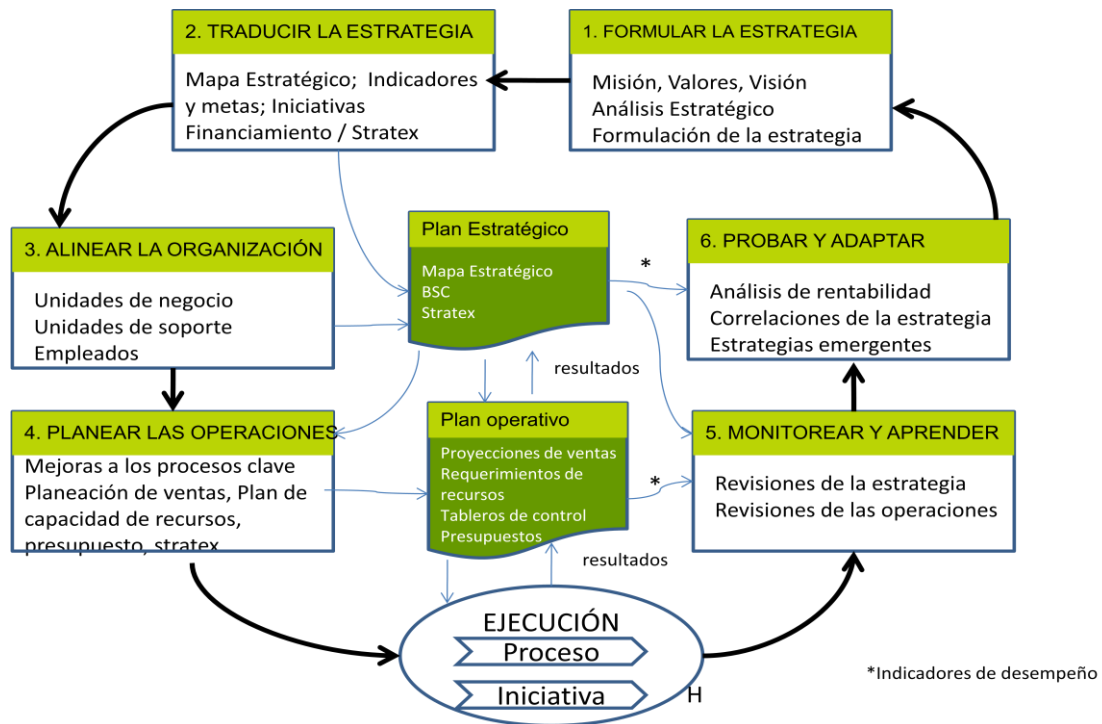
#### **4.9 TABLERO BALANCEADO DE GESTION**

El TBG es necesario para integrar todos los aspectos que a su vez están asociados a la estrategia, los objetivos y las iniciativas y que involucra el modelo de gestión de mantenimiento de los sistemas de control y medición de la Vicepresidencia de Transporte,.

“Los cuadros de mando se pueden usar para difundir en la empresa un sentimiento de persistencia, necesario para la creación de unas competencias exclusivas que puedan lograr el reconocimiento y la recompensa del mercado. Por supuesto que se trata de una cuestión relacionada con la estrategia y las operaciones, pero lo ideal es usar los cuadros de mando en diferentes partes del

negocio para desarrollar una lógica convincente, que se pueda comunicar fácilmente, y que lleve a cultivar realmente dichas competencias.”<sup>6</sup>

**Figura 23. Sistema de Gestión Integrando la estrategia y las operaciones**



Fuente: The Execution Premium Kaplan y Norton

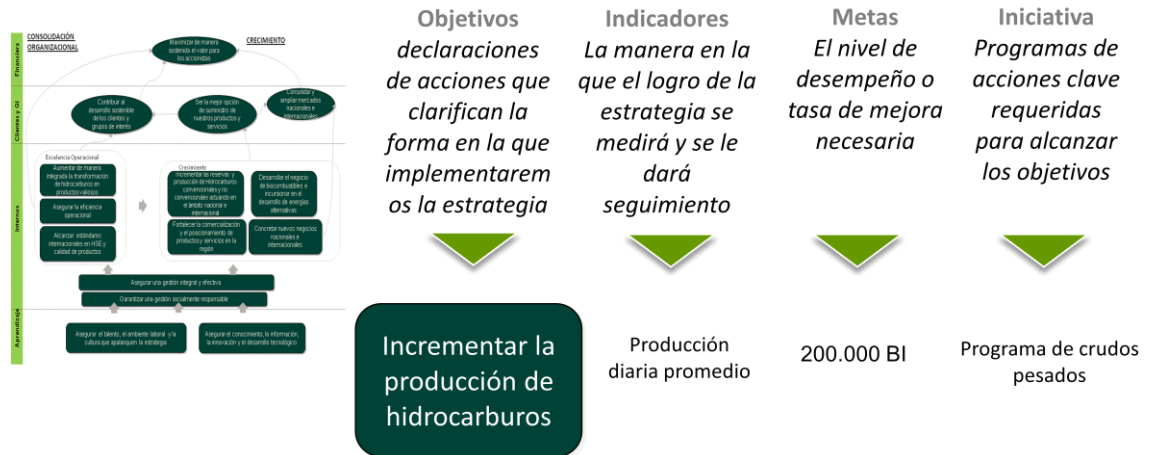
Para el modelo se propone el paso a paso definido por Norton y Kaplan en “The Execution Premium”, definiendo la estrategia de mantenimiento. Luego se traduce la estrategia en objetivos e indicadores de gestión, se hace divulgación con el grupo de trabajo a fin de realizar el despliegue y dar a conocer los objetivos, mediante los procesos y las actividades de planeación y control.

Es importante contar con un mapa estratégico, definido las perspectivas Financiera, Grupos de Interés & Clientes, Procesos Internos y Aprendizaje.

<sup>6</sup> OLVE – GÖRAN Nils. Implantando y Gestionando El Cuadro de Mando Integral: Planeta, 2000. P. 51.

**Figura 24. Ejemplo de despliegue desde el mapa estratégico**

**Mapa Estratégico:**  
Diagrama de las relaciones de causa y efecto entre los objetivos estratégicos



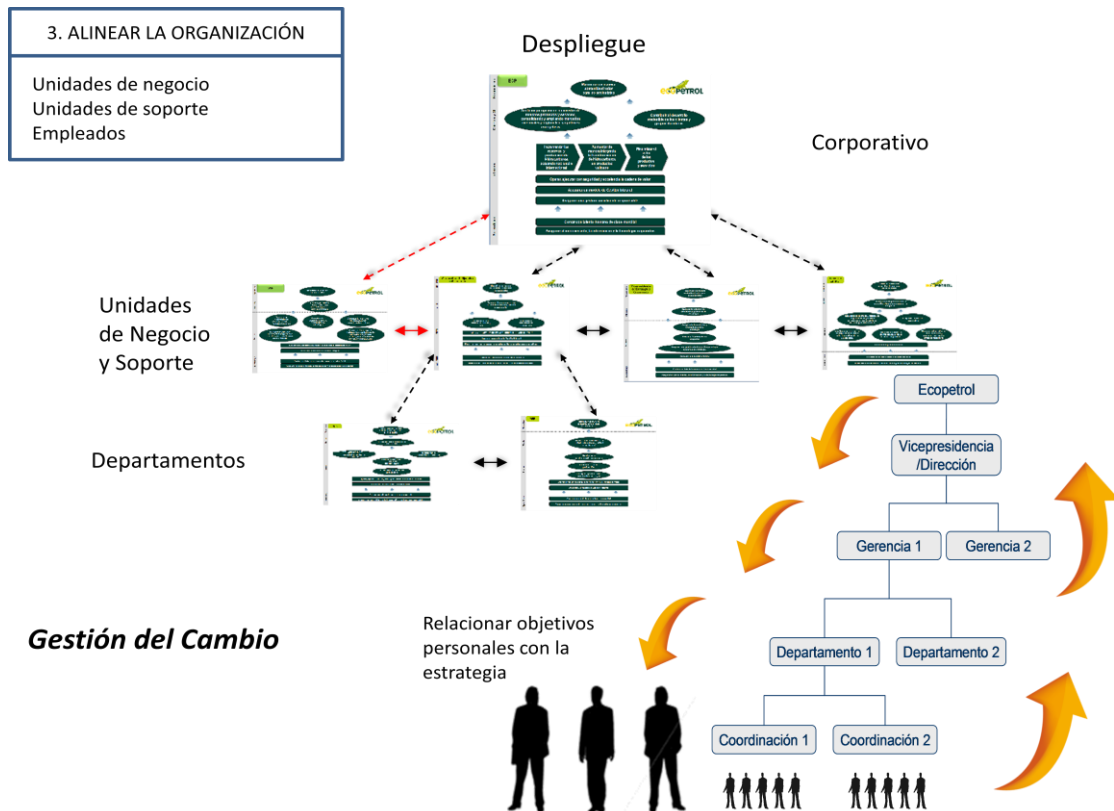
Fuente: Presentación capacitación despliegue estratégico – VEC – Ecopetrol S.A.

**Figura 25. Los principios de gestión**



Fuente: Presentación capacitación despliegue estratégico – VEC – Ecopetrol S.A.

**Figura 26. Despliegue estratégico en la organización**



Fuente: Presentación capacitación despliegue estratégico – VEC – Ecopetrol S.A.

#### 4.9 SEGURIDAD INDUSTRIAL Y MEDIO AMBIENTE

Las actividades de mantenimiento de los equipos de medición y control requieren ser revisadas desde la seguridad industrial debido a que son equipos utilizados para el manejo de productos inflamables.

La seguridad industrial se tiene en cuenta respecto de la integridad de las personas, las instalaciones y el medio ambiente. También se incluye el tema de seguridad de procesos.

## 5. PLANTEAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO TPM

Según el fundamento teórico del TPM se debe considerar la necesidad de establecer una estrategia con la aplicación de actividades en secuencia buscando con ello mejorar todo el proceso industrial con la reducción de costos, tiempos de respuesta adecuados, confiabilidad en la entrega y disponibilidad de repuestos, aseguramiento del conocimiento de los empleados y la calidad total en todos los procesos técnicos y administrativos.

Los propósitos del TPM en nuestro grupo serán:

- Crear un proceso de mantenimiento productivo para todo el tiempo de funcionamiento de los equipos a cargo.
- Aumentar al máximo la eficacia de los sistemas de control y sistemas de medición de hidrocarburos.
- Incluir a todo el personal y grupos que diseñan, utilizan o realizan mantenimiento a los equipos.
- Hacer partícipe a todos los trabajadores, desde los operadores de planta hasta la alta gerencia.
- Impulsar el TPM creando equipos de trabajo continuo en la compañía.
- Cumplir con el objetivo cero fallas en los equipos, teniendo en cuenta que operativamente la disponibilidad de los sistemas de control y medición bajo nuestra responsabilidad debe ser del 100%, cualquier falla conlleva a una pérdida económica considerable.
- Cero accidentes laborales, cumpliendo así con la directriz de la presidencia de la compañía donde se indica que el aumento de la producción de petróleo y su consecuente incremento de ganancias económicas no se

justifica si se presentan afectaciones en la salud de sus trabajadores o en la pérdida de vidas humanas.

- Cada empleado debe participar activamente en el plan de capacitaciones y desarrollar sus competencias para el buen desempeño de sus funciones.

Todas estas actividades deben llevar a la ejecución de mantenimientos de alta calidad, costos adecuados, alto índice de clima laboral y la búsqueda de conservación de la buena imagen que se tiene de la compañía.

A continuación se presenta la propuesta para el modelo de gestión de mantenimiento de los sistemas de medición y control en la Gerencia de Operación Centralizada de la Vicepresidencia de Transporte de Ecopetrol S.A.

## **5.1 ETAPA 1**

### **DECLARACIÓN DE LA ALTA GERENCIA**

La Gerencia de Operación Centralizada de la Vicepresidencia de Transporte, declarará el inicio de las etapas de implementación del TPM en la Superintendencia Técnica Central. Se recomienda redactar un acta o memorando en el que se oficialice el inicio del proceso.

Se realizará una presentación a la Vicepresidencia de Transporte buscando el apoyo de la alta administración para que los empleados adviertan que los directivos de más alto nivel están realmente comprometidos con el programa. En lo posible se debe nombrar un director de TPM ya sea funcionario o por contrato y su función principal será promover las definiciones y ventajas del TPM a los trabajadores involucrados. Luego de comprobarse que todos los empleados entienden la importancia e implicaciones del TPM en su concepción básica se pasa a la siguiente etapa de capacitación avanzada.

**Figura 27. Modelo memorando declaración de alta gerencia para TPM**



**MEMORANDO**

Bogotá D.C., 10 de enero de 2.012

---

**PARA:** TODO EL PERSONAL GERENCIA DE OPERACIÓN CENTRAL

**DE:** GERENTE OPERACIÓN CENTRAL

**ASUNTO:** IMPLEMENTACION GESTION DE MANTENIMIENTO TPM EN GOC

---

Se informa a todo el personal de la Gerencia de Operación Central que el Grupo de Mantenimiento de Controles y Medición liderará a partir de este momento la implementación del modelo de gestión de mantenimiento basados en el concepto TPM (Mantenimiento Productivo Total). Este modelo de gestión busca mejorar y optimizar procesos, mejorando la producción con la máxima disponibilidad y confiabilidad de los equipos e instalaciones a nuestro cargo, haciendo partícipes a todos los integrantes de las áreas tanto administrativas como operativas.

Solicito su máxima colaboración en todas las actividades programadas para llevar a feliz término la implementación de este modelo.

Atentamente,

Jaime Bocanegra Bernal  
Gerente Operación Central (e)

Copia a Gerente de Confiabilidad, Gerencias Operativas, Presidencia Ecopetrol S.A

Fuente: Presentación sustentación proyecto grado

## **5.2 ETAPA 2**

### **5.2.1 Educación introductoria y campaña de divulgación sobre TPM**

**Qué:** Programación de capacitación introductoria de TPM para los diferentes cargos de la organización con el objetivo de comprender las definiciones y metas del mantenimiento productivo total.

**Cuándo:** Antes del inicio de las actividades propias del TPM.

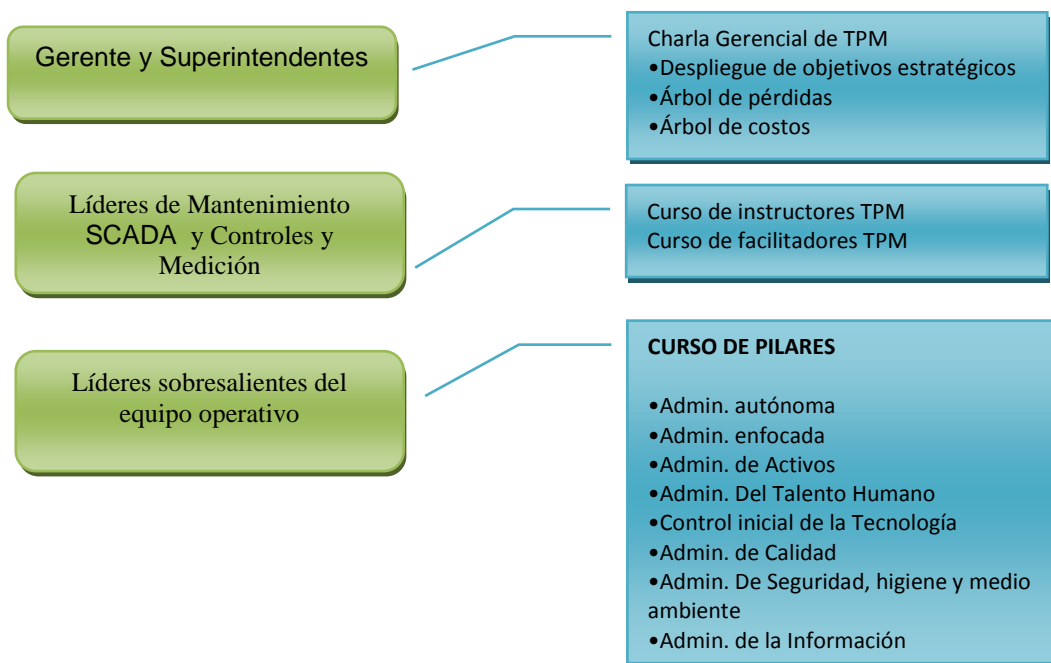
Cuál: Para entender los objetivos y metas del TPM.

Quién: Los instructores con conocimientos y capacitaciones del TPM, darán las charlas y capacitaciones correspondientes.

Dónde: Las capacitaciones se realizarán en los salones de la compañía.

## 5.2.2 ESQUEMA DE CAPACITACIONES

Figura 28. Esquema de Capacitaciones



Fuente: Presentación capacitación despliegue estratégico – VEC – Ecopetrol S.A.

Se determinan tres grupos principales para la capacitación de TPM:

La alta administración, donde se encuentra el gerente y superintendentes, debe recibir charlas cortas de TPM donde se analizarán los objetivos estratégicos del programa demostrando en detalle los beneficios en costos y confiabilidad de los equipos a cargo. Se propone incluir en estas charlas a los gerentes de las áreas operativas (Gerencias de Oleoductos, Poliductos y Fluvial) debido a que el mantenimiento de los equipos de medición es de responsabilidad compartida,

aclarando que esas gerencias se encargan del mantenimiento de los equipos primarios de campo.

El segundo grupo lo conformarán los líderes de mantenimiento y cada uno de los máster de controles y medición, estos funcionarios recibirán capacitación como instructores de TPM para posteriormente impartir los conocimientos sobre el tema a sus colaboradores. De la misma forma se convierten en facilitadores del proceso.

El tercer grupo estará integrado por los profesionales de mantenimiento de controles y medición quienes adquirirán los conocimientos a nivel avanzado de los pilares de TPM para su posterior implementación. En este grupo se incluirá a los técnicos sobresalientes interesados en TPM y todos los operadores de las gerencias operativas.

### **5.3 ETAPA 3**

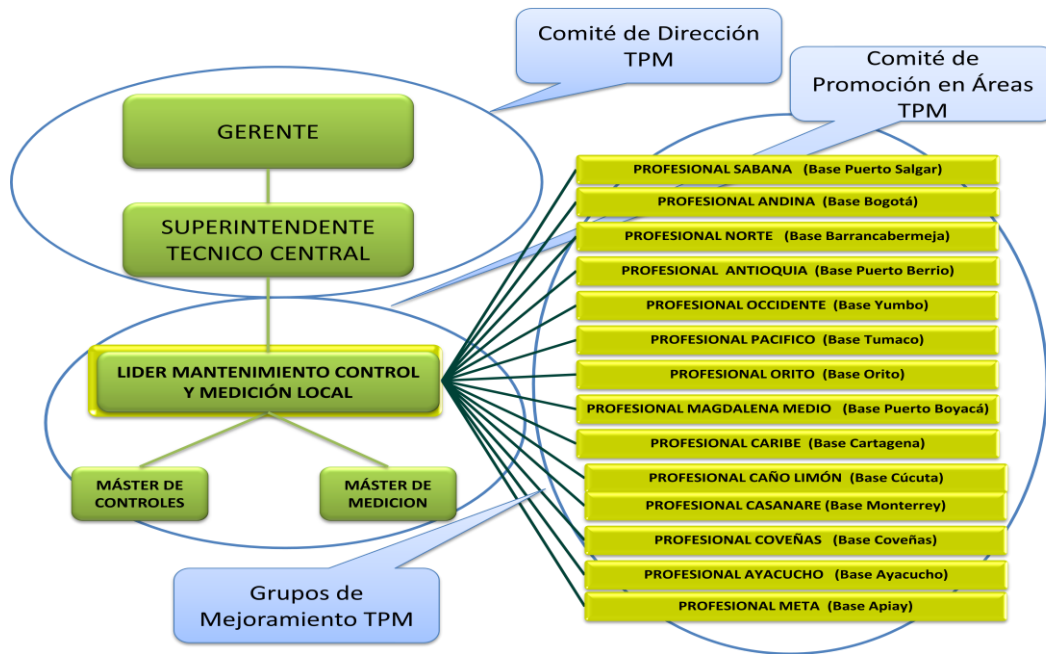
#### **5.3.1 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**

Se propone establecer según la estructura organizacional una clasificación por comités que apalanquen la implementación del modelo de gestión de mantenimiento.

#### **5.3.2 Funciones de los Comités**

Comité de dirección: Soporte y dirección estratégica que impacta a la compañía. Se propone realizar reunión mensual. Se revisarán los indicadores de efectividad: rendimientos, tiempos de ciclo y utilidad.

Figura 29. Estructura organizacional para TPM



Fuente: Organigrama Ecopetrol

### 5.3.3 Comité de promoción en áreas

Se crea el grupo en el que estarán: el líder de mantenimiento control y medición local, el máster de controles y el máster de medición. Este comité es dedicado a promover la implantación y aseguramiento del TPM en el grupo.

### 5.3.4 Comités de mejoramiento


A este grupo pertenecerán los profesionales de cada área y les corresponde los indicadores de eficiencia, teniendo en cuenta que son los ejecutores de los programas de mantenimiento.

## 5.4 ETAPA 4

### FIJACIÓN DE POLÍTICAS BÁSICAS, OBJETIVOS Y METAS

Para el modelo de gestión de mantenimiento de los sistemas de medición y control de la Vicepresidencia de Transporte, se cuenta con el tablero balanceado de gestión en el cual se encuentran establecidos los objetivos, metas, indicadores y su frecuencia de medición.


Figura 30. Tablero Balanceado de Gestión Superintendencia Técnica Central

 <b>TBG 2011 SUPERINTENDENCIA TECNICA CENTRAL - GOC</b> <b>ECOPETROL S.A.</b>							Junio 2011					
OBJETIVO VIT	Indicador	Unidad	Responsable	Peso %	Meta 2011	Mensual			Acumulada			
						Plan m	Real m	% Cump. Vs. Plan	Plan a	Real a	% Cump. Vs. Plan Acumu	
Financ	F.1. Maximizar de manera sostenida el valor para los accionistas	F.1.1. Ejecución presupuestal de gastos. (plan de contratación y ejecución presupuestal)	%	Superintendente	6%	95	738,5	604,1	81,8%	3533,2	2122,6	60,1%
Clientes y gr	C.1. Ser la mejor opción en transporte y almacenamiento de nuestros productos y servicios	C.1.1. Programa Medición Volumétrica en VIT	%	Líder de Medición	7%	100	10,21%	10,22%	100,1%	49,4%	48,45%	98,0%
		C.1.3. Cumplimiento de Nominaciones	%	Transversal	3%	100	1252,3	1237,4	98,8%	1221,8	1186,0	97,1%
Interna	I.1. Asegurar excelencia operacional y sinergias	I.1.1. Confiabilidad operacional	%	Transversal	5%	98,01	98,01	101,76	103,8%	98,01	100,39	102,4%
		I.1.2. Gestión de la información volumétrica del Negocio	%	Transversal	4%	100	2	2	102,5%	13	13	99,6%
		I.1.3. Transparencia del Sistema de Control Interno en los procesos	%	Transversal	5%	100	n.a	n.a	n.a	100	100	100,0%
		I.1.4. Programa Aplicaciones Avanzadas	%	Profesionales de AA	10%	100	10,2%	10,2%	100,2%	49,5%	48,48%	98,0%
		I.1.5. Programa Sistemas de Control	%	Líder de Controles	17%	100	9,3%	9,2%	99,2%	47,8%	46,50%	97,3%
	I.2. Eliminar el hurto de hidrocarburos	I.2.1. Volumen de Pérdidas Totales en Refinados	%	Transversal	3%	0,035	0,035	0,003	191,4%	0,035	0,035	100,0%
		I.2.2. Volumen de Pérdidas Totales en Crudos	%	Transversal	3%	0,035	0,035	0,035	100,0%	0,035	0,036	97,1%
	I.3. Alcanzar estándares internacionales en la seguridad de la operación	I.3.1. Índice de Frecuencia Total de Casos Registrables (TRIF)	Nº de Accident	Transversal	5%	2,13	2,13	0	200,0%	2,13	0	200,0%
			Incidentes de Seguridad	Transversal	3%	0	0	0	100,0%	0	0	100,0%
		I.3.3. Cumplimiento programa HSE	%	Superintendente	5%	100	10,0%	10,0%	100,0%	40,0%	40,00%	100,0%
I.4. Asegurar la excelencia en la gestión de proyectos	I.4.1. Indicador Conjunto de Proyectos y Programas	%	Transversal	6%	85	n.a	n.a	n.a	85	100	117,6%	
I.6. Garantizar una gestión socialmente responsable	I.6.1. Incidentes de entorno	Nº	Transversal	2%	1	0	0	100,0%	1	0	200,0%	
I.7. Garantizar de manera rentable la capacidad de transporte y almacenamiento de crudos, combustibles y biocombustibles para viabilizar la operación en mercados objetivo	I.7.1. Cumplimiento de hitos de crecimiento de transporte	%	Transversal	3%	100	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	
		%	Transversal	4%	95	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	
Aprendizaje	A.1. Asegurar el talento, el ambiente laboral y la cultura que apalanquen la estrategia	A.1.1. Cumplimiento de Metas de Talento Humano	%	Transversal	4%	100	n.a	n.a	n.a	100	108	108,0%
		A.2.1. Indicador conjunto de aseguramiento de información Downstream	%	Transversal	2%	95	n.a	n.a	n.a	95	96,4	101,5%
		A.2.2. Nivel de Aseguramiento de Prácticas Claves	% de Aseguramiento	Transversal	3%	83	14,0%	14,0%	100,0%	66,0%	64,00%	97,0%
<b>Cumplimiento Total STE</b>					<b>100%</b>			<b>96,9%</b>			<b>93,7%</b>	

Fuente: Superintendencia de Técnica Central

También se tiene establecido el tablero balanceado de gestión del grupo de mantenimiento de los sistemas de medición y control, con sus objetivos, metas, indicadores y frecuencia de medición.

Figura 31. Tablero Balanceado de Gestión Mantenimiento Medición Local

 Tablero balanceado de gestión Mantenimiento  
Medición Local - STE - GOC

Objetivo Estratégico	Indicador de Resultado	Unidad	PESO	META	Septiembre 2011					
					Mensual			Acumulada		
					Pla m	Real m	% Comp. Vr. Plan	Pla a	Real a	% Comp. Vr. Plan Acumulado
C.1. Ser la mejor opción en transporte y almacenamiento de nuestros productos y servicio	1 ASEGURAMIENTO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN ESTÁTICA	%	8,0%	100%	10,5%	15,0%	142,4%	68,5%	68,3%	100%
	2 ASEGURAMIENTO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN DINÁMICA	%	8,0%	100%	12,4%	10,7%	86,6%	62,8%	60,9%	96,9%
	3 APOYO ASEGURAMIENTO METROLÓGICO DE CAMPO Y LABORATORIO	%	5,0%	100%	8,3%	8,1%	96,7%	75,0%	74,3%	99,1%
I.1. Asegurar la Excelencia Operacional y sinergias	4 APOYO EN GESTIÓN VOLUMÉTRICA	%	10,0%	100%	8,3%	8,8%	106,7%	75,0%	75,0%	100,0%
	5 GESTIÓN DE INCERTIDUMBRE	%	4,0%	100%	9,1%	10,0%	109,6%	72,7%	72,7%	100,0%
	6 GESTIÓN IGSM	%	5,0%	85%	8,6%	9,0%	104,0%	74,1%	74,1%	100,0%
I.4. Asegurar la excelencia en la gestión de proyectos	7 ATENCIÓN A CLIENTES INTERNOS	%	5,0%	100%	8,3%	8,3%	100,0%	75,0%	75,0%	100,0%
A.2. Desarrollar la capacidad de innovación y asegurar ventajas tecnológicas y de información basados en el conocimiento organizacional	8 PRÁCTICA CLAVE MEDICIÓN	%	5,0%	100%	2,0%	1,0%	50,0%	79,0%	74,0%	93,7%
C.1. Ser la mejor opción en transporte y almacenamiento de nuestros productos y servicio	9 SINTONIZACIÓN DE LAZOS DE CONTROL	%	8,0%	100%	8,3%	8,33%	100,0%	75%	75%	100,0%
	10 GERENCIAMIENTO DE ALARMAS	%	8,0%	100%	8,3%	8,33%	100,0%	75%	75%	100,0%
	11 SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN	%	8,0%	100%	8,3%	8,33%	100,0%	75%	75%	100,0%
	12 IMPLEMENTACIÓN DE AUTOMATISMOS	%	8,0%	100%	8,3%	8,33%	100,0%	75%	75%	100,0%
	13 DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DE SCL (SISTEMAS DE CONTROL LOCAL)	%	10,0%	100%	8,3%	8,33%	100,0%	75%	75%	100,0%
	14 DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DE SIS (SISTEMA INSTRUMENTADO DE SEGURIDAD) DE PLANTA	%	8,0%	100%	8,3%	8,33%	100,0%	75%	75%	100,0%
<b>TOTAL</b>			<b>100%</b>		8,56%	8,83%	103,1%	73,57%	73,11%	99,4%

Fuente: Grupo Gestión de Mantenimiento Medición Local.

Se propone incluir en el TBG un programa de TPM en que se tengan presentes los siguientes objetivos y metas:

	<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Meta</b>
<b>Productividad</b>	Eficiencia de los equipos Número de barriles transportados según programa.	Mensual	100%
<b>Calidad</b>	Programa de Gestión Integral de Calidad.	Mensual	100%
<b>Costo</b>	Costos de mantenimiento Vs Costos de reposición.	Mensual	100%
<b>Entrega</b>	Tiempo medio entre fallas.	Mensual	100%
<b>Seguridad</b>	Índice de frecuencia total de casos registrables / Número de horas de exposición.	Mensual	100%
<b>Capacitación y motivación</b>	Horas de capacitación por persona	Mensual	100%

## 5.5 ETAPA 5 PLAN MAESTRO DE TPM

Figura 32. Plan maestro grupo de mantenimiento equipos de control y medición

<b>ACTIVIDADES RELEVANTES DEL PLAN MAESTRO PARA EL GRUPO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL DE LA VIT</b>		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>CUMPLIMIENTO</b>	<b>FECHA</b>
Actualización de data sheet de equipos de medición y control	100%	1er Trimestre
Revisión de Instrumentación de equipos de medición y control requeridos VS existentes.	20%	1er Trimestre
Levantamiento de la hojas de vida de los equipos de control (DCS y PLC) y medición (computadores de flujo)	60%	2do Trimestre
Revalidación de cálculos de criticidad.	10%	2do Trimestre
Implementación del Sistema de mantenimiento preventivo.	10%	3er Trimestre
Elaboración de planes visuales por áreas de proceso.	10%	3er Trimestre
Levantamiento de despiece visual de maquinaria de la planta.	30%	4to Trimestre

Fuente: TPM presentación

Se propone realizar un plan maestro para el modelo de gestión de mantenimiento de los sistemas de medición y control de la Vicepresidencia de Transporte, el cual

debe contener las actividades que se desarrollarán en lo corrido del año, éste debe corresponder a la carta de navegación o plan de ruta a ejecutar en el año.

## 5.6 ETAPA 6

### LANZAMIENTO (KICK-OFF)

Se desarrolla con el inicio formal del TPM por medio de un memorando gerencial. Se programan días específicos de lanzamiento para los empleados, clientes, proveedores con una declaración del compromiso estratégico firmada por todos los participantes. La gerencia deberá tener en cuenta la participación activa de los funcionarios para crear formas de reconocimiento

## 5.7 ETAPA 7 MANTENIMIENTO AREAS ADMINISTRATIVAS

Para esta etapa de acuerdo con TPM, se basa en los cuatro primeros pilares que se describen a continuación.

### 5.7.1 Pilar 1 Orientación a resultados

En este pilar se sugiere implementar los indicadores que apalanquen el cumplimiento de objetivos y la entrega de resultados a la administración, para lo cual se presenta un ejemplo de indicadores orientados a resultado en la estrategia de mantenimiento:

Figura 33. Plan maestro grupo de mantenimiento equipos de Control y Medición



Fuente: Presentación TPM

Se sigue teniendo en cuenta el cálculo de la efectividad global de equipos OEE, el cual tiene en cuenta factores de uso, disponibilidad, rendimiento y tasa de calidad.

También se deben considerar las pérdidas de labor manual:

La administración, operación, organización, logística y medición y ajustes.

Determinar el cálculo de eficiencia total teniendo con la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia M.O. (\%)} = \frac{\text{H. previstas para tareas terminadas}}{\text{H. reales empleadas para tareas terminadas}} \times 100\%$$

La eficacia se determina por el producto de disponibilidad por el rendimiento y por la calidad.

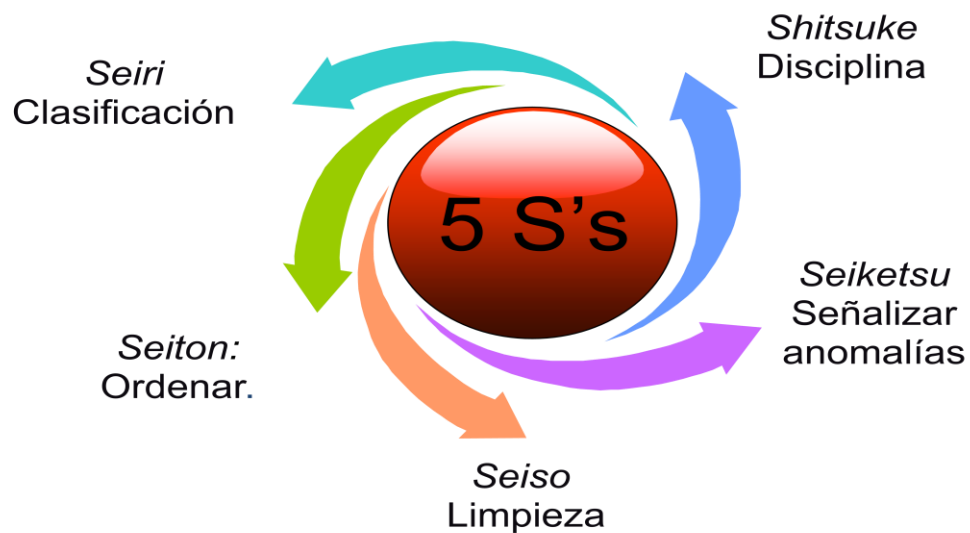
La productividad se determina por:

$$\text{Productividad M.O. (\%)} = \sqrt{\text{Eficiencia (\%)} \times \text{Utilización (\%)}}$$

### **5.7.2 Pilar 2 ADMINISTRACION AUTONOMA**

Los operadores deben ejecutar una serie de actividades diarias en los equipos bajo su responsabilidad, que incluye inspección minuciosa, limpieza, intervenciones menores, estudio de posibles mejoras, analizando y resolviendo problemas del equipo. Para este ejercicio los operadores deben ser entrenados con sus competencias comprobadas y se aplica la metodología de las 5 S.

Figura 34. Plan Maestro Grupo de Mantenimiento Equipos de Control y Medición



Fuente: Análisis 5 S presentación SEIRI

El mantenimiento autónomo posibilita que las actividades se realicen en condiciones seguras, evitando el ruido, contaminación y con los equipos de necesarios para realizar los trabajos. El orden en el sitio de labores, la ubicación adecuada de herramientas y materiales le evitan al trabajador esfuerzos adicionales, reduciendo los riesgos de accidente y afectación grave a los equipos, su integridad personal y al medio ambiente.

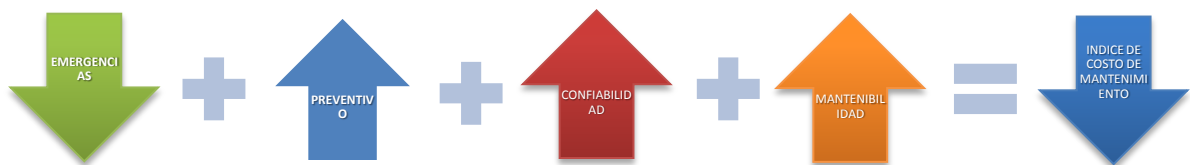
### 5.7.3 Pilar 3 Mantenimiento planeado

Para este pilar se determina lograr el mayor valor del índice de disponibilidad de los equipos por la disminución de las fallas y paros programados con un índice de costos de mantenimiento competitivo. Se procura ampliar el ciclo de vida del equipo y sus partes. Se debe establecer como resultados los indicadores MTTR (Tiempo medio para restaurar), MTBF (Tiempo medio entre fallas), % de fallas y la disponibilidad.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

$$\text{Productividad de Mto} = \frac{\text{Utilidad del ciclo de vida, LCP Max}}{\text{Costo del ciclo de vida, LCC Min}}$$

**Figura 35. Índice de formula de Costo de mantenimiento**



Fuente: Presentación TPM Seiri

El grupo de mantenimiento debe tener como meta CERO FALLAS de acuerdo a la alta criticidad de todos los equipos de controles y medición.

No se encuentran datos en el sistema en la herramienta CMMS Ellipse para realizar cálculos de los indicadores.

Se recomienda promover y exigir la utilización del CMMS disponible en la empresa ya que al consultar el programa Ellipse no se encuentra información suficiente para elaborar los índices que entreguen una valoración del estado del mantenimiento actual.

#### **5.7.4 Pilar 4 Capacitación y entrenamiento**

Actualmente el grupo de mantenimiento de controles y medición cuenta con un programa de capacitación orientado al cierre de brechas las cuales fueron identificadas en la evaluación de competencias. Se tiene implementado un

programa de práctica clave donde se establecen todas las acciones encaminadas al aseguramiento del conocimiento de la empresa con el apoyo decisivo de la Universidad Corporativa localizada en el Instituto Colombiano del Petróleo.

## **5.8 ETAPA 8**

### **5.8.1 Pilar 5 Administración de la tecnología**

Los equipos nuevos de control y medición deberán entrar en una revisión de diseño y control de operación de prueba, antes de ser instalados en el área operativa.

## **5.9 ETAPA 9**

### **Pilar 6 Administración de la calidad**

Se sugiere para los equipos de medición y control hacer un análisis detallado del aseguramiento de la calidad de los equipos con la identificación de los defectos esporádicos versus los defectos crónicos. Una vez identificados los equipos con mayor relevancia definidos como crónicos se restauran.

El sistema de gestión de calidad se basa en la norma ISO9000 y es deber de todos los trabajadores seguir los instructivos que para tal fin se tienen dispuestos en la herramienta P8 de la intranet de la compañía. El documento rector para los sistemas de medición es el Manual de Medición de Hidrocarburos el cual se basa en las Normas API (American Petroleum Institute) y todas las actividades para el mantenimiento de los equipos de los sistemas de medición y control tienen sus correspondientes instructivos oficializados en el sistema ya mencionado asequible en intranet. Se sugiere realizar la revisión y actualización de estos documentos, la cual es importante ejecutar anualmente.

## **5.10 ETAPA 10**

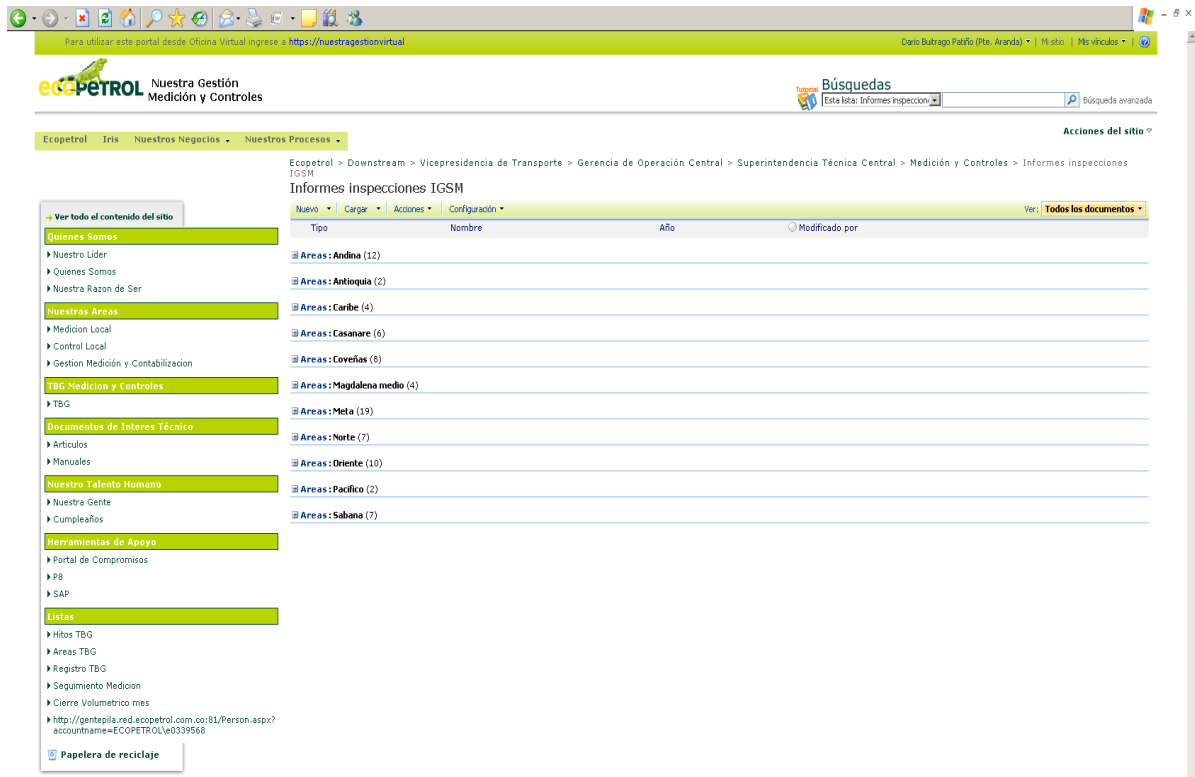
### **5.10.1 Pilar 7 Administración de la información**

Para el grupo de mantenimiento de controles y medición, a través del modelo de gestión de mantenimiento asegura el tema de la administración de la información estableciendo la trazabilidad, registro, almacenamiento, de la información a fin de garantizar la adecuada compra y suministro de repuestos y/o materiales por parte de los proveedores.

En proceso de mejoramiento continuo y con la emisión de acciones la organización debe rendir cuentas a los entes de control, accionistas y grupos de interés. En desarrollo de estas actividades y como parte del sistema de control interno de la compañía se realizan auditorías en las que se ha evidenciado que no se cuenta con las evidencias suficientes para soportar las actividades de mantenimiento ejecutadas por el grupo de mantenimiento, así la gestión de cierre a los hallazgos presentados en informes de auditorías pasados. Uno de estos casos es el correspondiente a los índices de gestión de los sistemas de medición (IGSM). Durante el tiempo de desarrollo del presente trabajo se contactaron los configuradores del programa Sharepoint instalado en la intranet de la compañía en donde se creó la base de datos para la centralización de la información con la posibilidad de ser consultada desde cualquier punto de la red a nivel nacional, cumpliendo con esto con la oportunidad, confiabilidad e integridad de la información que se requiera.

A continuación se presenta el listado de información que se encuentra en el repositorio mencionado:

Figura 36. Informes Inspecciones IGSM en Share Point



Fuente: Iris – Portal Share Point Sitio virtual en Share Point Grupo Controles y Medición

**Figura 37. Informes Inspecciones IGSM**

Para utilizar este portal desde Oficina Virtual ingrese a <https://nuestrogestionvirtual>

Dario Buitrago Palvo (Pta. Aranda) | Mi sitio | Mis vínculos

**ecopETROL** Nuestra Gestión  
Medición y Controles

Búsquedas  
[Esta lista: Informes inspecciones] Búsqueda avanzada

Acciones del sitio

Ecopetrol Iris Nuestros Negocios Nuestros Procesos

Ecopetrol > Downstream > Vicepresidencia de Transporte > Gerencia de Operación Central > Superintendencia Técnica Central > Medición y Controles > Informes inspecciones IGSM

**Informes inspecciones IGSM**

Nuevo Cargar Acciones Configuración Ver: Todos los documentos

Tipo	Nombre	Año	Modificado por
<b>Áreas: Andina (12)</b>			
Plantas: Guadua (1)			
	LA DORADA-GUADUAS	2009	César Augusto Carrasco García (CYG Construcciones S.A)
Plantas: Gualanday (3)			
	IGSM Planta Terpel Gualanday, Recoibo	2011	César Augusto Carrasco García (CYG Construcciones S.A)
	IGSM Planta Terpel Gualanday, Recoibo	2010	César Augusto Carrasco García (CYG Construcciones S.A)
	Informe IGSM Terpel Gualanday, Recoibo	2011	César Augusto Carrasco García (CYG Construcciones S.A)
Plantas: Maniquita (3)			
	IGSM Terpel Maniquita, Recoibo	2011	César Augusto Carrasco García (CYG Construcciones S.A)
	IGSM Terpel Maniquita	2010	César Augusto Carrasco García (CYG Construcciones S.A)
	Informe IGSM Terpel Maniquita, Recoibo	2011	César Augusto Carrasco García (CYG Construcciones S.A)
Plantas: Puerto Salgar (5)			
	PTO SALGAR DESPACHO GLP A MANSILLA	2009	César Augusto Carrasco García (CYG Construcciones S.A)
	PTO SALGAR DESPACHO L10-MANSILLA	2010	César Augusto Carrasco García (CYG Construcciones S.A)
	PUERTO SALGAR DESPACHO ODECA	2010	César Augusto Carrasco García (CYG Construcciones S.A)
	PUERTO SALGAR ENTREGAS LOCALES	2009	César Augusto Carrasco García (CYG Construcciones S.A)
	PUERTO SALGAR RECIBO SEBASTOPOL	2009	César Augusto Carrasco García (CYG Construcciones S.A)
<b>Áreas: Antioquia (2)</b>			
<b>Áreas: Caribe (4)</b>			
<b>Áreas: Casanare (6)</b>			
<b>Áreas: Coveñas (8)</b>			
<b>Áreas: Magdalena medio (4)</b>			
<b>Áreas: Meta (19)</b>			
<b>Áreas: Norte (7)</b>			
<b>Áreas: Oriente (10)</b>			
<b>Áreas: Pacífico (2)</b>			
<b>Áreas: Sabana (7)</b>			

Fuente: Iris – Portal Share Point

De igual forma se creó un sitio virtual en el que cada profesional de las áreas del grupo de mantenimiento de equipos de medición y control registra los avances a las actividades realizadas periódicamente con los soportes correspondientes.

Esta información es utilizada como insumo para el reporte en la herramienta de gestión o tablero balanceado de gestión.

En cuanto a la documentación de los procedimientos e instructivos se evidencia que actualmente se está realizando y se contacta a la Vicepresidencia de Suministro y Mercadeo de Ecopetrol S.A. para su actualización.

Figura 38. Informes Inspecciones IGSM

Fuente: Iris – Portal Share Point

Figura 39. Registro de TBG en la Superintendencia Técnica Central

ID	Creado por	Orden de Trabajo	Estación	Mes	Horas	Resumen del Resultado	Destacable	Subactividad
1395	Elkin Timoleón Méndez Almarino	TOCANCIPA	OCTUBRE	4	Realización reunión nuevas tecnologías para medición de llenadero de nafta	No	2.2 Aseguramiento y Calibración de Medidores (PF)	
1399	Elkin Timoleón Méndez Almarino	HANSILLA	OCTUBRE	2	Linealización medidores del sistema PLL0	No	2.2 Aseguramiento y Calibración de Medidores (PF)	
1401	Elkin Timoleón Méndez Almarino	TOCANCIPA	OCTUBRE	2	Reunión con proyectos para realizar la calibración de los medidores del llenadero	No	2.2 Aseguramiento y Calibración de Medidores (PF)	
1456	Jose Julian Reyes Jimenez	GALAN	OCTUBRE	8	Oct. 11. Actualización de MFI.	SI	2.2 Aseguramiento y Calibración de Medidores (PF)	
1464	Jose Julian Reyes Jimenez	CHEMITA	OCTUBRE	3	Oct. 13. Verificación medición Trasejo con GLP	SI	2.2 Aseguramiento y Calibración de Medidores (PF)	

Fuente: Iris – Portal Share Point

## **5.10.2 GERENCIA DE RECURSOS HUMANOS**

Es importante establecer la misión y visión del grupo de mantenimiento de controles y medición. La misión sirve como un punto de referencia que permite que todos los miembros del grupo actúen en función de ésta, es decir, lograr que se establezcan objetivos, diseñen estrategias, tomen decisiones y se ejecuten tareas, bajo la luz de ésta; logrando así, coherencia y organización la visión es el sueño o metas a alcanzar por el grupo. Todo esto para cumplir adecuadamente con los compromisos que se tiene con los clientes internos y externos.

### **5.10.2.1 MISIÓN**

Garantizar la Gestión de Mantenimiento que involucre la implementación de las mejores prácticas, metodologías en mantenimiento preventivo y predictivo en los sistemas de medición y control instalados en las áreas operativas de la Vicepresidencia de Transporte, asegurando la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos, con altos estándares de calidad garantizando así la entrega oportuna de hidrocarburos a los clientes internos y externos.

### **5.10.2.2 VISION**

Alineados con el propósito del grupo empresarial de Ecopetrol S.A. al 2020, el grupo de Mantenimiento de Control y Medición se consolidará como un equipo de mantenimiento que aplique altos estándares basados en las normas nacionales e internacionales, destacándose en la organización por la efectividad en el desarrollo de la gestión de mantenimiento de los sistemas de medición y control de la Vicepresidencia de Transporte.

### **5.10.2.3 MOMENTOS DE VERDAD EN LA EJECUCIÓN DE UNA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO**

Figura 40. Momentograma



Fuente: Proceso de Mantenimiento Ecopetrol

Como aspecto importante que está contenido en el modelo de gestión de mantenimiento de los sistemas de medición y control de la Vicepresidencia de Transporte, tenemos la gestión con los clientes tanto internos (producción) como externos (empresas a quienes se les transporta los hidrocarburos).

En el negocio de transporte de hidrocarburos la Vicepresidencia de Transporte y Logística tiene la responsabilidad en materia operativa de garantizar la oportunidad en la entrega de los productos. Estas entregas son auditadas con los requisitos de oportunidad, cantidad y/o calidad, y se les hace seguimiento a través de indicadores de eficiencia como el de entregas perfectas.

De acuerdo con esto, es importante mencionar que el compromiso a nivel nacional con los clientes externos es el de garantizar la operación de todos los sistemas. Es una responsabilidad para las áreas de mantenimiento y en particular para el Grupo de Mantenimiento de Sistemas de Control y Medición propender por las “cero fallas” en sus equipos, teniendo en cuenta que es su deber asegurar la

confiabilidad y disponibilidad para todos los equipos que tienen las plantas de transporte a nivel nacional.

## **5.11 ETAPA 11**

### **Pilar 8 Seguridad, higiene y medio ambiente**

En el desarrollo de las actividades de mantenimiento y la ejecución de los procesos propios del grupo de mantenimiento de los equipos de control y medición de la Vicepresidencia de Transporte, se introducen los aspectos de gestión ambiental, seguridad industrial, seguridad de procesos y el tema de riesgos.

#### **5.11.1 Gestión ambiental**

Partiendo del concepto de gestión ambiental se precisa el marco de referencia en el que se regulan las actividades de mantenimiento del grupo de medición y control. La gestión ambiental se refiere al conjunto de actividades conducentes al manejo integral del sistema ambiental. Dicho de otro modo e incluyendo el concepto de desarrollo sostenible, es la estrategia mediante la cual se organizan las actividades antrópicas, es decir actividades que afectan al medio ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales.

En este mismo sentido el mantenimiento como actividad realizada por el ser humano, debe asegurar la fiabilidad de los equipos, teniendo en cuenta que son actividades donde se ejecutan el mayor número de acciones que pueden ocasionar daños al medio ambiente. La protección medioambiental debe gestionarse integrada a los procesos donde se originan los impactos.

Considerando los aspectos ambientales como condición especial para la planeación de los procesos de mantenimiento, en el grupo de controles y medición de la Superintendencia Técnica se revisan los procedimientos de mantenimiento y la ejecución de trabajos a fin de garantizar el menor impacto al medio ambiente.

Con un adecuado desempeño de los equipos y la estandarización de las actividades de cada proceso, se reducen los riesgos de contaminación por fuga de hidrocarburos.

### **5.11.2 Seguridad de procesos**

La Seguridad de Procesos es un componente importante del tema de Seguridad Industrial implementado en la compañía.

Este aspecto se considera de gran importancia dentro del componente del modelo teniendo en cuenta que los productos que se manejan son de alta peligrosidad. Particularmente en las plantas de bombeo donde se encuentran instalados los sistemas de medición y control existen procesos peligrosos y a su vez porque allí se almacenan grandes inventarios de materiales inflamables o tóxicos. Los reguladores esperan que los operadores de plantas de alto riesgo, implementen medidas para garantizar que sus plantas sean operadas y mantenidas de manera segura.

Las técnicas de gestión de la seguridad de procesos son numerosas, desde la proyección del proceso y selección del concepto, a través de la identificación de peligros, evaluación de consecuencias, evaluación de riesgos, estudio ALARP, auditoría de respuesta a las acciones de pre arranque, hasta la inspección y auditoría durante la operación.

En la planeación de los procesos de mantenimiento, en las directrices y políticas que se imparten para el desarrollo y ejecución de los trabajos de mantenimiento el modelo de gestión de mantenimiento para los sistemas de medición y control de la Vicepresidencia de transporte propone involucrar las prácticas en seguridad de procesos. Teniendo en cuenta que en la ejecución de los mantenimientos de los sistemas de medición y control se contemplan riesgos de fuga de producto, pérdida de contención y/o derrame de hidrocarburos.

## CONCLUSIONES

- Se cumplió con el objetivo general referente a la elaboración de una propuesta de modelo de gestión de mantenimiento para los sistemas de control y medición de la Gerencia de Operación Centralizada de Ecopetrol S.A. aplicando TPM.
- Por medio de la aplicación de las definiciones de los pilares del Mantenimiento Productivo Total se establecieron políticas de mantenimiento.
- Se realizó diagnóstico de la gestión de documentación y del estado actual del sistema de mantenimiento de los equipos de medición y control a cargo del grupo de medición y control de la Gerencia de Operación Central de Ecopetrol S.A. encontrando oportunidades de mejora.
- Se determinó que actualmente se realiza la normalización documental de los procesos y procedimientos.
- Durante el desarrollo del presente proyecto y de acuerdo a nuestra iniciativa se diseñó y se configuró en la herramienta informática de trabajo colaborativo Sharepoint una página para el seguimiento de los hallazgos de las auditorías IGSM (Índice de Gestión de los Sistemas de Medición) la cual ha permitido un seguimiento adecuado y facilidad para elaborar los reportes requeridos por los auditores. De la misma manera se implementó otra página en Sharepoint de información necesaria para el Tablero Balanceado de Gestión.

- Por iniciativa del presente proyecto y de acuerdo con los pilares del TPM se estableció la gestión del conocimiento con la documentación de los procesos y la aplicación de la metodología de la práctica clave de medición.

## RECOMENDACIONES

- De acuerdo a la importancia de los sistemas de medición y control es necesario implementar el plan de gestión propuesto en el presente trabajo.
- Con el fin de asegurar la documentación de los eventos y órdenes de trabajo de mantenimiento, se recomienda registrar completamente la información oportunamente en la herramienta CMMS (Ellipse), dispuesta para tal fin.
- Se debe asegurar la continuidad de la revisión de la documentación de los procedimientos y su actualización en la herramienta de gestión documental.
- Continuar con el reporte de los hallazgos de las auditorias en la herramienta informática implementada por los autores de este trabajo.
- Continuar con el plan de la implementación de la metodología de prácticas para el aseguramiento del conocimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

ARCINIEGAS, Carlos Alberto. Mantenimiento Productivo Total. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2011.

LEFCOVICH, Mauricio. TPM - Mantenimiento productivo total. Un paso más hacia la excelencia empresarial [online]. Jun . 2005 [cited oct. 2011]. Available from World Wide Web: <http://www.gestiopolis.com/Canales4/ger/topmanteni.htm>

OLVE – GÖRAN Nils. Implantando y Gestionando El Cuadro de Mando Integral: Planeta, 2000. P. 51.

ORTIZ SUAREZ, Luis Antonio. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad [online]. Nov 2008 [cited oct. 2011]. Available from World Wide Web: <<http://mantenimientoindustrial.blogspot.com/2008/11/mantenimiento-centrado-en-la.html>>

SANCHEZ ROZO, Javier. Propuesta para la implementación del Mantenimiento Total Productivo [online]. 1986 [cited oct. 2011]. Available from World Wide Web: < <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/mantenimiento-productivo.pdf>>

TAVARES, Lourival Augusto. Administración Moderna de Mantenimiento. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicacoes e Assessoria Ltda, 1999. P. 149.