

**MODELO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS  
EQUIPOS DEL DISTRITO DE PRODUCCION ESPINAL**

**MANUEL ACUÑA SOLÓRZANO  
RONALD MAURICIO MORALES MEDINA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO- MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA.  
2008**

**MODELO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS  
EQUIPOS DEL DISTRITO DE PRODUCCION ESPINAL**

**MANUEL ACUÑA SOLÓRZANO  
RONALD MAURICIO MORALES MEDINA**

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

**Director  
LEONEL TAUTIVA VASQUEZ  
Ingeniero de Petróleos**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO- MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA.  
2008**

## **DEDICATORIA**

A mi esposa Ángela, mi madre y a mis hijas por su paciencia y su apoyo incondicional.

Mauricio

A mi esposa Blanca Cecilia, a mi madre Leonor, a Johana, por su apoyo permanente además de ser la fuente de mi inspiración y el motivo de mi deseo constante de aprender.

Manuel

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La empresa PETROBRAS COLOMBIA LTDA., por el apoyo brindado para la culminación de este proyecto.

A los ingenieros Leonel Tautiva, Gerente del Distrito Producción Espinal; Néstor Aguirre, Gerente del Distrito de Producción Boquerón; Juan Carlos Duarte, Gerente del AMS Ltda.

A Carlos Ramón González, Ingeniero Mecánico y Coordinador de la Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Al cuerpo docente de la Especialización en Gerencia de Mantenimiento, por los conocimientos transmitidos.

A todos los compañeros de la especialización, por permitir conocernos, y conjuntamente crecer como persona y como profesionales, además aprender de sus experiencias tan valiosas.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. MARCO TEÓRICO	3
1.1 GENERALIDADES	3
1.2 SISTEMA DE GESTIÓN EN PETROBRAS COLOMBIA	4
1.3 CONTRATO DE PARTICIPACIÓN Y RIESGO ESPINAL	9
1.4 GENERALIDADES DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN Y PRODUCCIÓN.	13
1.5 ORGANIGRAMA DE LA COMPAÑÍA	18
1.6 PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES	19
1.7 PROCESO DE GESTION DE ACTIVOS	21
1.8 OBJETIVOS DE LA MONOGRAFIA	25
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
3. DESARROLLO DE ESTANDARES	30
3.1 ESTÁNDARES ADMINISTRATIVOS	30
3.2 ESTÁNDAR DE PROCESOS	53
3.3 ESTÁNDARES DE MANTENIMIENTO	61
4. CICLO DE VIDA DE LOS PROYECTOS	92
4.1 DIAGRAMA DE FLUJO	92
4.2 ROLES Y RESPONSABILIDADES	93
4.3 DESCRIPCIÓN DE CADA FASE	94

CONCLUSIONES	102
BIBLIOGRAFIA	104
ANEXOS	106

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Proceso de Focalización Estratégica.	6
Figura 2. Esquema del Desdoblamiento Estratégico.	7
Figura 3. Gerencia de la Rutina.	9
Figura 4. Mapa de Localización Bloque Espinal.	10
Figura 5. Proceso Manejo de Crudo en el CPR Espinal	13
Figura 6. Organigrama Parcial de Petrobras en Colombia.	18
Figura 7. Matriz de Excelencia del Mantenimiento.	23
Figura 8. Pirámide de Procesos.	23
Figura 9. Factores de la Confiabilidad Operacional.	24
Figura 10. Ciclo PHVA Para el Desarrollo de la Tesis	27
Figura 11. Modelo de Gestión de Activos	28
Figura 12. Modelo Integral de Gestión de Mantenimiento CPR Espinal	29
Figura 13. Flujograma de OT Con Servicios & Materiales	34
Figura 14. Flujo Esquemático Básico de Proceso	54
Figura 15. Modelo Global de Mantenimiento	55
Figura 16. Flujo Interno de la Orden de Trabajo	56
Figura 17. Relaciones Externas con Otras Áreas en SAP.	56
Figura 18. Descripción del Negocio MNES.	58
Figura 19. Flujograma del Proceso RCA en PM-SAP.	80
Figura 20. Matriz de Definición de RCA.	81

	<b>pág.</b>
Figura 21. Estructura del Árbol de Falla PM-SAP.	82
Figura 22. Flujograma del Proceso CBM	87
Figura 23. Jerarquía del Proceso RCM.	90
Figura 24. Estructura Y Alcance del RCM.	91
Figura 25. Ciclo de Vida del Proyecto y sus Procesos	92
Figura 26. Diagrama de Flujo de Procesos	93

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Desdoblamiento Estratégico.	7
Tabla 2. Directrices Corporativas de SMS.	21
Tabla 3. Formato de Control Semanal.	35
Tabla 4. Desarrollo Esquemático del Proceso	42
Tabla 5. Responsabilidades en el Manejo de Cambio.	44
Tabla 6. Indicadores A Nivel de Sistema	52
Tabla 7. Participantes del Grupo IMC	63
Tabla 8. Agenda Típica de la Reunión Semanal de Planeación.	66
Tabla 9. Indicadores de Mantenimiento Alineado Al TBG	74
Tabla 10. Tabla Maestra de Cálculo Criticidad.	75
Tabla 11. Valor Columna A. Importancia del Equipo Dentro del Sistema	76
Tabla 12. Valor Columna B – Confiabilidad del Equipo.	76
Tabla 13. Valor Columna C. Impacto del Equipo.	77
Tabla 14. Clasificación de Prioridad de Atención Según Criticidad	78
Tabla 15. Matriz de Roles y Responsabilidades	94

## RESUMEN

**TÍTULO:** MODELO PARA EL MANTENIMIENTO LOS EQUIPOS DEL DISTRITO DE PRODUCCION ESPINAL\*

**AUTORES:** MAURICIO MORALES MEDINA, MANUEL ACUÑA SOLÓRZANO\*\*.

**CONCEPTOS CLAVE:** Mantenimiento, Directrices, Gestión, Planeación, Confiabilidad, Estrategias.

**DESCRIPCION:** Resultado de foros de control implementados para el seguimiento de los indicadores del Distrito que están alineados con los objetivos del mapa estratégico corporativos, surge la necesidad de definir estándares o lineamientos específicos para el área de mantenimiento. Esta monografía desarrollada con una metodología teórico-practica, establece el modelo para el mejoramiento de la Confiabilidad en el Distrito de Producción Espinal, involucra la aplicación y adecuación de varias técnicas de optimización de Confiabilidad, utilizadas anteriormente de forma exitosa en instalaciones petroleras de superficie.

Después de identificar las necesidades del área y definidos los procesos en mantenimiento, se utilizo como base el ciclo de mejoramiento continuo para el desarrollo de los diferentes estándares. Se aclara que el alcance de la presente monografía es hasta la fase Hacer de dicho ciclo, las fases siguientes (Verificar y Actuar) se realizaran posteriores a la implantación del modelo, dejando definido el proceso de verificación de la conformidad del estándar.

El tema se desarrolla en cuatro (4) capítulos que presentan las técnicas aplicadas en la optimización de la Gerencia de Mantenimiento. En el capitulo uno (1) describe los antecedentes operacionales, en el capitulo dos (2) describe el planteamiento principal problema de esta monografía, en el capitulo tres (3) desarrolla la solución descrita, basados en la metodología del ciclo de mejoramiento continuo, definiendo los lineamientos para la evolución de nuestra organización hacia estructuras flexibles y el aprovechamiento de tecnologías modernas aplicables a mantenimiento. En el capitulo cuatro (4) describe el modelo del desarrollo de nuevos emprendimientos. Se espera que este trabajo sirva de guía para orientar a las organizaciones en el proceso de selección e implantación de las diversas técnicas de optimización de Confiabilidad, permitiendo finalmente, que se incremente la efectividad de la Gestión del Mantenimiento y se mejoren los niveles de rentabilidad del sistema de producción.

---

\* Monografía.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.  
Director: Leonel Taútiva Vásquez, Ingeniero de Petróleos.

## SUMMARY

**TITLE:** IMODEL FOR THE EQUIPMENT MAINTENANCE OF THE DISTRICT OF PRODUCTION CPR ESPINAL

**AUTHORS:** MAURICIO MORALES MEDINA, MANUEL ACUÑA SOLÓRZANO\*\*

**KEYWORDS:** Maintenance Guidelines, Management, Planning, Reliability, Strategies.

**DESCRIPTION:** Result of forums of control performed for follow-up of the indicators of the District which are aligned with the of strategic map Corporate, there arises the need to define specific standards for the area of maintenance. This monograph developed with a theoretical - practical methodology, a Model for the improvement of the Reliability in the District of Espinal Production, involves the application of several technologies of optimization of Reliability, used previously of successful form in petroleum facilities.

After identifying the needs of the area and of having defined the processes in the function of maintenance, use as base the cycle of constant improvement for the development of the different standards. It is of clarifying that the above mentioned development, sandal up to the phase to do, the following phases will be later to the implantation of the model, defined clearly the process of check of the conformity of the standard.

The topic has developed in four (4) chapters that present the diverse technologies applied to the optimization of the Management of Maintenance. In the chapter one (1) the operational precedents are described, in chapter two (2) described the exposition (approach) of the principal problem to developing this monograph, in chapter three (3) the described solution develops, by means of the cycle of constant improvement, defining the standards for the evolution of the organization towards flexible structures and the utilization of modern technologies in maintenance. In chapter four (4) the model describes for the development of the new projects. In addition it hopes that this work as guide to orientate the organizations in the process of implantation of the diverse technologies of optimization of Reliability, allowing that there should be increased the efficiency of the Management of the Maintenance and there are improved the levels of profitability of the production.

---

Monograph.

\*School of Mechanical engineering. Maintenance management specialization.

Director: Leonel Taútiva Vásquez. Petroleum Engineer.

## INTRODUCCIÓN

La exploración y explotación de crudos en Colombia remonta desde 1918 con el descubrimiento los pozos productores (Infantas 1 y 2) ubicados en el Departamento de Santander del Contrato de Concesión Demares. A medida que ha transcurrido el tiempo se han realizado varios ajustes a nuestra política, a partir de la Ley 20 de 1969, reglamentada por el Decreto 797 de 1971, la exploración y explotación de hidrocarburos en el país por parte de particulares se rige por el Contrato de Asociación, llamado así principalmente por las características de la relación que se constituye entre la Empresa Colombiana de Petróleos (ECOPETROL) y las compañías cuando realiza un descubrimiento reconocido conjuntamente como comercial. La asignación de áreas de exploración es llevada a cabo por ECOPETROL a través de un sistema que combina la contratación directa y un método de licitaciones o concursos; Bajo el sistema de licitaciones, la negociación está sujeta a los términos y condiciones de cada procedimiento.

El Contrato de Participación y Riesgo (CPR) Espinal se desarrolla en el municipio de Purificación en el Departamento del Tolima, contiene los campos Matachines y Purificación, fue aprobado por el Ministerio de Minas y Energía el 19-October-1987. Inicialmente estaba suscrito con Lasmo Oil que poseía una participación del 66.6% y Sun Oil con una participación del 33.3%. Este contrato tenía un periodo exploratorio que comprendía de Octubre-87 a Octubre-93 y un periodo de desarrollo de Octubre-93 a Octubre-2015. En el año 1998 con la llegada de PETROBRAS a Colombia adquirió las acciones de Lasmo Oil y la firma Cepsa adquirió las acciones de Sun Oil.

El campo Purificación fue descubierto en 1991 mediante el pozo exploratorio fue el PUR-001 con una producción de 920 bopd. El Campo Matachines fue descubierto en 1992 mediante el pozo Venganza (VEN-001) con una producción de 1500 bopd. El CPR Espinal posee cinco estaciones Matachín Norte, Matachín Sur, Water Production Facilities (WPF), Petroleum Production Facilities (PPF), Estación Saldaña. Las dos (2) primeras se encuentran ubicadas en el campo Matachines, WPF y PPF se encuentran en el campo Purificación; la estación Saldaña, es donde se liquida y se transfiere el crudo producido diariamente a ECOPETROL.

Con el transcurrir del tiempo PETROBRAS en Colombia ha evolucionado en diferentes sentidos, como en la definición, ejecución de sus procesos y en la implementación de su sistema de gestión, entre otros, adquiriendo el sistema de información SAP, el cuál es una herramienta útil para soportar dicha gestión de

manera integral y a nivel gerencial, para alinearse a las directrices impartidas por Casa Matriz. Como consecuencia al mejoramiento continuo que promueve la compañía, en el 2003 se definieron los procesos en el área de mantenimiento y se inicio la migración preliminar de la información existente en las diversas bases de datos del mantenimiento que utilizaban los diferentes Distritos de Producción hacia el módulo de Mantenimiento en SAP (PM-SAP) adquirido a nivel corporativo.

Por medio de este trabajo se propone un esquema integral que permita a la organización de mantenimiento del Distrito de Producción Espinal contribuir efectivamente a la obtención de los objetivos del negocio apoyándose en las herramientas de gestión implementadas.

Las directrices emitidas se tomaron como referencia, entre otros, de conceptos de especialistas en administración y gestión de mantenimiento, de los diversos artículos consultados en publicaciones especializadas y en los textos recibidos en el posgrado "GERENCIA DE MANTENIMIENTO". Los cambios o propuestas de mejoramiento en las directrices se han hecho basados en la experiencia de los autores por la forma en que se realizan tanto la interacción con otras áreas como la ejecución de las actividades internas de la función de mantenimiento en el Distrito.

Para implementar el modelo propuesto, se debe realizar el análisis crítico a las directrices emitidas detectando las ventajas y desventajas, para luego implantar las acciones correctivas resultantes para optimizar la función de mantenimiento en el Distrito.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 GENERALIDADES

PETROBRAS es una de las diez empresas más importantes en el sector hidrocarburos en el mundo, cuarta productora en Colombia y operadora de varios campos petrolero. La Unidad Colombia (UNCOL) es una de las unidades del Área de Negocio Internacional de PETROBRAS, compañía de economía mixta controlada por el gobierno brasileño, creada en 1953 con presencia en dieciocho (18) países de todos los continentes. Tiene su sede administrativa en Bogotá, Colombia, y está constituida por PETROBRAS Colombia Limited, PETROBRAS International Braspetro, PETROBRAS Downstream y PETROBRAS Colombia Combustibles. A la fecha actúa en el mercado colombiano en los negocios de Exploración y producción de petróleo y gas por medio de los diferentes contratos de asociación, en el negocio de Producción y despacho de lubricantes y en el Almacenamiento, mezcla y despacho de combustibles.

La Unidad Colombia (UN-COL) construye las facilidades para la producción de crudo de acuerdo con los pronósticos de producción emitidos por las gerencias de yacimientos de los activos de producción. El crudo producido por PETROBRAS en Colombia es bombeado a través del Oleoducto del Alto Magdalena (OAM) y del Oleoducto de Colombia (ODC) hasta Coveñas, para conformar la Mezcla Vasconia que es exportada como “commodity”, por lo cual se pierde su identidad y como tal no posee la marca PETROBRAS. En cuanto a la calidad del crudo, lo que se exige a la Compañía es el cumplimiento de las especificaciones establecidas por los operadores de los oleoductos, en lo que tiene que ver con la salinidad y el contenido de agua.

La comercialización del crudo es manejada por PETROBRAS América Internacional, y los mercados alcanzados son los del Caribe, América del Sur, Europa y Estados Unidos. Por cuanto PETROBRAS en Colombia no tiene contacto con los compradores del crudo, y muchas veces éstos se conocen después de haber sido entregado el producto, se considera que para E&P (Gerencia de Exploración y Producción de petróleo y gas) los verdaderos clientes son el socio estatal ECOPETROL y los socios privados.

Para el segmento de Downstream, es relevante resaltar que las características de los combustibles son definidas por la Legislación Colombiana y las características

de los lubricantes son establecidas por la Gerencia de Ingeniería e Investigación de Casa Matriz y por los clientes. Adicionalmente, para atender en forma oportuna y adecuada las necesidades de los clientes se cuenta con la Gerencia de Planeación y Marketing dentro de la cual existe el área de Servicio al Cliente.

La comunicación formal externa hacia los públicos de interés se hace por medio de cartas manejadas en el sistema DEP (herramienta informatizada denominada Documento Externo PETROBRAS). Adicionalmente, para el segmento de E&P, se complementa con el sistema CAMI (manejo Interactivo de los Contratos de Asociación), que le permite a ECOPETROL y a los socios privados disponer de toda la información requerida en línea.

Antes de ejecutar cualquier proyecto, y con el fin de preservar y proteger los recursos naturales, se presentan Estudios de Impacto Ambiental y/o Planes de Manejo Ambiental a las autoridades ambientales, para evaluar los efectos que pueden ser ocasionados, determinar medidas mitigadoras y reducir el uso de dichos recursos. Adicionalmente, se tramitan licencias ambientales y permisos de aprovechamiento y uso de los recursos naturales requeridos, de acuerdo con las leyes ambientales colombianas.

PETROBRAS en Colombia emite un Balance Socio – Ambiental, que recopila información en materia Comunidades y SMS en las diferentes áreas de operación de la Compañía, el cual comunica de forma resumida y gráfica el cumplimiento de las Directrices empresariales de Responsabilidad Social y Ambiental.

## **1.2 SISTEMA DE GESTIÓN EN PETROBRAS COLOMBIA**

PETROBRAS en Colombia, al igual que las demás Unidades de PETROBRAS en el mundo, obedece al proceso de Planeación Estratégica del Sistema PETROBRAS (Plan Estratégico), el cual establece las guías de actuación de la Compañía para las distintas Unidades del Área Internacional. A partir de dicha Planeación Estratégica, PETROBRAS en Colombia lleva a cabo un proceso de Focalización Estratégica, por medio del cual las estrategias establecidas a nivel global, se desdoblán jerárquicamente a todos los niveles de la organización, permitiendo que los individuos desarrollen sus actividades debidamente alineados con las directrices corporativas.

El liderazgo del Sistema de Gestión es ejercido por el Gerente General de acuerdo con la Política de PETROBRAS en Colombia, su Misión, Visión, Valores y

Comportamientos, él es el principal promotor y difusor de la excelencia en la gestión, suministrando los recursos necesarios y motivando, junto con su equipo de alta dirección, el compromiso de los empleados con los objetivos y metas establecidas, entre otros, a través de su participación activa e indelegable en los distintos Foros de Gestión sistematizados en PETROBRAS en Colombia.

Los elementos del Sistema de Gestión de PETROBRAS en Colombia atienden los Criterios de Excelencia del PNQ y los requerimientos de las normas ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, SA 8000 y las 15 Directrices Corporativas de SMS.

Existe el Comité de Gestión el cuál tiene como su principal finalidad definir las directrices del Sistema de Gestión de la UN-COL, de acuerdo con la Guía PETROBRAS de Gestión que incluye los Criterios de Excelencia del PNC y los requisitos Corporativos PETROBRAS, garantizando la aplicación de las mejores prácticas de gestión del Sistema PETROBRAS, en la búsqueda de la excelencia del desempeño.

Haciendo uso de la metodología conocida como " El Desdoblamiento Estratégico parte de la Focalización Estratégica realizada por ANI por medio del Mapa Estratégico ANI con directrices y objetivos obligatorios para cada una de las Unidades. La Unidad local por medio de la metodología del Balance Scorecard realiza la Focalización Estratégica, figura 1, define su Matriz DOFA, por medio de la cual se identifican las oportunidades y amenazas que brinda el mercado colombiano a la empresa y después las debilidades y fortalezas con que cuenta PETROBRAS en Colombia para el mejor aprovechamiento de estas oportunidades.

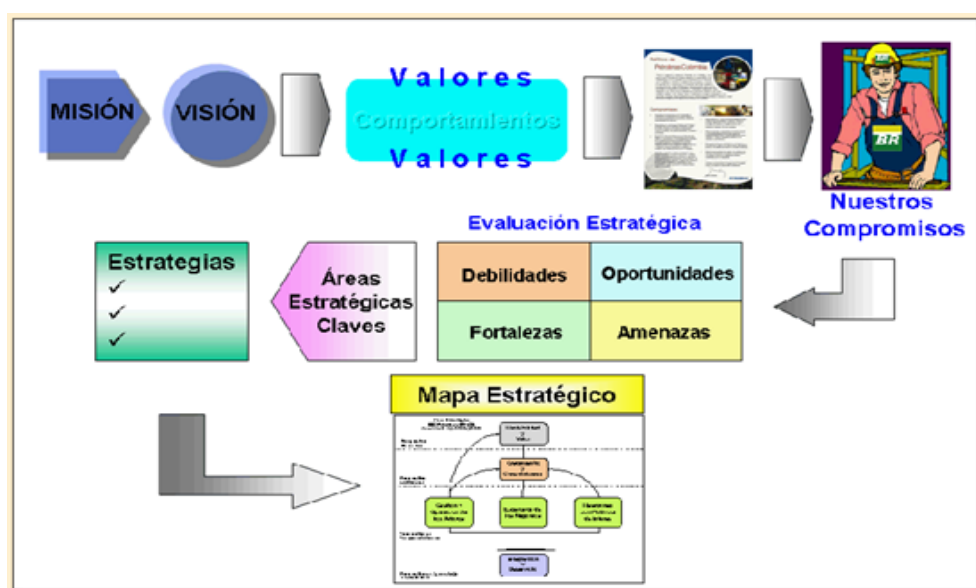
Por medio de esta información y la estrategia definida en el Plan Estratégico PETROBRAS, se definen el Mapa Estratégico, el cual abarca cuatro perspectivas: Financiera, Mercado, Procesos Internos, y Aprendizaje y Crecimiento; y está enmarcado en seis Macro-objetivos que a su vez se desglosan en Objetivos Estratégicos con sus Indicadores e Iniciativas. Posteriormente se hace el desdoblamiento interno en las Gerencias de la Unidad, hasta llegar a cada uno de los empleados de la Compañía. Para acompañar el proceso, cada Gerencia establece sus indicadores, metas y planes de mejoría<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> PETROBRAS. Proceso de focalización estratégica de Petrobras en Colombia. UN-COL-PP-214-00063-G.

El proceso de Focalización Estratégica Anual se realiza con el patrocinio y orientación de la Gerencia General y el Comité Ejecutivo de Gestión, la coordinación de la Gerencia de Planeación y Desempeño empresarial (PEDP) y el apoyo del área de Estrategia de Casa Matriz. Adicionalmente, cuenta con la participación efectiva del Grupo de Lideres en cada una de las etapas de revisión y validación. En el año en que se hizo por primera vez se contó, además, con la asistencia de una consultoría privada proporcionada por la Universidad de los Andes.

Figura 1. Proceso de focalización estratégica.

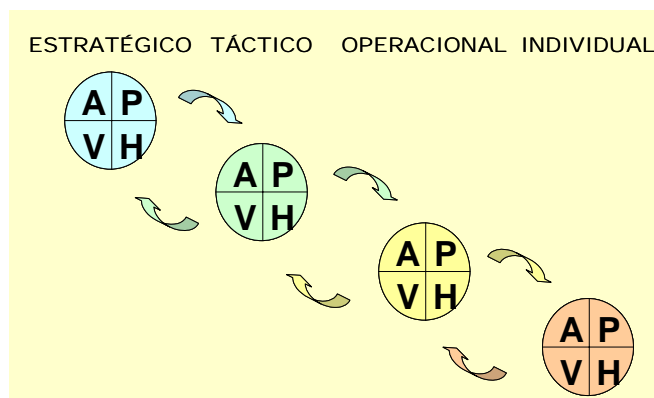


Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Como parte del proceso de mejoramiento continuo de UN-COL, y teniendo en cuenta los criterios del PNC y las recomendaciones de las evaluaciones de la calidad de la Gestión internas o externas; es necesario que las diferentes prácticas de gestión y estándares de trabajo sean evaluados sistemáticamente por parte de sus gestores o responsables dentro de la Compañía.

Por medio del ciclo de mejoramiento continuo planteado por W. Edwards Deming en cada nivel PETROBRAS en Colombia se despliega y realiza el desdoblamiento desde el nivel estratégico hasta el nivel individual, pasando por los niveles táctico y operacional permitiendo así la alineación total con las estrategias y asegurando que en todos los niveles se mantenga coherencia con los principales objetivos de la Subsidiaria. Este proceso de desdoblamiento se aprecia en la Figura 2.

Figura 2. Esquema del desdoblamiento estratégico.



Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

En el Tabla 1 presenta el detalle del ciclo de mejoramiento continuo con el desdoblamiento estratégico, definiendo para cada nivel, cuáles son los elementos utilizados en el ciclo de mejoramiento PHVA y los respectivos foros de Control.

Tabla 1. Desdoblamiento estratégico.

Nivel	Planear	Hacer	Verificar	Actuar	Foro de Control
Estratégico	Misión, Visión, Valores y Mapa Estratégico.	Implantación de Iniciativas Estratégicas.	Indicadores de Iniciativas Estratégicas	Revisión de Iniciativas y Acciones Correctivas.	Reunión de Gestión Estratégica.
Táctico	Portafolio de Proyectos.	Implantación del Plan Anual de Negocios (PAN).	Sumario Gerencial. Auditorías.	Acciones Correctivas a los Desvíos y Recomend. Auditorías.	Comité Ejecutivo de Gestión (CEG).
Operacional	Planes de Trabajo por Área.	Implantación de los Planes de Trabajo por Área.	Indicadores por Área (Gerencia de Rutina).	Acciones Correctivas a los Desvíos de los Indicadores.	Reunión de Análisis Crítico por Área (RACA). Comité de Gestión (CGES). Comité de SMS y RSEM (CSMS)
Individual	Planes de Trabajo Individual.	Implantación de los Planes de Trabajo Individual.	Evaluación del Desempeño (GDP).	Plan de Desarrollo Individual (GDP).	Reunión de Retroalimentación Gerente/ Empleado.

Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Para estos efectos, se recomienda que las prácticas de gestión y los estándares de trabajo estén debidamente soportados por Estándares Gerenciales (PG) registrados en SINPEP, en los cuales se indique la manera y periodicidad establecida para evaluarlos.

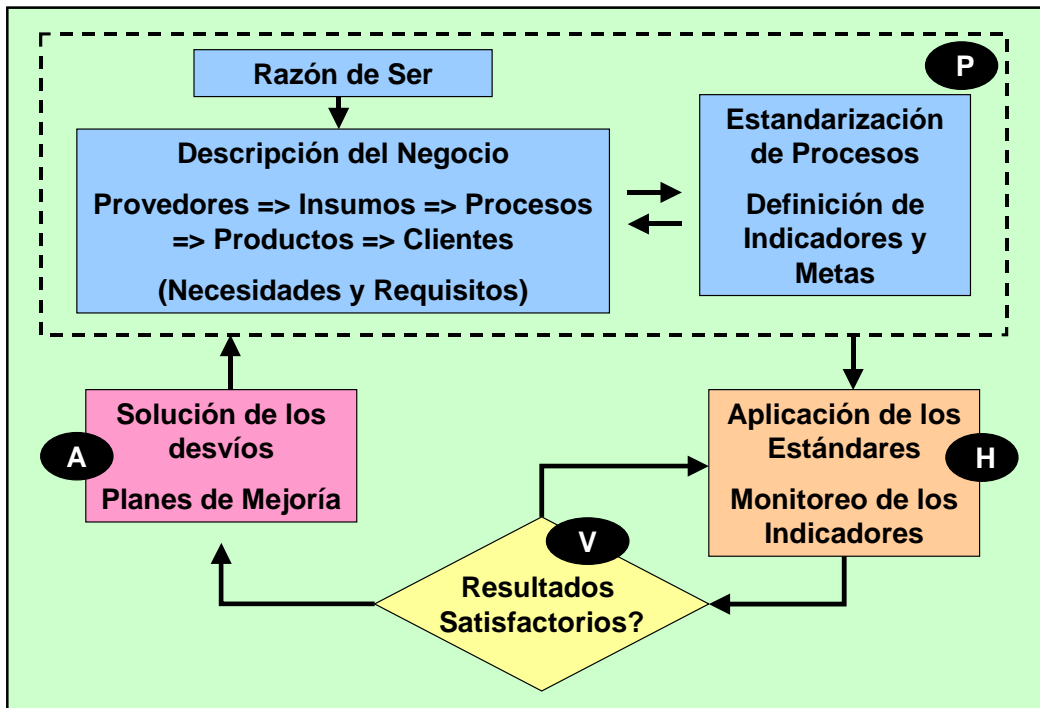
El Plan de Mejoría de la Gestión de la UN-COL se elabora anualmente y está constituido por los proyectos de mejoría de la gestión, los cuales se pueden clasificar de acuerdo con los Criterios de Excelencia del PNC y los Requisitos Corporativos establecidos en la Guía PETROBRAS de Gestión.

Tanto en Exploración y Producción (E&P) como en Downstream poseen una organización para el manejo y conceptualización de sus procesos. Para dar el apoyo logístico en lo que respecta a la contratación de materiales y servicios, recursos humanos, servicios administrativos, seguridad empresarial, procesos de gestión empresarial y tecnología de la información y telecomunicaciones se cuenta con la Gerencia Corporativo (CORP).

El diseño y desarrollo del producto para E&P inicia con los pronósticos de producción emitidos por las gerencias de yacimientos de los activos de producción que van a la gerencia de ingeniería de construcción y montaje quien se encarga, junto con las gerencias de proyectos de ingeniería de los activos de producción, del diseño y desarrollo de todas las facilidades para producir el crudo y gas.

Por otro lado, PETROBRAS en Colombia tiene concebidos sus procesos bajo el marco de la Gerencia de la Rutina (Figura 3), y los principales métodos utilizados para la gestión de los procesos son la Descripción del Negocio, la Estandarización, el Monitoreo de Indicadores, el Tratamiento de Anomalías, el Análisis Crítico, la comparación con Referenciales de Excelencia, y la implantación de Planes de Mejoría. Cada Área tiene una página en la UNCOLNet, donde está publicada su Razón de Ser, Descripción del Negocio, Estructura Organizacional y sus atribuciones, así como sus Indicadores y Planes de Trabajo.

Figura 3. Gerencia de la rutina.



Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

En PETROBRAS en Colombia se cuenta con directrices de acceso, almacenamiento, seguridad y confidencialidad de la información para garantizar la integridad de la misma; se dispone de un sistema interrupciones de potencia como respaldo en caso de fallas eléctricas, garantizando la continuidad y seguridad de la información.

Se utiliza la UNCOLNet como una herramienta de gran difusión en la Subsidiaria; para que el personal puede acceder información como: misión, visión, valores, políticas directrices, objetivos, indicadores, metas, etc.

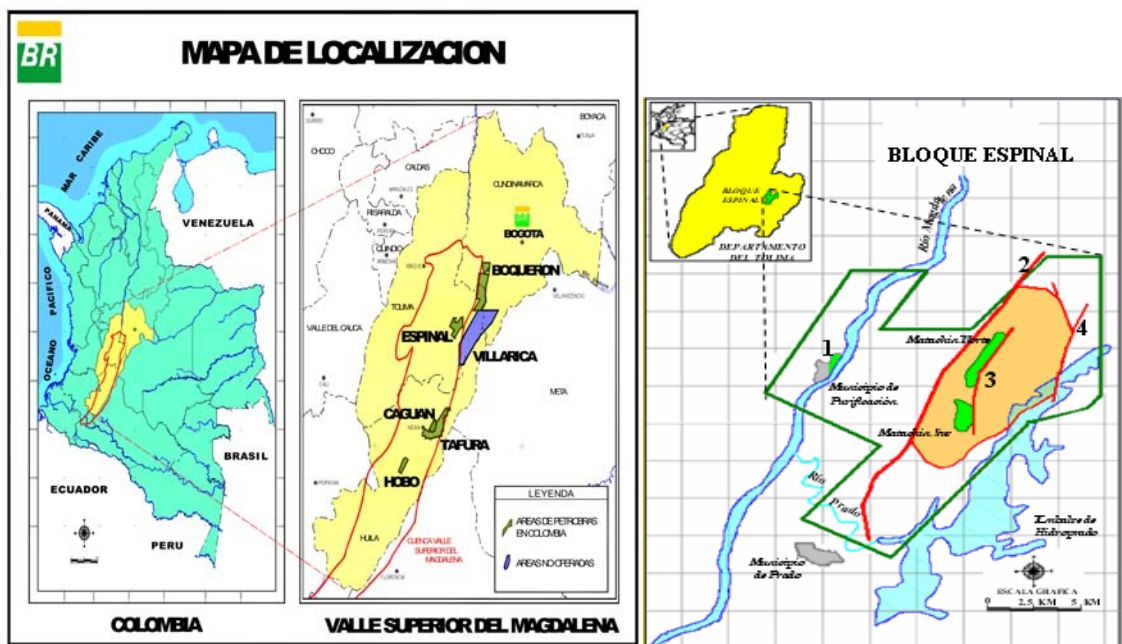
### 1.3 CONTRATO DE PARTICIPACIÓN Y RIESGO ESPINAL

**1.3.1 Ubicación geográfica:** PETROBRAS es una empresa Multinacional del sector de hidrocarburos dedicada a la explotación, producción y distribución de productos refinados e hidrocarburos. Posee en Colombia diversos contratos de asociación entre otros, el CPR Espinal.

El contrato de asociación es un mecanismo mediante el cuál ECOPETROL S.A, se une con empresas privadas, con el objeto de explorar y producir los hidrocarburos que se encuentran en el territorio colombiano. Estos contratos tienen vigencia de veintiocho (28) años y han sido firmados en diferentes épocas y con diferentes actores, lo que hace que en la actualidad se pueda tener que un mismo actor opere campos recientemente descubiertos, conjuntamente con otros que tienen varios años de desarrollo y que han sido operados por diferentes empresas.

El tema de desarrollo de la monografía se centra en el CPR Espinal ubicado en el departamento del Tolima Municipio de Purificación, campos Purificación y Matachines, a 110 Kms de Ibagué, 160 Kms de Bogotá y 140 Kms de Neiva a través de la Vía Panamericana y sus interconexiones hacia Bogotá. En su plan de expansión se derivó hacia Colombia comprando activos de la Exxon Mobil en el departamento del Huila y de Lasmo Oil en el departamento de Casanare y Tolima. Véase Figura 4.

Figura 4. Mapa de localización bloque Espinal.



Fuente: PETROBRAS Colombia Ltda.

**1.3.2 Generalidades.** En el año 1998 PETROBRAS COLOMBIA LIMITED, realiza compra de los activos y pozos ya desarrollados por LASMO OIL. El crudo extraído se transportaba en carro tanque hasta el Oleoducto del alto Magdalena; A

finales de año 1994 se inicia la operación del punto oficial y permanente de fiscalización (Unidad LACT), en el municipio de Saldaña , punto en el cual se conecta al oleoducto del Alto Magdalena. El Contrato de CPR Espinal inicialmente se adjudico así:

Contrato de participación de riesgo entre Lasmo oil- Sun oil.

Aprobado MM&E: Octubre 19 - 87

Periodo exploratorio: Octubre-87 a Octubre-93

Periodo de explotación: Purificación (1993-2015); Matachines (1996- 2015)

Área contrato: 2071.2 km<sup>2</sup>

Propiedad: 66.7% Lasmo oil – 33.3% Sun oil 1990

El Campo Purificación comprende las Estaciones PPF (Petroleum Production Facilities), WPF (Water Production Facilities) y la Estación de Transferencia de Saldaña (OAM), donde se fiscaliza y se transfiere el crudo producido a ECOPETROL. Este campo tiene una producción promedio de 3.500 barriles/día y comprende cuatro (4) pozos productores y un (1) inyector. En el año 1991 la empresa LASMO OIL perfora el pozo PURI 1 en el sector urbano del municipio de Purificación, con una producción de 1920 BOPD, y 32 Grados API, de la formación Guadalupe. Este Campo tiene las siguientes generalidades de la formación en los pozos Purificación.

- Profundidad media de pozo: 5.000 pies;
- Yacimiento sobre el nivel del mar;
- OOIP: 438 MMBls;
- FR: 29 %;
- Porosidad: 22%;
- Permeabilidad: 10 mD a 30 mD;
- API Crudo: 33°;
- Gross Pay: 460´;
- Mecanismo de producción: ACUIFERO

A la fecha actualmente se inyecta agua para disposición.

El Campo Matachines comprende las estaciones de Matachín Norte y Matachín Sur. Este campo tiene una producción promedio de 6.500 barriles /día y comprende trece (13) pozos productores y cuatro (4) pozos inyectoros. En el año 1992, en el mismo bloque asignado por ECOPETROL, en la vereda San Roque se perfora el pozo Venganza 1 con una producción de 1500 BOPD. Este campo se denomina Matachín Norte.

Generalidades de la formación en los pozos del campo Matachines, Véase Figura 5.

- Profundidad media de pozo: 6.000 pies;
- Yacimiento sobre el nivel del mar;
- OOIP: 438 MMBIs;
- FR: 14 - 16%;
- Porosidad: 18%;
- Permeabilidad: 10 mD a 1500 mD;
- API Crudo: 26°;
- Gross Pay: 900´;
- Mecanismo de producción: ACUIFERO / CAPA DE GAS.

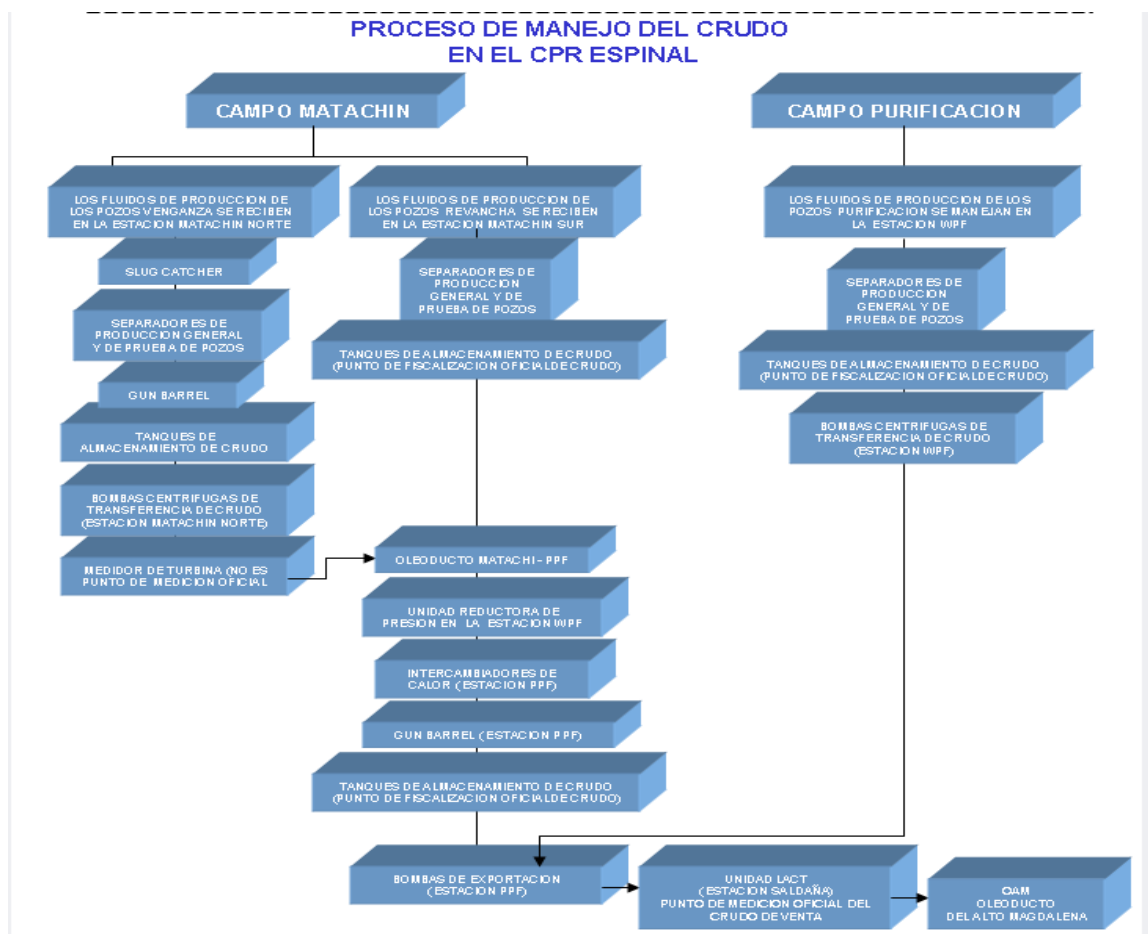
A este campo se inicio la recuperación Secundaria en 2003. Este mismo año de perforo el pozo PURI 2 con una producción de 1100 BOPD. Además en el año de 1993 dentro del proyecto de expansión trazado y respecto a los buenos resultados obtenidos se inició perforación del Pozo Revancha 1, en la vereda El tambo hacia el sector Sur del Municipio obteniendo buenos resultados. Este Campo se denomina Matachín Sur.

## 1.4 GENERALIDADES DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN Y PRODUCCIÓN.

El CPR Espinal maneja 3 procesos principales en la extracción de crudo los cuales son de gran importancia por los diferentes equipos mayores y críticos que realizan la separación, de las tres fases del fluido agua, gas, crudo en diferentes sistemas (Inyección de agua, gas combustible) y su respectiva disposición.

**1.4.1 Descripción del proceso de manejo de crudo.** El fluido de producción de los pozos Revancha y Venganza se concentra en las estaciones Norte y Sur y la producción de los pozos purificación en la estación WPF, La producción total se envía ala estación PPF donde se almacena para envío al Oleoducto del Alto Magdalena. Véase Figura 5.

Figura 5. Proceso manejo de crudo en el CPR Espinal



Fuente: PETROBRAS Colombia Ltda.

**1.4.2 Descripción del proceso de manejo del agua de producción.** Los fluidos de producción del campo Matachín, son extraídos de los pozos Venganza y Revancha.

El agua asociada a la producción de crudo de los pozos Venganza, se maneja en la estación Matachín Norte; Inicialmente el agua es separada del crudo en los separadores, luego pasa a tres(3) tanques desnatadores, que además recibe el agua recuperada del skimmer, el agua recuperada del tanque decantador, el agua proveniente de Matachín Sur y WPF, posteriormente y por gravedad el agua pasa al tanque de recibo de agua de 5000 Bls, este tanque también recibe el agua proveniente de la operación del Gun Barrel, este tanque de 5000 Bls da cabeza a las bombas centrífugas del filtro, que hacen pasar el agua por el lecho filtrante, optimizando finalmente la calidad del agua, retirándole grasas y sólidos suspendidos; el agua sucia producto del retrolavado de los filtros, es enviada al tanque decantador en donde el agua con mayor cantidad de sólidos es enviada al skimmer tank y el agua mas limpia va al tanque desnatador para que realice nuevamente el proceso.

Después de salir de los filtros, el agua pasa al tanque de cabeza de 3000 Bls y con bombas centrífugas se abastecen la succión de dos bombas multietapas horizontales, las cuales inyectan el agua en los pozos VEN-001 y VEN-003

Además el tanque de agua limpia de 3000 Bls, abastece la succión de tres bombas centrífugas, que envían el agua al pig launcher (Trampa de lanzamiento), para su transferencia a Matachín Sur en donde es recibida en el tanque de cabeza de donde el agua es tomada por bombas centrífugas que abastecen una bomba multietapas horizontal que inyecta el agua en el pozo REV-007.

El agua asociada a la producción de los pozos Revanchas, es separada del crudo en dos separadores (Separador de Producción general y de Prueba de pozos), de donde sale el agua por líneas independientes de cada separador hacia el tanque desnatador y enviada hacia Matachín Norte, entrando a los desnatadores para iniciar el proceso para optimización de calidad.

La estación PPF, maneja el agua asociada al crudo enviado del Campo Matachín, el agua es separada del crudo mediante la utilización de Gun Barrel, pasando por dos tanques desnatadores y una unidad de flotación; con estas facilidades, se busca retirar del agua el mayor porcentaje posible de grasas, por gravedad el agua pasa a un tanque que da presión de cabeza a las bombas centrífugas que transfieren el agua hacia WPF.

Las aguas aceitosas son enviadas al tanque de drenaje cerrado en donde se recupera mediante la utilización de bombas centrifugas al sistema.

El agua asociada a la producción del Campo Purificación, es separada en la estación WPF, mediante la utilización de dos separadores (Separador de producción general y de Prueba de pozos), luego va a dos tanques desnatadores, que se conocen como el sistema alterno y mediante la utilización de bombas centrifugas es transferida al tanque de recibo de agua sucia, en donde es tomada por dos bombas centrifugas que envían el agua a través de un filtro de cáscara de nuez, para luego ser recibida en un tanque de agua limpia que da presión de cabeza a cuatro (4) bombas quintuples; Parte del agua bombeada por estas bombas quintuples es inyectada en el pozo PUR-001 y la otra parte es enviada a Matachín Norte en donde es recibida por los desnatadores para continuar con el proceso de optimización de calidad para su posterior inyección.

**1.4.3 Descripción del proceso de gas.** El CPR Espinal involucra la producción de crudo, agua y gas de los Campos Purificación y Matachines, los cuales utilizan como método de levantamiento para la recuperación de fluidos las ESP (Bombas Electro Sumergibles)

El gas producido en el **Campo Matachines** es extraído de los pozos Venganza y de los pozos Revancha los cuales se reciben en las estaciones Matachín Norte y Matachín Sur, respectivamente.

La producción de los pozos Venganza llega al manifold de la estación Matachín Norte, para luego pasar al Slug Catcher, con el que se regula el flujo a la entrada de los separadores.

El gas es separado de los líquidos en tres (3) separadores, el de prueba de pozos y dos (2) de producción General. Las líneas de salida de gas convergen en una línea común de donde es distribuido así:

Una línea lleva gas al scrubber de gas de consumo (V-106), luego a otro scrubber en serie (V-110), con el fin de retirar la humedad y luego ser enviado como gas combustible de los motores de: Compresor, Generadores, Bombas multietapas horizontales y gas de cobertura de tanques.

Una segunda línea, lleva el gas hacia el scrubber del compresor; el gas pasa al compresor C-108 A, el cual lo comprime, sale por línea de cuatro (4") hacia la

planta deshidratadora(Planta de Glicol) de donde se le retira la humedad , para salir en línea de cuatro(4") y se bifurca en línea que conduce al sistema de cascada y otra que mas adelante se conecta en la línea seis(6") hacia Matachín Sur, en donde es recibido en un Scrubber para el retiro de condensados y luego pasa al compresor de alta para finalmente ser inyectado en el pozo REV-003.

Una tercera y última línea, lleva el gas excedente a un scrubber que le retira humedad para finalmente ser quemado en la tea.

A la descarga del compresor existe una línea que tiene válvula de seguridad que alivia presión en caso de parada del compresor o cierre de válvulas, enviando el disparo de gas al sistema de tea de alta para ser quemado.

Otro línea a la descarga del compresor de Matachín Norte recircula gas a la succión para mantener presión en la succión del compresor.

De la línea de 6" hacia Matachín Sur, se desprende otra línea que tiene un sistema de reguladores de presión en cascada, donde la presión de entrada es de aprox. 1050 PSI para salir con aprox. 100 PSI. El gas regulado pasa al scrubber V-106, se bifurca en dos líneas una de las cuales alimenta el scrubber adicional V-110, con el gas de consumo para Matachín Norte y la otra sale por el gasoducto hacia la estación PPF para abastecer de gas combustible a generadores, caldera y como gas de cobertura de los tanques.

El gas recibido en PPF llega a la trampa de recibo de raspadores en PPF y es dirigido hacia el colector de condensados de gas Fuel Gas KO Vessel, enviando gas seco al skid de distribución de gas.

El Skid de distribución de gas se encarga de recibir las diferentes fuentes de gas y distribuirlo a los sitios de consumo según la necesidad. El gas enviado del campo Matachín Norte, llega a la estación PPF, se utiliza para colchones de gas las vasijas de la estación, como gas de purga, para suministro del piloto de la tea de alta y el gas de purga de la tea de baja, además es utilizado como gas combustible de los generadores y la caldera.

El gas de ECOPETROL se tiene como alternativa para usarse en caso de paradas del sistema de gas de Matachines.

Cuando el gas de ECOPETROL es utilizado, se recibe en la trampa de raspadores y es enviado a un equipo de medición (Unidad IGA), donde es, medido y regulado; luego entra al Skid de distribución de gas de donde se dirige a los Generadores como gas combustible. Además, tiene un mecanismo que permite, si se requiere, abastecer el sistema de colchones de gas de las vasijas de la estación. El gas en exceso pasa por el acumulador de condensados de gas y luego va a la tea.

La producción de los pozos Revancha llega al manifold de la estación Matachín Sur, para luego ir a dos (2) separadores, el separador de prueba de pozos y el separador General, estas líneas de salida de gas convergen en una línea común donde se mezclan, para ser distribuido así:

Una línea lleva el gas a un Scrubber (V-605), luego va para consumo del motor de la bomba multietapas que inyecta el agua al pozo REV-007; de un punto ubicado sobre la línea que va a la bomba sale una línea que distribuye el gas para colchones en las vasijas de la estación.

El gas excedente va por línea independiente, pasa por un scrubber (V-603) y posteriormente es enviado a la tea donde es quemado.

El Campo Purificación cuenta con cuatro (4) pozos productores: PUR-002, PUR-003, PUR-005 y PUR-006, que tienen como método de levantamiento ESP y dos (2) pozos inyectores de agua: PUR-001, que se encuentra en línea y PUR-004 que actualmente se encuentra cerrado por alta presión de inyección.

El gas producido por el Campo Purificación, es separado de la fase líquida en dos separadores de producción, el separador general de producción y en el separador de prueba que cuentan con registrador para su cuantificación.

El gas del **Campo Purificación** que sale de los separadores de la estación WPF de cuya línea principal se derivan dos líneas independientes; una por la que se suministra el gas para los colchones de las vasijas propias de la estación WPF, y la otra lleva el gas hacia el Flare KO Drum donde se retiran los condensados del gas que va a quemarse en la tea.

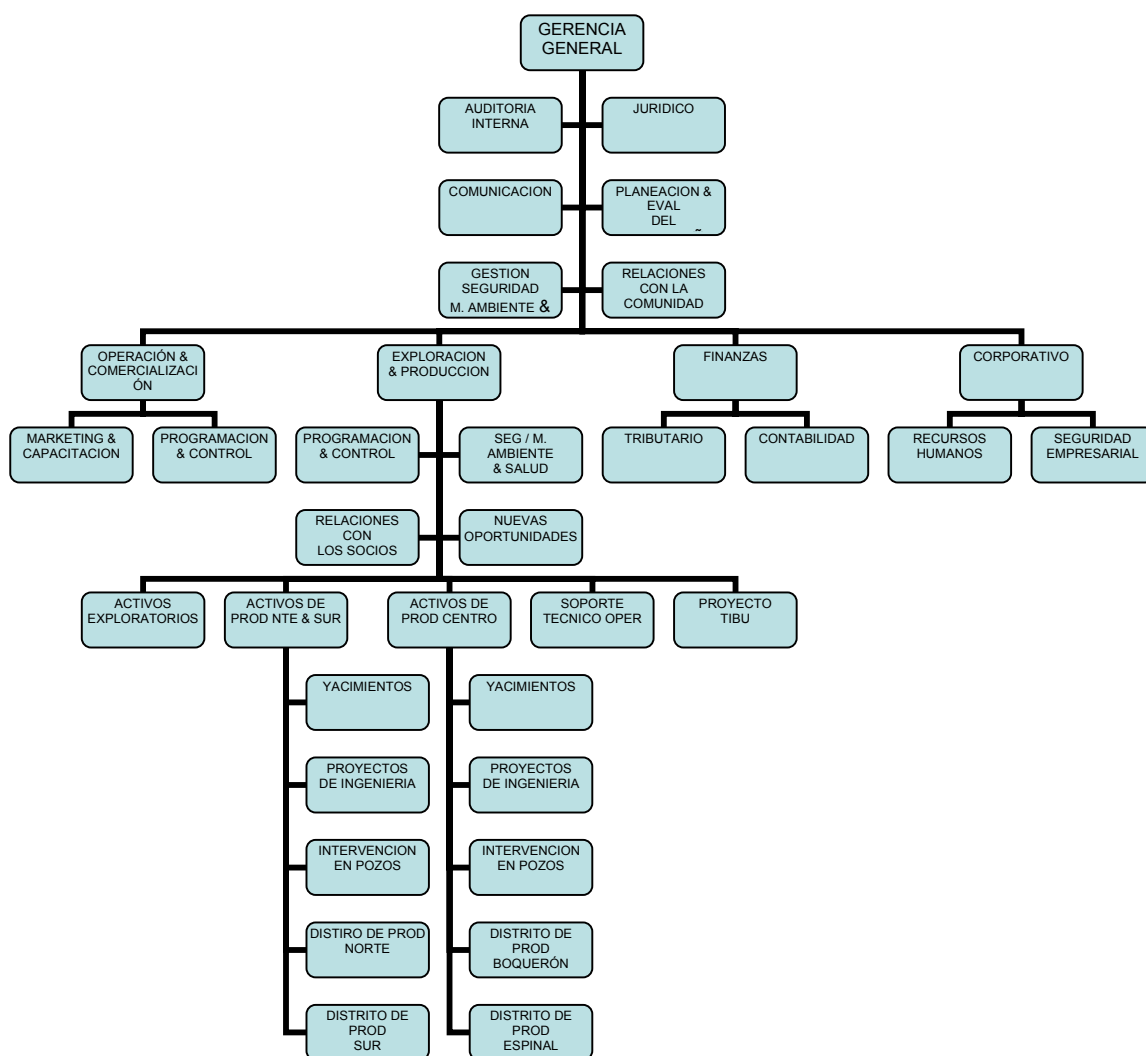
El CPR Espinal maneja 3 procesos principales en la extracción de crudo los cuales son de gran importancia por los diferentes equipos mayores y críticos que realizan

la separación, de las tres fases del fluido agua, gas, crudo en diferentes sistemas (Inyección de agua, gas combustible) y su respectiva disposición.

## 1.5 ORGANIGRAMA DE LA COMPAÑÍA

En PETROBRAS Unidad Colombia, la organización de trabajo posibilita y estimula los aportes de todos los empleados para alcanzar los objetivos y metas de la Subsidiaria. Comprende Gerencias funcionales y grupos multifuncionales.

Figura 6. Organigrama parcial de PETROBRAS en Colombia.



Fuente: PETROBRAS Colombia Ltda.

Las Gerencias, formalmente constituidas, son establecidas en función de los procesos de producción y de apoyo, minimizando las interfases, agilizando la comunicación y, en consecuencia, aumentando la rapidez y confiabilidad de la información. Esta estructura es analizada regularmente, en función de los escenarios futuros del mercado y de la competencia, del diagnóstico de gestión y de la propia percepción de la Alta Dirección, buscando su continua evolución. Los grupos multifuncionales, permiten compartir conocimientos, habilidades y oportunidades para mejorar e innovar. Pueden ser temporales o permanentes, con características de asesoría o técnica y autogerenciados o no. La selección y contratación de empleados garantizan la conformación de un grupo laboral de elevada competencia. El proceso de selección establece las cualificaciones requeridas para cada cargo. Al ser contratados, los empleados participan en programas de inducción, cursos de formación, complementando la cualificación necesaria para realizar sus actividades contribuyendo a generar conciencia sobre su importancia y aporte al logro de los objetivos y metas. En la Figura 6 se ilustra la estructura organizacional de PETROBRAS en Colombia.

## **1.6 PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES**

En cada estación de producción existen manuales específicos que describen las tareas “críticas” de los procesos de producción y del área de mantenimiento para garantizar de esta manera el aseguramiento de las tareas y el control operacional requerido para la seguridad de las personas, del medio ambiente y la integridad de los equipos. Estos se estructuran así:

- Esquemas generales de cada estación.
- Descripción general de los procedimientos de la estación.
- Procedimientos de operación y mantenimiento.
- Recursos disponibles.

Los esquemas generales de cada estación presentan gráficos claros por sistemas, Gas, Agua, Crudo, Generación Eléctrica entre otros. Entre los procedimientos críticos, entre otros, para el área de operación se describen:

- Evaluación arranque de generadores eléctricos.

- Evaluación de bombas de inyección de agua.
- Evaluación para la fiscalización de crudo.
- Evaluación para operación motocompresor a gas.
- Evaluación para operación de separador de prueba y producción general.
- Evaluación de operación de la estación después de shut down.
- Evaluación operación en manual después de caída sistema de control.
- Evaluación operación de bombas oleoducto.
- Evaluación operación sistema eléctrico subestaciones y cuarto de control.

Entre los procedimientos críticos, entre otros, para el área de mantenimiento se identifican:

- Procedimiento de evaluación de equipos críticos.
- Procedimiento de calibración instrumentación crítica (transmisores de presión nivel y temperatura).
- Procedimiento de calibración de válvulas de seguridad, shut down, y control.
- Procedimiento de mantenimiento de sistemas de puesta a tierra.
- Procedimiento de mantenimiento de equipos mayores (motores a gas, bombas, etc.)

Dichos procedimientos están sujetos a revisión periódica por parte de cada gestor bajo el sistema electrónico desarrollado para este fin. Se debe hacer análisis crítico con la participación de todo el grupo de operación y mantenimiento para garantizar la integridad del procedimiento.

## 1.7 PROCESO DE GESTION DE ACTIVOS

Debido al proceso de mejoramiento continuo PETROBRAS en Colombia, se definieron corporativamente quince (15) directrices, visualizadas en el Tabla 2. “Directrices Corporativas de SMS”, para el desarrollo de sus operaciones.

Tabla 2. Directrices corporativas de SMS.

<b>No.</b>	<b>DIRECTRIZ</b>
1	Liderazgo y Responsabilidad
2	Conformidad Legal
3	Evaluación y Gestión de Riesgos
4	Nuevos Emprendimientos
5	Operación y Mantenimiento
6	Gestión de Cambios
7	Adquisición de Bienes y Servicios
8	Capacitación, Educación y Concientización
9	Gestión de Informaciones
10	Comunicación
11	Contingencia
12	Relaciones con la Comunidad
13	Análisis de Accidentes e Incidentes
14	Gestión de Productos
15	Proceso de Mejora Continua

Fuente: PETROBRAS Colombia Ltda.

La directriz No. 5 de Operación y Mantenimiento establece que todas las operaciones de la empresa deben ser ejecutadas de acuerdo con procedimientos establecidos y utilizando instalaciones y equipos adecuados, inspeccionados y en condiciones que aseguren el cumplimiento de las exigencias de seguridad, medio ambiente y salud. Alineado con esta directriz y siguiendo las recomendaciones del informe del Proyecto de Benchmarking dirigido por ECOPETROL<sup>2</sup>, se definió el Proyecto Gestión de Activos para la UNCOL, el cuál tiene como finalidad que la Organización de Operación y Mantenimiento se encuentre dentro de los estándares de Clase Mundial utilizando las mejores prácticas en el sector petrolero.

Para tal fin se definió el Modelo de Gestión de Procesos de PETROBRAS UNCOL, estructurado e implementado, de tal manera que permita tener una referencia precisa para la organización acerca de los objetivos, actividades, roles y responsabilidades, procesos, procedimientos e indicadores de gestión y desempeño de la organización de mantenimiento de la Compañía. Todo esto para lograr reducir las pérdidas de producción y optimizar los costos de operación con la inherente protección a las personas y al medio ambiente.

El Proyecto de Gestión de Activos debido a su magnitud se dividió en dos (2) fases o macro actividades, la primera se estableció como Definición y Configuración del Sistema de Información (SAP PM) y la segunda, de Mejoramiento de Procesos. En la fase inicial se revisaron internamente los procesos básicos involucrados para establecer las directrices o los procedimientos, luego se adaptó el software de mantenimiento (SAP-PM) configurándolo a las necesidades de la organización y posteriormente se migro la información de equipos existente en las diversas bases de datos utilizadas por los Distritos de Producción hacia el software corporativo (SAP). Posteriormente se procedió a capacitar al personal en los procesos básicos establecidos y en el uso de la herramienta.

Para la segunda etapa referente al Mejoramiento de los Procesos, se estableció la línea base por medio de la evaluación de los mismos utilizando como soporte la Matriz de Mantenimiento Clase Mundial<sup>3</sup> ilustrada en la Figura 7. Con dicha evaluación se identificaron los diversos Gaps o puntos de mejoría para la optimización de los procesos. Posteriormente se estableció cronograma para elaborar los diversos procedimientos de los procesos e implementarlos en toda la organización de acuerdo a la criticidad o según lo sugerido por la Matriz a nivel mundial.

---

<sup>2</sup> Benchmarking and Field Operating Efficiency study best practices. Mantenimiento de Superficie. Modulo 4<sup>a</sup>.

<sup>3</sup> CAMPBELL, Jhon D. Matriz de Excelencia del Mantenimiento. Uptime, Strategies for Excellence in Maintenance.

Figura 7. Matriz de excelencia del mantenimiento.

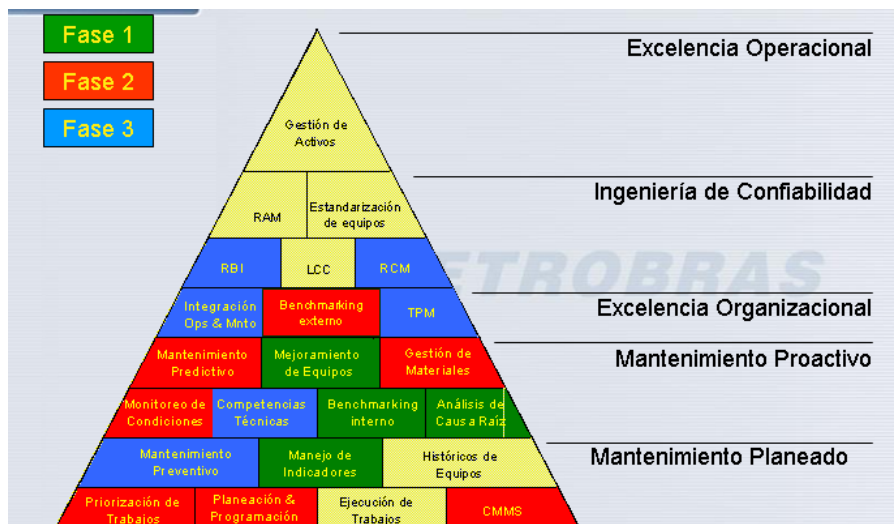
## MATRIZ DE EXCELENCIA DEL MANTENIMIENTO

CLASE	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO	ADMINISTRACIÓN Y ORGANIZACIÓN	PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN	TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO	MEDIDAS DE DESEMPEÑO	TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y SU USO	INVOLUCRAMIENTO DE LOS EMPLEADOS	ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD	ANÁLISIS DE PROCESOS	INFORMACIÓN SOBRE INFRAESTRUCTURA E INSTALACIONES
<b>CLASE MUNDIAL</b>	Estrategia Corporativa de Mantenimiento	Organización de Alto Desempeño	Ingeniería de Mantenimiento y Planeación de Largo Plazo (mín. 3 años a la vista)	Todas las tácticas derivadas de un análisis estructurado	Efectividad de Equipos, benchmarking y excelente base de datos de costos	Bases de datos totalmente integradas	Equipos de trabajo autónomos	Programa total de confiabilidad. Predicción y ajuste de estrategias con base en estudios de confiabilidad	Revisión regular de los procesos de costo, tiempo y calidad. Certificación ISO 9000 de los procesos de mantenimiento	Fuente única de información de infraestructura de equipos, componentes y las diferentes jerarquías
<b>DE LO MEJOR EN SU CLASE</b>	Plan de mejoramiento a largo plazo	Organización de mantenimiento integrada con proveedores de bienes y servicios	Buena planeación y programación del trabajo. Soporte de Ingeniería de Mantenimiento	CBM formal y dando resultados. PFMs con base en RCM, inspecciones basadas en riesgo	MTBF /MTTR, Disponibilidad, costos de mantenimiento muy estructurados y gestionados	CMMS Convencional ligado a financiero y materiales	Equipos de mejoramiento continuo formalmente creados y funcionando	Modelamiento de Confiabilidad	Algunas revisiones de procesos administrativos de mantenimiento (estratégicos, tácticos y operativos)	Infraestructura de equipos y componentes estandarizada en las diferentes bases de datos
<b>CONCIENTE</b>	Plan estratégico de mantenimiento a un año	Mantenimiento integrada con las demás áreas de la compañía	Grupos de Planeación e Ingeniería de Mantenimiento establecidos	Algo de CBM. Algo de NDT	Tiempos de parada con modo, causa y elemento de falla. Costos de mantenimiento disponibles	CMMS convencional no ligado a otros sistemas	Comités de mejoramiento ad-hoc	Buena base de datos de falla en uso, RCFA y FMEA	Revisiones periódicas de procesos o procedimientos técnicos por disciplinas	Infraestructura de equipos jerarquizada y clasificada
<b>INSATISFACTORIO</b>	Plan de mejoramiento de mantenimientos preventivos	Mantenimiento integrado a Operaciones	Soporte para detección de fallas y programación	Inspecciones basadas en tiempo	Algunos registros de falla y costos de mantenimiento no segregados	Algunos programas y registros de repuestos	Algunas reuniones de mejoramiento en seguridad	Registro de fallas poco usado	Procesos técnicos de mantenimiento revisados por lo menos una vez	Infraestructura de equipos y componentes estructurada en algún medio magnético
<b>INOCENTE</b>	Mantenimiento reactivo	Organización y administración funcional	No planeación, Programación elemental. No existe Ingeniería de mantenimiento	Paradas anuales de inspección únicamente	Ninguna aproximación sistemática a costos de mantenimiento y fallas de equipos	Manual y registro ad-hoc	Solo reuniones con el personal para tocar temas sindicales o sociales	No existe registro estructurado de fallas	Procesos técnicos y administrativos de mantenimiento no documentados y nunca revisados	No existe ningún registro de la infraestructura de equipos y componentes

Fuente: PETROBRAS Colombia Ltda.

La pirámide de procesos ilustrando las fases de implementación en PETROBRAS Unidad Colombia, se aprecia en la figura 8.

Figura 8. Pirámide de procesos.

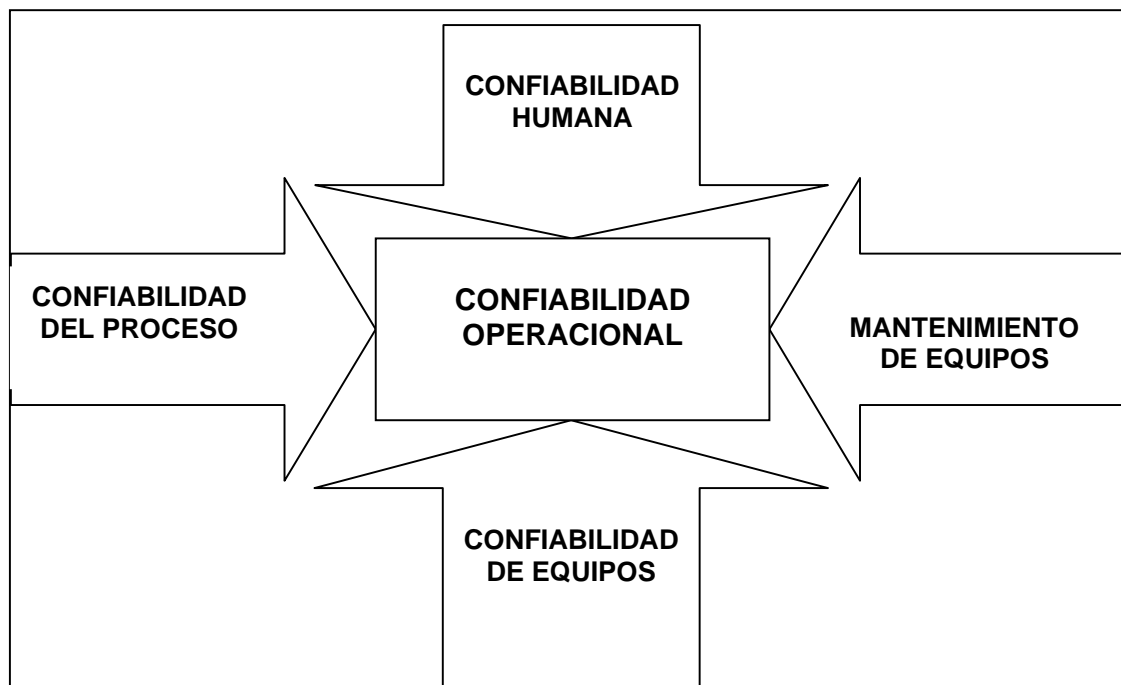


Fuente: PETROBRAS Colombia Ltda.

Es importante puntualizar que en un programa de optimización de Confiabilidad Operacional, es necesario el análisis de cuatro factores habilitadores: Confiabilidad humana, Confiabilidad de los procesos, mantenibilidad de los equipos y la Confiabilidad de los equipos. La variación en conjunto o individual de cualquiera de los cuatro parámetros presentados en la Figura 9, afectará el comportamiento global de la Confiabilidad Operacional de un determinado sistema en función de lo expresado anteriormente, las compañías líderes del sector petrolero, han promovido dentro de los procesos de extracción y producción de petróleo, el uso de las mejores prácticas propuestas por las organizaciones de Categoría Clase Mundial, haciendo especial énfasis en la Práctica de Producción basada en la optimización de la Confiabilidad Operacional, la cual, en años anteriores ha sido utilizada con muy buenos resultados en las instalaciones de Superficie.

En el proceso de mejoramiento de la Confiabilidad propuesto en el área de Extracción, este debe estar enmarcado dentro de un programa integral de Gerencia de Activos y su objetivo principal consiste en maximizar la rentabilidad del negocio petrolero. Con el fin de maximizar dicha rentabilidad, se desarrollo un Modelo integral de optimización de Confiabilidad, que se ajuste a las necesidades de las instalaciones petroleras de subsuelo y que garantice su continuidad operacional.

Figura 9. Factores de la confiabilidad operacional.



Fuente: PETROBRAS Colombia Ltda.

## 1.8 OBJETIVOS DE LA MONOGRAFIA

Establecer lineamientos para la gestión del mantenimiento de los equipos basados en las mejores prácticas de la industria.

Además como objetivos específicos se tienen:

- Conceptualizar el proceso de seguimiento y evaluación de la gestión de mantenimiento, ligado al proceso de desdoblamiento desde el balance scorecard.
- Identificar los procesos en el área de mantenimiento
- Conceptualizar los roles y responsabilidades del personal del área.
- Establecer criterios para la planificación de contratos de servicios y suministro de materiales.
- Establecer parámetros para definir la criticidad de equipos.
- Definir flujo grama y requerimientos de información para el recibo de los equipos.
- Establecer directrices para el manejo de la estadística en mantenimiento.
- Definir e identificar la aplicabilidad de las diversas técnicas del mantenimiento actual.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Petrobras Unidad Colombia para el desarrollo de sus negocios cuenta con un mapa estratégico anual, donde las diferentes áreas de la compañía aportan al cumplimiento de los objetivos y metas trazadas. Para el seguimiento al cumplimiento de los mismos, se realiza la reunión de análisis crítico mensual donde se presentan indicadores críticos. Como complemento al seguimiento de la gestión corporativa el área de mantenimiento realiza los siguientes foros de control:

**Reunión de Confiabilidad (Bimestral)**, que reporta periódicamente necesidades, recomendaciones y oportunidades de mejoría.

**Reunión de planeación de mantenimiento (semanal)**, La cual muestra entre otros el programa de la semana, y los indicadores claves del proceso, seguimiento al proceso de adquisición de materiales y equipos fuera de servicio.

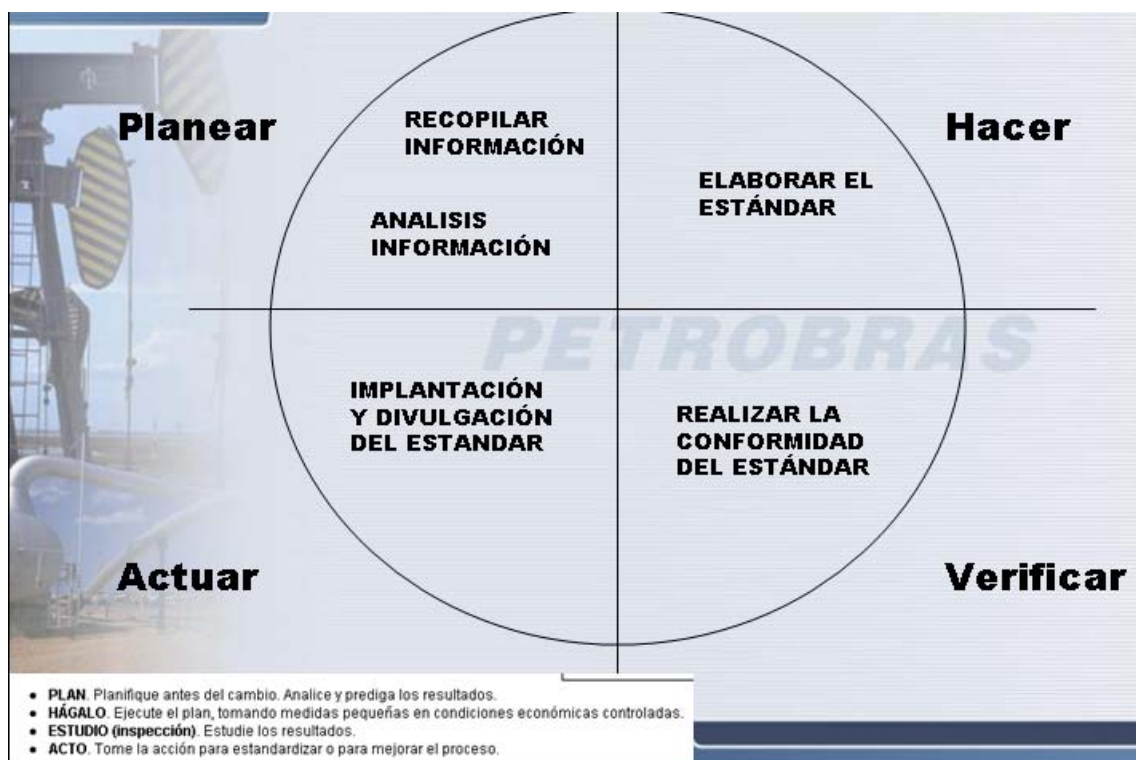
Como resultado de los foros de control mencionados y de los diversos procesos de análisis de causa raíz realizados continuamente por el grupo, se detectaron las causas de las desviaciones del proceso de mantenimiento, las cuales son objeto del desarrollo de esta monografía. Entre otras son:

- Falencias en el proceso de requisición y suministro de materiales y servicios requeridos por el área.
- Fallas en equipos recientemente instalados, que no cuentan con un proceso formal para su desarrollo y puesta en marcha.
- Deficiencias presentadas en la ejecución de los cargos, sin clarificar los roles y responsabilidades del outsourcing de Operación y mantenimiento.
- Inconvenientes reiterativos en el área de planeación y programación

- Falta de metodología de determinación de criticidad de equipos.
- Debido a que se terceriza la ejecución del mantenimiento, no se tienen estándares definidos, para garantizar la adquisición del know how de la integridad de dicho servicio.
- Debido a la variación continua de los procesos de producción, se requieren documentar los cambios realizados a los mismos y a los equipos.

La información anterior conlleva a la falta de lineamientos claros para el área, que dichos se denominarán estándares que establecerán directrices para la solución de las anomalías del proceso detectadas. La herramienta a utilizar para la implementación de la solución obtenida, será el ciclo de mejoramiento continuo.

Figura 10. Ciclo PHVA para el desarrollo de la tesis

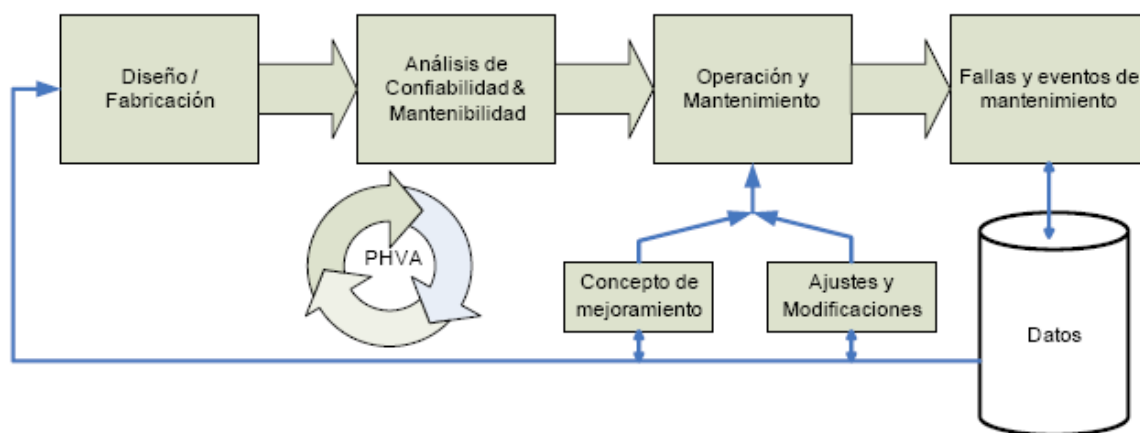


El alcance de la presente monografía cubre los cuadrantes de Planear y Hacer, estableciendo los criterios para realizar las fases de los cuadrantes Verificar y

Actuar. La fase de Actuar se realizará en los diferentes foros de control posteriores a la validación de este documento.

Teniendo en cuenta la estrategia de gestión de Activos y aplicando el mejoramiento continuo se estableció el modelo para el cuidado integral de los activos que se aprecia en la figura 11.

Figura 11. Modelo de gestión de activos

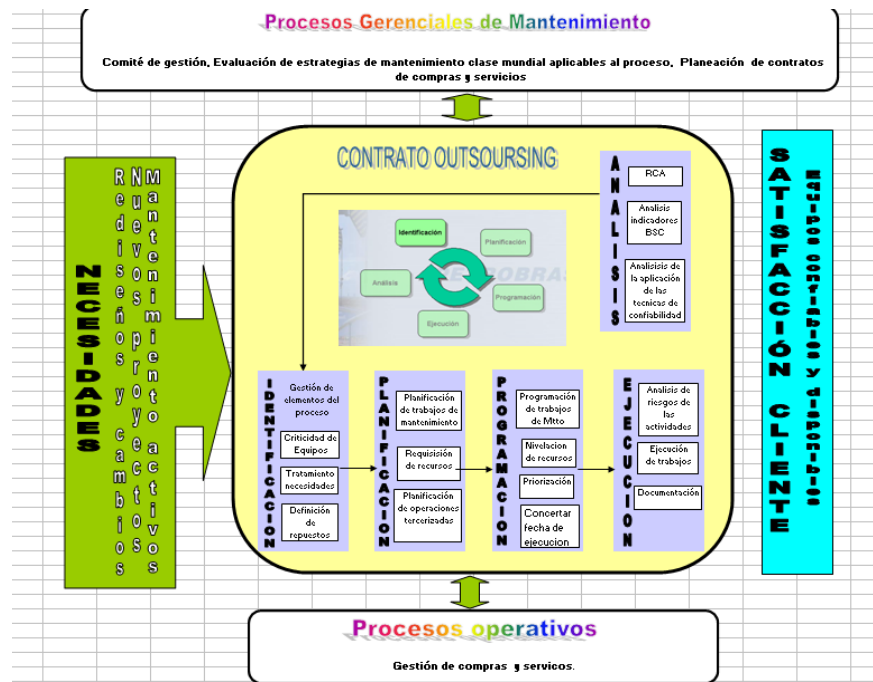


Se plantea un modelo integral de Gestión para el desarrollo de la empresa que combine cuidadosamente procesos, personas, estrategia operacional y tecnología, teniendo como propósito que haya un movimiento continuo de mejoramiento en el que se planea, se ejecuta, se verifica y se actúa.

Al interior del área también se definió un modelo de procesos para la ejecución de la Función de Mantenimiento del CPR Espinal, que combina la entrada de nuevas facilidades al proceso, cambios a los procesos, y los procesos operativos y gerenciales que se interrelacionan con el área para lograr la satisfacción de los clientes, que se aprecia en toda su dimensión en la Figura 12.

El objeto del proceso identificación es crear y mantener actualizadas la base de datos de los equipos que hacen parte de las facilidades de operación y mantenimiento de las plantas, tiene los siguientes subprocesos: Gestión de Elementos del proceso, definición de criticidad de Equipos, Tratamiento de las necesidades de trabajo y la definición de los repuestos críticos.

Figura 12. Modelo integral de gestión de mantenimiento CPR Espinal



Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

El alcance del proceso de planificación es la determinación de las actividades que se realizarán, los recursos que serán utilizados (tiempos, habilidades/certificados, repuestos, equipos, herramientas, etc.), la identificación de los permisos, autorizaciones y/o habilitaciones para ejecutar el trabajo a planificar y la estimación del costo.

El alcance del proceso de programación es determinar el momento de ejecución de los trabajos planificados en función de la prioridad del trabajo y la disponibilidad de los recursos, optimizando su utilización para responder en forma efectiva, eficiente y oportuna.

El alcance del proceso de ejecución incluye desde la asignación del trabajo a ejecutar hasta el informe del trabajo realizado. El proceso abarca la asignación del trabajo, el retiro de material, ejecución de las operaciones y el cierre del trabajo. Incluye trabajos realizados por personal interno y externo.

El alcance del proceso de análisis, es el control y análisis de la gestión de mantenimiento, generación de informes y la evaluación del proceso, determinando los elementos para asegurar su mejora continua.

### 3. DESARROLLO DE ESTANDARES

La finalidad principal de esta monografía es establecer lineamientos basados en las mejores prácticas, que serán aplicadas activamente por la organización con propósitos de aprendizaje de nuevos métodos, mejorando resultados que retan al statu quo de la práctica actual y permite la aplicación de las buenas prácticas que se aplican actualmente y que no requieren cambio.

Es necesario comparar las mejores prácticas con las actuales, para definir los potenciales “GAPS” de desempeño y/o mejora. Una vez que se han identificado y aceptado las mejores practicas, deben ser implementadas en forma rápida a través de toda la organización para obtener la máxima mejora y asegurar la consistencia de las operaciones. Las mejores prácticas son auditadas a través de la organización y los grupos identificados de tal manera que con una adecuada supervisión se puedan iniciar los cambios requeridos para alcanzar la consistencia y el mejoramiento del desempeño.

#### 3.1 ESTÁNDARES ADMINISTRATIVOS

##### 3.1.1 Estándar para la verificación de la conformidad de los procedimientos

- **Objetivo.** Establecer para el Distrito Espinal, incluidos los contratistas, el mecanismo para verificar el cumplimiento de los procedimientos críticos, en función de los riesgos de SMS; y para actualizarlos si es pertinente.
  
- **Alcance.** Establecer lineamientos para la revisión de los estándares, según los criterios de seguridad industrial, ambiental y operativos
  
- **Documentos a Consultar.** Manual del Sistema de Gestión de PETROBRAS en Colombia (quitar referencia) y Estándar Corporativo de Gestión de SMS – Directriz 3 “Evaluación y Gestión de Riesgos”.
  
- **Desarrollo.** Este procedimiento se ejecuta en cuatro (4) macrofases. Para clarificar dicho concepto se hará una breve descripción de cada una de ellas.

- **Preparación del proceso de VCP.** Esta fase se divide en cuatro partes:
  1. El supervisor teniendo en cuenta los resultados de las evaluaciones de riesgo realizadas a los procesos, debe identificar cuáles son los procesos críticos en función de los riesgos.
  2. Se debe establecer el programa de verificación de conformidad a los estándares de la estación, para esto se deben tener en cuenta los recomendados por las evaluaciones de riesgos, cuando se ejecuten cambios en las instalaciones, tecnología; cuando se realicen modificaciones de legislación con impacto o que sea una recomendación del Ministerio Colombiano, alguna ARP o autoridades ambientales competentes.
  3. Se deben revisar los procedimientos asociados a los procesos críticos seleccionados y programados y por último,
  4. Se debe definir el plan detallado del proceso VCP para los procedimientos críticos, cubriendo toda la fuerza de trabajo que aplica dicho procedimiento.
  
- **Evaluación del procedimiento fuera del lugar de trabajo.** Esta fase se ejecuta en dos (2) fases; Inicialmente el Supervisor responsable debe realizar las reuniones pertinentes de manera preliminar con los empleados que participarán en el proceso de VCP. Posteriormente se debe realizar dicha reunión fuera del lugar de trabajo, en lo posible donde se realice dicho procedimiento.
  
- **Evaluación del procedimiento en el área de trabajo.** Esta fase se ejecuta en dos (2) fases; la primera el supervisor verifica en forma individual la aplicabilidad del procedimiento debido a los cambios efectuados. En la segunda fase, se verifica que el empleado cumpla el procedimiento.

Por último se hará la **consolidación del proceso de VCP**. El supervisor debe consolidar con su empleado las tres etapas anteriores. Se debe realizar inmediatamente concluya cada una de esas fases. Las no conformidades y las oportunidades de mejorías, se deben registrar en el SIGA.

### 3.1.2 Estándar para la Solicitud de Materiales y Servicios.

➤ **Objetivo.** Este Estándar hace parte integral de las Directrices y Procedimientos de Contratos, Compras y Materiales de PETROBRAS en Colombia y tiene como objeto establecer el alcance y manejo de solicitudes o peticiones de oferta en PETROBRAS en Colombia, con el fin de asegurar procesos competitivos y obtener el mejor precio y valor para la misma.

Toda contratación de servicios y/o compra de materiales y equipos deberá tener el soporte de, en lo posible, al menos tres (3) solicitudes de cotizaciones, solicitadas directamente por CCMA, o por las Gerencias delegadas para tal actividad.

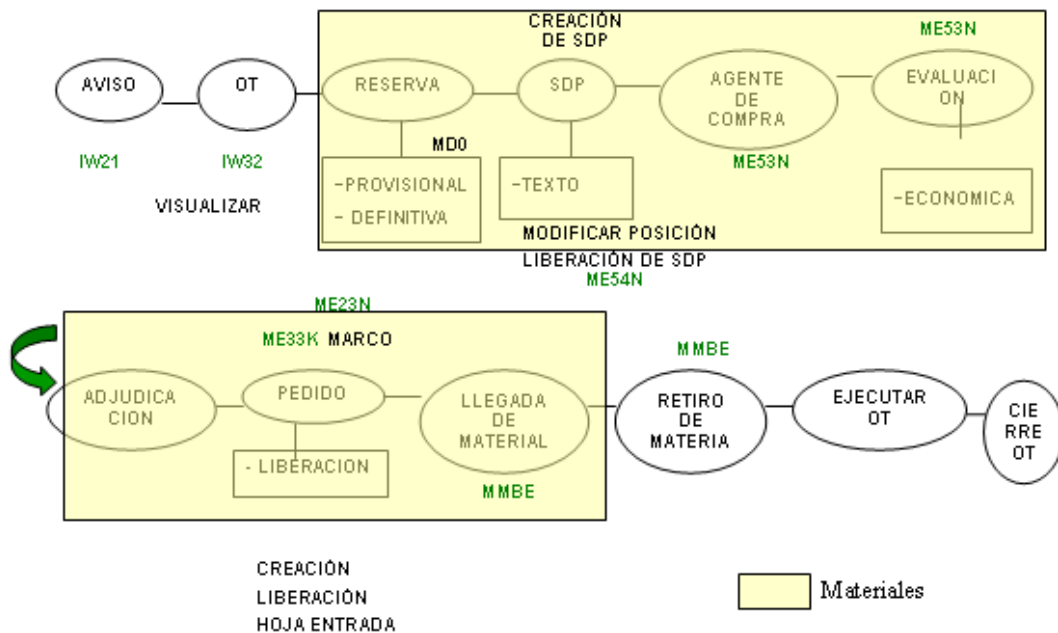
- **Documentos a consultar.** Manual de compras contratos y materiales.
- **Responsabilidades.**
  - **Responsabilidades del usuario:**
    - Definir el formato de la planilla de cotización para efecto de la subasta con el detalle que soporte el valor de los ítems.
    - Determinar el valor base de la subasta (valor de inicio de la subasta), valor tope y valor mínimo de variación entre ofertas.
    - Establecer el tiempo suficiente para la entrega del producto o servicio, con el fin de que los procesos requeridos para el uso de la herramienta de cotización electrónica, no impacten las operaciones de PETROBRAS en Colombia.
    - Hacer en conjunto con CCMA la elección adecuada de como se hará el manejo de la parte técnica, (electrónico o tradicional).
  - **Responsabilidades de CCMA:**
    - Entrenar a los proponentes, si se requiere.
    - Tramitar la adhesión del proponente para la utilización del portal o market -place, si no se ha cumplido este paso.
    - Definir las reglas de la subasta de una manera clara y soportada, incluyendo informaciones tales como valor base, valor mínimo de decrecimiento y número de lotes.
    - Incluir en el pliego de la licitación el formato de la planilla con el detalle de soporte de los valores que los proponentes ofrecerán durante la subasta, reglas de la subasta, y procedimientos de contingencia entre los otros aspectos contemplados para el proceso.

- Asegurar la asistencia de un representante de soporte para la herramienta de comercio electrónico.
  - Atender las diferentes inquietudes de los proveedores durante la subasta.
  - En conjunto con el representante de la herramienta de cotización electrónica, dar soporte a proponentes desconectados para envío de ofertas mediante procedimientos de contingencia: Creación oferta o envío vía fax.
  - Ingresar las ofertas de proponentes desconectados, recibidas vía fax.
  - Aplicar criterios de la herramienta de comercio electrónico para prorrogar manualmente el tiempo de la subasta con la debida justificación.
  - Realizar el proceso y generar los reportes correspondientes.
  - Recibir de los proponentes, posteriormente a la subasta, las planillas diligenciadas con el detalle de la mejor oferta presentada durante la subasta.
- **Desarrollo.** El Administrador del Proyecto identifica la necesidad de Contratación de un servicio o compra de un bien, elabora la Solicitud de Pedido en SAP a la cual adjunta la siguiente información:
- Alcance y Especificaciones Técnicas de servicio
  - Tabla de cantidades y tarifas requeridas
  - Anexo de Requisitos mínimos de CSMS específicos para el servicio, que el administrador de proyectos deberá validar con la Gerencia de GSMS
  - Presupuesto
  - Justificación

- Lista de Proponentes que debe ser definidas respetando los parámetros de rotación de proponentes de PETROBRAS en Colombia y validada con el Comité de Evaluación
- Criterios y puntajes para la evaluación de las ofertas

Para realizar el requerimiento de un material solicitado en una OT correctiva se debe seguir el siguiente Flujograma. Están marcadas en verde las transacciones a utilizar el sistema SAP

Figura 13. Flujograma de OT con servicios & materiales



Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

A diferencia de una solicitud de pedido para un servicio, el proceso es precedido por una reserva que genera el Programador de manteniendo para que el planeador de la bodega la tramite luego de realizar una reunión preliminar semanal con el supervisor de mantenimiento del contrato de O&M, para agrupar las reservas correspondientes en solicitudes de pedido generales por especialidad, para evitar desgaste administrativo por generación de nuevos procesos de compra.

El seguimiento se realiza en las siguientes Tablas de control de la reunión semanal:

Tabla 3. Formato de control semanal.

SEGUIMIENTO COMPRA DE MATERIALES ORDENES DE TRABAJO MIICE							
1. ORDENES DE TRABAJO PM							
ITEM	OT No	Cód SAP	MATERIAL REQUERIDO	Reserva / SDP	Pedido	MATERIAL ENTREGADO/ RESPONSABLE	OBSERVACIONES
1							
2							
3							

El agente de compra inicia su trámite como se muestra en el resto del documento hasta que el material es entregado en campo por el proveedor y se informa al programador para que programe la ejecución de la OT correspondiente.

Los pliegos para las peticiones de oferta para servicios incluirán los términos y condiciones comerciales y contractuales de la compañía, de acuerdo con los modelos generales de contratos y órdenes de compra o servicio establecidos además de las especificaciones técnicas de los servicios o materiales para los cuales se solicitan ofertas.

En la preparación de pliegos se deberán tomar en cuenta también los requisitos que se van a evaluar, tanto técnicos como económicos, incluyendo preferiblemente los puntajes respectivos, los cuales deberán ser estipulados claramente en el documento de Instrucciones a los Proponentes, para conocimiento de los mismos.

Para el caso de servicios los pliegos deberán incluir, como requisito indispensable, los requisitos mínimos de SMS específicos para la actividad a ofertar y transmitir esta información al Agente de Contratos a cargo.

Los Agentes de Compras y Contratos son el único contacto con los proponentes durante el proceso licitatorio, y son los encargados de canalizar hacia los Administradores de Proyecto las solicitudes de aclaración de los proponentes, y de procesar y enviar a todos los proponentes las respuestas escritas y/o las modificaciones requeridas a los pliegos de licitación, cuando sea necesario.

Cuando se considere necesario llevar a cabo visitas de obra a los campos o reuniones aclaratorias con los proponentes, para aclarar el alcance y demás términos y condiciones de los pliegos de solicitud de ofertas, el administrador del

proyecto será el encargado de coordinar dicha visita, además de emitir las certificaciones de visita para los proponentes, así como las actas de reunión con los aspectos tratados en dicha visita o reunión.

El contenido de la oferta comercial de los proponentes está conformado por los Tablas de cantidades y tarifas, los análisis de precios unitarios y la garantía de seriedad de la oferta. Los otros documentos solicitados en los pliegos de licitación harán parte de la oferta técnica. En el caso de entrega física de ofertas, ambas ofertas deberán contener copia de la carta de presentación de la oferta, según el modelo suministrado por el Agente en las Instrucciones a los Proponentes.

La evaluación técnica de las ofertas es responsabilidad del Administrador de Proyecto o su sustituto, la cual se realizará con base en los alcances y especificaciones técnicas preparadas por los Administradores de Proyecto y suministradas a los proponentes en la etapa de solicitud de ofertas.

A continuación se dan unos ejemplos de criterios a evaluar para solicitudes de servicio.

➤ **A.- Experiencia:**

Puede establecerse un puntaje a la experiencia general de la empresa, con base en relación solicitada (certificada o no, lo cual debe quedar claro en los pliegos), por ejemplo definiendo que solo se tendrá en cuenta la experiencia que venga con su respectiva certificación.

Igualmente se puede establecer un puntaje a la experiencia específica de la empresa (objetos similares a los de la Solicitud de Ofertas que está manejando), con base en relación solicitada (certificada o no, lo cual debe quedar claro en los pliegos), por ejemplo definiendo que solo se tendrá en cuenta la experiencia que venga con su respectiva certificación. Si el objeto de la Solicitud de Ofertas involucra varias disciplinas, puede inclusive tenerse un puntaje para cada una de ellas.

➤ **B.- Equipos y maquinaria:**

Puede establecerse un puntaje a la relación de equipos que el proponente presente, equipos que el proponente estimará con base en el alcance de la Solicitud de ofertas y a su mejor plazo y cronograma de actividades que presente.

Esta información podrá calificarse con base en el mismo ejercicio preparado por el Administrador de Proyecto o su sustituto. Tal relación de equipos del Administrador de Proyecto deberá quedar consignada en el documento de los criterios de evaluación, que será base de la calificación.

➤ **C.- Experiencia del personal:**

Puede establecerse por lo menos dos alternativas en criterios de evaluación de este aspecto.

Puede establecerse un puntaje a la estructura y relación de personal que el proponente presente, personal que el proponente estimará con base en el alcance de la Solicitud de ofertas y a su mejor plazo y cronograma de actividades que presente.

➤ **D.- Disponibilidad:**

Se podrá calificar, dependiendo de la necesidad, la disponibilidad del proponente en iniciar el servicio o suministro de lo requerido, indicando claramente en los pliegos que este aspecto será calificado.

➤ **E.- Requisitos en SMS:**

Se podrá calificar, dependiendo del objeto de la Solicitud de Ofertas, el cumplimiento del requerimiento de CSMS de presentación de evidencias de SMS solicitadas en el Anexo 3.1 del pliego de licitación o presentación del certificado con vigencia anual expedido por GSMS a cada proponente que presente dichas evidencias. Se podrá dar un puntaje directamente proporcional al porcentaje de calificación otorgado por GSMS a las evidencias de SMS.

➤ **F. Otros criterios:**

Otros criterios específicos del objeto de la Solicitud de Ofertas que a juicio del Administrador de Proyecto deban evaluarse, por ejemplo:

- Metodología de QA/QC a utilizar en el proyecto

- Metodología general a aplicar en el proyecto
- Metodología de SMS a utilizar en el proyecto
- Software a utilizar en el proyecto
- Solo si todos los proponentes han sido contratistas de PETROBRAS, se podrá analizar además la evaluación del proponente en el REP.

➤ **G.- Otros elementos a tenerse en cuenta:**

Pueden existir otros factores que pueden afectar el puntaje de la evaluación técnica, como son:

- **Puntaje mínimo de la propuesta técnica:** el Administrador de Proyecto, de acuerdo a su criterio y al objeto de la Solicitud de Ofertas, podrá establecer un mínimo con el cual es aceptable la propuesta técnica para que se pueda proceder a abrir la correspondiente parte económica. Por ejemplo: establecer que las propuestas que no superen el 70% del máximo puntaje técnico establecido, no se les abrirá la propuesta económica.
- **Puntaje técnico no acumulable:** el Administrador de Proyecto, de acuerdo a su criterio y al objeto de la Solicitud de Ofertas, podrá establecer un mínimo con el cual es aceptable la propuesta técnica para que se pueda proceder a abrir la correspondiente parte económica. Por ejemplo: establecer que las propuestas que no superen el 70% del máximo puntaje técnico establecido, no se les abrirá la propuesta económica. Sin embargo, podrá definir que el puntaje obtenido por los oferentes en la parte técnica no sea acumulable al obtenido posteriormente en la económica para efectos de la determinación de la oferta ganadora y que una vez establecidas las ofertas económicas que pueden abrirse, será exclusivamente la definición del ganador sobre el puntaje obtenido de la evaluación económica.
- **Participación en consorcios y uniones temporales:** la decisión de dos o más empresas de unirse en consorcio o unión temporal para participar en una solicitud de ofertas, convierte a la nueva entidad en una sola

empresa, lo que hace que para efectos de la evaluación de ofertas todos los puntos a calificar se tomen y se consideren aportados por esa nueva empresa y que no haya lugar a ponderar esos aportes con base en el porcentaje de participación de los integrantes del consorcio o de la unión temporal.

El Comité Evaluador podrá establecer un puntaje mínimo con el cual es aceptable la Oferta Técnica. Nota: No siempre es necesario ya que las ofertas que están siendo evaluadas ya cumplieron los requisitos obligatorios y es posible que los criterios técnicos evaluados sólo resulten en valores agregados.

Para la evaluación económica se pueden tomar como base las cantidades estimadas con las cuales se calculó el valor de la Solicitud de Pedido.

A las ofertas económicas se les efectuará una verificación aritmética completa para determinar el valor de éstas. El Comité Evaluador considerará como valor de cada ítem y de la propuesta el que resulte de esta revisión aritmética.

Para efectos de comparación, que se explica adelante, se define Presupuesto oficial como aquel preparado por el Usuario para estimar el valor del servicio solicitado, y es igualmente el utilizado para la creación de la Solicitud de Pedido y las aprobaciones correspondientes.

Cuando el Presupuesto Oficial está lo suficiente ajustado a rendimientos y precios reales del mercado, con base en el criterio del Administrador de Proyecto y del objeto de la Solicitud de Ofertas, podrá definirse un límite superior y uno inferior como un porcentaje del valor del presupuesto oficial, descartando las ofertas que estén por encima y por debajo de dichos límites.

Para la adjudicación final se aplicará como criterio alguna de las siguientes alternativas:

- **ALTERNATIVA 1:** Se adjudicará a la firma que presente la mejor oferta técnica.
- **ALTERNATIVA 2:** Puntaje técnico no acumulable

Entre las firmas que fueron aceptadas técnicamente, se adjudicará a la firma que presente la mejor oferta económica. En el caso que 2 o más proponentes queden empatados en la evaluación económica se elegirá la compañía que mayor puntaje técnico haya obtenido.

- **ALTERNATIVA 3:** Puntaje técnico acumulable con puntaje económico.

#### **A.- Será tarea de los Agentes de Contratos y Compras**

- Verificar que las cantidades y unidades de las diferentes ofertas corresponden a las solicitadas en los pliegos y hacer las correcciones necesarias.
- Como en procesos de cierto tamaño se solicita que los Tablas de cantidades y precios sean remitidos también en medio magnético o electrónico para efectos de facilitar las comparaciones de las ofertas a cargo del agente de CCMA, verificar que los Precios Unitarios corresponden a los presentados en la oferta escrita (PDF en el caso de las ofertas presentadas por Petronect), que es la única válida, y hacer las correcciones necesarias en el Tabla comparativo.
- Verificar que los precios unitarios de los Tablas remitidos en medio magnético o electrónico no contienen fracciones o cálculos ocultos (en el caso de precios sin decimales) o con el mismo número de decimales tal como están presentados en la oferta escrita, ya que al copiarlos ya sea en SAP o en una hoja electrónica para realizar el comparativo de ofertas, puede introducir desviaciones y arrojar precios totales de actividades y del total de la oferta diferentes a los presentados en la oferta escrita. Esto es igualmente válido para las cantidades de cada uno de los ítems tomadas de los Tablas en medio magnético o electrónico. El agente debe hacer los ajustes necesarios.
- Para el caso de ofertas para contratos de construcción y otros con condiciones impositivas especiales, verificar la correcta aplicación del AIU y del IVA y hacer las correcciones necesarias.
- Verificar que el proponente no haya variado la unidad de medida de algún ítem y por consiguiente su precio podría ser diferente. En éste caso proceder a confirmar la unidad con el proponente o a aplicar el procedimiento para los casos de omisión de un precio unitario y hacer los ajustes necesarios.

- Establecer y determinar que no haya precios excesivamente bajos o altos respecto a las otras ofertas, con el fin de validar con el área técnica, qué precios unitarios pueden ser determinados como no reales y tomar en cuenta esto para la evaluación.
  
- Cuando se presente diferencia entre el resultado de un APU (análisis de precio unitario) y lo que dice el Tabla de cantidades y precios existen dos opciones: 1) cuando existe un evidente error matemático en el APU, se colocará el resultado correcto del APU en el Tabla de la oferta; 2) no habiendo error en el APU pero habiendo diferencia entre este resultado y el Tabla de la oferta, se dejará el precio unitario del Tabla de cantidades y precios que es la oferta real del proponente y se solicitará al proponente el APU correcto.

#### **B.- Será tarea del administrador o su sustituto**

- En los procesos en los cuales sea fundamental el acompañamiento del técnico en la evaluación de las ofertas económicas, éste podrá revisar los análisis de precios unitarios de las ofertas, con el fin de verificar la consistencia de los elementos contenidos en los precios unitarios aportados por el proponente; y la posible no inclusión de elementos esenciales en la actividad, por rendimientos imposibles de lograr u otro factor relevante. Deberá verificar en especial aquellos precios unitarios de mayor incidencia en la oferta

El documento para indicar el resultado de la evaluación económica debe incluir:

- Matriz General de Evaluación Económica en donde se presente claramente por material o servicio: la descripción, marca y modelo, cantidad, presupuesto, precios unitarios y totales, descuentos ofrecidos, alternativas presentadas, fechas de entrega, fletes y otros costos adicionales que apliquen, garantías, etc. También debe incluir la oferta resultante de la negociación que se haya requerido.
  
- Análisis de la documentación comercial y legal de los proponentes.
  
- Consideraciones de tipo estratégico o logístico ofrecidas por los proponentes.
  
- Tabla comparativa de las ofertas indicando los valores totales por servicios o suministros y el puntaje obtenido de acuerdo con el procedimiento y criterios de evaluación previamente establecidos y aprobados.

Tabla 4. Desarrollo esquemático del proceso

PROCESO	RESPONSABLE	ACCIONES PRINCIPALES
Solicitud de Pedido	Usuario (Área de mantenimiento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Crear Solicitud de Pedido en SAP.</li> <li>➤ Definición e impresión del RUP de los proponentes validados con CCMA</li> <li>➤ Preparación Alcance y Especificaciones Técnicas, Formato de tarifas y cantidades</li> <li>➤ Definición con GSMS del Anexo de Requisitos mínimos de CSMS específicos para el servicio</li> <li>➤ Definir los criterios y puntajes para la evaluación de ofertas y el peso de la parte Técnica y la económica en la evaluación consolidada, si aplica.</li> <li>➤ Obtención de aprobaciones (SNC, Socios, Casa Matriz).</li> <li>➤ Radicar Solicitud de Pedido en la secretaría de CCMA junto con los documentos antes relacionados</li> </ul>
Elaboración pliego	Agente de Compras y Contratos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Preparación pliego y envío a proponentes</li> <li>➤ Canalización solicitud de aclaraciones al pliego y respuestas a proponentes.</li> </ul>
Reporte de Apertura técnica	Agente de Compras y Contratos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Generar informe de ofertas presentadas y abiertas y enviadas al usuario.</li> <li>➤ Incluir las observaciones que se requieran. NOTA: En caso de apertura física se hará un relatorio.</li> <li>➤ Acta de Apertura con el área usuaria.</li> </ul>
Evaluación técnica	Comité Evaluador o Usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Evaluación de la información técnica de las ofertas.</li> <li>➤ Solicitar aclaraciones a los proponentes cuando sea necesario, a través del Agente de Contratos.</li> <li>➤ Reevaluación de la información y proceder a la calificación técnica.</li> <li>➤ Resultado de la evaluación técnica en el Reporte de Adjudicación o vía DIP a CCMA con copia al Agente de CCMA a cargo</li> </ul>

PROCESO	RESPONSABLE	ACCIONES PRINCIPALES
Reporte de Apertura económica	Agente de Compras y Contratos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Generar informe de ofertas presentadas y abiertas enviadas al usuario.</li> <li>➤ Incluir las observaciones que se requieran. NOTA: En caso de apertura física se hará un .Acta de Apertura con el área usuaria.</li> </ul>
Evaluación económica	Comité Evaluador o Agente de Compras y Contratos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verificación de cantidades y unidades de medida,</li> <li>➤ Verificación de operaciones aritméticas.</li> <li>➤ Verificación aplicación correcta del AIU y del IVA</li> <li>➤ Verificación de la consistencia de los Análisis de Precios Unitarios (APU). (Usuario)</li> <li>➤ Negociación con proponente que presenta la mejor oferta, cuando amerite.</li> <li>➤ Resultado de la evaluación económica en el Reporte de Adjudicación o vía DIP al Administrador del Proyecto.</li> </ul>
Proceso aprobación adjudicación	Usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Solicitar aprobaciones de adjudicación internas y externas.</li> <li>➤ Radicar en CCMA recomendación de adjudicación aprobada</li> </ul>
Elaboración y legalización Contrato	Agente de Compras y Contratos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Elaborar carta de adjudicación o de intención y cartas de agradecimiento</li> <li>➤ Elaborar contrato, solicitar pólizas y adelantar formalización</li> <li>➤ Archivar el proceso</li> </ul>

### 3.1.3 Estándar para el manejo del cambio

➤ **Objetivo.** El objetivo del estándar, en línea con la Directriz 6 es: Establecer las condiciones necesarias para el cumplimiento de la Directriz Corporativa de Seguridad, Medio Ambiente y Salud (SMS) - Gestión de Cambios en PETROBRAS Colombia

➤ **Alcance.** Definir los lineamientos básicos para las autorizaciones a cambios o modificaciones, garantizando la participación de las áreas que están involucradas, asegurando la vida futura de los proyectos y su desarrollo, fortaleciendo los aspectos técnicos, de seguridad industrial, medio ambiente y salud ocupacional.

➤ **Documentos a Consultar.** Estándar Corporativo de Gestión de SMS – Directriz 6 – Gestión de Cambios.

➤ **Responsabilidades.** A continuación se relacionan las responsabilidades de los participantes en el proceso.

Tabla 5. Responsabilidades en el manejo de cambio.

ITEM	DESCRIPCIÓN	RESPONSABILIDADES
1	Responsable del cambio	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Identificar y caracterizar el cambio</li><li>2. Evaluar las necesidades y beneficios de los cambios.</li><li>3. Garantizar las evaluaciones del riesgo del cambio.</li><li>4. Comunicar los cambios implementados y finalizados a las personas que puedan ser impactadas por ese cambio.</li></ol>
2	Responsable donde ocurrirá el cambio	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Identificar nuevas necesidades resultantes de los cambios (capacitación, revisión de procedimientos, etc.)</li><li>2. Garantizar que se realicen las evaluaciones de riesgo antes de realizar los cambios.</li><li>3. Asegurar que el cambio, así como los riesgos y las recomendaciones de las evaluaciones de los riesgos, sean comunicados a quién va a implementar el cambio, antes que el cambio sea implementado.</li></ol> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Mantener actualizada toda la documentación asociada.</li></ol>
3	Responsable por aprobar el cambio	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Asegurar que las recomendaciones que impiden poner en marcha el cambio serán concluidas y que la autorización se emita después de la aprobación técnica del cambio.</li><li>2. Solo autorizar el cambio después de su aprobación técnica.</li></ol>

Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

➤ **Frecuencia.** Cada vez que se realice cambio a las instalaciones, procesos y/o traslado de personal.

➤ **Desarrollo.** Este estándar debe ser implementado en el Distrito de Producción Espinal de acuerdo con el concepto de cambio donde las diversas áreas deben interactuar para eliminar o minimizar los riesgos derivados de los cambios. Debido al proceso evolutivo presente en mejoramiento continuo, las instalaciones están permanentemente sujetas a cambios con el objetivo de mejorar la operación y los aspectos de SMS, incorporar nuevas tecnologías y aumentar la eficiencia de los procesos. Por esta razón, es imprescindible establecer un procedimiento apropiado para asegurar que los riesgos derivados de esos cambios puedan ser adecuadamente identificados, evaluados y gerenciados previamente antes de su implementación.

El proceso de gestión de cambios incluye las siguientes etapas a seguir:

- Identificar/caracterizar el cambio;
- Evaluar necesidades/ beneficios del cambio;
- Registrar el cambio;
- Describir el cambio;
- Identificar peligros causados por el cambio, evaluar las variaciones de riesgos e impactos, proponer recomendaciones para controlarlos y evaluar los costos resultantes del cambio;
- Aprobar técnicamente el cambio con base en las evaluaciones de riesgos y recomendaciones;
- Autorizar, como gerencia, el cambio y la implementación de las medidas de mitigación de los riesgos;
- Comunicar riesgos y recomendaciones para el cambio;

- Implementar el cambio y las medidas recomendadas para la mitigación de los riesgos e impactos resultantes del cambio;
- Evaluar resultados de los cambios;
- Comunicar el cambio implementado.

En el evento que los cambios no generen cambios cualitativos o cuantitativos de la producción, se debe aplicar el presente estándar (AMAC), de lo contrario se debe tomar como un nuevo emprendimiento. El estándar AMAC contempla los procedimientos específicos para la gestión de cambios en la tecnología y en las instalaciones. Los aspectos de cambios de personal, aun cuando son considerados en este estándar, su administración será liderada por la Gerencia de Recursos Humanos de PETROBRAS en Colombia.

#### **3.1.4 Estándar para la ejecución del Outsourcing de operación y mantenimiento.**

- **Objetivo.** Este lineamiento es la herramienta para el control del administrador y fiscal del contrato, el cual incluye los aspectos a tener en cuenta en los diferentes procesos a operar y a mantener, los foros de control, las evaluaciones periódicas y los indicadores básicos del proceso.
- **Documentos Complementarios.** Contrato de operación y mantenimiento, especificaciones técnicas.
- **Alcance.** Es aplicable para todos los contratos de operación y mantenimiento que se celebren en el CPR Espinal.

Se debe realizar seguimiento a las actividades de operación y mantenimiento:

- Operar y mantener las Instalaciones de Producción de Crudo, Agua y Gas, Tratamiento de Agua y Sistema de Inyección, Estación de Saldaña, Oleoductos, Gasoductos y Acueductos, Sistemas de Generación y Conducción, Sistemas de Compresión de Gas. Por lo tanto debe garantizar la disponibilidad del personal de dirección, supervisión y ejecución, herramientas y materiales

necesarios para conseguir que la Operación y el mantenimiento de todo el sistema de producción de crudo agua y gas, tratamiento e inyección de agua, sistema de compresión de gas, sistema de generación Y SISTEMAS AUXILIARES estén en buenas condiciones, disponibles y confiables durante las veinticuatro (24) horas al día.

- Transportar el personal al Campo, desde su base hasta el lugar de los trabajos y regreso, bajo su responsabilidad y cuidado.
- Realizar todas las Operaciones especializadas que sean necesarias para cumplir con el servicio y ejecutar la labor, tomando bajo su propia responsabilidad el manejo, administración y Operación de todas las actividades necesarias y aplicando su mayor diligencia para que el desarrollo del contrato sea oportuno y eficiente.
- Pagar el total del personal que emplee para la ejecución del contrato y su adecuada administración y dirección, toda vez que El Contratista declara ser contratista independiente, con su propia organización y personal y por lo tanto se obliga a cumplir con todas las disposiciones de carácter laboral que como patrono le corresponde. Suministrar alojamiento cuando así se requiera, y alimentación (una comida por turno de 8 horas y una segunda comida por más de 3 horas extras trabajadas en el turno) a su personal durante el contrato.
- Suministrar vehículos que cumplan con las Políticas y Procedimientos de SMS de PETROBRAS y con los requisitos mínimos de Seguridad exigidos por la Ley Colombiana.
- Responder y mantener indemne y libre de todo reclamo o perjuicio a PETROBRAS por los daños que cause por Imprevisión, negligencia o descuido, dentro o fuera del lugar de los trabajos, por culpa suya o de personal bajo su cargo o responsabilidad.
- Efectuar el servicio de acuerdo a óptimas prácticas de seguridad, tomando para su efecto todas las medidas que sean necesarias para proteger las instalaciones y personal tanto del Proponente como de PETROBRAS y de terceros.
- Tomar las medidas razonables, de acuerdo a las buenas prácticas de la Industria del Petróleo para proteger el lugar de los trabajos contra pérdida o daño resultante por cualquier motivo, incluyendo factores climáticos, contaminación accidental, negligencia o actos criminales o malintencionados de cualquier persona.

- Cumplir con todos los permisos, licencias y autorizaciones necesarias para dar cumplimiento al contrato.
  - Conocer y cumplir los programas de relaciones con la Comunidad que Petrobrás tenga establecidos en el lugar de los trabajos, e informar con anticipación a Petrobrás sobre algún programa que tenga establecido para tal fin.
  - Atender reclamaciones y demandas relacionadas directa o indirectamente con el contrato, que se hagan en su contra, e informar de ellas en forma pormenorizada a Petrobrás, dentro de los tres (3) días siguientes a la fecha que tuvo conocimiento de ellos.
  - El personal para el desarrollo del contrato debe ser altamente calificado y especializado.
  - El contratista deberá sustituir el personal que se requiera a solicitud de PETROBRAS y notificará por escrito sobre cualquier cambio de personal en su Organización.
  - Todas las Obligaciones adquiridas por el contratista y señaladas anteriormente deberán estar incluidas en los contratos que éste celebre con los subcontratistas, en cuanto les sean aplicables.
- **Desarrollo.** Las metas serán medidas directamente sobre el personal y los equipos a cargo del Contratista que se encuentra bajo su directa responsabilidad, se calcularán y aplicarán mensualmente a lo largo de toda la vida del contrato.
- **Indicadores de Producción.** La herramienta computacional usada es una macro de Excel, donde se grafican mensualmente los resultados obtenidos. Los indicadores descritos a continuación serán la base de control y calificación del desempeño del contrato; Se requiere mensualmente realizar obligatoriamente la medición de los resultados del contrato así:

➤ **Ejecución de Hallazgos e Inspecciones Operacionales:** Se debe cumplir por mes que:

$$[(\# \text{ HIO Encontradas}) / (\# \text{ HIO Ejecutadas})] * 100 \geq 80 \%$$

- **Cumplimiento Ejecución Rutinas Operacionales:** Se debe cumplir por mes que:

$$[(\# \text{ RO Planeadas}) / (\# \text{ RO Ejecutadas})] * 100 \geq 90 \%$$

- **Pérdidas de Producción por trabajos de operación y mto. no programado:** Se calcula sobre la producción bruta del campo y se espera que no superen el 0.2 % de la misma. Estas pérdidas incluyen paradas de equipos por actividades de mantenimiento correctivo, fallas en redes eléctricas, sistema de generación e inyección de agua, pérdidas por diferencia en entrega de ventas, imputables al contratista, entre otros. Pérdidas de producción por actividades de CSMS asociadas a la operación y el mantenimiento de los equipos e instalaciones, etc. NO se contabilizan pérdidas de producción por actividades ajenas o externas al CONTRATISTA como son paradas por Proyectos, actividades de servicio a pozos (Work Over), emergencias por fuerza mayor no imputable al contratista.

$$PP \leq 0.2 \% \text{ Producción Bruta Actual}$$

- **Cumplimiento de Avisos Generados (CAG):** Para dar cumplimiento a estos avisos se debe tener en cuenta la fecha y los materiales disponibles en campo por parte de PETROBRAS.

$$CAG (\%) = [(\# \text{ de Avisos Programados}) / (\# \text{ de Avisos Recibidos})] * 100 \geq 90 \%$$

- **Entrega mensual de Informes (EI):** Se debe cumplir que:

$$EI = [(\# \text{ Informes Planteados}) / (\# \text{ Informes Entregados})] * 100 = 100 \%$$

- **Cantidad de Crudo Entregado (CCE):** Es la cantidad de crudo entregado en especificaciones de calidad al OAM de acuerdo a los lineamientos adquiridos contractualmente. Los parámetros de calidad que debe monitorear la Empresa Contratista son los relacionados con el BS&W y la salinidad.

$$BS\&W \leq 0.5 \%$$

$$Salinidad \leq 12 \text{ lbs}/1000 \text{ Bbls}$$

Se calculará de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$CCE \% \text{ en Especificaciones} = 100 \%$$

➤ **Calidad de Agua Inyectada:** Los parámetros en cuanto al contenido de aceite, sólidos y oxígeno disuelto pertinentes al agua de inyección son:

$$\text{Agua inyectada con Concentración de O/W entre } 0 - 2 \text{ ppm} = 100 \%$$

$$\text{Agua inyectada con Porcentaje de Sólidos entre } 0 - 5 \text{ ppm} = 100 \%$$

$$\text{Agua inyectada con porcentaje de Turbidez entre } 0 - 5 \text{ ppm} = 100 \%$$

➤ **Diferencia de Entregas (DE):** Son las variaciones en la medida de lo entregado (Crudo) en la Estación (PPF) Versus lo registrado en la Estación de recibo (Saldaña).

$$\text{El parámetro de calidad es: } DE \leq 0.2 \%$$

➤ **Factor de Campo FC:** Compara la producción potencial Versus la real diaria, para cada uno de los productos de venta.

$$FC = PP/PT$$

PP: Producción Potencial (Real Fiscalizada + Cerrado identificado)

PT: Producción Teórica (Sumatoria de la última prueba de cada pozo)

El límite mínimo permitido estaría dentro del rango de variación de +/- 0.04.

- **Derrame de Crudo por Errores Operacionales:** No deberá ocurrir ningún derrame de crudo por errores operacionales.

*Volumen de Crudo derramado = 0 bbls/mes*

- **Indicadores de mantenimiento.** El Contratista deberá definir, validar e implementar los códigos de falla a la luz de la Norma ISO14224 que permitan medir los Indicadores de Desempeño de Equipos tales como: “Down Time” (Tiempo de parada de Máquina), el “MTBF” (Tiempo medio entre Fallas), el “MTTR” (Tiempo Promedio para Reparar), “R” (Confiabilidad) y “A” (Disponibilidad). Estos Indicadores se aplicarán a los Equipos Rotativos que tiene Implementada una Estrategia CBM.

Como parte de la implementación de la estrategia en el CMMS (PM SAP), el Contratista debe estructurar y registrar para obtener un Indicador que Discrimine los Costos de Mantenimiento hasta el nivel de Equipos, y con posibilidades de obtener reportes a cualquier nivel de la jerarquía de activos (Equipos, Sistemas, Plantas, Facilidades, Campo, etc.).

Para el seguimiento de los indicadores definidos se utiliza como herramienta computacional el CMMS (Computer Management Maintenance System) corporativo de la compañía (SAP). Los indicadores se generan de la base de datos que ha sido alimentada por los operadores de estación a medida que a los equipos se les realizan los respectivos mantenimientos (preventivos o correctivos). Información se procesa y se recopila para presentarla en los foros de control definidos.

El Contratista está obligado a Implementar y Cumplir Mensualmente con los siguientes Indicadores a nivel de sistema:

- **Disponibilidad.** Capacidad de un sistema, máquina o componente para desarrollar su función en determinado momento o durante un periodo determinado de tiempo, en unas condiciones y con un rendimiento definido.
- **Confiabilidad.** Capacidad de un equipo o sistema para desarrollar correctamente una función específica, bajo condiciones determinadas, en un periodo de tiempo también determinado.

Tabla 6. Indicadores Disponibilidad & Confiabilidad a nivel de sistema

**Disponibilidad (A) (%) > = (hras periodo-(hras correc+hras prev))/hras per.**

Generación	Bombeo Crudo	Aire Comprimido	Inyección Agua	Filtración	Transferencia de Agua	Variadores (VSD)	Redes Eléctricas
99.0	99	99	99.0	99.0	99	99	99

**Confiabilidad (R) (%) > = (hras período – hras correc)/hras período.**

Generación	Bombeo Crudo	Aire Comprimido	Inyección Agua	Filtración	Transferencia de Agua	Variadores (VSD)	Redes Eléctricas
99.5	99.5	99.8	99.5	99.5	99.5	99.5	99.9

El Tiempo de medición de estos Indicadores es Mensual. El Incumplimiento de cualquiera de éstos indicadores genera una Penalidad Económica para el Contratista Equivalente al 0.03% del Costo Mensual del Contrato, por cada Indicador NO cumplido, siendo el valor máximo mensual de 0.5%.

➤ **Mtto. Ejecutado Vs Planeado > 94%. (ME)**

Este Indicador mide la Gestión y Efectividad de la Planeación. Se calcula Mensual teniendo como base el Total de las Actividades de Mtto. Planeadas para el Periodo de Medición.

El Incumplimiento de éste Indicador genera Llamados de Atención al Contrato y la reincidencia consecutiva tendrá una penalidad Económica Equivalente al 0.5% del Costo Total Mensual del Contrato.

➤ **Ejecución de Mtto's. Correctivos < 20%. (MC)**

Este Indicador mide la Calidad y Efectividad de la Estrategia de Mtto. Se realiza mensualmente y se calcula sobre el Total de las Actividades de Mtto. Desarrolladas en el Periodo de Medición.

El Incumplimiento de éste Indicador genera una Penalidad Económica Equivalente al 0.5%. Del Costo Total Mensual del Contrato.

➤ **O.E.E. = Overall Equipment Effectiveness**

Este Indicador de Clase Mundial, refleja la Calidad del Desempeño y Rendimiento de los Equipos, su aplicación será Mensual y se aplicará a los Equipos de los

Sistemas Críticos (Generación, Bombeo; Levantamiento de Producción y Redes Eléctricas). La Base de Medición se definirá con el Contratista de acuerdo a su Estrategia de Mtto.

**Otros Indicadores.** El Contratista debe realizar la Gestión de Implementación de otros Indicadores de Clase Mundial tales como Indicadores de Integridad Técnica; Eficiencia en mantenimiento, Impactos en la Producción; Desempeño de la Mano de Obra; Desempeño de Proveedores; Costos de Mtto.; Etc. Además debe buscar el Mejoramiento de los Indicadores referenciados en este Alcance.

- **Indicadores de SMS.** Estos indicadores se consideran críticos para el buen desempeño y la continuidad del contrato, por lo tanto, son Indicadores de especial atención.

- **LTIF.:** Incidentes Incapacitantes. Se calcula Mensualmente y el Límite es el Establecido Anualmente por las Políticas de CSMS. de la Compañía, Sin embargo, la Meta solicitada es “Cero”

- **FIMA = 0 (Incidentes Ambientales) (\*)** No se tolera daño alguno al Medio Ambiente por Causas Operacionales.

- **Fatalidades = 0 (Accidentes Fatales) (\*)** El Incumplimiento de éstos Indicadores genera una Penalidad Económica Equivalente al 1.0%. Del Costo Total Mensual del Contrato, por cada Indicador, siendo el Máximo igual al 3%. Mensual.

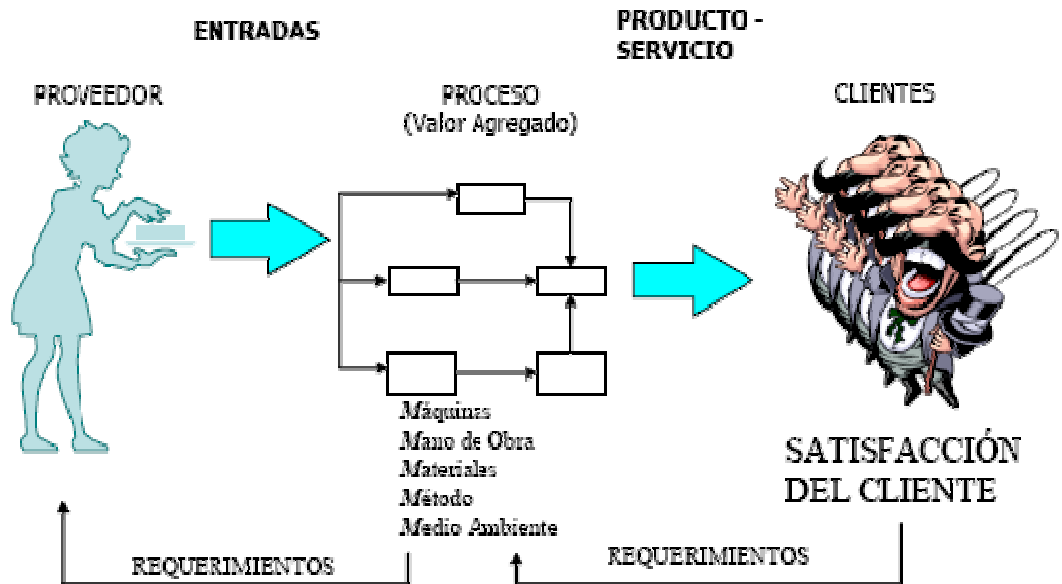
- Se considera daño al medio ambiente todo derrama superior a 1 barril fuera de las áreas de control de Petrobrás (que salgan de los diques, cárcamos, trampas de grasa etc. Instaladas para el control de derrames)

(\*) El Incumplimiento de estos Indicadores, dependiendo del Impacto y las Causas puede ocasionar la Cancelación del Contrato.

### 3.2 ESTÁNDAR DE PROCESOS

Un proceso es la conversión de una entrada en una salida, agregando valor. Es decir, hay una entrada, que bien pueden ser materias primas, materiales, documentos, objetos, etc. que mediante un trabajo o proceso se convierten en salidas, productos o servicios que son entregados a uno o varios clientes, tal como se aprecia en la Figura 14.

Figura 14. Flujo esquemático básico de proceso



Para que quede claro, en un proceso es indispensable saber cuales son los requerimientos del cliente con respecto a la salida. Con esa información se preparan los elementos del proceso que son las 5M's (Máquinas, Mano de Obra, Materiales, Métodos y Medio Ambiente).

Una vez identificadas las 5M's definimos los requerimientos a nuestro proveedor; es decir, definimos como queremos las entradas. Hay procesos en diferentes niveles y normalmente el cliente de un proceso es proveedor en otro.

Para mantenimiento, las entradas son los equipos con fallas, que pueden ser reales o potenciales, es decir no han fallado, pero lo van a hacer pronto. También tenemos equipos que aunque están operando bien pueden necesitar alguna modificación al diseño para mejorar alguna de sus características, lo que da a lugar a otra entrada para el proceso de mantenimiento, tal como se aprecia en la Figura 15.

Figura 15. Modelo global de mantenimiento



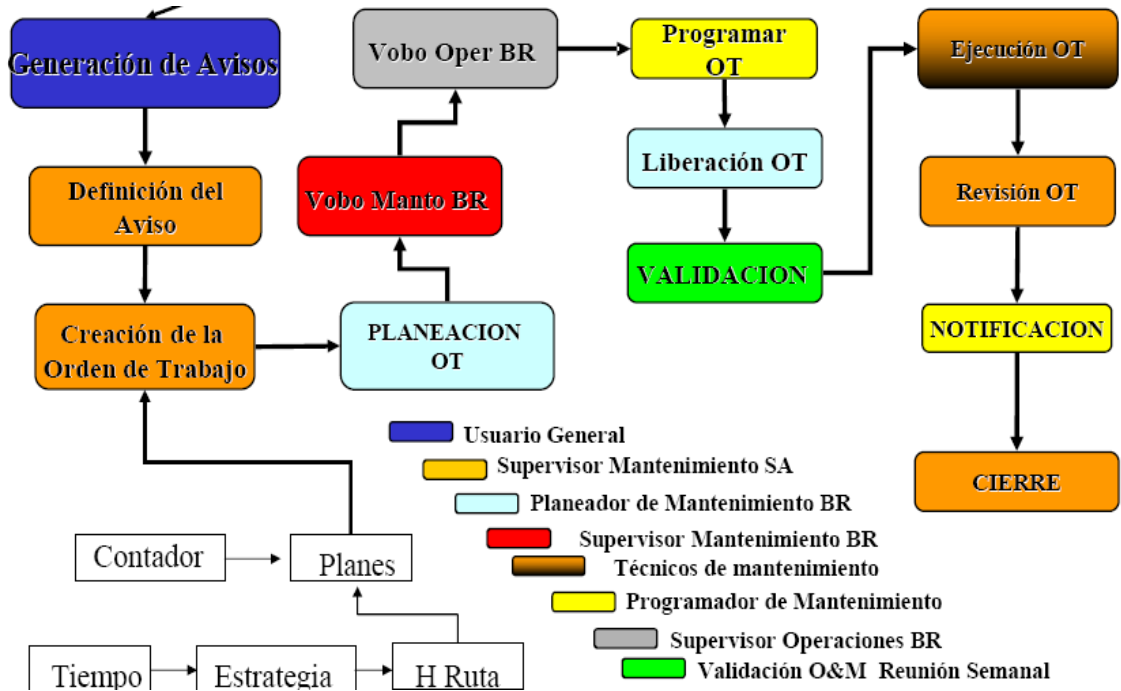
Las fallas son tratadas mediante la estrategia de mantenimiento y se produce una salida, que son los equipos trabajando en forma confiable, cumpliendo su función a su capacidad de diseño. El principal requerimiento de nuestro cliente es que se haga a un costo mínimo y en forma segura. Nuestro requerimiento al proveedor de las fallas es que sean mínimas.

Para asegurar la ejecución correcta de nuestra estrategia de mantenimiento usamos como herramienta de control la Orden de Trabajo, ya que nos permite saber que estamos haciendo y que tan bien lo hacemos.

### 3.2.1 Estándar de interrelaciones con otras áreas.

- **Objetivo.** Establecer las directrices de las relaciones de mantenimiento otras áreas de la organización.
- **Alcance.** Definir los lineamientos para la relación de las áreas externas a Mantenimiento en el CPR Espinal para mantener y optimizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos
- **Desarrollo.** En la ejecución de la función de mantenimiento desde su inicio se requiere de la participación de las otras áreas para el reporte y registros de las fallas presentadas en los equipos mediante la creación de los avisos (M1 y M2) en el CMMS (Computer Management Maintenance Systems) como se aprecia en la Figura 16.

Figura 16. Flujo interno de la orden de trabajo



Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Una vez se registre la falla del equipo en el CMMS, se inicia el desarrollo del ciclo de mantenimiento para la solución de lo reportado; Dicho ciclo fue mencionado en el capítulo 2 de la monografía.

Figura 17. Relaciones externas con otras áreas en SAP.



Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Una vez transformado en Orden de Trabajo el aviso generado por el usuario, en caso que se requiera repuestos y/o servicios para solucionar la falla, se activan en SAP las interrelación con materiales, para el inicio del trámite de adquisición de los repuestos o la contratación del servicio; Este subproceso se detalla en el capítulo 3.1.2 de la monografía.. Posteriormente se continúa con el desarrollo del ciclo de mantenimiento y al final en el subproceso de cierre de la OT, donde se documenta las labores realizadas, se activan las interrelaciones con Finanzas para el pago del contrato de servicio o el suministro del repuesto.

Por otro lado la razón de ser del área de mantenimiento es: planear, Controlar y Supervisar la ejecución del Mantenimiento de los Activos del CPR-ESPINAL, garantizando la integridad de las personas y los equipos, contribuyendo en la optimización de las pérdidas de producción, alineados con la Política Corporativa de SMS.

Figura 18. Descripción del negocio MNES.

DESCRIPCIÓN DEL NEGOCIO				
UNIDAD ORGANIZACIONAL DE UN-COL:			MNES (Mantenimiento Espinal)	
PROVEEDOR	INSUMOS	PROCESO	PRODUCTOS	CLIENTE
1. SEGU 2. CCMA 3. PICE 4. CONTRATISTAS Y PROVEEDORES 5. PCEP 6. RCOM 7. GSMS 8. RHUM	Coordinación en Seguridad y apoyo logístico (1)  Contratos de Servicios, Suministro de repuestos y materiales (2)  Asesorías, apoyo, capacitación, entrenamiento y soporte técnico (3, 4)  Presupuesto aprobado (5)  Relaciones armónicas con los públicos de Interés (6)  Asesorías, apoyo, entrenamiento capacitación y soporte técnico (7)	Realizar la gestión integral de Mantenimiento  Optimizar las pérdidas de producción  Cumplir y divulgar la política de CSMS  Elaborar y controlar el presupuesto de Mantenimiento  Realizar la interventoría de contratos de servicios.  Implementar y aplicar herramientas del proceso de gestión de activos.  Planes y programas de mantenimiento de equipos.  Reservas de materiales y solicitud de servicios.	1. Equipos disponibles y confiables  2. Presupuesto ejecutado	PRES (1)  DPES (2)

Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Las relaciones con otras áreas están definidas en la descripción del negocio ubicado en la Intranet de Petrobras Colombia Ltda.

### 3.2.2 Estándar de ejecución de proyectos de facilidades de superficie.

➤ **Objetivo.** Dar lineamientos del proceso de ejecución de un proyecto desde su requerimiento hasta su entrega y puesta en marcha, que implique la construcción de Facilidades de Superficie en el Distrito Espinal, de tal forma que se asegure calidad, seguridad, protección al medio ambiente, tiempo de entrega, satisfacción del usuario (áreas de producción y mantenimiento); con el concurso de todas las

Áreas de acuerdo con el alcance específico del Proyecto y los roles y responsabilidades asignadas.

➤ **Documentos complementarios:** Estándar de Gestión de cambios Gestión de Cambios – AMAC.

➤ **Definiciones:**

- **Custodia:** Responsabilidad que tiene el área que tiene a su cargo el/los equipos; por ejemplo cuando una bomba esta en bodega, la custodia es de Bodega y debe responder por su adecuado almacenamiento, cuando es entregado a ICOM para su montaje, cambia la custodia y el responsable es ICOM.

- **Facilidades de superficie:** Incluye todas las construcciones eléctricas, mecánicas, tuberías, obras civiles y/o instrumentación que se construyen en las locaciones de los pozos, Estaciones Recolectoras, Estaciones de Bombeo, Facilidades Técnico administrativas, Oleoductos, Acueductos, Gasoductos, Estaciones de Tratamiento Primario, Secundario, Inyección de Agua, Gas, Generación, Distribución de Energía Eléctrica, entre otros.

- **Material o producto peligroso:** Material, producto o mezcla de materiales que, a causa de sus propiedades químicas, físicas o biológicas, aisladas o combinadas, constituye un peligro. Son productos peligrosos los productos listados en la legislación aplicable localmente y, en su ausencia, aquellos que constan en el documento *Recommendation on the Transport of Dangerous Goods Model Regulations*- ONU

- **Proyecto:** Es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único - Temporal porque tiene un inicio y un fin definidos, único por ser un producto único y diferente en algún aspecto de cualquier otro producto o servicio existente. Se asimila con los nuevos emprendimientos.

- **Puntos críticos:** Se entiende por puntos críticos, los puntos donde interactúan dos o más áreas tales como: conexiones a facilidades en operación, "tie- in" a facilidades existentes, paradas de operación entre otras.

- **Residuo de desecho peligroso:** Es aquel que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radioactivas, puede causar riesgo ó daño a la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso a los envases, empaques o embalajes que hayan estado en contacto con ellos. Lo anterior según decreto 4741 de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
  
- **Riesgo:** Medida de pérdida económica, humana y/o ambiental resultante de la combinación entre la frecuencia esperada y la consecuencia de esas pérdidas
  
- **Sustentabilidad:** Característica del negocio capaz de crear valor a largo plazo para los dueños a través del aprovechamiento de las oportunidades y de la gestión adecuada de los riesgos asociados a la evolución de los aspectos económicos, ambientales y sociales.
  
- **ICOM:** Grupo existente en la compañía encargado del desarrollo de la ingeniería básica y de detalle así como la construcción y entrega.
  
- **PICE:** Grupo existente en la compañía encargado de definir el alcance de los proyectos (Ingeniería conceptual), y su presupuesto.
  
- **DOSSIER:** Documento con la información técnica de todos los equipos y de los diferentes sistemas instalados, pruebas, puesta en marcha y la filosofía de operación.
  
- **Alcance.** Es aplicable a todos los proyectos de construcción de facilidades de superficie, que se desarrollen, aplica a locaciones de pozos, islas, estaciones, construcciones lineales como redes eléctricas, líneas de flujo, oleoductos y obras civiles entre otros, que se desarrollan entre PICE/ ICOM / CPR Espinal. Aplica para proyectos nuevos a partir de la fecha de implantación desde el requerimiento hasta la entrega al área de operaciones interesada (producción o mantenimiento)

Los proyectos de facilidades de superficie deben estar de conformidad con la legislación Colombiana e incorporar en todo su ciclo de vida las mejores

prácticas de seguridad, medio ambiente y salud y las quince (15) directrices corporativas de Gestión de SMS, de la compañía.

### **3.3 ESTÁNDARES DE MANTENIMIENTO**

#### **3.3.1 Estándar de Seguimiento a la Gestión en el área de Mantenimiento en el CPR Espinal.**

##### **➤ Reunión Grupo IMC**

- **Objetivos.** Para realizar avances en el desarrollo de la Gestión de Mantenimiento en el CPR Espinal, es necesario conformar el Grupo de Mejoramiento e Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad el cual debe participar en los análisis de falla y planes de mejoramiento que se realizan para los campos de Purificación y Matachines.

- Consolidar la estructura organizacional y de procesos para el desarrollo de una gestión de mantenimiento Clase Mundial.
- Desarrollar el plan a corto plazo para la implementación y sostenimiento de los procesos esenciales de la estrategia y gestión de mantenimiento.
- Proyectar a mediano y largo plazo el plan de mejoramiento de la estrategia de Mantenimiento.

- **Actividad y alcance**

- Designar de cada especialidad la persona y profesional que apoye y participe en el grupo de trabajo y planes de mejoramiento.
- Fortalecer los procesos de planeación y programación, al punto que todas las actividades de mantenimiento estén soportadas por dichos procesos y uso correcto del SAP
- Implementar las técnicas de mantenimiento predictivo y por condición, con base en la criticidad de equipos en busca de fortalecer el mantenimiento basado en condición con disminución del mantenimiento correctivo.

- Mejorar base de datos en SAP en lo referente al cargue y control de indicadores; sean estos de gestión o desempeño.
  
- Validar con Modelamiento la eficacia de la estrategia y los procesos formales de confiabilidad, RCA, FMECA, RCM, RBI, CBM como base del sostenimiento de la estrategia a largo plazo.
  
- Verificación del cumplimiento de los entregables de la matriz de la excelencia de mantenimiento, realizando proceso de seguimiento a las acciones de mejoramiento (5WH)
  
- **Frecuencia.** Esta reunión se deberá realizar bimensualmente registrando en el modulo Proser los entregables, asistentes y acciones.
  
- **Responsabilidades.**
  - **Supervisor de Mantenimiento BR:** Es el encargado de direccionar y realizar el seguimiento sobre la Gestión y plan de trabajo de la Estrategia de Mantenimiento establecida por el grupo IMC establecido en común acuerdo entre la organización y el contratista.
  
  - **Líder de IMC:** Persona con la función y responsabilidad de liderar todas las actividades que se planearon para la Gestión y Estrategia de Mantenimiento.
  
  - **Ingeniero de Confiabilidad:** Profesional que interviene de manera integral y apoyo en las actividades que le sean designadas por el líder de IMC para la Gestión y Estrategia de Mantenimiento. El ingeniero de Confiabilidad liderara los procesos de RCM, RIM, RCA y FMEA.
  
  - **Ingeniero CBM:** Profesional que cumple con labores del área CBM y que apoya la integración de las diferentes técnicas de mantenimiento.
  
  - **Planeador de Mantenimiento:** Asegura el cumplimiento y propone mejoras a la estrategia de mantenimiento a través de la planeación y el control de las actividades propias para cumplir con los objetivos del Contrato. Liderara el proceso de Planeación y Programación.
  
  - **Programador de Mantenimiento:** Persona encargada de cargar con optima calidad la información al sistema SAP PM para su respectivo análisis y verificación de planes y programa de mantenimiento.

➤ **Supervisor de Mantenimiento Contratista:** Profesional en el área de mantenimiento donde informa todas las actividades que se desarrollan en el campo y brinda apoyo en los planes de mejoramiento de la Gestión de Mantenimiento.

- **Desarrollo.** En el equipo de mantenimiento continuo es necesaria la participación activa e integral del personal, el grupo debe estar conformado por personas de las áreas: Eléctrica, Mecánica e Instrumentación del Campo Purificación. Los integrantes serán:

Tabla 7. Participantes del grupo IMC

CARGO	AREA
<b>Sup general de Mtto</b>	<b>Mantenimiento</b>
Superv. de Mtto O&M	O&M
Ing. Planeador	Mantenimiento
Ing. Confiabilidad	Mecánica
Sup. Mtto	Mecánica
Sup. Mtto	Eléctrica
Ing. CBM	Mecánica, CBM
Ing. Integridad	Químico
Analista CMMS	Planeación
Asist Producción	Producción

Una vez concluido el registro en PROSER del acta de la reunión, está se reenviara por Lotus para su validación al personal que no tiene acceso a dicho software. Este procedimiento se repetirá cuando se apruebe el acta, es decir, se reenviará por Lotus el acta con las decisiones registradas en la misma, al personal que no tenga acceso al software corporativo Programación y Seguimiento de Reuniones de PETROBRAS (PROSER).

➤ **Reunión Semanal de Seguimiento al Proceso de Mantenimiento.**

- **Objetivos.** Este estándar tiene por objetivo establecer la dinámica de la Reunión de Mantenimiento, definiendo su duración, objetivos, participantes y temas a ser presentados, para una adecuada gestión en del área de Operación y Mantenimiento. Cabe mencionar que esta reunión sirve como control del proceso completo desarrollado en el campo por el contratista de Operación y Mantenimiento.

- **Documentos a consultar.** Esta reunión se alinea al cumplimiento de la Directriz Corporativa de CSMS # 5, Operación y Mantenimiento y a los diferentes estándares definidos para cada proceso del área.
- **Actividad y alcance**
  - Presentación de la información sintetizada de los índices de programación, ejecución de las necesidades solicitadas por los diferentes usuarios del proceso y los lanzados por el software de mantenimiento (PM SAP), y su interrelación entre las diversas áreas.
  - Adecuar el manejo y el control del recurso humano disponible del Contratista de Operación y Mantenimiento.
  - Programar los trabajos alineados con la política de reducción de pérdidas de producción.
  - Divulgar los hechos e indicadores más relevantes referentes a Mantenimiento que se han presentado en el transcurso de la última semana y los que se van a presentar en el transcurso de la semana que inicia.
  - Presentación de actividades relevantes del proceso de confiabilidad (Indicadores CBM, Análisis de causa raíz) ejecutadas así como las programadas.
- **Desarrollo.** La Reunión Semanal de Mantenimiento se llevará a cabo todos los sábados, posterior a la reunión diaria de operaciones, en la sala de reuniones, ó en cualquier sala disponible del campo.

Participan de esta reunión, como mínimo el (los) representantes de Producción, Ingeniería y de Mantenimiento de PETROBRAS, en caso de ausencia de los titulares, sus sustitutos eventuales, además, los Supervisores de Mantenimiento y de Producción y la persona encargada de la Planeación & Programación de Mantenimiento de la firma contratista del servicio de Operación y Mantenimiento del campo. El responsable y expositor de esta reunión es el Supervisor de Mantenimiento de la firma contratista de Operación y Mantenimiento.

La invitación a esta reunión estará a cargo de Planeador del Distrito. Se gestionará por medio del PROSER, usando el código RPMT (Reunión de

Planeación de Mantenimiento). En caso de haber cambio o de cancelación se informará a todos los participantes con la adecuada anticipación.

➤ **Responsabilidades.** El Supervisor y el Estadista de Mantenimiento de la firma contratista de Operación y Mantenimiento, emitirán un borrador o preliminar en excel del Programa Semanal de Mantenimiento Preventivo para ser validado conjuntamente con los Supervisores de Ingeniería, Materiales, Producción y Mantenimiento de PETROBRAS en la reunión semanal de Planeación y Programación de Mantenimiento.

Esta reunión se registrará en PROSER e inicialmente se ha establecido hacerla a más tardar los sábados de cada semana y en ella se revisarán tanto los preventivos como los trabajos correctivos con avisos y sin aviso que se presentarán para su ejecución al grupo de Supervisores del contrato de O&M y conjuntamente, según el impacto en la Operación, se acordarán las prioridades para su ejecución por parte del grupo de Supervisores de PETROBRAS.

El programa validado en la anterior reunión, incluyendo el mantenimiento preventivo y el correctivo, será el programa base del mantenimiento a ejecutar en la siguiente semana y con base a él se actualizará en PM para liberación por parte del Planeador y Supervisores de Producción y Mantenimiento.

En la misma reunión habrá un espacio de 20 minutos para presentación de los indicadores semanales de mantenimiento por parte de los Supervisores de Mantenimiento de los Contratos de O & M.

Estos indicadores que se presentarán inicialmente en esta reunión son los siguientes:

- Indicadores de ejecución del mantenimiento programado.
- Indicador de Atención de Avisos.
- Indicadores de trabajos no ejecutados, por materiales, por no disponibilidad del equipo, por carga de trabajo.

- Indicador de Horas Hombre del período anterior, por mantenimiento preventivo, correctivo y por especialidad.

Los indicadores presentados en esta reunión, se consolidarán y al final del mes y se presentarán en la Reunión de Análisis Crítico del Campo. El borrador de la agenda de la reunión semanal de planeación es el siguiente:

Tabla 8. Agenda típica de la reunión semanal de planeación.

Ítem	Actividad	Responsable	Tiempo
1	Presentación Programa Semanal Preliminar	Supervisor de Mantenimiento del Contrato O&M	5 min.
2	Validación del Programa	Todos	10 min.
3	Presentación Indicador Ejecución Mto Programado	Supervisor de Mantenimiento del Contrato O&M	5 min.
4	Presentación Indicador Atención de Avisos	Supervisor de Mantenimiento del Contrato O&M	5 min.
5	Presentación Indicador trabajos no Ejecutados	Supervisor de Mantenimiento del Contrato O&M	5 min.
6	Presentación Indicador de H.H Periodo Anterior	Supervisor de Mantenimiento del Contrato O&M	5 min.

Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Con el objetivo de realizar un seguimiento a los puntos más relevantes de la reunión, estos se consignarán en un acta realizada por el coordinador de la reunión y la cual se registra en el PROSER para que todos los participantes de la reunión y los Supervisores de PETROBRAS tengan conocimiento de lo sucedido en la reunión y de los compromisos generados en la misma.

En el acta del PROSER además de registrar los eventos más relevantes tratados en la reunión, se adjuntarán los siguientes archivos:

- El programa semanal del periodo de validación respectivo,
- El acta de reunión firmada por los asistentes en magnético.
- Indicadores de Ejecución de Mantenimiento (OT's Cerradas / OT's Generadas)

- Indicador de Atención de Avisos (Avisos Generados/ Solicitudes de Servicio a Mantenimiento-con Avisos y sin Avisos).

Una vez concluido el registro en PROSER del acta de la reunión, esta se reenviará por Lotus para su validación al personal que no tiene acceso a dicho software. Este procedimiento se repetirá cuando se apruebe el acta, es decir, se reenviará por Lotus el acta con las decisiones registradas en la misma, al personal que no tenga acceso al software corporativo Programación y Seguimiento de Reuniones de PETROBRAS (PROSER).

#### ➤ **Reunión para el Seguimiento del Comité de Lubricación**

- **Objetivos.** El objetivo de este estándar es definir el modelo de seguimiento a la implementación de la Excelencia en Lubricación (CIEL), en el que participen miembros de los diferentes áreas de del grupo de operación y mantenimiento. Sus funciones serán la determinación de las mejoras y la responsabilidad de su implementación. Este comité podrá reunirse con una frecuencia determinada y utilizar los beneficios de la comunicación electrónica para mantener la retroalimentación y actualización de sus programas. Las políticas de Excelencia en Lubricación deberán emanar del CIEL para dar paso a la configuración de un Manual Corporativo de Lubricación - MCL, que servirá de base a la documentación de las mejores prácticas, procedimientos y estándares. La base dicho manual será el manual de lubricación desarrollado por el proveedor de lubricantes que tenga el contrato de suministro, como requisito contractual obligatorio.
- **Documentos a consultar.** Manual de lubricación desarrollado por suministrador de lubricantes.
- **Actividad y alcance**

#### ➤ Implementación de mejoras a equipos y sistemas

Proviene del proceso de Diagnóstico Global, del análisis financiero, de los análisis de Pareto y FMEA, se determinarán las mejoras que mayor impacto tienen en la maquinaria y componentes, para establecer la estrategia de atención en cada uno de los casos.

Los proyectos serán considerados individualmente y aplicados a unidades “piloto”, que permitan documentar los beneficios y evaluar su desempeño, para posteriormente poder ser aplicados de una manera general al resto de los equipos y plantas. De este proceso nacerán muchas de las acciones y mejores prácticas que se documentarán en el Manual Corporativo de Lubricación – MCL

Los aspectos considerados en esta etapa incluyen:

- Equipo y facilidades de almacenamiento y manejo de lubricantes
- Equipo y localización para muestreo de lubricantes
- Equipo y estrategias de control de contaminación para:
  - ☞ Partículas
  - ☞ Agua
  - ☞ Productos de oxidación
  - ☞ Aire atrapado y espumación
- Entrenamiento
- Técnicas de Lubricación – mecánicos y lubricadores
- Lubricación de Maquinaria
- Análisis de Aceite
- Certificación

- Programa de análisis de lubricantes en uso.
- Pruebas
- Objetivos y límites
- Pruebas por excepción

➤ **Manual Corporativo de Lubricación (MCL):**

- **Objetivos.** Este es el documento “vivo” en el que se concentra y actualiza la información y procedimientos procedentes de las mejores prácticas para que sean aplicadas en un marco de calidad por toda la organización.

La construcción del manual se toma como base del entregado por el suministrador del lubricante, para documentar las condiciones actuales de partida. Cada vez que se aplique y diseñe un nuevo procedimiento para una actividad específica esta será incluida en el manual. Este proceso no deberá considerarse una actividad terminal, ya que las mejores prácticas, los cambios y mejoras de tecnología surgen con frecuencia, requiriendo que el manual sea actualizado periódicamente.

Todos los procedimientos, guías, normas y estrategias serán identificados y podrán ser activados desde el documento original con hipervínculos para una mayor facilidad de aplicación.

Algunos de los temas y elementos a considerar en el MCL incluyen:

- Estándares de lubricantes.
- Estándares de filtración.
- Recepción, almacenamiento y manejo de aceite nuevo.
- Técnicas y procedimientos de muestreo.

- Estrategias de control de contaminación.
- Entrenamiento en línea.
- Bibliografía y recursos de información y consulta. CONF
- Estrategias de análisis de lubricantes en uso.
- Estrategias de incorporación de tecnologías predictivas.
- Objetivos y límites para resultados normales y anormales.
- Matriz de resultados anormales y acciones recomendadas.
- Árbol de decisión para resultados anormales por equipo.
- Prácticas y procedimientos de lubricación y re-lubricación por tipo de equipo.
- Administración de residuos peligrosos de lubricantes.
- Prácticas de medio ambiente
- Prácticas de seguridad – Información de seguridad de los productos en
- Resultados de RCA más significativos.
- **Desarrollo.** La reunión se llevará a cabo bimestralmente, en la sala de reuniones, ó en cualquier sala disponible del campo.

Participan de esta reunión, como mínimo el Ing. de Confiabilidad, el Ing. de CBM, El supervisor de Mantenimiento del contrato de O&M, el Ing. Asesor del Suministrador del Lubricante, El planeador de mantenimiento de Petrobrás y un técnico mecánico encargado de la lubricación. El responsable y expositor de esta reunión es el Ingeniero de CBM de la firma

contratista. La invitación a esta reunión estará a cargo de Planeador de mantenimiento del Distrito. Se gestionará por medio del PROSER, usando el código RCONF (Reunión de Confiabilidad). En caso de haber cambio o de cancelación se informará a todos los participantes con la adecuada anticipación

En cada reunión se programara el plan a desarrollar en la siguiente reunión y los entregables de cada profesional para poder realizarla.

- **Responsabilidades.**

- Supervisor de Mantenimiento BR: Es el encargado de recibir, analizar, y validar toda la información resultado, de los planes de acción recomendados por el grupo en cada reunión.
- Ingeniero de Confiabilidad: Profesional que interviene de manera integral y apoyo en las actividades de presentación de RCA donde se tengan posibles hipótesis de problemas de lubricación y el suministro de Bibliografía y recursos de información y consulta.
- Ingeniero CBM: Es el encargado de la realización de la reunión y la compilación de la información referente a la información de los lubricantes, filtros, análisis de aceite usado, técnicas de muestreo entre otras. Responde con la actualización del manual de lubricación.
- Planeador de Mantenimiento BR: Asegura el cumplimiento de la reunión y garantiza la planeación de los inventarios de los lubricantes.
- Programador de Mantenimiento: Es el encargado de la recepción de los resultados de los análisis, y de la logística de envío de muestras. Programa avisos para realización de mejoras en toma de muestras. Realiza anotaciones en acta de reunión correspondiente.
- Supervisor de Mantenimiento Contratista: Garantiza el cumplimiento de las acciones acordadas en la reunión, garantiza recolección de datos de relleno de lubricantes y canaliza al planeador de mantenimiento el

estado de inventario de producto o nuevas necesidades. Participa activamente en los RCA de las fallas de los equipos.

- Técnico Mecánico de lubricación: Participa activamente en la toma de los datos de relleno, en los RCA de maquinaria, y multiplica lecciones aprendidas, presentadas en la reunión al grupo completo.

### 3.3.2 Estándar de mantenimiento alineado al Balance Score Card.

- **Objetivo.** Establecer lineamientos para alinear el tablero balanceado de gestión a Mantenimiento.
- **Alcance.** Clarificar la interrelación del Balance Score card o Tablero Balanceado de Gestión con el área de Mantenimiento.
- **Desarrollo.** El Balance Scorecard (BSC) o Tablero Balanceado de Gestión (TBG) es una metodología que consiste en organizar, difundir y controlar la ejecución de la estrategia de las organizaciones. El TBG es comparado con el control de mando de un avión. En él se controlan los niveles de combustible, altitud, inclinación, velocidad y distancias, de la misma manera el BSC controla el nivel de cumplimiento de los objetivos de ventas, gastos, costos, productividad, satisfacción del cliente, procesos, motivación del personal, capacitación para evitar que los Gerentes y Directivos desvíen sus esfuerzos en actividades que están fuera de la estrategia empresarial.

En los campos petroleros en desarrollo las inversiones deben cumplir con dos (2) aspectos básicos: obtener la máxima producción del yacimiento con inversiones efectivas. Como segundo propósito adquirir los equipos óptimos en cuanto a costo y calidad, con el fin de obtener el costo más bajo de capital y operativo por barril producido prolongando el límite económico del campo.

Con base en los postulados de la misión y visión y fundamentados en los valores y comportamientos de la compañía, PETROBRAS realizó una evaluación estratégica donde definió las áreas y las estrategias claves del negocio y planteo su interrelación en un mapa estratégico que es base para el desarrollo de este trabajo.

A partir de la misión y la visión PETROBRAS UNCOL diseño sus objetivos estratégicos en concordancia con el direccionamiento de la casa matriz, construyendo el mapa estratégico y los macro objetivos del negocio, medidos a través de distintos indicadores incorporados en el TBG, objetivos que tiene una orientación en los resultados, presentan márgenes de maniobra para situaciones imprevistas, relaciona todos los aspectos y procesos de la compañía, permite detectar acciones de mejora y está desdoblado a todos los niveles de la organización.

El TBG se fundamenta y se elabora en torno a cuatro (4) perspectivas fundamentales, que son: financiera (como nos ven nuestros socios), mercado (como nos ven nuestros clientes), procesos internos (en que procesos internos debemos ser excelentes) y de aprendizaje y de crecimiento (que recursos son claves para mejorar e innovar).

Las actividades de operación y mantenimiento son las que más impactan los objetivos establecidos en el BSC de la empresa, por lo que se definió una estrategia para mejorar estos servicios teniendo en cuenta los aspectos fundamentales de expectativa del Socio, estado mundial del arte comparado con el estado de cada campo y la estrategia de ejecución de los servicios<sup>4</sup>.

Para satisfacer las necesidades de los socios se optimizan los gastos e inversiones, se minimizan los riesgos, se cumple con la calidad de los productos y procesos y se asegura para la asociación el conocimiento y la memoria institucional. Teniendo en cuenta estas expectativas la UNCOL estableció los siguientes logros: Mejoramiento de la eficiencia de las plantas (reducción de pérdidas de producción), mejoramiento de la confiabilidad, disponibilidad e integridad de las plantas; reducción de los costos de mantenimiento, mejoramiento de los estándares de SMS y tratamiento a través del SAP e los procesos de apoyo y sus subprocesos.

Para conocer el estado del arte se tiene como referencia la matriz de excelencia de mantenimiento, periódicamente se realizan análisis del estado del campo para determinar la estrategia de gestión de activos basado en procesos de confiabilidad.

Respecto a la estrategia de ejecución de los servicios, será enfocada a mantener la integridad de las instalaciones asegurando la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los equipos según las necesidades del negocio, bajo los más altos estándares de salud, seguridad (física e industrial) y protección del medio ambiente. Además para lograr un mejor compromiso del firma que presta los servicios de Outsourcing, la metodología de compensación, premiando los esfuerzos y logros obtenidos y la penalización cuando ocurran daños considerables en equipos o existan pérdidas de producción inherentes a fallas operacionales.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, al interior de mantenimiento para satisfacer la perspectiva financiera se estableció la rentabilidad y valor,<sup>5</sup> por medio del costo del mantenimiento por barril y el aumento de ingresos por medio de la disminución de las pérdidas de producción. Respecto a la perspectiva de mercado, se definió como satisfacción de los clientes, por medio de la gestión integral de desempeño; El aporte en cuanto a la perspectiva de procesos internos, por medio de ventajas competitivas utilizando la planeación y programación; eficiencia operacional, por medio de los indicadores de confiabilidad y disponibilidad.

---

<sup>4</sup> AMÉNDOLA, Luís. Balance Scorecard en la Gestión del Mantenimiento.

<sup>5</sup> TBG como parte Integral de la Gestión de Operación y Mantenimiento.

Tabla 9. Indicadores de mantenimiento alineado al TBG

Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

### 3.3.3 Estándar determinación de equipos críticos

➤ **Objetivo.** Establecer para el Distrito Espinal, incluidos los contratistas, el mecanismo para verificar el cumplimiento de los procedimientos críticos, en función de los riesgos de SMS.

➤ **Alcance.** Realizar una guía para la clasificación de los equipos del DISTRITO ESPINAL, de acuerdo a su rango de criticidad y establecer una base para optimizar los programas de mantenimiento. Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de optimizar el proceso de asignación de recursos (económicos, humanos y técnicos).

ITEM	PERSPECTIVA	INDICADOR
1	Financiera	Costo de Extracción de Mantenimiento. Pérdidas de Producción.
2	Mercado	Evaluaciones periódicas de matriz de mantenimiento
3	Procesos Internos	Confiability. Disponibilidad.
4	Aprendizaje & crecimiento	Involucramiento de los empleados Indicador de Desarrollo de Personal Indicador de Clima Laboral

➤ **Documentos a Consultar.** Criticality analysis for maintenance purposes, Norsok Estándar z-008 rev 2, noviembre 2001.

➤ **Responsabilidades**

- **Planeador de Mantenimiento:** Asegura el cumplimiento y propone mejoras a la estrategia de mantenimiento a través de la planeación y el control de las actividades propias para cumplir con los objetivos del Contrato. Diseña, revisa y consolida los planes y recursos necesarios para la ejecución del mantenimiento. Diseña, revisa y consolida los planes y recursos necesarios para la ejecución del mantenimiento.
- **Programador de Mantenimiento:** Programar la estrategia global de mantenimiento de los equipos basado en la filosofía y principios aprobados por las compañías involucradas, revisar junto con el planeador constantemente los planes de mantenimiento del contrato, con el fin de liderar una mejora continua al proceso.
- **Supervisor de Mantenimiento:** Lidera los programas de mantenimiento que garanticen la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos cumpliendo con los estándares técnicos de la compañía, los de SMS, políticas y procedimientos enmarcados dentro del contrato.
- **Técnico:** Persona con especialidad en la rama eléctrica, electrónica, mecánica e instrumentación encargada de recopilar información técnica de los equipos y la ejecución de actividades de mantenimiento.
- **Operador de Planta / Estación:** Manejar la operación de la estación según actividades propias de cada campo. Define la prioridad con la cual utilizar los diferentes tipos de equipos y maquinaria para su operación.

➤ **Desarrollo.** Inicialmente se relacionan todos los equipos del campo en el formato establecido

Tabla 10. Tabla maestra de cálculo criticidad.

ÁREA	EQUIPO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR	VALOR	VALOR
				A	B	C
MN	10000439	GENER	MOTOR WAUK G125A			
MN	20000464	GENER	GENER KATO G125A			

Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Posteriormente se evalúa cada equipo con la importancia dentro de cada sistema valor según el siguiente criterio

Tabla 11. Valor columna A. Importancia del equipo dentro del sistema

<b>VALOR COLUMNA A</b> <b>IMPORTANCIA DEL EQUIPO DENTRO DEL SISTEMA</b>	
<b>1</b>	Puede causar riesgos, problemas ambientales o legales
<b>2</b>	Puede causar pérdidas significativas
<b>3</b>	Puede reducir la producción, o la calidad de la producción con alguna pérdida
<b>4</b>	Puede aumentar la demanda o aumentar el personal, no produce riesgo, no afecta la economía ni el medio ambiente
<b>5</b>	No es importante con respecto a la seguridad, al medio ambiente o a la economía y no produce efecto sobre la demanda o el personal

Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Luego se evalúa y se califica la confiabilidad del equipo (Valor B)

Tabla 12. Valor columna B – Confiabilidad del equipo.

<b>VALOR COLUMNA B</b> <b>CONFIABILIDAD DEL EQUIPO</b>	
<b>1</b>	Alta confiabilidad. Normalmente no tiene partes en movimiento y trabajo liviano.
<b>2</b>	Muy confiable. Pocas partes en movimiento y trabajo normal.
<b>3</b>	Normalmente confiable. Partes en movimiento que se pueden fatigar y condiciones de trabajo severas.
<b>4</b>	Algo confiable. Sistema complejo, condiciones de trabajo muy severas y sobrecargadas.
<b>5</b>	No ofrece ninguna confiabilidad.

Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Luego se evalúa y se califica el impacto del equipo dentro del sistema (Valor C).

Tabla 13. Valor columna C. Impacto del equipo.

<b>VALOR COLUMNA C IMPACTO DEL EQUIPO DENTRO DEL SISTEMA</b>	
1	Causa parada del sistema.
2	Produce gran disminución en la capacidad del sistema, no tiene equipo de respaldo y el tiempo de reparación o cambio es significativo.
3	Produce mediana disminución en la capacidad del sistema. Tiene equipo de respaldo y el tiempo de reparación es corto.
4	Puede operarse en manual o salir de la línea y produce una pequeña disminución en la capacidad del sistema. No se requiere todo el tiempo.
5	No produce efecto sobre la capacidad del sistema.

Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Una vez calificado el equipo con los valores (A, B y C), se toman estos valores y se reemplazan en la siguiente ecuación que valora el grado o ranking de criticidad del equipo.

$$ER = (0.275) \times (11.2 - SYS^{1.5}) \sqrt{(REL^{1.1} + (6-IMP)^{1.2})}$$

Donde:

ER= Ranking del Equipo

SYS= Importancia del equipo dentro de cada sistema (Valor A)

REL= Confiabilidad del Equipo (Valor B)

IMP = Impacto del equipo dentro del sistema (Valor C)

De acuerdo al resultado obtenido de la fórmula enunciada se realiza la clasificación de la criticidad del equipo de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 14. Clasificación de prioridad de atención según criticidad

<b>Categoría de Criticidad</b>	<b>Categoría del Equipo</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Tiempo para Actuar</b>
Crítico	6 - 10	1	Inmediatamente
Esencial	4 - 5.9	2	0 – 48 horas
Propósito General	0 – 3.9	3	Máximo 4 semanas

Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Una vez clasificado todos los equipos, se realiza un filtro por los diferentes categorías para realizar la revisión por parte del planeador de los programas de mantenimiento, según su criticidad en el proceso.

### 3.3.4 Estándar para la gestión de activos

#### ➤ PROCESO RCA.

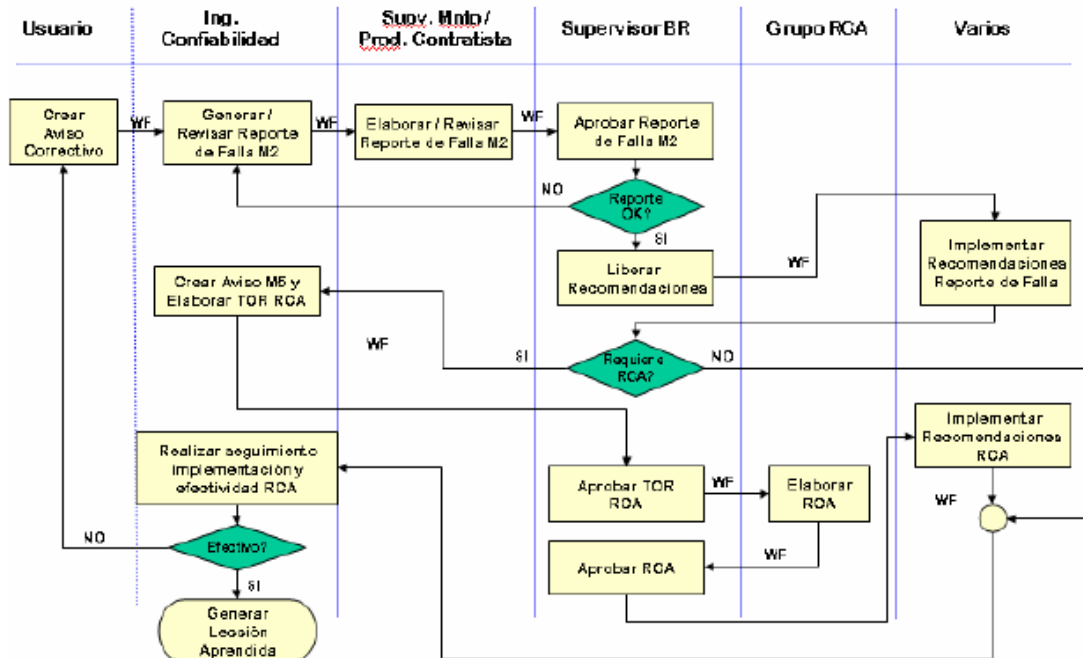
Proceso de Gestión de Activos definido para identificar, detectar y corregir las causas raíz de falla de los equipos y componentes de las unidades productivas, antes de su periodo de envejecimiento natural, en un orden de prioridades gobernado por su impacto para el cumplimiento de los objetivos de la compañía.

- **Objetivo.** Establecer los lineamientos para ejecutar en el transcurso del proceso de elaboración de los RCA de la Unidad Colombia. Este procedimiento aplica para el análisis de eventos de falla de sistemas, equipos y componentes a cargo de las Áreas de Mantenimiento, Producción e Ingeniería de PETROBRAS Colombia y está basado en una metodología mundialmente reconocida como Análisis de Causa Raíz (RCA por sus siglas en ingles).
- **Alcance.** Determinar las acciones para identificar y corregir las causas raíz de un evento de falla (esporádica o recurrente) que afecte la unidad productiva en un grado de severidad establecido, por su impacto sobre las personas (lesión o enfermedad), a la propiedad (incluyendo las perdidas de producción asociadas o el deterioro de la calidad) o el medio ambiente

- **Responsabilidades**

- **Usuario SAP Mantenimiento en Planta (PM):** Crear el aviso de solicitud de mantenimiento correctivo M2, describiendo de manera clara información técnica relacionada con el evento de falla.
  - **Ingeniero de Confiabilidad:** Revisar los avisos de mantenimiento correctivo M2 con el fin de identificar eventos que requieran la ejecución de Reportes de Falla. Soportar la ejecución de reportes de falla y asegurar su calidad y efectividad. Elaborar los Términos de Referencia (TOR) para analizar eventos de falla que requieran la ejecución de un Análisis de Causa Raíz. Facilitar la ejecución de Análisis de Causa Raíz. Realizar el seguimiento a la implementación de las recomendaciones de Análisis de Causa Raíz y a la efectividad de las mismas. Asegurar la efectividad del proceso de Análisis de Causa Raíz mediante el seguimiento de los indicadores de gestión del proceso.
  - **Supervisor de Mantenimiento / Producción del Contratista – Ingeniero del Área de Ingeniería:** Elaborar Reportes de Falla con el fin de identificar las causas raíz de un evento de falla y definir las recomendaciones tendientes a eliminar su recurrencia.
  - **Supervisor de Mantenimiento / Producción / Ingeniería de PETROBRAS:** Aprobar los Reportes de Falla y Análisis de Causa Raíz y asegurar la implementación efectiva de recomendaciones. Identificar requerimientos de ejecución de Análisis de Causa Raíz para analizar fallas de alto impacto. Facilitar la disponibilidad de recursos de personal interno y externo para la ejecución de Reportes de Falla y Análisis de Causa Raíz.
- **Frecuencia.** Cada vez que se requiera hacer el reporte debido al impacto y severidad de la falla, según la Figura 20.
  - **Desarrollo.** Cada vez que un equipo del campo presente una avería la persona responsable del equipo (operador, técnico, estadista) debe crear en SAP el correspondiente aviso M2 de solicitud de mantenimiento correctivo, en la figura 19, se ilustra el flujograma del proceso de RCA en SAP definido.

Figura 19. Flujograma del proceso RCA en PM-SAP.



Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Las fallas esporádicas con un impacto significativo a la producción, al presupuesto de mantenimiento o que resulten en daños al medio ambiente o a las personas, serán analizadas de acuerdo a la Matriz de Definición del Tipo de RCA mostrada en la Figura 20. Las fallas que se ajusten a una casilla de color amarillo o rojo serán clasificadas como de impacto mediano o alto, respectivamente, y por consiguiente deberán ser analizadas con un Reporte de Falla, a través del aviso M2 de SAP.

La Matriz de definición del Tipo de RCA, sirve como guía principal para determinar cuáles eventos de falla requieren la ejecución de un Análisis de Causa Raíz. Sin embargo, se debe tener en cuenta la potencialidad de los eventos de falla que puede generar cambios en su clasificación.

Figura 20. Matriz de definición de RCA.

SEVERIDAD				FRECUENCIA					
SEGURIDAD	AMBIENTAL	ECONOMICA	PERDIDAS PRODUCCION	1 vez cada 5 años o más	1 vez cada 3 años	1 vez al año	1 vez cada 3 meses	1 vez al mes	
Primeros auxilios	Fuga leve (< 0.1 bl)	< 2,000 U\$	< 1% Prod. diaria						1
Tratamiento médico	Fuga menor (0.1 - 1 bl)	1,001 a 10,000 U\$	1 - 3% Prod. diaria						2
Accidente con tiempo perdido	Fuga localizada (1 - 10 bl)	10,001 a 25,000 U\$	3 - 7% Prod. diaria						3
Incapacidad parcial o total	Fuga mayor (10 - 100 bl)	25,001 a 50,000 U\$	7 - 10% Prod. diaria						4
Fatalidad	Fuga extensa (> 100 bl)	> 50,000 U\$	> 10% Prod. diaria						5
				A	B	C	D	E	

<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #FF0000; border: 1px solid black;"></span> RCA	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #FFFF00; border: 1px solid black;"></span> REPORTE DE FALLA	<span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #00FF00; border: 1px solid black;"></span> REPORTAR EN SAP PM
---	--	--

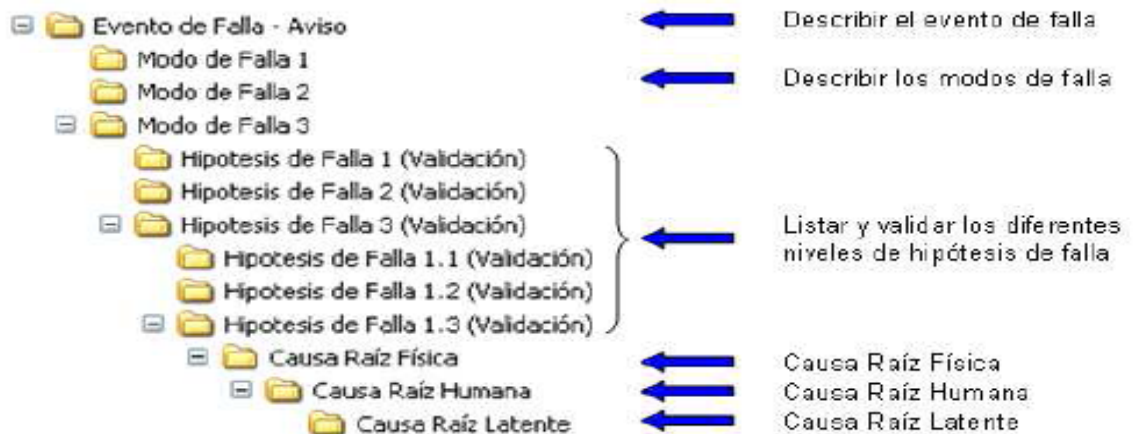
Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Una vez finalizado el reporte de falla el Supervisor BR encargado de su revisión deberá determinar la necesidad de crear un aviso M5 para realizar un análisis más detallado de la falla para los eventos clasificados en color rojo según la matriz. Los eventos de falla clasificados en la región verde de la matriz son de bajo impacto y no requieren la ejecución inmediata de un Análisis de Causa Raíz. Estos eventos son documentados en SAP PM para su posterior análisis e identificación de fallas crónicas que requieran la ejecución de un Análisis de Causa Raíz.

Cuando el Ingeniero de Confiabilidad identifique la necesidad de realizar un Reporte de Falla deberá agendar una medida (Ejecutar Reporte de Falla) al responsable de su ejecución, dependiendo del responsable del equipo donde se presentó la falla, a través de la funcionalidad Medidas Confiabilidad ubicada en la pestaña de Códigos de Falla del Aviso M2.

Dependiendo del origen de la falla y del equipo donde se presentó el evento se reportarán las medidas para elaborar el Reporte de Falla. Por consiguiente, los Supervisores de Mantenimiento y Producción del Contratista y el personal del Grupo de Ingeniería de PETROBRAS podrán tener bajo su responsabilidad la ejecución de esta tarea. El Reporte de Falla será ejecutado con el soporte del personal técnico de operación y mantenimiento, a través del aviso M2 de SAP Modulo de Mantenimiento en Planta. El Reporte de Falla requiere la utilización de la metodología de Análisis de Causa Raíz y la elaboración del Árbol de Falla, mostrado en la Figura 21, para la identificación de las causas raíz. Sin embargo, no se pondrá mucha atención en los detalles y la dedicación del personal será parcial. El Ingeniero de Confiabilidad deberá soportar igualmente la elaboración de este.

Figura 21. Estructura del árbol de falla PM-SAP.



Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Para la ejecución del Reporte de Falla el grupo de análisis deberá definir de manera precisa el evento de falla. Sin una definición clara de la falla, una serie totalmente equivocada de modos de falla podría arrojar un buen número de causas raíces, pero es posible que las soluciones no corrijan el verdadero problema.

El grupo de análisis del Reporte de Falla necesita desarrollar una estrategia para la recolección de las 4 P's (partes, posiciones, personas, papel). La obtención de evidencia es crucial en los casos de fallas esporádicas, puesto que el grupo solamente tiene una oportunidad para obtenerlas.

Usando la información recolectada se debe desarrollar el árbol de falla, el cual no se considera completo a menos que las raíces latentes o del sistema sean identificadas. Mediante una tormenta de ideas se determinan los modos de falla que ayudan a definir más a fondo un evento, describiendo los síntomas que se observaron como resultado de la falla. Solamente interesan los modos de falla que hayan ocurrido o pudiesen haber ocurrido y ser la causa del problema, no aquellos que no tienen nada que ver con éste. Se debe analizar más a fondo el cómo y el por qué de las causas que se presentaron. No se deben descartar las ideas extrañas, siempre y cuando tengan algo de credibilidad.

Los bloques de causa de fallas se utilizan para determinar cómo y por qué el anterior bloque de modos de falla pudo haberse presentado. Se deben considerar todas las posibilidades e incluirlas en su totalidad. Para determinar las causas de la falla es útil preguntarse:

- ❖ ¿Cuándo ocurre? ¿A qué hora? ¿Qué efectos tiene? ¿Por qué ocurre?
  
- ❖ ¿Qué condiciones especiales se presentaron o existían y que modificaciones se han hecho? ¿Cómo ocurre?

Más adelante se eliminan las causas poco realistas. Se debe ir más allá de lo obvio, evitar soluciones rápidas y analizar situaciones similares en otros lugares. Es necesario preguntarse nuevamente cómo y por qué pudo haber ocurrido esto. Se continúa en este paso con el pensamiento “no encasillado” analizando todas las posibles causas creíbles que pudieron presentarse para resultar en el modo de falla anotado.

Cada bloque de hipótesis del árbol lógico necesita ser verificado (demostrado o refutado). Este es uno de los pasos más importantes en el proceso de ejecución del Análisis de Causa Raíz. Sin la verificación, los hallazgos y recomendaciones del RCA no tienen sentido. Es necesario buscar evidencia con hechos que soporten/verifiquen o desaprueben cada causa potencial. De lo contrario, se debe incluir “sin evidencia” o “no se puede probar” y asignarle una probabilidad de que ésta sea la causa.

Cuando el grupo ha realizado el último grupo de causas potenciales y ha verificado la evidencia al nivel de componente, han llegado a la Causa Raíz Física de la falla.

El análisis siempre debe continuar a través del Árbol de Falla a fin de determinar la Causa Raíz Física. Dependiendo de lo crítica que sea la falla y del tiempo disponible del equipo. Sin embargo, es altamente recomendable continuar con el proceso a través de la(s) causa(s) raíz latente(s), puesto que la determinación de dichas causas puede eliminar una serie de fallas similares que se consideraban no relacionadas. Esto resultará evidente después de determinar la causa raíz del sistema.

Para determinar la Causa Raíz Humana y la Causa Raíz Latente se deben emplear el listado de Análisis de Causalidad de Accidentes de PETROBRAS

Colombia. Para esto Se deben identificar las causas básicas en los Factores Personales y Factores de Trabajo de la lista. En ningún caso se debe detener el proceso en la causa raíz humana, puesto que el uso indebido de este paso puede afectar la disciplina del empleado y socavar los futuros esfuerzos de RCA. El grupo de análisis deberá generar un reporte del Reporte de Falla a partir de SAP Modulo Mantenimiento en Planta, en el que se incluya el listado de Recomendaciones que garanticen la eliminación total del evento de falla analizado, así como un plan de implementación detallado incluyendo las acciones, responsables, prioridades y fechas de cumplimiento para la implementación.

La prioridad de la implementación de una recomendación puede ser Alta, Media o Baja, dependiendo del % de éxito estimado, de la efectividad de la recomendación medida como reducción de riesgo y del análisis costo vs. Beneficio (CBR) de la implementación de la recomendación de acuerdo a la matriz de impacto definida... Esta matriz tiene en cuenta el impacto o consecuencias del evento de falla desde el punto de vista de Costos de Reparación (U\$), Pérdidas de Producción.

El Ingeniero de Confiabilidad, integrante del Grupo RCA, enviará a aprobación el Análisis de Causa Raíz al Supervisor BR, a través de la funcionalidad existente en SAP PM. Esta aprobación debe realizarse antes de proceder con la presentación formal del Reporte RCA a la Superintendencia del Distrito.

El Supervisor BR verificará que la implementación de las recomendaciones conduzca a la eliminación o reducción de las consecuencias del evento de falla y que estas sean técnica y económicamente viables.

Una vez realizada la revisión del RCA, el Supervisor BR hará las sugerencias del caso y se realizarán los ajustes y correcciones al reporte para ser presentado a la Superintendencia. Comunicar los resultados e implementar las recomendaciones del RCA constituye el paso más esencial del análisis por el solo hecho de dejar documentados los hallazgos de las investigaciones, junto con las recomendaciones derivadas de cada causa raíz. Este paso requiere una reunión formal con el Superintendente y demás personal directivo del Distrito. La presentación formal del reporte final del RCA por lo general ayuda a obtener el compromiso de la Superintendencia para resolver las fallas, concentrándose en las causas raíz determinadas en la investigación.

A partir de la aprobación y asignación de recomendaciones de RCA o Reportes de Falla, los responsables deberán iniciar la implementación de las mismas a través de la creación de las correspondientes Órdenes de Trabajo en SAP PM, ejecución de proyectos, preparación de procedimientos, revisión de estrategias de mantenimiento y en general se desarrollarán actividades tendientes a implementar las recomendaciones según corresponda. Los responsables de la implementación de recomendaciones deberán tener en cuenta su prioridad, enfocando todos los

esfuerzos necesarios para cumplir con las fechas de completamiento de las recomendaciones, iniciando por las de prioridad alta, de acuerdo a lo definido por los equipos de análisis en los reportes RCA o Reportes de Falla. El Superintendente de Distrito de Producción Espinal o su delegado, es el encargado de asegurar que se retiren los obstáculos existentes para la implementación de recomendaciones de análisis de falla, con miras a alcanzar el éxito de este sub-proceso.

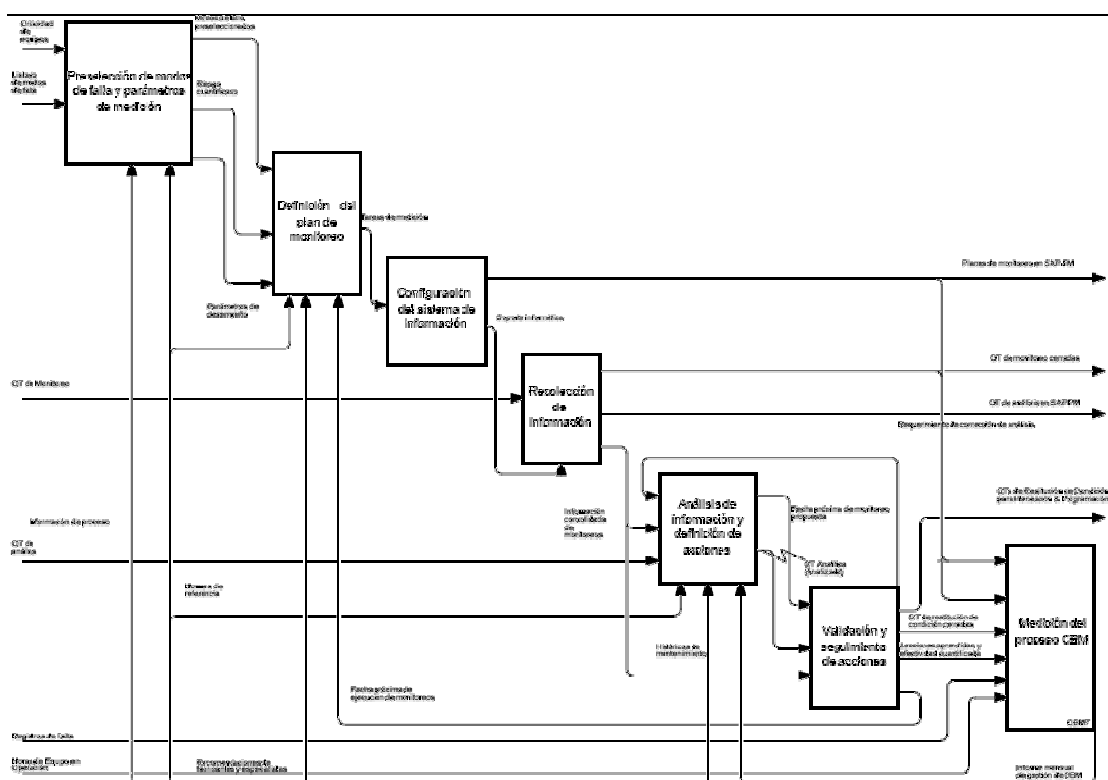
➤ **PROCESO CBM**

- **Objetivo.** Definir los procesos, actividades y flujos de información y trabajo para el Mantenimiento Basado en Condición (CBM) de PETROBRAS UN-COL, para lograr la máxima disponibilidad y confiabilidad, evitar fallas y tiempos fuera de servicio, incrementando los intervalos de Mantenimiento y reducción de los costos de Mantenimiento, de los equipos incluidos en el plan de CBM.
  
- **Alcance.** Definir los procesos, actividades y flujos de información y trabajo para el Mantenimiento Basado en Condición (CBM) de PETROBRAS UN-COL, para lograr la máxima disponibilidad y confiabilidad, evitar fallas y tiempos fuera de servicio, incrementando los intervalos de Mantenimiento y reducción de los costos de Mantenimiento, de los equipos incluidos en el plan de CBM.
  
- Documentos a consultar:
  - **ISO 7919:** Measurement of rotating shafts and evaluation criteria
  
  - **ISO 10816:** Evaluation of machine vibrations by measurement of non – rotating parts
  
  - **ISO 13372:** Condition monitoring and diagnostics of machines – vocabulary.
  
  - **ISO 13373-1:** Condition monitoring and diagnostics of machines – Vibration condition monitoring – Part 1: General Procedures.

- **ISO 13374-1:** Condition monitoring and diagnostics machines – Data Processing, Communication and presentation – Part 1: General Guidelines.
- **ISO 13379:** Condition monitoring and diagnostics of machines – General guidelines on data interpretation and diagnostics techniques.
- **ISO 13380,** Condition monitoring and diagnostics of machines – General Guidelines on using performance parameters.
- **ISO 13381 – 1:** Condition monitoring and diagnostics of machines – Prognostics – Part 1: General Guidelines.
- **Responsabilidades**
  - **Especialista de CBM:** Persona encargada de coordinar los FMECAs, FMSAs y actividades del Ejecutor de CBM. Participar en la configuración de los planes de mantenimiento de CBM. Realiza la consolidación de la información de las diferentes mediciones hechas y el diagnóstico y pronóstico, con las acciones recomendadas.
  - **Ejecutor de CBM:** Persona(s) o Empresa(s) encargada de realizar las tomas o mediciones de CBM en campo.
  - **Analista de CBM:** Persona encargada de hacer la validación de las acciones recomendadas hechas por el Especialista de CBM y generar las Órdenes de Trabajo de Restitución. Verifica el cumplimiento de las acciones recomendadas y su efectividad. Genera las lecciones aprendidas y hace el cálculo de los indicadores de gestión y desempeño. De igual forma participa en la configuración de los Planes de Mantenimiento de CBM
  - **Planeador de Mantenimiento de BR:** Persona encargada de la planeación de las Órdenes de Trabajo de Restitución.
  - **Supervisor de Mantenimiento de PETROBRAS:** Persona encargado de la validación de la cuantificación del riesgo y de los Planes de CBM.

- **Desarrollo.** El proceso de CBM se comienza con la determinación de la criticidad de los equipos, tal como se aprecia en la figura 22. A continuación se relacionan los puntos o tips importantes para ejecutar esta técnica.

Figura 22. Flujograma del proceso CBM



Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

- **Reconocer los procesos y los equipos.** Se identifican cada uno de los equipos y la función que cumple dentro del proceso productivo de la compañía.
- **Estudiar la criticidad de los equipos.** De acuerdo al listado de equipos se establece la criticidad identificando como:
  - ☞ **Equipo Crítico:** su parada afecta directamente la producción o la integridad de las personas.

- ☞ Equipo Esencial: estos equipos tiene back up en el momento de su parada, sin embargo cumple una función primordial del proceso productivo
  - ☞ Equipo de Propósito General: la parada no afecta la producción y su intervención puede ser fácilmente programada.
- **Definir la matriz CBM.** Tomando en cuenta la criticidad de los equipos, se define la frecuencia de monitoreo y las técnicas CBM que se deben aplicar para cada tipo de máquina.
  - **Ejecutar cada una de las técnicas de monitoreo de condición.**
  - **Dentro de las técnicas CBM más representativas se enuncian:**
    - ☞ **Análisis de maquinaria reciprocante:** La técnica de análisis de maquinaria reciprocante evalúa la condición por medio de capturas de vibración, ultrasonido, temperatura, presión e ignición, para así mediante el análisis de ondas en el tiempo y espectros en el dominio de la frecuencia, evaluar la condición de los componentes de la maquinaria.
    - ☞ **Análisis de maquinaria rotativa:** Define los niveles de vibración dentro de los equipos rotativos utilizando espectros en el dominio de la frecuencia (FFT) y del tiempo.
    - ☞ **Análisis de aceite:** Permite llevar un control, identificando el tipo de lubricante para cada máquina, y con este llevar tendencias sobre los niveles de desgaste (viscosidad, nitración, oxidación, partículas,...).
    - ☞ **Análisis de agua:** Establece un control sobre la calidad del agua en el proceso y permite identificar los componentes que aceleran el desgaste sobre los componentes que involucran flujo de agua.
    - ☞ **Análisis de variables operacionales:** Genera tendencias sobre el comportamiento de las variables en un proceso y permite identificar

los instrumentos que se encuentran fuera de los rangos normales de operación.

☞ **Flujometría de calor:** Identifica la eficiencia del sistema de enfriamiento, mediante el cálculo del calor liberado.

☞ **Condición de aislamiento e índice de polarización:** Determina la relación de absorción dieléctrica y el aislamiento del equipo.

☞ **Análisis termográfico:** Esta técnica utiliza una imagen térmica con la cual se identifican puntos de concentración de calor dentro de un componente.

☞ **Descargas parciales:** Evalúa la capacidad de disipación eléctrica de un componente.

☞ **Análisis fisicoquímico de aceite dieléctrico:** Permite evaluar la conductividad de los aceites en componentes eléctricos como lo son transformadores, entre otros.

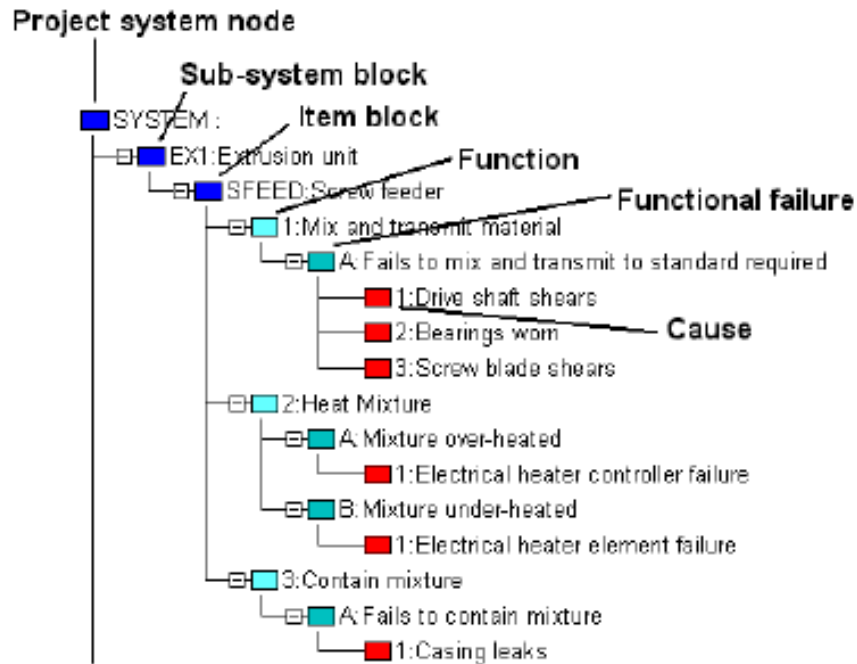
## ➤ PROCESO RCM

- **Objetivo.** Es un procedimiento sistemático y estructurado para determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos en su contexto de operación. Sirve para determinar la estrategia de mantenimiento basado en técnicas de confiabilidad y métodos de análisis conocidos como, FMECA. Tiene como base los costos de mantenimiento, las metas operacionales y los compromisos de seguridad y ambientales

- **Alcance.** Establecer los lineamientos para la ejecución de la técnica de RCM.

- **Desarrollo.** Como fase inicial para utilizar esta técnica, se requiere evaluar y jerarquizar los sistemas, de acuerdo a la matriz ya planteada en capítulos anteriores. Luego se debe recopilar la información como históricos de falla, con sus respectivos tiempos de falla (MTBF, MTTR, etc.). . En la figura 23 se ilustra la jerarquía del proceso para clarificar conceptos de esta técnica

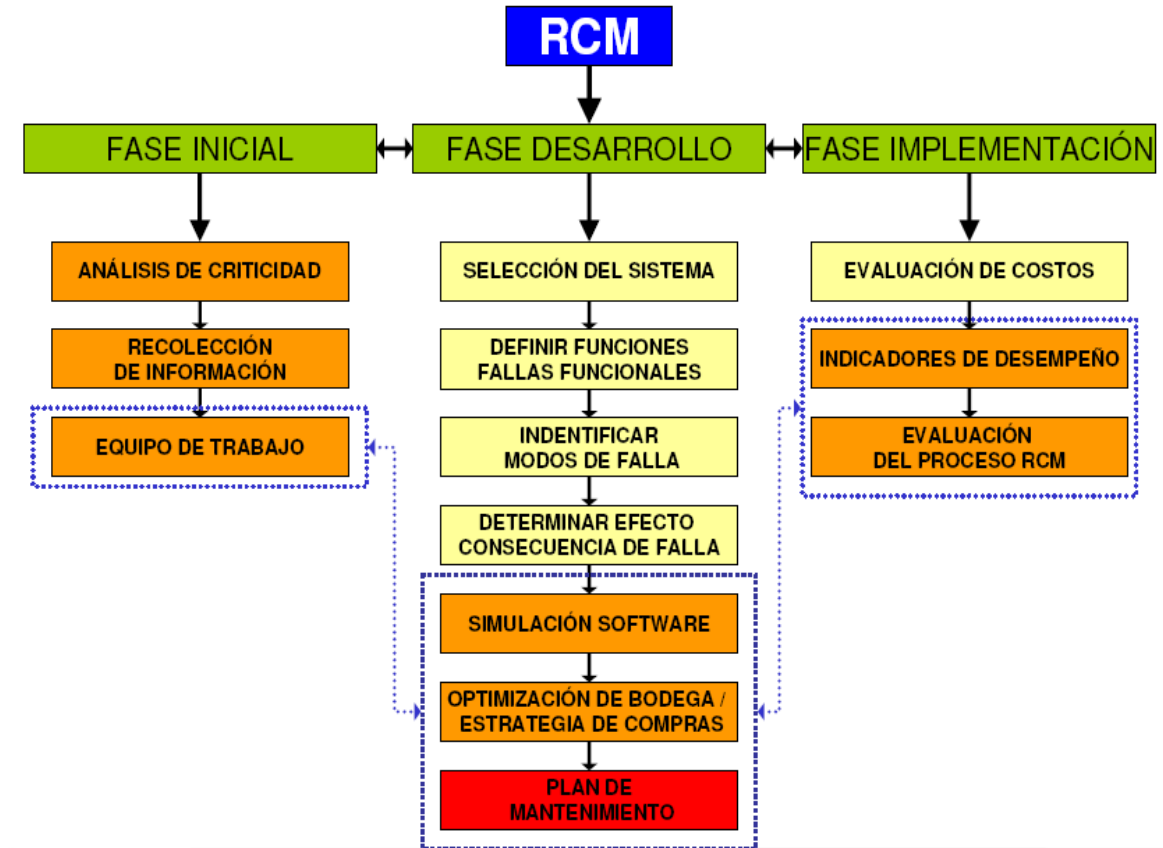
Figura 23. Jerarquía del proceso RCM.



Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

En la fase de desarrollo se selecciona el sistema que se requiere aplicar la técnica, luego definir las fallas funcionales y los modos de falla para posteriormente determinar el efecto de la consecuencia de la falla. Luego se procede a modelar dicha información y nos genera el plan de mantenimiento recomendado según las condiciones registradas. En la figura 24 se ilustra la estructura y el alcance del Proceso de RCM.

Figura 24. Estructura y alcance del RCM.

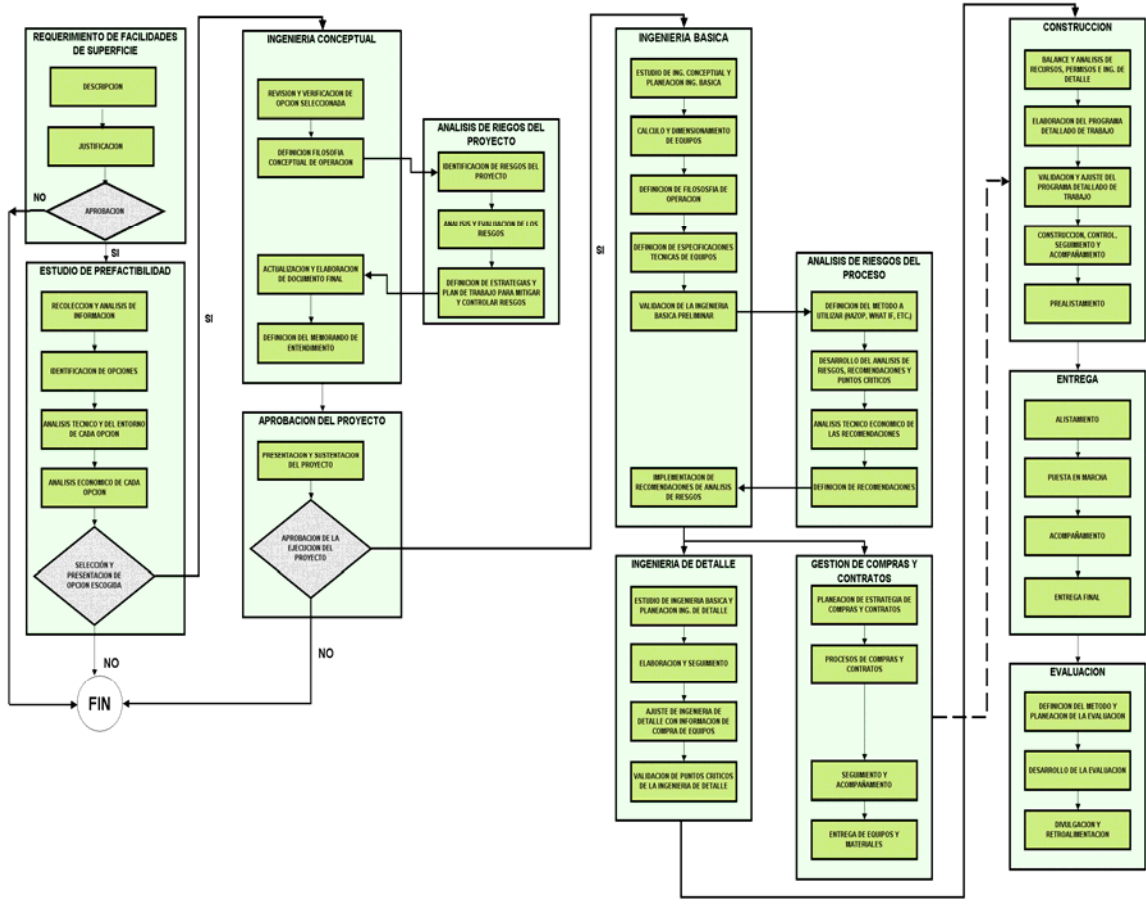


Fuente: PETROBRAS COLOMBIA LTDA.

Por último se realiza la evaluación de los costos de la estrategia de mantenimiento recomendada, y se le realiza un seguimiento por medio de los indicadores de desempeño para evaluar el proceso de RCM.



Figura 26. Diagrama de flujo de procesos



## 4.2 ROLES Y RESPONSABILIDADES

Debido a las diferentes procesos durante el desarrollo de cualquier proyecto y que requiere del esfuerzo y concurso de diversas áreas de la compañía se define una tabla de roles y responsabilidades en cada una de las fases de un proyecto.

El responsable del Proyecto es el Activo de producción correspondiente.

PICE es el responsable de gerenciar el proyecto de facilidades para los activos correspondientes, pero todas las áreas de la compañía son responsables de asumir sus roles en el momento oportuno para el buen desarrollo de los proyectos.

Tabla 15. Matriz de roles y responsabilidades

ROLES CLAVES EN LA ASIGNACION DE RESPONSABILIDADES			
1	Aprobar	11	Informar y Comunicar
2	Realizar / Ejecutar	12	Documentar
3	Retroalimentar	13	Consolidar
4	Definir	14	Cumplir
5	Coordinar	15	Controlar
6	Participar	16	Recomendar
7	Acompañar	17	Validar
8	Proponer	18	Custodiar
9	Efectuar seguimiento	19	Capacitar
10	Analizar	20	Afinar Procesos

### 4.3 DESCRIPCIÓN DE CADA FASE

A continuación se hace una breve descripción de cada una de las fases mostradas en el diagrama de flujo.

- **Requerimiento.** Procedimiento mediante el cuál se manifiesta la necesidad de ejecutar la construcción de facilidades de producción. Todas las áreas tienen la responsabilidad de proponer opciones para el desarrollo de los proyectos. El requerimiento se envía en forma escrita al Gerente de Proyectos del Activo asignado.
- **Fase I análisis de prefactibilidad.** Entendido como “Anteproyecto” En esta fase se determina el valor potencial de la oportunidad y su alineamiento con las estrategias de la Compañía. Es la base sobre la cual se apoyan las Inversiones para la toma de decisiones y genera un estimado de costos Clase 4 (-30% -+50%)

Los procesos que se realizan durante el análisis son:

- **Recolección y Análisis de Información:** Con esto se pretende tener la mayor cantidad posible de información sobre la necesidad planteada, con el propósito de realizar el análisis de dicha información para identificar opciones. Para el estudio de cualquier proyecto se requiere la colaboración tanto del Distrito correspondiente como de SMS, JURD, RSEM y SEMP de acuerdo con el alcance del proyecto para complementar la información que sea solicitada por PICE y enviar la información lo más pronto y completa para tener un panorama completo de las necesidades y generar un proyecto global. Se deben tener en cuenta las lecciones aprendidas de proyectos anteriores.

- **Identificación de Opciones:** Hace referencia a las diferentes posibilidades de ejecución del Requerimiento apoyada sobre la recolección y análisis de la información.
- **Análisis Técnico y del Entorno de las Opciones:** Se estudia la Tecnología que se utilizará en la ejecución del Requerimiento, además de tener en cuenta el medio en el cual se aplicarán estas opciones tales como sociales, ambientales, técnicas y Seguridad. Se estudiará técnicamente cada opción factible con la colaboración de todas las áreas que se requiera. El análisis de las alternativas debe considerar la disminución de productos peligrosos y los principios de sustentabilidad, desarrollo limpio y optimización de los recursos naturales.
- **Análisis Económico de cada Opción:** Se estiman los Costos Totales y la Rentabilidad Económica de las Opciones planteadas que satisfacen la necesidad del Requerimiento. Se realizará la evaluación económica de las opciones técnicas estudiadas de acuerdo con las directrices de Planeación y control de acuerdo con la magnitud del proyecto, donde aplica.
- **Selección y presentación de la opción escogida:** Se revisará con el Distrito correspondiente y se recomendará una opción que será aprobada en acuerdo con Proyectos de Ingeniería. Si es viable se presenta a los socios, se incluye en el Portafolio de Proyectos y en los casos donde aplique se presenta a Casa Matriz de la compañía.

Durante esta fase se analizan las alternativas u opciones técnicas identificadas como oportunidades de desarrollo y se selecciona la opción de proceso y tecnología más conveniente para el desarrollo de las Facilidades de Superficie. De acuerdo al tipo de proyecto se debe consultar con JURD sobre los requerimientos de negociación de tierras, permisos, servidumbres para cumplir con los requerimientos legales de los nuevos emprendimientos.

➤ **FASE II Inicio del proyecto.** Desarrollo de la los componentes del proceso son:

- **Revisión y Verificación de la Opción Seleccionada:** Consiste en revisar y verificar las opciones y seleccionar una de ellas verificando que las condiciones Técnico - Económicas permanecen y satisfacen plenamente la necesidad del Requerimiento.

- **Definición Filosofía Conceptual de Operación:** Comprende la descripción de la operación y tecnología del proceso que se desea satisfacer.
- **Actualización y Elaboración de Documento final:** Contiene, básicamente, toda la información de la opción seleccionada del anteproyecto con un tratamiento más minucioso de los factores influyentes en la decisión de la solución.
- **Seguimiento de la ingeniería conceptual:** Después de 15 días de entrega del documento a las diferentes áreas comprometidas en el proyecto, se hará a una reunión entre PICE e ICOM para aclarar dudas y fijar fechas para revisión, seguimiento y definir la documentación que aplique para la ingeniería.

Con el Análisis de Riesgos se busca sensibilizar la viabilidad de la ejecución de la opción escogida que pretende satisfacer el Requerimiento del Proyecto planteado. El análisis de riesgos del Proyecto hace parte de la ingeniería conceptual

PICE será responsable de solicitar las aprobaciones con los Socios, Casa Matriz y Entidades Gubernamentales, de acuerdo con las normas vigentes y establecidas en Petrobrás en Colombia.

- **Fase III Desarrollo de la ingeniería conceptual y básica.** Estudio de ingeniería conceptual y planeación de la ingeniería básica.

Comprende el estudio completo de la Ingeniería conceptual del grupo de trabajo que desarrollará la Ingeniería Básica para familiarizarse con la misma y con base en el alcance requerido hacer el plan de trabajo para ejecutar la Ingeniería básica, indicando los hitos más importantes que se deben cumplir, entre ellos las fechas en que se deben tener listas las especificaciones técnicas para compra de equipos mayores y/o de larga entrega.

- **Validación de la ingeniería básica preliminar.** Se realizarán reuniones periódicas para revisión de la ingeniería básica preliminar y definir modificaciones y/o mejoras a la misma con la participación de los diferentes áreas de acuerdo con lo establecido en roles y responsabilidades. Es preliminar porque aún no contiene la actualización por el análisis de riesgo del proceso.

- **Implementación de recomendaciones de análisis de riesgos.** Consiste en la inclusión en la ingeniería básica de las diferentes acciones estudiadas, recomendadas y aprobadas en el análisis de riesgo del proceso. Con esta acción debe quedar completamente definida la ingeniería básica. Se realiza con la documentación de la Ingeniería Básica preliminar ya validada por el grupo de trabajo.

- **Desarrollo del análisis de riesgo y recomendación de puntos críticos.** Consiste en el desarrollo de la reunión de análisis de riesgo con la participación de representantes del grupo de trabajo y cuyo entregable será un informe con los riesgos detectados y las acciones recomendadas. Igualmente detección de los puntos críticos del proyecto y la asignación de responsables para el manejo de los mismos. Se realizará un acta en PROSER para hacer Seguimiento a los puntos críticos y a los puntos de riesgos identificados.

- **Análisis técnico económico de las recomendaciones.** Cada recomendación del análisis de riesgo deberá ser evaluada tanto técnicamente como económicamente para asegurar su viabilidad.

- **Definición de recomendaciones.** Con base en el análisis técnico económico de las recomendaciones se definirá finalmente cuales se deben implementar dentro de la ingeniería básica para completar la misma, según la prioridad de seguridad. En caso de resultar cambios de alcance ó presupuesto de ejecución se debe seguir el estándar de manejo al cambio.

El producto de la Ingeniería de Detalle comprende: planos detallados del arreglo general incluyendo P&ID's, diagramas de flujo, planos de construcción por disciplinas, planos de clasificación de áreas y arreglo de tuberías, isométricos, listado final de equipos y materiales, listado de pruebas y protocolos a exigir durante la construcción, cronogramas detallados de construcción. En general el contenido de esta ingeniería de detalle debe concertarse en la validación de la Ingeniería Básica.

- **Estudio de ingeniería básica y planeación de ingeniería de detalle.** Comprende el estudio completo de la ingeniería básica del grupo de trabajo que desarrollara la ingeniería de detalle para familiarizarse con la misma y con base en el alcance requerido hacer el plan de trabajo para ejecutar la ingeniería de detalle, indicando los hitos más importantes que se deben cumplir, entre ellos las fechas en que se deben tener listas las especificaciones técnicas para compra de equipos menores y listados de materiales requeridos. Se deben tener en cuenta los permisos que se requiera gestionar tales como planes de manejo ambiental o licencias ambientales existentes dentro del campo.

- **Elaboración y seguimiento.** Son todas las actividades requeridas para elaborar la ingeniería de detalle dejando registro de las memorias de cálculo utilizadas y con base en las especificaciones técnicas propias de PETROBRÁS y los típicos de montaje. Todo esto debe quedar plasmado en planos y especificaciones técnicas de compras de equipos menores y materiales. Para el seguimiento se realizarán reuniones periódicas para revisión de la ingeniería de detalle y definir modificaciones y/o mejoras a la misma con la participación de los diferentes áreas de acuerdo con lo establecido en roles y responsabilidades.

- **Validación de los puntos críticos de la ingeniería de detalle.** Consiste en la presentación y validación de los puntos críticos identificados en la ingeniería básica y tratados en el análisis de riesgo para incluir su diseño final y planeación dentro de la ingeniería de detalle. Se compara con el acta en PROSER para dejar documentado. Se debe tener en cuenta para la actualización del programa detallado de construcción.

➤ **Fase IV. Ejecución (Responsable: EL CONSTRUCTOR)**

Esta fase corresponde a la implantación del Proyecto de acuerdo con el Plan de Gerenciamiento aprobado (alcance, plazo, calidad, Recursos Humanos Comunicaciones, riesgos, adquisiciones e integración). En esta fase se debe tener el Plan de Operación del Proyecto y se debe actualizar el Sistema de Gestión de Cambios.

Hacen parte de la fase de ejecución las compras, contratos, construcción y montaje. Esta fase concluye con la entrada en operación del proyecto. Consiste en todas las actividades que se requieren para adquirir los equipos y materiales así como contratar los servicios requeridos por el proyecto.

- **Planeación de estrategias de compras y contratos.** Definir la estrategia de compras y contratos teniendo en cuenta el plazo para la ejecución del proyecto, el tipo de proyecto y en general todas aquellas cosas que puedan obstruir el cumplimiento de la meta de ejecución del proyecto. Estas estrategias deben ser definidas conjuntamente entre las áreas PICE, CONSTRUCTOR y CCMA

- **Procesos de compras y contratos.** Es la ejecución de las actividades de compras y contratos bajo las políticas y patrones de la compañía según el estándar de Directrices y Procedimientos de Contratos, Compras y Materiales. Los procesos de compras y contratos para los proyectos de facilidades están a cargo de EL CONSTRUCTOR y CCMA.

El proceso de compras y contratos debe garantizar que los equipos sean seleccionados considerando las referencias legales y de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones del proyecto.

- **Seguimiento y acompañamiento.** Se debe llevar el control de cada una de las compras y contratos del proyecto, identificando riesgos de cumplimiento de la meta y estableciendo planes de acción para llevar estos procesos a un desempeño normal o mejor de lo planeado, es responsabilidad de EL CONSTRUCTOR realizar el acompañamiento y seguimiento al área de CCMA.

- **Entrega de equipos y materiales.** Es el proceso de la entrega de los equipos y materiales al proyecto. Se requiere el cumplimiento de políticas y patrones de la compañía así como las actividades de inspección de los bienes recibidos.

Son todas las actividades que se requieren para ejecutar físicamente el proyecto comprende obras civiles, mecánicas, eléctricas, instrumentación y control. Se deben tener listos los permisos ambientales y locales tales. Asimismo, se deben desarrollar los procesos de socialización, compra de predios y todo aquello requerido para dar cumplimiento legal y social al proyecto. Se deben realizar los procedimientos de operación, parada y permisos de trabajo correspondientes acordados con el Distrito de Producción

- **Balance y análisis de recursos, permisos e ingeniería de detalle.** Esta actividad comprende el aseguramiento de que los aspectos mencionados están plenamente definidos o bajo control con planes de acción bien definidos para dar comienzo a la construcción del proyecto en campo.

➤ **Fase V elaboración de programa detallado de trabajo.** Es el programa de ejecución de la obra realizado en conjunto por el contratista, la Interventora y el representante de PETROBRAS. Debe incluir una planeación especial para los puntos críticos identificados, especialmente si tienen que ver con Facilidades que están en funcionamiento.

- **Validación y ajuste del programa detallado de trabajo.** Hacer un análisis crítico del PDT para determinar puntos de mejoría y la implementación de los mismos dentro del mismo PDT. Además, permite que todo el grupo de trabajo este enterado de cómo se hará el desarrollo de las obras. Se debe tener en cuenta el proceso de los campos y el estado de compras y contratos.

- **Control, seguimiento y acompañamiento.** Corresponde a los procesos de Interventoría y acompañamiento en campo durante el desarrollo de la construcción.

- **Prealistamiento.** Contempla todas las actividades realizadas por el contratista necesarias para garantizar que todas las facilidades están bien construidas y montadas, y que desde el punto de vista constructivo se puede garantizar su operación sin riesgos para las personas o el medio ambiente; se realiza contra los planos y listas de chequeo previamente acordados. No contempla ninguna actividad de operación.

Durante esta etapa se deben realizar las verificaciones y pruebas que deben quedar los certificados de prueba que harán parte del dossier. Se deben verificar y entregar los listados de entrenamiento tanto de los equipos como de la difusión de los peligros que presentan los fluidos que están siendo tratados en las facilidades recién construidas. Aquí se termina la custodia de las facilidades por parte del constructor.

Son las actividades necesarias para garantizar desde el punto de vista operacional que las facilidades son operables correctamente. En esta actividad la custodia de las facilidades ya es de la operación.

Para la aceptación de equipos, instalaciones y materiales, se debe garantizar el cumplimiento de los requerimientos de seguridad, Medio Ambiente y Salud.

- **Alistamiento.** Son las actividades necesarias para garantizar un inicio de la operación adecuada. Contempla actividades operacionales de verificación de operación correcta, llenado de líneas y equipos, energización de los sistemas eléctricos y de control.

- **Puesta en marcha.** Es en sí el inicio continuo de la operación de las facilidades. Contempla actividades de verificación permanente mientras se garantiza que las facilidades quedan bajo operación normal.

- **Acompañamiento.** Son las actividades necesarias para hacer un acompañamiento de la operación de las facilidades por parte del constructor en caso de que se requieran mejoras de las facilidades detectadas durante la etapa de operación inicial. Igualmente, contempla el ajuste de los sistemas de control de los equipos.

Inicialmente, donde lo amerite, se realizará con los representantes de los equipos para su estabilización y luego con los representantes del CONSTRUCTOR. El tiempo será acordado con el distrito correspondiente. El grupo de mantenimiento del campo inicia el desarrollo de la estrategia de predicativo para los diferentes equipos y sistemas. En esta etapa se toma la línea de base de los monitoreos de reciprocante, centrifugas, termografías, alienación, etc. definidas en la matriz de criticidad del proceso de CBM.

- **Entrega final.** Es la oficialización de la entrega de las facilidades a satisfacción del operador y sin pendientes. Para la entrega final de las facilidades participan el Distrito de Producción, el Área de Ingeniería del Activo e ICOM entregando los documentos listados en el Dossier.

Después del desarrollo completo del proyecto se requiere hacer una evaluación del mismo para identificar oportunidades de mejora y lecciones aprendidas.

- **Definición del método y planeación de la evaluación.** Es la definición del método más adecuado para hacer la evaluación del proyecto dependiendo del tamaño y tipo del mismo. Puede ser una encuesta sencilla o hasta un foro con la participación de las áreas involucradas en el proyecto.
- **Desarrollo de la evaluación.** Es ejecutar el método de evaluación seleccionado.
- **Divulgación y retroalimentación.** Es la divulgación de los resultados de la evaluación y la retroalimentación hacia los estándares (cuando se requiera modificación de un estándar) y áreas involucradas de los mismos.

## CONCLUSIONES

La visión, la razón de ser, los planes de trabajo, y las metas del área de mantenimiento de cualquier tipo de empresa, deben estar alineados a los objetivos del mapa estratégico de la compañía.

El establecimiento de los lineamientos son esenciales en el logro de las metas definidas pero el factor clave de éxito es asegurar la aplicación y la retroalimentación de su funcionalidad por toda la organización este involucrada en el mismo, desde el último nivel hasta el máximo nivel.

Los procesos definidos para el área de mantenimiento del CPR Espinal son: Identificación, Planeación, Programación, Ejecución y Análisis. Estos están enmarcados dentro de los procesos de gerencia de mantenimiento (Estrategias de clase mundial, planeación de compras y servicios, entre otras), procesos operativos (gestión de compras y servicios) y las necesidades de nuevos proyectos, rediseños, y las necesidades de usuarios.

En la generación de nuevos estándares y su efectiva aplicación debe incluir claramente, los roles y responsabilidades de todos los integrantes participes en el proceso.

Los procesos operativos (compras materiales y servicios), que apoyan la gestión del área, se les debe realizar seguimiento continuo ya que los responsables son ajenos al grupo de mantenimiento y la no efectividad de dicha gestión afecta sustancialmente el cumplimiento de los indicadores del área. Además es indispensable que se aclaren los roles y responsabilidad al interior de dicha área para garantizar la efectividad del proceso y que contribuya en el análisis de las necesidades de mantenimiento.

La definición de la criticidad de los equipos es esencial en la gestión de mantenimiento ya que ella es la base para establecer la priorización en la planeación, programación de mantenimiento, gestión de inventarios y en la generación de RCA (análisis de causa raíz) de los diferentes eventos.

En el proceso de recibo y entrega de los nuevos proyectos, se requiere tener identificado los entregables (as built, dossier, capacitación, procedimiento de mantenimiento y operación, etc) y definir claramente las responsabilidades de las áreas involucradas, para una efectiva transferencia de conocimiento y garantizar en el futuro una óptima operación y mantenimiento de los mismos. Adicionalmente se debe asegurar la concatenación del desarrollo de las nuevas iniciativas con el proceso integral de gestión de activos.

En el análisis de los indicadores, es vital la calidad de la información registrada previamente en el software (SAP), esto significa que la estadística en Mantenimiento tenga un rol importante y por tal razón se requiere que las personas involucradas en dicho proceso posea un nivel de conocimiento

Las técnicas de confiabilidad son herramientas útiles las cuales se recomienda su implementación en pilotos, con grupos específicos capacitados y equipos particulares, haciendo diagnósticos periódicos para realizar los respectivos ajustes para luego replicarlos a los equipos de los otros sistemas con las lecciones aprendidas identificadas. Además se precisa la definición de indicadores que aporten valor para una efectiva gestión.

El éxito de la implantación de las metodologías de optimización de la Confiabilidad, dependerá fundamentalmente del recurso humano involucrado, motivo por el cual, hay que tener un especial cuidado en el proceso de inducción y en la formación del personal que participará en este proceso. El proceso de inducción y formación, deberá ser capaz de motivar al personal y de generar en este, el compromiso necesario, para implantar las metodologías de Confiabilidad de forma eficiente.

En este trabajo se definieron foros de control para el seguimiento de la gestión, estos serán eficientes siempre y cuando sean participes grupos interdisciplinarios de operación, materiales y mantenimiento.

## BIBLIOGRAFIA

AMÉNDOLA Luís. Balance Scorecard en la Gestión de Mantenimiento. Artículo Publicado WEB 2004.

BELTRÁN J., Jesús M. Indicadores de Gestión. Temas Gerenciales. Bogotá: 3R Editores, 1998.

Benchmarking and Field Operating Efficiency study best practices. Mantenimiento de Superficie. Modulo 4<sup>a</sup>.

CAMPBELL, Jhon D. Matriz de Excelencia del Mantenimiento. Uptime, Strategies for Excellence in Maintenance

DURÁN José; El Mantenimiento de la 4ta generación. VI Congreso Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento. México: Septiembre de 2004.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN - ICONTEC-. Compendio Tesis y otros trabajos de grado. Bogotá: ICONTEC, 2002. (NTC: 1075, 1160, 1307, 1308, 1486, 1487, 4490).

ISO (The International Organization for Estándarization); Norma ISO/DIS 14224. "Petroleum and gas Natural Industries-Collection and Exchange of Reliability and Maintenance data for Equipment.

MOSS, R.; IRESON, W.G., and COOMBS, C.F. Handbook of Reliability Engineering and Management. Nueva York : Mc. Graw-Hill, 1995.

MOUBRAY, J. 1994. RCM II: Reliability Centered Maintenance. New York : Industrial Press.

PETROBRAS. Proceso de focalización estratégica de Petrobras en Colombia. UN-COL-PP-214-00063-G.

SOJO, Luís; Confiabilidad Integral del Activo. VI Congreso Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento. México: Septiembre de 2004.

TAVARES LOURIVAL, Augusto. Memorias II Congreso Internacional Mantenimiento ACIEM Cundinamarca Bogotá, Junio 4-6 de 1998.

ZIFF ENERGY GROUP. Benchmarking Operating Efficiency Study Best Practices – Phase 2. Mantenimiento de Superficie. Módulo 4A, Bogotá, Abril de 2005.

## **ANEXOS**

## GLOSARIO

**AMAC:** autorización para Manejar los Cambios: Es el documento usado para proponer un cambio y ejecutarlo a través de un programa sistematizado donde contempla todas las fases del proceso.

**AVISO SOLICITUD DE MEJORÍA M1:** utilizado para generar órdenes de servicio de modificaciones a los equipos, a los procedimientos de trabajo ó a los componentes de los equipos. En general, se refiere al rediseño o modificaciones de las condiciones iniciales del equipo ó procedimientos ó estándar de trabajo.

**AVISO SOLICITUD DE MANTENIMIENTO M2:** utilizado para generar Orden de Mantenimiento de tipo correctivo. Aviso de una avería o un problema que se haya producido que necesariamente generará una orden correctiva.

**AVISO REGISTRO DE ORDEN PLANIFICADA M3:** utilizado para registrar las actividades ejecutadas mediante una Orden de Trabajo correspondiente a un mantenimiento preventivo / predictivo. (o Sistematizada).

**AVISO SERVICIO COMPLEMENTARIO M4:** utilizado para registrar las actividades ejecutadas mediante una Orden de Otros Servicios (MOT).

**AVISO REGISTRO DE INFORMACIÓN PARADA DEL SISTEMA M6:** utilizado para registrar las paradas correspondientes a los sistemas. Este aviso es un registro, por lo que no se realiza ninguna actividad de mantenimiento que genere orden de trabajo.

**CICLO DE VIDA:** conjunto de etapas de un emprendimiento, instalación, producto, servicio u operación, desde el planeamiento y la concepción hasta la desactivación o disposición final o finalización.

**COSTO EFECTIVIDAD:** término dado al costo del equipo, el costo de reemplazo y/o el costo de pérdida de producción Vs. el costo de ejecutar actividades específicas de mantenimiento.

**DIRECTRICES ORGANIZACIONALES:** conjunto de lineamientos que deben ser seguidos por PETROBRAS en Colombia para mantener su cohesión y coherencia y para orientar el comportamiento de las personas y la toma de decisiones.

**ELEMENTOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN:** parte del Sistema de Gestión de PETROBRAS en Colombia, conformado por prácticas que interactúan y están interrelacionadas

**ETTF (Tiempo Estimado para Fallar):** estimación del periodo de tiempo para el próximo monitoreo de la máquina para determinar si está en condición de falla

**FALLA:** evento que inhabilita a un equipo o componente para desarrollar la función para la cual fue diseñado. Se clasifican en esporádicas (repentina, dramática e inesperada) y crónicas (repetitiva y con impacto sobre el ritmo normal de producción)

**FMEA (Análisis de Modos y Efectos de Falla):** proceso estructurado para determinar funciones y fallas funcionales de equipo, evaluando cada falla como en la causa y el efecto de la falla en el sistema.

**FMECA (Análisis de Modos, Efectos y Criticidad de Falla):** un FMEA con un proceso de clasificación con base en la severidad de los daños (RPN: Risk Priority Number).

**FMSA (Análisis de Modos y Síntomas de Falla):** un FMECA enfocado en los síntomas producidos por cada modo de falla identificado y la selección de la técnica más apropiada de detección y monitoreo, con el fin de optimizar los programas de monitoreo.

**FOCALIZACIÓN ESTRATÉGICA:** metodología utilizada por la Unidad de Negocios Colombia para realizar el proceso de revisión y difusión de la Estrategia Corporativa por medio de la Misión, Visión, Valores y Comportamientos, hasta finalizar con el Mapa Estratégico con sus respectivos objetivos, indicadores e iniciativas

**MAPA ESTRATÉGICO:** relación de los Objetivos Estratégicos definidos para la UN-COL y clasificados en cuatro perspectivas adoptadas por el BSC: Financiera, de Mercado, de Procesos Internos y de Aprendizaje y Crecimiento y en seis Macro Objetivos: Rentabilidad y Valor, Crecimiento y Consolidación, Gestión y Operación de los Activos, Desarrollo de Nuevos Negocios, Relaciones con Públicos de Interés e Integración y Desarrollo.

**MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD:** proceso aplicado para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional dependiendo de la importancia del equipo dentro del contexto de seguridad de personas, de instalaciones, de medio ambiente, y del proceso productivo. Siempre debe ser planificado y programado.

**MANTENIMIENTO CORRECTIVO:** proceso con las actividades hechas sobre un equipo cuando la avería o falla se ha producido, restituyéndolo a condiciones admisibles de utilización. Puede estar o no programado dependiendo del tipo de falla y del impacto de la falla del equipo sobre el medio ambiente; al proceso productivo y a la seguridad de las personas y de las instalaciones.

**MANTENIMIENTO PREDICTIVO:** consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición. Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto.

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** proceso que consiste en realizar ciertas reparaciones o cambios de componentes según intervalos de tiempo preestablecidos, o según criterios prefijados para reducir probabilidad de averías o pérdida de rendimiento del equipo. Siempre se debe planificar y programar su ejecución.

**MANTENIMIENTO PROACTIVO:** proceso o conjunto de actividades para determinar la causa raíz de un problema para eliminar por completo la aparición de fallas y averías. Debe ser planeado y programado.

**ORDEN DE TRABAJO (OT):** instrucción escrita que define el trabajo que debe llevarse a cabo por la organización de Mantenimiento.

**SAP PM:** módulo de mantenimiento del ERP SAP R/3 donde se administra la información de mantenimiento de PETROBRAS Colombia.