

MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LA COMPAÑÍA  
COLOMBIANA DE INVERSIONES S.A. E.S.P. SOPORTADO POR EL ERP DE  
SAP

JAIRO ANDRÉS GRASS ARENAS

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

2011

MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LA COMPAÑÍA  
COLOMBIANA DE INVERSIONES S.A. E.S.P. SOPORTADO POR EL ERP DE  
SAP

JAIRO ANDRÉS GRASS ARENAS

Monografía para optar al título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: Juan Pablo Luna Espitia  
Ingeniero Electricista, Especialista en Gerencia de Mantenimiento

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

2011

## **DEDICATORIA**

A mi familia por su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Compañía Colombiana de Inversiones S.A. E.S.P.

A Juan Pablo Luna Espitia, Ingeniero Electricista Especialista en Gerencia de Mantenimiento, por la orientación brindada.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	23
1. COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES S.A. E.S.P.	24
1.1 RESEÑA HISTÓRICA	24
1.2 CENTRALES ELÉCTRICAS	29
1.2.1 Termoflores	30
1.2.2 Meriléctrica	32
1.2.3 Río Piedras	34
1.2.4 Hidromontañas	35
1.2.5 EPSA	36
1.3 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	37
1.4 SAP	41
1.4.1 Gestión de objetos técnicos (PM-EQM)	45
1.4.1.1 Objetos técnicos	45
1.4.1.2 Datos relacionados con los objetos técnicos	46
1.4.2 Mantenimiento preventivo (PM-PRM)	47

1.4.2.1	Planes de Mantenimiento	47
1.4.2.2	Tipos de planes de Mantenimiento	48
1.4.2.3	Datos relacionados con planes de mantenimiento	49
1.4.3	Gestión de órdenes de mantenimiento (PM-WOC)	50
1.4.3.1	Avisos	50
1.4.3.2	Órdenes de Trabajo	51
1.4.4	Sistema de Información (PM-IS)	52
1.4.5	Gestión de descargos (PM-WCM)	53
2.	MARCO TEÓRICO	55
2.1	SISTEMAS Y PROCESOS DE GESTIÓN	55
2.1.1	Gestión de activos	55
2.1.2	Gestión de la confiabilidad	58
2.1.3	Gestión del riesgo	61
2.1.4	Gestión de la calidad	64
2.1.5	Gestión ambiental	67
2.1.6	Gestión de seguridad y salud ocupacional	69
2.1.7	Gestión de la responsabilidad social	70
2.1.8	Gestión de las mediciones	74
2.1.9	Gestión de la configuración	75
2.1.10	Gestión energética	76
2.1.11	Gestión de la obsolescencia	78
2.2	METODOLOGÍAS	79

2.2.1	Análisis de modos y efectos de fallas	79
2.2.3	Mantenimiento productivo total	82
2.2.4	Estudios de peligros y operatividad	84
2.2.5	Inspección basada en riesgo	85
2.2.6	Análisis del costo del ciclo de vida	86
2.2.7	Análisis de causa raíz	87
3. MODELO PROPUESTO PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN COLINVERSIONES		89
3.1	ÁREA DE MANTENIMIENTO	91
3.1.1	Nivel estratégico	95
3.1.1.1	Misión	97
3.1.1.2	Visión	98
3.1.1.3	Valores	98
3.1.1.4	Política	99
3.1.1.5	Estrategia	100
3.1.1.6	Objetivos	101
3.1.1.7	Planes de acción	102
3.1.2	Nivel táctico	103
3.1.2.1	Estructura organizacional	107
3.1.2.2	Equipo humano	109
3.1.2.3	Definición de la jerarquía de elementos	109
3.1.2.4	Evaluación de la criticidad de activos	114

3.1.2.5	Determinación de la logística de mantenimiento	116
3.1.2.6	Definición de las tareas de mantenimiento	116
3.1.2.7	Análisis de las tareas de mantenimiento	119
3.1.2.8	Gestión de recursos de logística de mantenimiento	122
3.1.2.9	Gestión de órdenes de mantenimiento	124
3.1.2.10	Gestión de avisos de mantenimiento	128
3.1.2.11	Evaluación de la gestión de mantenimiento	129
3.1.2.12	Mejora, innovación y aprendizaje	130
3.1.3	Nivel operativo	130
3.1.3.1	Creación de órdenes de trabajo	133
3.1.3.2	Planificación de órdenes de trabajo	137
3.1.3.3	Control de órdenes de trabajo	138
3.1.3.4	Cierre de órdenes de trabajo	139
3.1.3.5	Análisis de información de órdenes de trabajo	140
3.1.4	Nivel de ejecución	141
3.2	PROCESO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	143
3.2.1	Desarrollar plan estratégico de gestión de mantenimiento	150
3.2.2	Establecer jerarquía y criticidad de objetos técnicos	150
3.2.3	Establecer tareas de mantenimiento	150
3.2.4	Implementar tareas de mantenimiento	151
3.2.5	Planificar órdenes de trabajo	151
3.2.6	Programar órdenes de trabajo	152
3.2.7	Ejecutar órdenes de trabajo	153
3.2.8	Registrar y tratar requerimientos de trabajo	154
3.2.9	Evaluar la gestión de mantenimiento	155

3.2.10 Mejorar la gestión de mantenimiento	155
<b>3.3 PROCESOS Y PROGRAMAS COMPLEMENTARIOS</b>	<b>156</b>
3.3.1 Gestión de las mediciones	157
3.3.2 Gestión de la configuración	161
3.3.3 Gestión de materiales	165
3.3.4 Gestión de servicios de mantenimiento	168
3.3.5 Gestión de infraestructura	169
3.3.6 Gestión de la información	171
3.3.7 Gestión de recursos humanos	173
3.3.8 Gestión de la confiabilidad	174
3.3.9 Gestión de la obsolescencia	175
3.3.10 Programa de preservación	176
3.3.11 Programa de pintura y señalización	177
3.3.12 Programa de lubricación	178
3.3.13 Programa de seguridad en el trabajo	178
<b>3.4 ESTRUCTURA FUNCIONAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>184</b>
<b>3.5 INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>188</b>
3.5.1 Indicadores del nivel de ejecución	189
3.5.2 Indicadores del nivel operacional	190
3.5.3 Indicadores del nivel táctico	191
3.5.4 Indicadores del nivel estratégico	192
3.5.5 Indicadores de gestión de inventarios	193
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>195</b>

BIBLIOGRAFÍA	197
ANEXOS	210

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Ejemplos de partes interesadas y sus necesidades y expectativas.	65
Tabla 2. Nivel en la estructura de mantenimiento.	94
Tabla 3. Objetivos y metas del sistema de gestión de calidad.	102
Tabla 4. Ejemplo de definiciones de redundancia.	115
Tabla 5. Ejemplo de matriz de riesgo para la valoración de consecuencias.	115
Tabla 6. Clases de órdenes de mantenimiento.	125
Tabla 7. Escala de impactos de falla.	126
Tabla 8. Prioridad de las actividades.	126
Tabla 9. Prioridades de órdenes de mantenimiento.	127
Tabla 10. Avisos de mantenimiento.	128
Tabla 11. Indicadores claves de desempeño del nivel de ejecución.	190
Tabla 12. Indicadores claves de desempeño del nivel operacional.	191

Tabla 13. Indicadores claves de desempeño del nivel táctico. 192

Tabla 14. Indicadores claves de desempeño del nivel estratégico. 193

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Transformación estratégica de Colinversiones.	26
Figura 2. Sociedades existentes antes de la fusión llevada a cabo en el 2009.	27
Figura 3. Estructura societaria de Colinversiones.	28
Figura 4. Centrales de Colinversiones.	29
Figura 5. Capacidad instalada de empresas en el país.	30
Figura 6. Planta Termoflores.	31
Figura 7. Disponibilidad y factor de servicio de las unidades de Termoflores.	32
Figura 8. Vista aérea de la central Merilétrica.	33
Figura 9. Disponibilidad y factor de servicio de Merilétrica.	33
Figura 10. Obras de captación de la central Río Piedras.	34
Figura 11. Disponibilidad y factor de servicio de Río Piedras.	35
Figura 12. Construcción de Hidromontañas.	36

Figura 13. Principales centrales de EPSA.	37
Figura 14. Estructura organizacional de Colinversiones.	38
Figura 15. Gestión por procesos establecida en Colinversiones.	39
Figura 16. Estructura del área de mantenimiento de Colinversiones.	40
Figura 17. Estructura modular de SAP R/3.	42
Figura 18. Estructura del módulo PM en SAP.	44
Figura 19. Ciclo operacional LOTO.	54
Figura 20. Niveles de activos y su gestión.	56
Figura 21. Estructura del sistema de gestión de activos.	57
Figura 22. Relaciones de la confiabilidad.	59
Figura 23. Confiabilidad y calidad del servicio.	60
Figura 24. Actividades del proceso de gestión de la confiabilidad.	61
Figura 25. Relaciones entre principios, marco de trabajo y proceso de gestión del riesgo.	62
Figura 26. Proceso de valoración de riesgo y preparación ante emergencias.	63
Figura 27. Modelo de sistema de gestión de la calidad.	64

Figura 28. Modelo ampliado de un sistema de gestión de la calidad.	66
Figura 29. Elementos de los sistemas de gestión de la SST.	70
Figura 30. Siete materias fundamentales de responsabilidad social.	72
Figura 31. Modelo de sistema de gestión de las mediciones.	75
Figura 32. Modelo de sistema de gestión de energética.	77
Figura 33. Fases de disponibilidad y obsolescencia de un producto.	78
Figura 34. Diagrama de causa y efecto.	88
Figura 35. Sistema de gestión de mantenimiento.	90
Figura 36. Enfoque sistémico integral kantiano de mantenimiento estratégico.	92
Figura 37. Niveles de mantenimiento definidos por la casa ESReDa.	93
Figura 38. Niveles de planeación de mantenimiento.	93
Figura 39. Estructura funcional propuesta.	95
Figura 40. Planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento.	104
Figura 41. Composición mixta de la organización de mantenimiento.	108
Figura 42. Estándares para la designación de referencias de elementos.	110

Figura 43. Estructuras para la designación de referencias de un objeto técnico.	111
Figura 44. Designación de referencia para un equipo.	112
Figura 45. Estructura de objetos técnicos en la compañía.	113
Figura 46. Método de desarrollo de tareas de mantenimiento.	117
Figura 47. Ciclo de gestión de órdenes de trabajo.	133
Figura 48. Diagrama simplificado de un proceso.	144
Figura 49. Enfoque de sistemas para la gestión aplicado a mantenimiento.	145
Figura 50. Enfoque sistémico.	146
Figura 51. Sistema de gestión de mantenimiento.	146
Figura 52. Sistema de gestión de mantenimiento.	147
Figura 53. Generación de valor de las actividades.	148
Figura 54. Proceso de gestión de mantenimiento.	149
Figura 55. Proceso de gestión del cambio.	165
Figura 56. Manejo de elementos portátiles.	171
Figura 57. Estrategias de gestión de la obsolescencia.	176

Figura 58. Diagrama de decisión para la aplicación de bloqueo/etiquetado.	180
Figura 59. Modelos de aplicación de autorizaciones de trabajo.	181
Figura 60. Modelo ampliado de autorizaciones de trabajo en el ERP de SAP.	182
Figura 61. Modelo estándar de autorizaciones de trabajo en el ERP de SAP.	183
Figura 62. Estructura funcional propuesta.	184
Figura 63. Aplicación de la estructura funcional propuesta a la organización.	185
Figura 64. Asignación de roles.	187
Figura 65. Esquema de roles de seguridad y usuarios SAP.	188

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Diagrama del proceso de Gestión de Mantenimiento	210
ANEXO B. Procedimiento de control de la configuración de planta	211

## RESUMEN

**TITULO:** MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LA COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES S.A. E.S.P. SOPORTADO POR EL ERP DE SAP\*

**AUTOR:** JAIRO ANDRÉS GRASS ARENAS\*\*

**PALABRAS CLAVES:** CENTRALES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA, SISTEMAS DE GESTIÓN, GESTIÓN DE ACTIVOS, GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO.

**DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:** Esta monografía desarrolla un enfoque de sistemas para la gestión aplicado a la organización de mantenimiento de centrales de generación de energía eléctrica. Este sector industrial se caracteriza por los altos niveles de confiabilidad requeridos debido a su impacto en el sistema eléctrico nacional.

El modelo de gestión de mantenimiento propuesto comprende: el planteamiento de la organización de mantenimiento combinando funciones centralizadas y descentralizadas, en línea con la visión de crecimiento y expansión de la compañía y soportada en las funcionalidades provistas por el ERP de SAP y en la adecuada documentación de sus procesos; la definición de la gestión de mantenimiento como un sistema de gestión integrado a la gestión de activos y que interacciona con otros sistemas de gestión dentro del marco organizacional conocido como Sistema Integrado de Gestión (SIG); la mención de indicadores claves de desempeño en los diferentes niveles de la estructura organizacional de mantenimiento y la aplicación del enfoque basado en procesos a la gestión de mantenimiento, estableciendo los procesos requeridos y señalando sus interdependencias e interacciones.

El modelo planteado contiene un conjunto de consideraciones y recomendaciones para el establecimiento y desarrollo del proceso de gestión de mantenimiento, de otros procesos complementarios a éste y de programas que lo conforman, utilizando términos y definiciones aceptadas internacionalmente en procura de la estandarización de estos en la compañía e integrando la gestión del riesgo a las actividades de gestión de mantenimiento.

---

\* Monografía.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Juan Pablo Luna, Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

## SUMMARY

**TITLE:** MAINTENANCE MANAGEMENT MODEL FOR THE COMPAÑIA COLOMBIANA DE INVERSIONES S.A. E.S.P. SUPPORTED BY SAP ERP\*

**AUTHOR:** JAIRO ANDRÉS GRASS ARENAS\*\*

**KEYWORDS:** POWER PLANTS, MANAGEMENT SYSTEMS, ASSET MANAGEMENT, MAINTENANCE MANAGEMENT, KEY PERFORMANCE INDICATORS.

**SUBJECT OR DESCRIPTION:** This monograph develops a systems approach to the management applied to the maintenance organization of power plants. This industrial sector is characterized by high levels of dependability required due to its impact on the national electricity system.

The management maintenance model proposed includes: the approach of the maintenance organization combining centralized and decentralized functions, in line with the vision of growth and expansion of the company and supported on the functionality provided by SAP ERP and the proper documentation of their processes; the definition of the maintenance management as a management system integrated to the asset management and which interacts with other management systems within the organizational framework known as Integrated Management System (SIG); the mention of key performance indicators at different levels of the maintenance organizational structure, and the implementation of process approach to the maintenance management, establishing the processes required and indicating their interdependencies and interactions.

The proposed model contains a set of considerations and recommendations for the establishment and development of the maintenance management process, other complementary processes to it, and programs that comprise it, using internationally accepted terms and definitions in an attempt to standardize these in the company and integrating the risk management to the activities of the maintenance management.

---

\* Monograph

\*\* School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization, Director: Juan Pablo Luna, Maintenance Management Specialist.

## INTRODUCCIÓN

El impacto de la gestión de mantenimiento en el desempeño de una organización y en su sostenibilidad varía de acuerdo a las dimensiones de la organización, al tipo de empresa que ésta sea y al sector al cual pertenece. Las compañías del subsector de generación de energía eléctrica se caracterizan como empresas intensivas en activos físicos con altos niveles de confiabilidad y disponibilidad requeridos.

La formulación del modelo de gestión de mantenimiento descrito en este documento ha surgido como respuesta a necesidades y oportunidades de mejora identificadas en la Compañía Colombiana de Inversiones S.A. E.S.P. y en su objeto de negocio a partir del proceso de transformación y consolidación como empresa protagonista en el sector energético nacional.

Este documento se ha dividido en tres capítulos. El primero contiene información relacionada a la compañía, su reseña histórica y la integración de sus procesos empresariales efectuada como parte de su transformación. En el segundo capítulo se presentan sistemas y procesos de gestión relacionados directamente a la gestión de mantenimiento, incluyendo algunas técnicas y metodologías de empleo frecuente. El modelo de gestión de mantenimiento propuesto se describe en el tercer capítulo.

El modelo desarrollado tiene como principal propósito brindar a la compañía un proceso de gestión de mantenimiento dinámico, versátil y adaptable al entorno continuamente cambiante, basado en estándares y directrices con reconocimiento internacional y acorde a la misión y visión de la compañía y a sus objetivos establecidos.

## **1. COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES S.A. E.S.P.**

La actual Compañía Colombiana de Inversiones S.A. E.S.P. es el producto de su fusión, como empresa de inversiones, con empresas dedicadas a la generación de energía eléctrica debido a su focalización en el sector de generación y comercialización de energía eléctrica.

Esta fusión ha llevado a la integración de los diferentes procesos que conforman la organización actual, involucrando la unificación de la estructura organizacional y la sinergia de las diferentes culturas laborales provenientes de cada una de las empresas fusionadas.

La compañía cuenta con hidroeléctricas y termoeléctricas en diferentes regiones del país.

### **1.1 RESEÑA HISTÓRICA**

La Compañía Colombiana de Inversiones S.A. E.S.P. (Colinversiones) es una compañía con diez años de experiencia y una trayectoria de más de 90 años.

En la Asamblea Extraordinaria de Accionistas celebrada en junio de 2001 se tomó de forma unánime la decisión de escindir la Compañía Colombiana de Tabaco (Coltabaco) separando las actividades industriales y las actividades de inversiones, dando origen a la Compañía Colombiana de Inversiones S.A. El 8 de octubre de 2001, se protocoliza la escisión en la que Coltabaco transfirió un bloque del 70% de su patrimonio a esta nueva sociedad.

Al escindirse el patrimonio de Coltabaco, a cada uno de los accionistas de esta sociedad se les entregaron acciones de Colinversiones, en proporción de una a

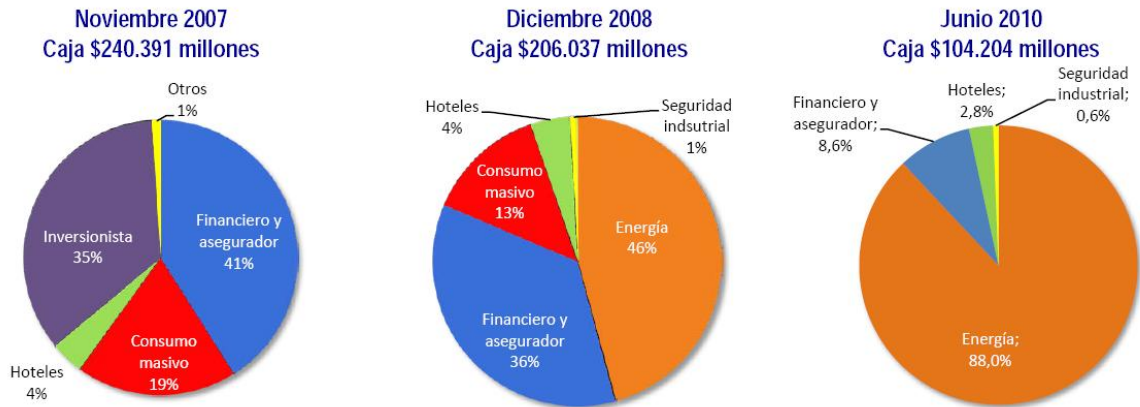
una, de tal forma que quienes eran accionistas de Coltabaco pasaron a ser accionistas de Colinversiones en igual proporción y número. En ese momento, Colinversiones quedó a cargo de la participación en compañías entre las cuales estaban: Colombiana Kimberly Colpapel S.A., Corporación de Ahorro y Vivienda, Promotora de Hoteles Medellín S.A., Suramericana, Bancolombia y Antioqueña de Inversiones S.A.

El manejo de las relaciones con los accionistas y los servicios de Presidencia, tanto para Coltabaco como para Colinversiones, estuvo a cargo de Coltabaco hasta cuando se produjo la venta del control de la empresa tabacalera a Philip Morris en el año 2005.

Entre el 2005 y el 2007, se produjeron los siguientes hechos relevantes para la compañía: intercambio de acciones de Conavi por acciones de Suramericana de Inversiones; adopción del Código de Buen Gobierno con el fin de proteger y conservar la integridad ética de la empresa y mantener la adecuada administración, la transparencia y la confianza de los inversionistas; compra del 9,7% de la Bolsa de Valores de Colombia; nacimiento de la Fundación Colinversiones con un patrimonio inicial de 4.500 millones de pesos y el inicio de un proceso de transformación integral estableciendo una nueva estrategia empresarial, la generación de energía eléctrica.

Tras la definición del nuevo foco de inversión, Colinversiones comenzó una serie de adquisiciones de centrales y proyectos en el país y desinversiones estratégicas, con el firme propósito de convertirse en jugador relevante y de excelencia en el mercado de la energía (ver figura 1). Es así como en diciembre de 2007 Colinversiones adquiere Termoflores S.A E.S.P., central térmica localizada en Barranquilla con una capacidad de 441 MW y con un proyecto de expansión actualmente en ejecución (Flores IV) que le permitirá generar 169 MW adicionales, alcanzando un total de 610 MW.

Figura 1. Transformación estratégica de Colinversiones.

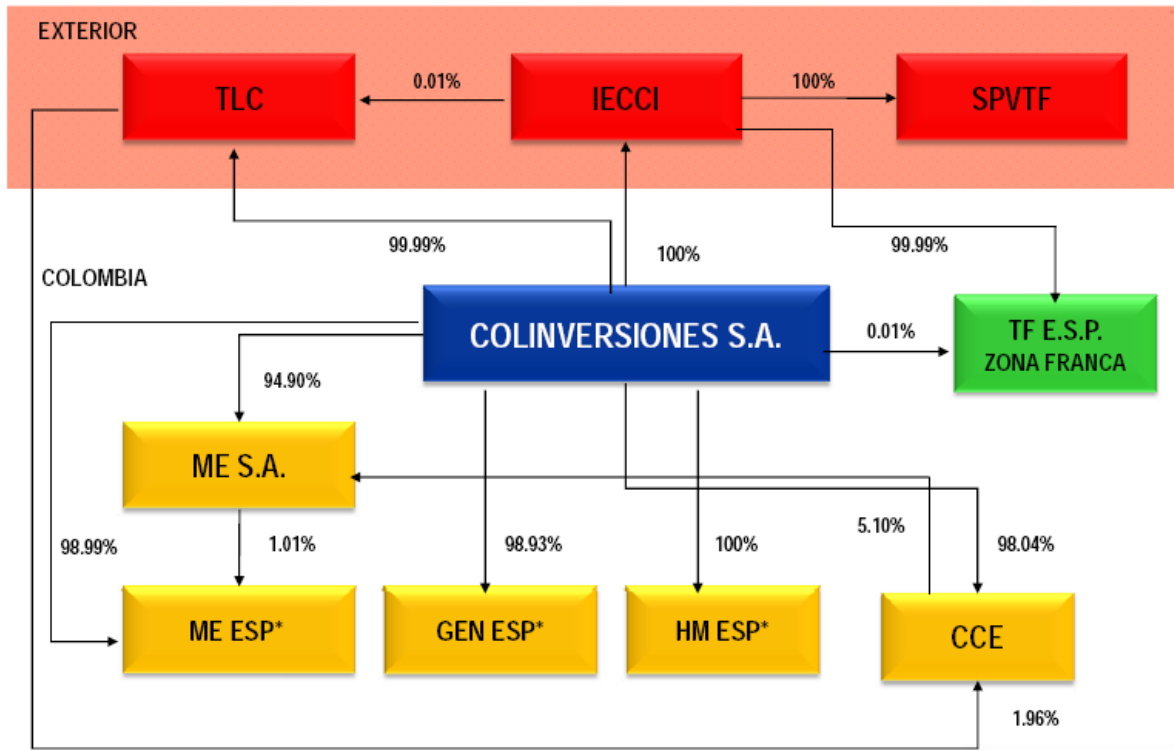


Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Presentación resultados Colinversiones [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, 19 de agosto de 2010 [citado en 12 de enero de 2011]. 40 diapositivas. Disponible en Internet: [http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_19ago2010.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_19ago2010.pdf)

En el año 2008, Colinversiones adquirió a: Meriléctrica S.C.A. E.S.P., central ubicada en Barrancabermeja con una capacidad de generación de 169 MW; Generar S.A. E.S.P., propietaria de la Central del Río Piedras ubicada en Jericó, Antioquia, con una capacidad de generación de 19,9 MW y al Proyecto Hidromontañas que comprende la construcción una central hídrica de 19,9 MW en jurisdicción de los municipios de Don Matías y Santa Rosa de Osos, en Antioquia.

En diciembre de 2009, se realizó la fusión por absorción entre Colinversiones S.A. E.S.P. (sociedad absorbente) y las sociedades: Generar S.A. E.S.P., Meriléctrica S.A., Meriléctrica S.A. & Cía. S.C.A. E.S.P., Compañía Colombiana de Energía S.A.S. e Hidromontañas S.A. E.S.P. (ver figura 2). En ese mes también ocurrió un hecho de gran importancia para la compañía, la adquisición del 47,3% de la Empresa de Energía del Pacífico S.A., EPSA, a través de su filial Colener S.A.S.

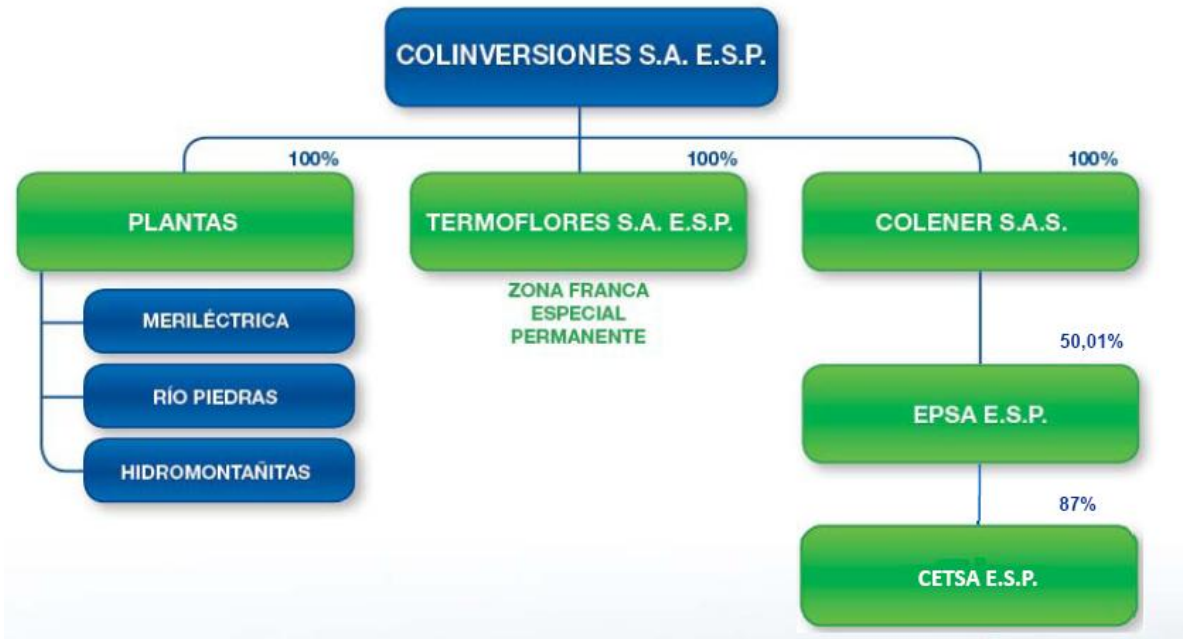
Figura 2. Sociedades existentes antes de la fusión llevada a cabo en el 2009.



Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Una transformación con energía [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, 15 de diciembre de 2009 [citado en 12 de enero de 2011]. 46 diapositivas. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_15dic2009.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_15dic2009.pdf)>

Actualmente, Colinversiones tiene una participación del 50,01% en la Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P., EPSA, ocupando la cuarta posición en el mercado de generación de electricidad del país. En la figura 3 se muestra la estructura societaria actual de Colinversiones.

Figura 3. Estructura societaria de Colinversiones.



Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Presentación resultados Colinversiones [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, 19 de agosto de 2010 [citado en 12 de enero de 2011]. 40 diapositivas. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_19ago2010.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_19ago2010.pdf)>

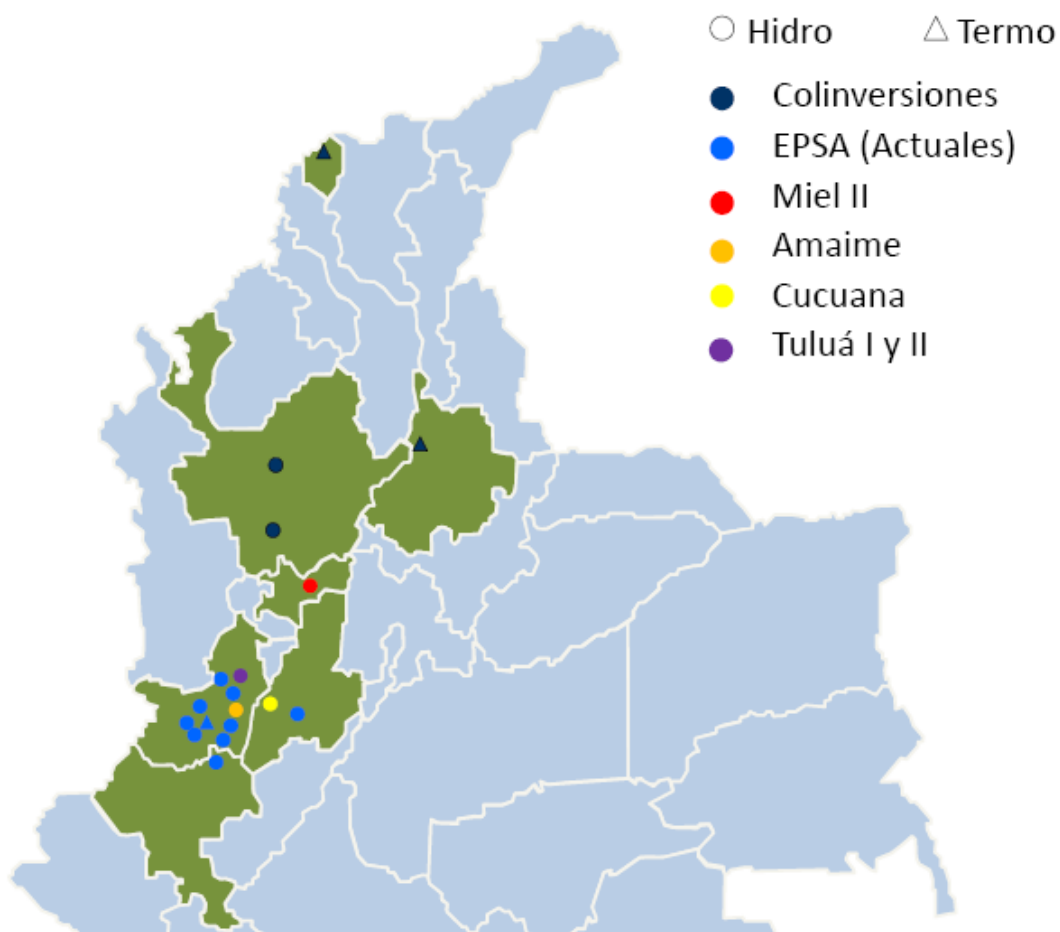
Colinversiones atiende contratos de venta de energía a comercializadores del SIN, por medio de la Bolsa de Energía. Además, cuenta con un negocio activo de comercialización de gas natural y de comercialización de transporte del mismo. De esta forma, los ingresos de Colinversiones provienen principalmente de:

- El Cargo por Confiabilidad
- La venta de energía
- La transmisión de energía
- La comercialización de gas (excedentes propios y compraventa a terceros)
- La comercialización del transporte de gas

## 1.2 CENTRALES ELÉCTRICAS

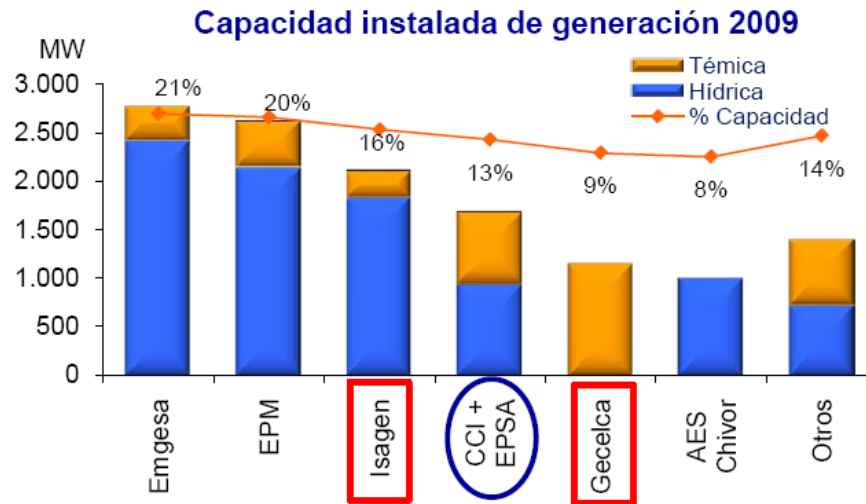
Colinversiones cuenta con presencia en siete departamentos del país (ver figura 4), incluyendo a EPSA y a las centrales en construcción y es, en la actualidad, el cuarto generador en Colombia y el segundo generador térmico (ver figura 5).

Figura 4. Centrales de Colinversiones.



Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Presentación resultados Colinversiones [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, 19 de agosto de 2010 [citado en 12 de enero de 2011]. 40 diapositivas. Disponible en Internet: [http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_19ago2010.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_19ago2010.pdf)

Figura 5. Capacidad instalada de empresas en el país.



Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Presentación resultados Colinversiones [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, 19 de agosto de 2010 [citado en 12 de enero de 2011]. 40 diapositivas. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_19ago2010.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_19ago2010.pdf)>

**1.2.1 Termoflores.** Termoflores S.A E.S.P., propiedad 100% de Colinversiones, es una empresa generadora de energía, con sede en Barranquilla (ver figura 6). Inició operaciones en 1993, luego de presentarse la crisis energética de los años 1991 y 1992. La central está compuesta por dos unidades de generación:

- Flores I: con una potencia de 160 MW, en ciclo combinado, puesta en servicio en 1993.
- Flores IV: con una potencia de 450 MW en ciclo combinado, compuesta por dos turbinas de combustión, una de 112 MW puesta en servicio en 1996 (anteriormente Flores II) y otra de 169 MW puesta en servicio en 1998 (anteriormente Flores III), y una turbina de vapor de 169 MW. La entrada en operación de esta unidad está prevista para el segundo semestre del 2011.

Figura 6. Planta Termoflores.



Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Informe Anual 2010 [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, s.f. [citado en 15 de abril de 2011]. 121 p. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/81.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/81.pdf)>

En la figura 7 se presenta la disponibilidad y el factor de servicio de las unidades de la planta desde el año 2006 hasta el tercer trimestre del 2009.

Figura 7. Disponibilidad y factor de servicio de las unidades de Termoflores.



Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Una transformación con energía [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, 15 de diciembre de 2009 [citado en 12 de enero de 2011]. 46 diapositivas. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_15dic2009.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_15dic2009.pdf)>

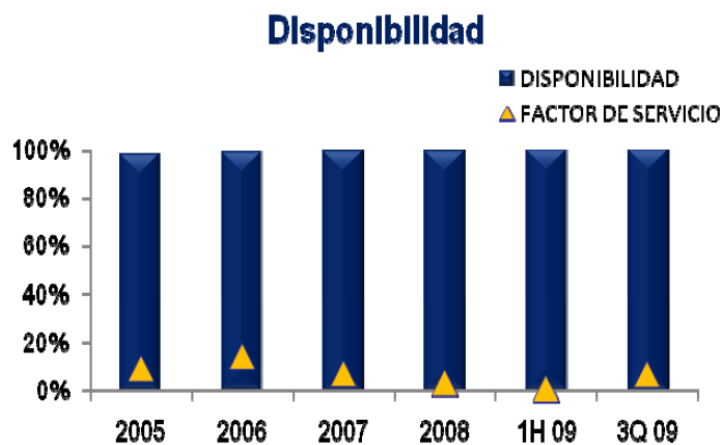
**1.2.2 Merilétrica.** La planta termoeléctrica Merilétrica está ubicada en la ciudad de Barrancabermeja (ver figura 8), cuenta con una capacidad de 169 MW con una turbina de combustión en ciclo simple y suministra energía al Sistema Interconectado Nacional. En febrero de 1998 la planta inició su operación comercial. La central hace parte del grupo de generadoras que accedieron al Cargo por Confiabilidad bajo el esquema de regulación de la energía en el país. La disponibilidad y el factor de servicio de la central entre los años 2005 y 2009 se muestran en la figura 9.

Figura 8. Vista aérea de la central Meriléctrica.



Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Una transformación con energía [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, 15 de diciembre de 2009 [citado en 12 de enero de 2011]. 46 diapositivas. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_15dic2009.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_15dic2009.pdf)>

Figura 9. Disponibilidad y factor de servicio de Meriléctrica.



Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Una transformación con energía [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, 15 de diciembre de 2009 [citado en 12 de enero de 2011]. 46 diapositivas. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_15dic2009.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_15dic2009.pdf)>

**1.2.3 Río Piedras.** La central se encuentra ubicada en el departamento de Antioquia, en jurisdicción del municipio de Jericó. La construcción de la central inició en febrero de 1997 y entró en operación comercial en marzo del año 2000. Tiene una capacidad instalada de 19,9 MW y una generación anual promedio de 150 GWh.

La principales obras de la Central corresponden a una captación a filo de agua (ver figura 10) y una casa de maquinas subterránea con dos unidades tipo Pelton de eje horizontal, aprovechando un salto bruto de 698 m.

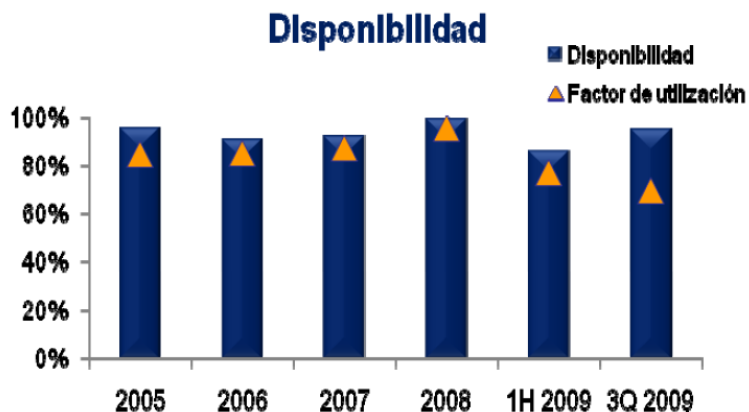
Figura 10. Obras de captación de la central Río Piedras.



Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Una transformación con energía [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, 15 de diciembre de 2009 [citado en 12 de enero de 2011]. 46 diapositivas. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_15dic2009.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_15dic2009.pdf)>

La energía generada es llevada a lo largo de una línea de transmisión, a 44 kV, de 7 km de longitud, hasta la subestación Jericó de EPM, en la cual se entrega la energía al Sistema Interconectado Nacional. La disponibilidad y el factor de servicio de la planta se presentan en la figura 11 dada a continuación.

Figura 11. Disponibilidad y factor de servicio de Río Piedras.



Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Una transformación con energía [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, 15 de diciembre de 2009 [citado en 12 de enero de 2011]. 46 diapositivas. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_15dic2009.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_15dic2009.pdf)>

**1.2.4 Hidromontañas.** La central en fase de construcción se encuentra ubicada en el Departamento de Antioquia, en jurisdicción de los Municipios de Donmatías y Santa Rosa de Osos (ver figura 12). La entrada en operación de la central está prevista para el segundo semestre de 2011.

La central aprovecha el caudal del río generado en la parte media de la cuenca hidrográfica del Río Grande y posee una estructura de derivación de caudales a filo de agua y una casa de máquinas subterránea, la cual alojará dos unidades generadoras tipo Pelton de eje vertical con potencia máxima de 23 MW y una

potencia efectiva anual de 19,9 MW. El acceso a la casa de máquinas se efectuará a través de un túnel de 630 m de longitud. La conexión del proyecto al STN se hará en la Subestación Río Grande I de EPM, a través de la línea de 10 km a 110 kV.

Figura 12. Construcción de Hidromontañas.



Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Presentación asamblea general de accionistas 2010 [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, 23 de marzo de 2010 [citado en 12 de enero de 2011]. 46 diapositivas. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_23mar2010.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_23mar2010.pdf)>

**1.2.5 EPSA.** La Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P. (EPSA) cuenta con una capacidad de 1.068 MW compuesta por 914 MW correspondiente a nueve centrales hídricas (Alto Anchicayá, Bajo Anchicayá, Salvajina, Calima e Hidroprado, presentes en la figura 13, y cuatro plantas menores), 140 MW en un PPA (Power Purchase Agreement - Contrato de Compra de Energía) que tiene con Termovalle hasta 2018 y 14 MW disponibles en tres centrales de Cetsa S.A. E.S.P., de la cual es propietaria del 87,54% (Riofrío I, Riofrío II y El Rumor). En

distribución y comercialización, EPSA atiende 39 municipios del Valle del Cauca, donde tiene más de 480.000 clientes, entre usuarios residenciales, comerciales e industriales; asimismo, cuenta con 273,2 km de líneas de transmisión de 230 kV.

Figura 13. Principales centrales de EPSA.



Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. A transformation with energy [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, mayo de 2010 [citado en 12 de enero de 2011]. 28 diapositivas. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_27may2010.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_27may2010.pdf)>

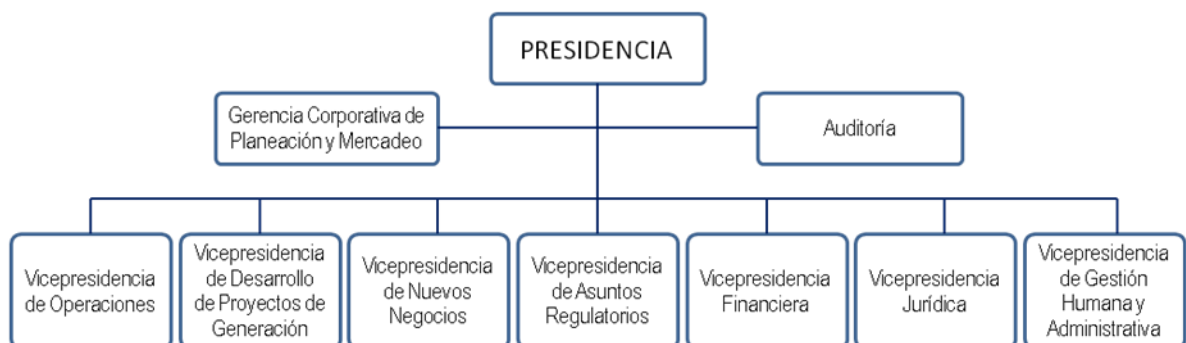
### 1.3 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

El área de mantenimiento de la compañía no ha sido ajena a los cambios originados por el proceso de transformación de Colinversiones, entre los cuales se encuentran la unificación de la estructura organizacional y la sinergia de las diferentes culturas laborales provenientes de cada una de las empresas

fusionadas. Anteriormente, cada central de generación de energía poseía su propia organización, de esta manera la gestión de mantenimiento se realizaba en su totalidad en cada una de las centrales. De la fusión de las áreas de mantenimiento de las plantas de generación se han obtenido la reasignación de responsabilidades y la redistribución de funciones a partir de una estructura centralizada, un ejemplo de esta transformación se encuentra en la centralización parcial de la planificación de mantenimiento en la organización.

La Compañía Colombiana de Inversiones S.A. E.S.P. está estructurada organizacionalmente en siete vicepresidencias, una gerencia corporativa y el departamento de auditoría interna que dependen directamente de la presidencia de la compañía (ver figura 14).

Figura 14. Estructura organizacional de Colinversiones.

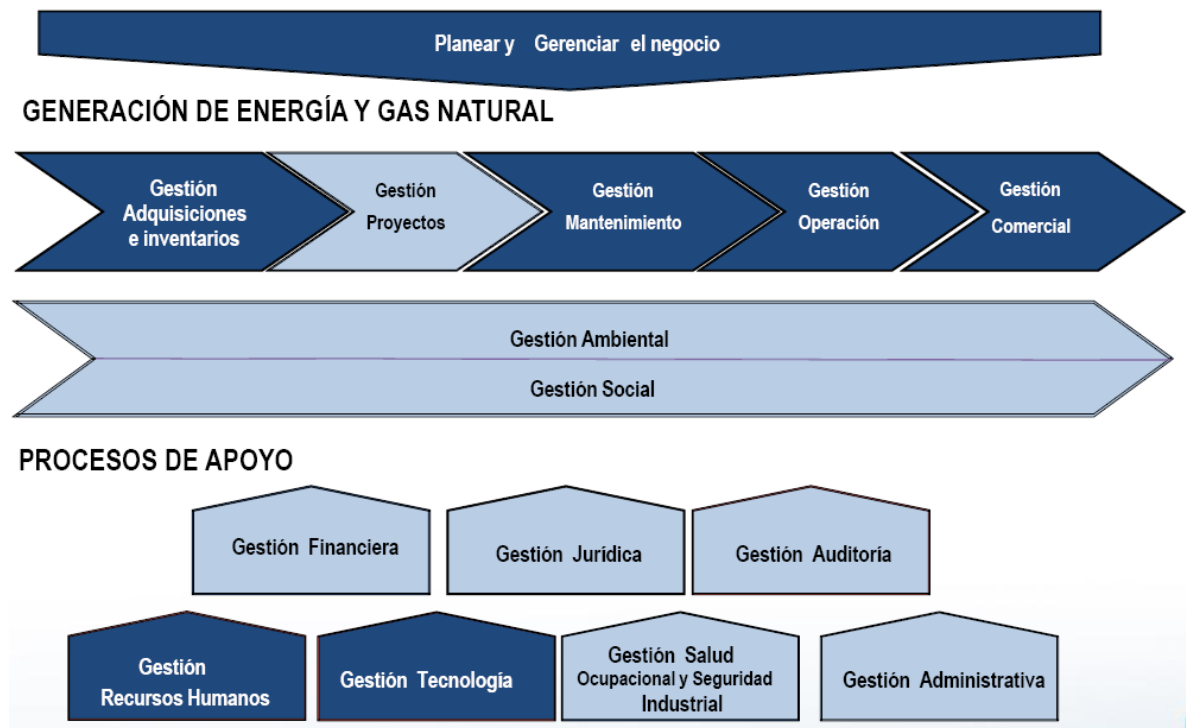


Fuente: El autor.

En el 2010 se realizó la implementación del sistema de gestión de calidad (SGC) en Colinversiones obteniendo la certificación en Calidad de sus procesos de generación de energía bajo la norma ISO 9001:2008 otorgada por ICONTEC, dando cumplimiento a un requisito que entra en vigencia a partir del 31 de Enero del año 2011 para las actividades de operación y mantenimiento de las plantas

que reciben Cargo por Confiabilidad (Resolución CREG-005 de 2009). La gestión de mantenimiento, como proceso perteneciente a la cadena de valor establecida en la compañía (ver figura 15), hace parte del conjunto de procesos incluidos en el alcance de la implementación del SGC.

Figura 15. Gestión por procesos establecida en Colinversiones.

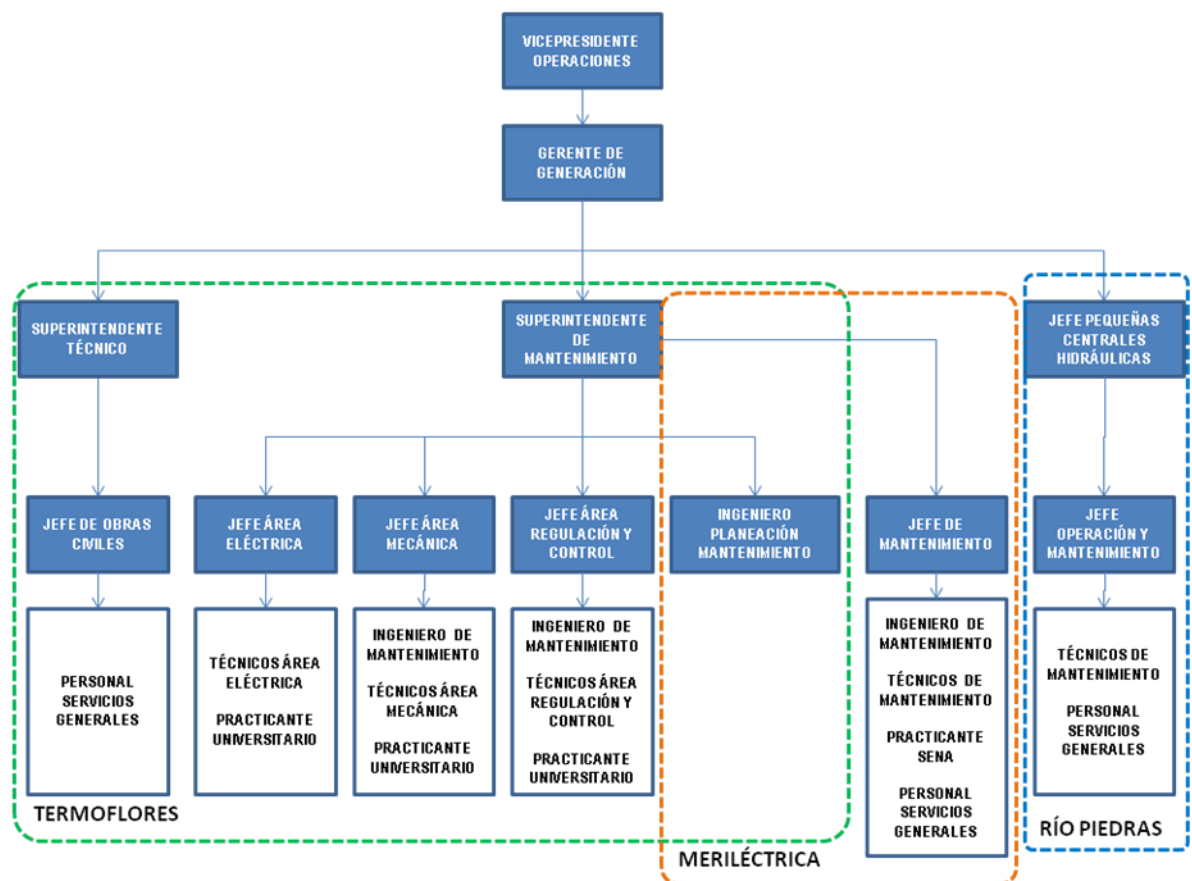


Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Manual del sistema gestión de la calidad [Diapositivas]. Colinversiones, 30 de septiembre de 2010. 37 diapositivas.

El proceso de gestión de mantenimiento en Colinversiones tiene como objetivo mantener la funcionalidad de los equipos de planta, con una oportuna, eficiente y segura utilización de los recursos, para lograr niveles de confiabilidad y disponibilidad.

Las áreas de Operaciones y Mantenimiento, vinculadas directamente a las actividades de generación de energía (sin incluir a EPSA), hacen parte de la Vicepresidencia de Operaciones. La estructura del área de mantenimiento de la compañía se presenta en la figura 16.

Figura 16. Estructura del área de mantenimiento de Colinvertaciones.



Fuente: El autor.

En la planta Termoflores las actividades de mantenimiento en equipos eléctricos, mecánicos, de control e instrumentos se encuentran a cargo de los jefes de área bajo dirección del Superintendente de Mantenimiento. El mantenimiento de las

obras civiles, las actividades de pintura de todos los equipos de planta y los servicios generales se encuentran bajo responsabilidad de la Superintendencia Técnica a través del Jefe de Obras Civiles.

En la central Meriléctrica el área de mantenimiento, a cargo del Jefe de Mantenimiento, es responsable de la conservación y el mantenimiento de los equipos, obras civiles y terrenos de planta, incluyendo la línea de transmisión de 230 kV y los gasoductos. Parte de la gestión del mantenimiento planificado de las centrales Meriléctrica y Termoflores está en proceso de centralización para que sea realizada por el Ingeniero de Planeación de Mantenimiento en coordinación con el Jefe de Mantenimiento de Meriléctrica y los Jefes de área de Termoflores.

En Río Piedras el Jefe de Operación y Mantenimiento de la central, en coordinación con el Jefe de PCH, es quien planifica, programa y dirige las actividades de mantenimiento a realizar a los equipos e instalaciones. En Hidromontañas se tiene previsto aplicar este mismo esquema.

#### **1.4 SAP**

Durante el año 2009 se desarrolló el proyecto de integración de los procesos presentes en la compañía, implementando el ERP (\*) R/3 de SAP (\*\*) en su versión ECC (*ERP Central Component*) 6.0. Particularmente, para el proceso de Gestión de Mantenimiento se implementó el módulo PM (*Plant Maintenance*). La implementación consistió en la adecuación de este sistema a las necesidades de la compañía y de su objeto de negocio, pero también ha ocasionado la

---

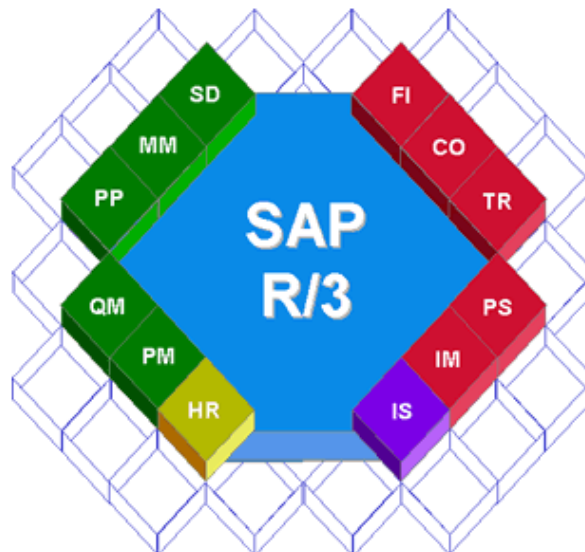
(\*) ERP significa Planeación de Recursos Empresariales (*Enterprise Resource Planning*).

(\*\*) SAP es una empresa de desarrollo de aplicaciones de software empresarial. SAP significa Sistemas, Aplicaciones y Productos especializados en procesamiento de datos (*Systemanalyse, Anwendungen und Programmentwicklung*). Para más información consulte: <http://www.sap.com/about/index.epx>.

modificación de varios procesos de la organización establecidos hasta ese momento. Esta integración se realizó sin haber efectuado por completo la reestructuración de las áreas de mantenimiento y de operación de las centrales soportadas en cada central con CMMS (\*) diferentes y sin la estandarización de otros procesos y programas relacionados.

SAP R/3 es un sistema integrado que logra incorporar las mejores prácticas de negocio a los diferentes procesos empresariales, optimizando el manejo de la información mediante una solución modular de gran adaptabilidad, en la que cada módulo maneja una función empresarial diferente. En la figura 17 se presenta el esquema modular del ERP de SAP.

Figura 17. Estructura modular de SAP R/3.



Fuente: ECONSERVE. SAP R/3 - Module [en línea]. Econserve, s.f. [citado en 12 de enero de 2011]. Disponible en Internet: <<http://www.econserve.de/sap/sapr3.htm>>

---

(\*) CMMS significa Sistema computarizado para la administración de mantenimiento (*Computerized Maintenance Management System*).

Las tres características más importantes de SAP R/3 son:

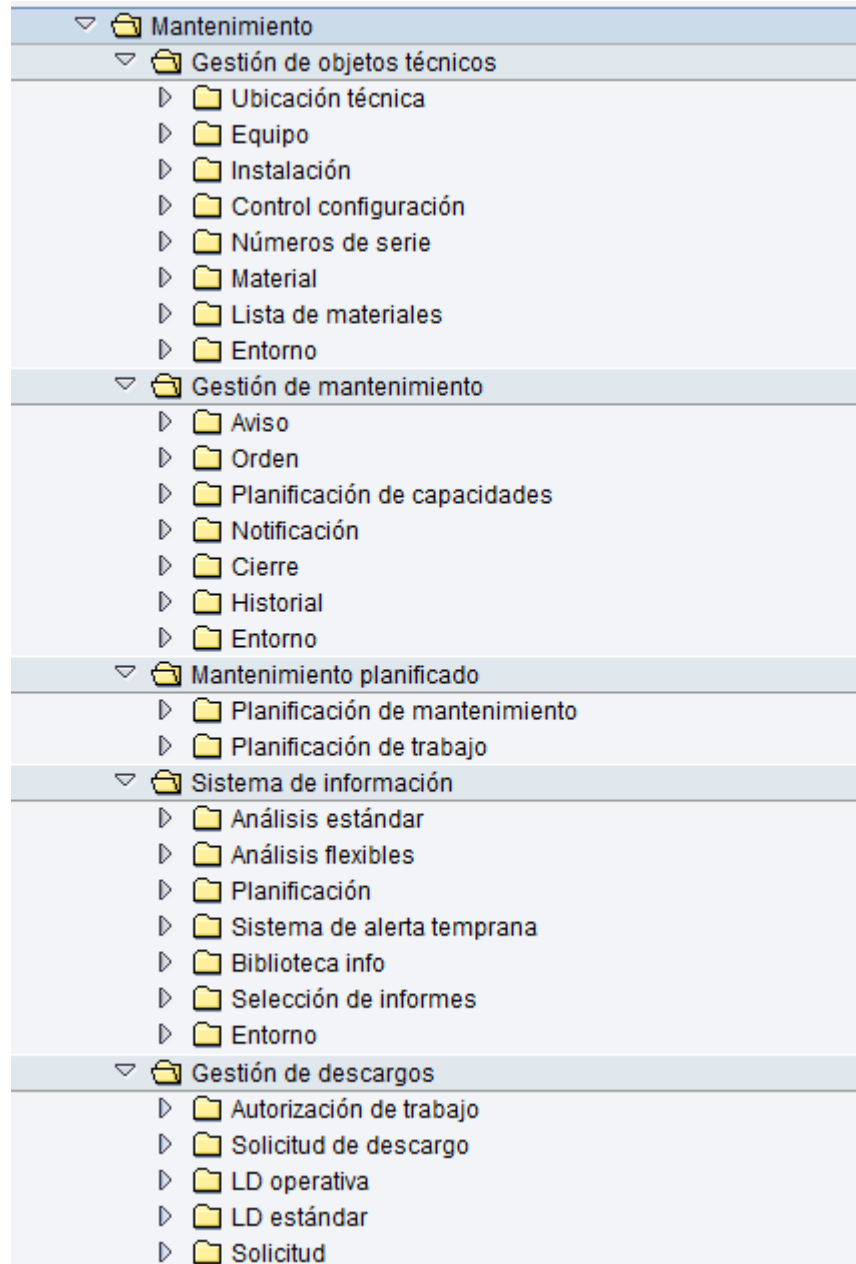
- *Información en línea.* Permite que la información se encuentre disponible al momento, sin necesidad de esperar procesos de actualización y procesamiento habituales en otros sistemas. SAP R/3 trabaja en tiempo real en tres niveles: presentación, aplicación y base de datos.
- *Integración.* Esta es la característica más destacable del ERP de SAP y significa que la información se comparte entre todos los módulos que la necesiten y que pueden tener acceso a ella. La información se usa en todas las áreas de la organización según esté establecido en los perfiles de seguridad.
- *Jerarquía de la Información.* Esta forma de organizar los datos permite manejar la información con diferentes niveles de permisos o autorizaciones.

Las funcionalidades del módulo PM se encuentran agrupadas en cinco submódulos: Gestión de objetos técnicos (PM-EQM), Mantenimiento preventivo (PM-PRM), Gestión de órdenes de mantenimiento (PM-WOC), Sistema de Información (PM-IS) y Gestión de descargos (PM-WCM), esta estructura se exhibe en la figura 18. Existen soluciones de SAP y de *Partners* de SAP que complementan las funcionalidades del sistema SAP R/3, entre estas soluciones se encuentra RCMO (\*) la cual facilita el proceso de implantación de las recomendaciones RCM en SAP.

---

(\*) RCMO (*Reliability Centered Maintenance and Optimization*) desarrollado por Meridium.

Figura 18. Estructura del módulo PM en SAP.



Fuente: El autor.

A continuación se dan definiciones de términos relacionados a la estructura organizativa empleados en el módulo PM del ERP de SAP:

- *Centro de Emplazamiento*. Centro logístico (planta) en el cual se encuentran instalados los *objetos técnicos* (ubicaciones técnicas y equipos).
- *Emplazamientos*. Representan unidades organizacionales dentro de los *centros de emplazamiento* a través de los cuales se puede filtrar información y generar reportes. Obedecen a criterios de ubicación física dentro de la planta.
- *Centros de Planificación de Mantenimiento*. Responsable de la planificación y control de las tareas de mantenimiento de los activos de la Planta.
- *Grupos de Planificación*. Responsable de la planificación del mantenimiento de una o varias ubicaciones técnicas o de uno o varios equipos de la planta.
- *Puestos de Trabajo*. Unidad organizativa (cuadrilla o equipo de trabajo) que lleva a cabo las actividades de mantenimiento.

**1.4.1 Gestión de objetos técnicos (PM-EQM).** Los objetos técnicos representan las instalaciones de la planta organizadas dentro de una estructura, para las cuales se registra toda la información relacionada con las actividades de mantenimiento realizadas sobre estas.

Un elemento debe representarse como objeto técnico si debe repararse, no cambiarse, en caso de una parada. En este caso, se debe representar el elemento como un objeto individual (equipo o ubicación técnica) cuyo historial de mantenimiento se puede documentar. Si el elemento se cambia en caso de una parada ya que por su escaso valor no merece la pena repararlo, no se debe representar un como objeto técnico. En este caso, se representa el elemento como un material, lo cual no permite documentar un historial de mantenimiento.

**1.4.1.1 Objetos técnicos.** Se tienen dos tipos de objetos técnicos: ubicaciones técnicas y equipos.

- **Ubicaciones técnicas.** Son unidades organizacionales (sistemas y subsistemas) que estructuran funcionalmente la planta.

- **Equipos.** Un equipo es un objeto móvil en el ERP de SAP, para los cuales las acciones de mantenimiento se ejecutan individualmente. Entre los diferentes tipos de equipos que pueden ser creados y utilizados en el sistema se encuentran:

- Máquinas
- Herramientas
- Vehículos
- Instrumentos de Inspección
- Equipos de laboratorio
- Equipos materiales

**1.4.1.2 Datos relacionados con los objetos técnicos.** La gestión de objetos técnicos comprende funcionalidades complementarias al registro básico de ubicaciones técnicas y equipos.

- **Listas de Materiales.** Una lista formalmente estructurada de componentes que hacen parte de un equipo o que conforman un conjunto. La lista contiene el código del material, junto con la cantidad y la unidad de medida. Existen tres clases de lista de materiales empleadas en Mantenimiento:

- Listas de materiales para material
- Listas de materiales para equipo
- Listas de materiales para ubicación técnica

- **Conjuntos.** Los conjuntos de mantenimiento no son elementos individuales, sino elementos lógicos que separan los objetos técnicos en unidades de mantenimiento definidas más claramente. Sirven para la conformación de listas de materiales comunes a varios equipos.

- **Sistema de clasificación.** La clasificación de equipos permite complementar los datos de estos en el sistema, facilitando la búsqueda de equipos similares empleando las características definidas para cada clase de equipo (por ejemplo: motores eléctricos con potencia entre 30 HP y 100 HP).

- **Puntos de medida.** Variables medidas en los equipos y ubicaciones técnicas, con el fin de documentar las condiciones de estos en un momento determinado. El registro en el sistema se realiza a través de documentos de medición. Se utilizan para la programación de actividades basadas en ciclos de contadores y para el seguimiento de parámetros operativos.

- **Documentos.** Relacionados con la gestión de mantenimiento (planos, esquemas, procedimientos) que pueden vincularse a objetos técnicos (ej.: un plano puede vincularse a varios equipos).

**1.4.2 Mantenimiento preventivo (PM-PRM).** El submódulo de mantenimiento preventivo contiene las funcionalidades necesarias para elaborar y mantener actualizadas las tareas de mantenimiento preventivo.

**1.4.2.1 Planes de Mantenimiento.** Describen el alcance de las actividades de mantenimiento preventivo que se realizan a los objetos técnicos y los ciclos empleados para su programación.

Existen tres formas de medir los ciclos con los que se va a llevar la cuenta de las frecuencias del mantenimiento preventivo (incluyen el mantenimiento predictivo), a saber:

- *Tiempo*. El mantenimiento se inicia cuando se alcanza un plazo determinado (por ejemplo, cada 6 meses).
- *Actividad*. El mantenimiento se inicia cuando se alcanza un estado de actividad determinado (por ejemplo, cada 8.000 horas de operación).
- *Estado*. El mantenimiento se programa cuando se supera o cuando no se alcanza un valor de diagnóstico determinado (por ejemplo, temperatura superior a 85 °C).

**1.4.2.2 Tipos de planes de Mantenimiento.** Se tienen tres tipos diferentes de plan de mantenimiento preventivo: de ciclo individual, de estrategia y de ciclo múltiple.

- **Plan de ciclo individual.** Recomendado para las actividades a realizar sobre un equipo que no requiere la coordinación con otras actividades de mantenimiento del mismo equipo, y que utilizan un sólo contador para su programación. Para planes de este tipo, se utiliza un solo contador con un solo ciclo para todo el plan, lo cual implica que todas las posiciones del plan tienen asociado un mismo ciclo. El contador puede ser un punto de medida o corresponder al tiempo calendario si se deja en blanco el campo *contador* y se utilizan unidades de tiempo.

- **Plan de estrategia.** Utilizado para la programación coordinada de dos o más actividades de mantenimiento a efectuar sobre un equipo, que poseen ciclos diferentes del mismo contador. Para estos planes, los ciclos de mantenimiento corresponden a los paquetes de la estrategia de mantenimiento asignada que estén vinculados en las hojas de ruta que se utilicen en el plan, esto implica que

los paquetes de la estrategia se asignan al plan de forma automática al vincular cada hoja de ruta a las posiciones del plan.

- **Plan de ciclo múltiple.** Recomendado para las actividades que dependen de más de un contador para ser programadas. Para planes de este tipo, es posible utilizar uno o más contadores con sus respectivos ciclos los cuales aplican para todo el plan, implicando que todas las posiciones del plan tienen asociado los mismos ciclos. Al igual que en el plan de ciclo individual, uno de los contadores puede corresponder al tiempo calendario si se deja en blanco el campo "contador" y se utilizan unidades de tiempo.

**1.4.2.3 Datos relacionados con planes de mantenimiento.** Las funcionalidades del ERP de SAP para la creación y programación de planes comprenden, entre otras, las siguientes:

- **Estrategias.** Reglas de cálculo para la programación de las tomas.
- **Paquetes.** Periodicidad con que se programan las tomas dentro de una estrategia. Los parámetros importantes para un paquete de mantenimiento preventivo son: número, denominación, duración del ciclo, unidad de medida, jerarquía (cuando se cumplen dos paquetes al mismo tiempo, la jerarquía indica cuál de los dos se ejecutará), offset (primer vencimiento del paquete), y la holgura de adelanto o retraso.
- **Posición de mantenimiento.** Descripción de las inspecciones y operaciones de mantenimiento preventivo a realizar sobre un objeto técnico dentro de un plan. El plan contiene siempre de forma automática, como mínimo, una posición de mantenimiento. Cada posición de mantenimiento dentro del plan genera una orden de mantenimiento.

- **Tomas.** Objetos previsionales que se convierten en órdenes de mantenimiento al realizar la programación de los planes de mantenimiento.
  
- **Hojas de ruta.** Las hojas de ruta contienen la información de operaciones a ejecutar (tareas), el tiempo requerido para su ejecución, los materiales necesarios, los servicios a contratar y los medios auxiliares de fabricación (MAF). Estos últimos comprenden materiales, documentos, herramientas y equipos de inspección principalmente. Las hojas de ruta se pueden desarrollar para inspecciones, mantenimientos preventivos y reparaciones planificadas, ofreciendo las siguientes ventajas:
  - Mejor planificación de recursos, por ejemplo: mano de obra y material.
  - Mejor planificación de la producción. La coordinación entre Mantenimiento y Operaciones da como resultado más información sobre períodos de parada planificadas.
  - Mayor disponibilidad de las máquinas. El mantenimiento preventivo planificado reduce el tiempo de parada no planificado.

### **1.4.3 Gestión de órdenes de mantenimiento (PM-WOC).**

**1.4.3.1 Avisos.** Se tienen tres tipos de avisos disponibles en el módulo PM:

- *Aviso de averías.* Reporta la descripción del problema presentado con un objeto técnico. No solamente registra la necesidad de una acción correctiva, también especifica las causas que lo originaron, las acciones a realizar y medidas siguientes, y la fecha de disponibilidad del sistema antes y después de la intervención.

- *Solicitud de mantenimiento.* Se utiliza para registrar la necesidad de una acción preventiva en un objeto técnico. Un aviso de este tipo se genera automáticamente con cada orden programada a partir de los planes de mantenimiento.
- *Aviso de actividad.* Se usa para describir actividades de mantenimiento únicamente (documentación técnica).

**1.4.3.2 Órdenes de Trabajo.** Las órdenes de trabajo sirven para planificar medidas de mantenimiento y manejar los costos. Las órdenes de mantenimiento pueden ser creadas mediante la programación y supervisión de planes de mantenimiento, a partir de avisos o de manera directa.

El módulo PM permite la utilización de las siguientes clases de órdenes estándar:

- *Órdenes de mantenimiento.* Pueden utilizarse tanto para el mantenimiento preventivo como para el correctivo. Pueden crearse automáticamente a partir de la programación de planes de mantenimiento. También es posible su creación manual.
- *Órdenes de inversión.* Se utilizan para la gestión de modificaciones a la configuración de planta.
- *Órdenes de renovación.* Ésta clase se orden está orientada a la gestión de reparaciones de equipos y piezas de recambio tales como bombas, motores, partes de turbina, entre otros.
- *Órdenes de calibración.* Permiten la gestión de calibraciones de equipos de medición a través de planes de mantenimiento y de órdenes creadas manualmente.

Las órdenes creadas a partir de planes de mantenimiento, contienen la información registrada en estos a través de las hojas de ruta (operaciones, materiales, puestos de trabajo, horas hombre).

Las órdenes se cierran técnicamente después de finalizados los trabajos definidos en su alcance cuando ya se han reportado los tiempos y comentarios en el sistema (notificaciones) y se han actualizado los avisos, por ejemplo, con la información de las averías cuando sea el caso.

El *cierre técnico* de una orden ocasiona que los datos de emplazamiento e imputación se fijen y no puedan volver a modificarse. Sin embargo, la orden puede seguir recibiendo costes, por ejemplo, mediante recepciones de factura para materiales entregados y consumidos. El *cierre comercial* bloquea la recepción de costos a la Orden de trabajo. El *cierre comercial* se realiza después del *cierre técnico*.

**1.4.4 Sistema de Información (PM-IS).** El sistema ofrece varias consultas estándar para la obtención de información relevante para la gestión de mantenimiento. También ofrece posibilidades de utilizar variantes a través de análisis flexibles.

Es posible la consulta de los costos estadísticos de las diferentes actividades de mantenimiento, la consulta de estadísticas de fallas (averías) incluyendo información sobre el MTTR (\*) y el MTBR (\*\*) para los objetos técnicos. Los análisis tipo estándar ofrecidos por el sistema son los siguientes:

---

(\*) MTTR - Tiempo medio para reparar (*Mean time to repair*).

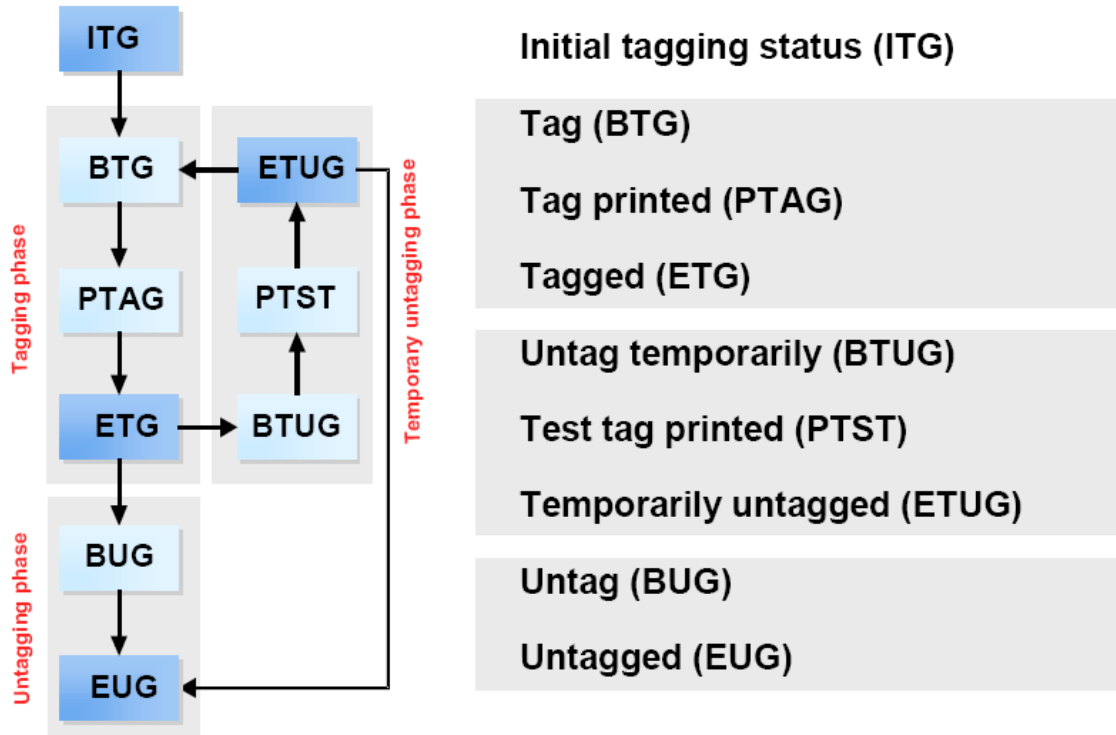
(\*\*) MTBR - Tiempo medio entre fallas (*Mean time between failures*).

- Análisis Clase de Objeto
- Análisis de Fabricante
- Análisis emplazamiento
- Análisis grupo planificación
- Análisis de averías
- Estadística de Objetos
- Análisis de Paradas
- Análisis de Costes de Mantenimiento
- Análisis de consumo vehículo
- Análisis MTTR MTBR equipos
- Análisis MTTR MTBR ubicación técnica

**1.4.5 Gestión de descargos (PM-WCM).** El submódulo PM-WCM (*Work Clearance Management*) integra los permisos o autorizaciones de trabajo y las actividades de bloqueo y etiquetado (LOTO - *lockout/tagout*) de equipos a la gestión de órdenes de trabajo.

En la figura 19 se presenta el modelo estándar que ofrece SAP ERP para el bloqueo y etiquetado de equipos.

Figura 19. Ciclo operacional LOTO.



Fuente: SAP. Work Clearance Management (PM-WCM) - Release 4.6C [documento consecutivo en línea]. SAP, abril de 2001 [citado en 12 de enero de 2011]. Disponible en Internet:

<[http://help.sap.com/printdocu/core/Print46c/en/Data/Index\\_en.htm](http://help.sap.com/printdocu/core/Print46c/en/Data/Index_en.htm)>

## 2. MARCO TEÓRICO

A continuación se exponen brevemente sistemas y procesos de gestión así como algunas técnicas y metodologías relevantes para la gestión de mantenimiento y para la organización en sí.

### 2.1 SISTEMAS Y PROCESOS DE GESTIÓN

**2.1.1 Gestión de activos.** La gestión de activos está orientada al desarrollo óptimo y sostenible de los activos físicos, humanos, financieros, de información e intangibles de una organización para el logro de su plan estratégico. El desarrollo óptimo hace referencia al balance entre costos, riesgos y beneficios, mientras el desarrollo sostenible se refiere al ciclo de vida de los activos comprendiendo desde la adquisición o creación, pasando por el uso, mantenimiento, mejoramiento y renovación, hasta la desincorporación o disposición final de los activos individuales o de los sistemas de activos.

La gestión de activos se define según PAS 55-1 como: "Actividades coordinadas, sistemáticas y prácticas a través de las cuales una organización gestiona óptima y sosteniblemente sus activos y sistemas de activos, el desempeño asociado, riesgos y gastos durante su ciclo de vida con el propósito de lograr un plan estratégico organizacional"<sup>1</sup>. Complementando la anterior definición, la norma PAS 55-2 menciona: "Una buena gestión de activos considera y optimiza las

---

<sup>1</sup> BRITISH STANDARD INSTITUTE. Gestión de Activos - Parte 1: Especificaciones para la gestión optimizada de activos físicos. PAS 55-1:2008. 2 ed. London, Reino Unido: The Woodhouse Partnership, 2009. p. 2.

prioridades conflictivas entre el uso y el cuidado de los activos, las oportunidades de desempeño a largo y corto alcance y las inversiones de capital y los costos operacionales subsiguientes, los riesgos y desempeño"<sup>2</sup>.

Las normas PAS 55 son aplicables en organizaciones que posean una alta dependencia en infraestructura o equipos físicos en cualquiera de sus etapas (ver figura 20).

Figura 20. Niveles de activos y su gestión.



Fuente: BRITISH STANDARD INSTITUTE. Gestión de Activos - Parte 2: Directrices para la aplicación de PAS 55-1. PAS 55-2:2008. 2 ed. London, Reino Unido: The Woodhouse Partnership, 2009. 56 p.

La norma PAS 55-1 está estructurada de forma consistente con el ciclo Planear-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) facilitando su integración con otros sistemas de

<sup>2</sup> BRITISH STANDARD INSTITUTE. Gestión de Activos - Parte 2: Directrices para la aplicación de PAS 55-1. PAS 55-2:2008. 2 ed. London, Reino Unido: The Woodhouse Partnership, 2009. 56 p.

gestión. La estructura del sistema de gestión de activos se presenta en la figura 21. A los requerimientos expuestos en la figura, se adicionan los siguientes:

- 4.4.8 Requerimientos legales y otros requerimientos
- 4.4.9 Manejo del cambio

Figura 21. Estructura del sistema de gestión de activos.



Fuente: BRITISH STANDARD INSTITUTE. Gestión de Activos - Parte 1: Especificaciones para la gestión optimizada de activos físicos. PAS 55-1:2008. 2 ed. London, Reino Unido: The Woodhouse Partnership, 2009. 24 p.

Los requerimientos establecidos en la norma PAS 55-1, en especial los numerales 4.5.1 y 4.5.2, y las orientaciones dadas sobre estos en la PAS 55-2, contienen referencias directas a las actividades de mantenimiento en sus diferentes niveles. En estos requerimientos se define explícitamente la necesidad del mantenimiento y calibración de herramientas, instalaciones y equipos de medición o prueba, así como de su identificación y trazabilidad de uso.

**2.1.2 Gestión de la confiabilidad.** La gestión de la confiabilidad se define como: “Actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización con respecto a la confiabilidad”<sup>3</sup>.

La norma IEC 60300-1 define los conceptos y principios de los sistemas de gestión de la confiabilidad, aplicados en las diferentes fases del ciclo de vida del producto. En esta norma se describe lo siguiente:

La confiabilidad es un término colectivo que describe las características de disponibilidad de cualquier producto, sencillo o complejo. Los factores que afectan a estas características de disponibilidad del producto son las características de diseño de fiabilidad y mantenibilidad y las características de logística de mantenimiento... (...) La fiabilidad y la mantenibilidad son características funcionales intrínsecas al diseño del producto, mientras que la logística de mantenimiento es externa al mismo pero afectará también a su confiabilidad. Las características de logística de mantenimiento reflejan la capacidad de la organización de mantenimiento para proporcionar los recursos necesarios para sostener un determinado nivel de esfuerzo de logística de mantenimiento, para conseguir los objetivos de disponibilidad del sistema<sup>4</sup>.

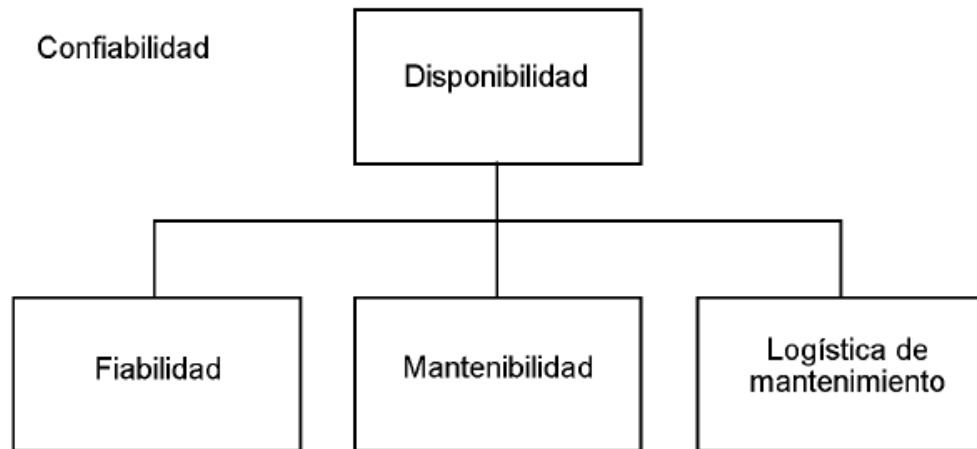
---

<sup>3</sup> INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Gestión de la confiabilidad - Parte 1: Sistemas de gestión de la confiabilidad. CEI/IEC 60300-1:2003. 2 ed. Genève, Suiza: IEC, 2003. p. 7.

<sup>4</sup> Ibíd., p. 6.

La confiabilidad no tiene carácter cuantitativo, se usa solamente para descripciones de la disponibilidad y de los factores que la afectan: fiabilidad, mantenibilidad y logística de mantenimiento (ver figura 22).

Figura 22. Relaciones de la confiabilidad.



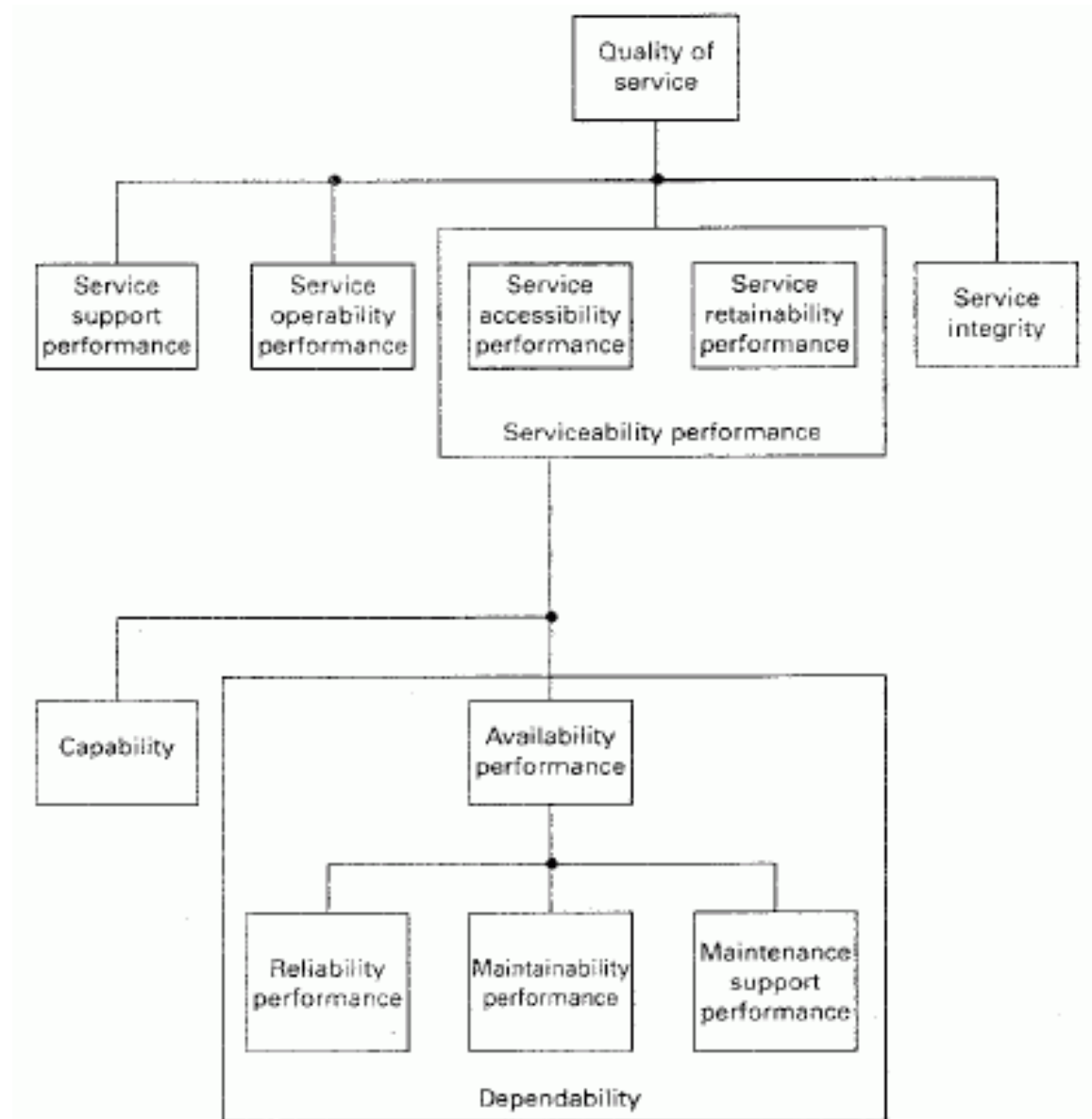
Fuente: INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Gestión de la confiabilidad - Parte 1: Sistemas de gestión de la confiabilidad. CEI/IEC 60300-1:2003. 2 ed. Genève, Suiza: IEC, 2003. p. 17.

La norma CEI/IEC 60050 en su capítulo 191<sup>5</sup> brinda definiciones de términos frecuentemente utilizados en la gestión de confiabilidad y exhibe la relación existente entre la confiabilidad y la calidad del servicio (ver figura 23).

---

<sup>5</sup> INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. International Electrotechnical Vocabulary - Chapter 191: Dependability and quality of service. CEI/IEC 60050-191:1990. 1 ed. Genève, Suiza: IEC, 1990. 149 p.

Figura 23. Confiabilidad y calidad del servicio.

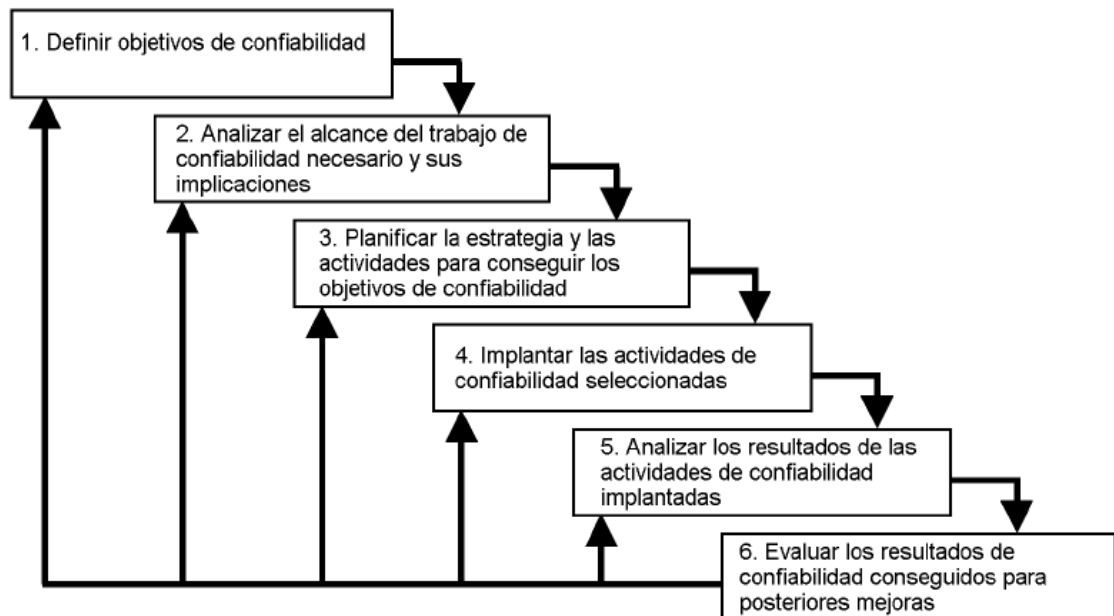


Fuente: INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. International Electrotechnical Vocabulary - Chapter 191: Dependability and quality of service. CEI/IEC 60050-191:1990. 1 ed. Genève, Suiza: IEC, 1990. 149 p.

El enfoque sistémico de la gestión de la confiabilidad es consistente con el ciclo PHVA (ver figura 24). La norma IEC 60300-2 proporciona referencias de métodos

y directrices de aplicación, sobre las cuales se profundiza en el conjunto de normas que conforman la parte 3 de la norma IEC 60300.

Figura 24. Actividades del proceso de gestión de la confiabilidad.

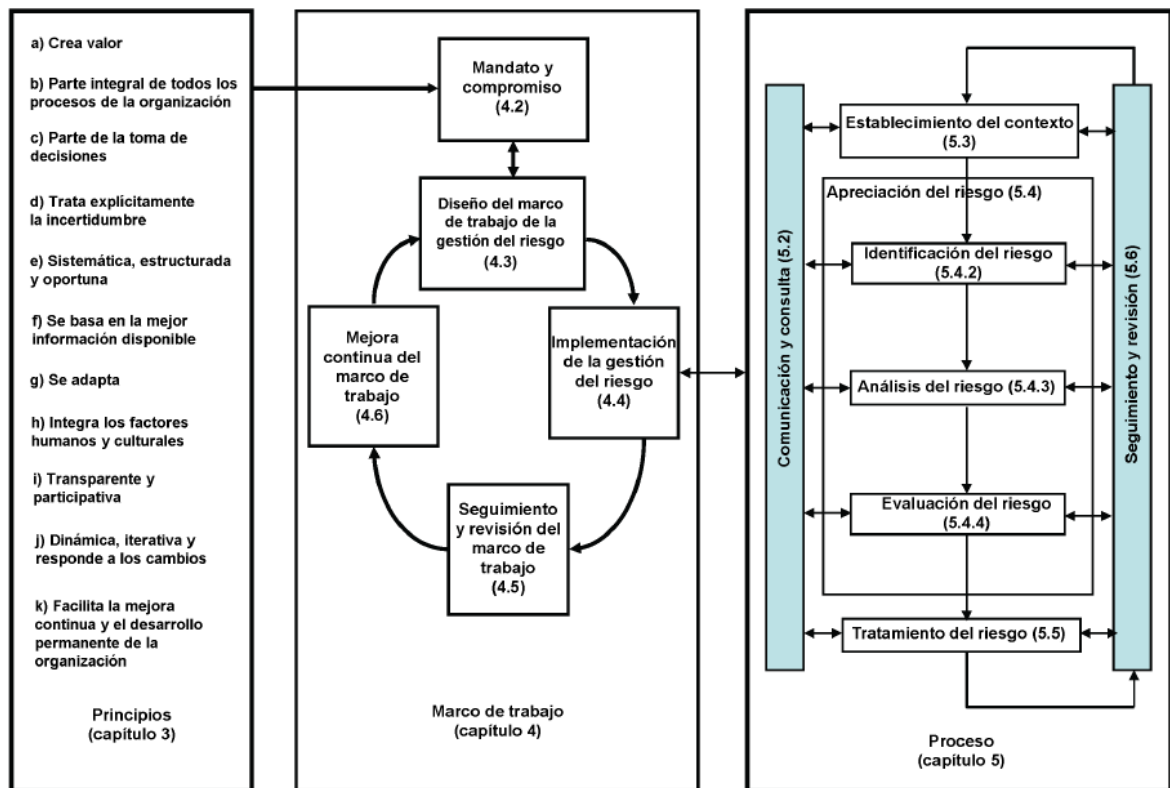


Fuente: INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Gestión de la confiabilidad - Parte 1: Sistemas de gestión de la confiabilidad. CEI/IEC 60300-1:2003. 2 ed. Genève, Suiza: IEC, 2003. p. 17.

**2.1.3 Gestión del riesgo.** La gestión de riesgo tiene como fin el logro de un balance apropiado entre el aumento de las ganancias y la reducción de los costos en una organización. El incremento de las ganancias implica tanto el incremento de las ganancias potenciales como el aumento de su probabilidad de consecución. De forma similar, la reducción de los costos comprende la disminución de las pérdidas y de su probabilidad de ocurrencia. Mediante una gestión de riesgo efectiva, una organización puede incrementar la probabilidad de alcanzar sus objetivos establecidos con los riesgos que haya decidido asumir.

La norma ISO 31000 incluye un conjunto de principios y un marco de trabajo al proceso de gestión de riesgo (ver figura 25), complementando lo descrito en normas nacionales desarrolladas con anterioridad, entre las cuales se encuentran las normas NORSOK Z-013:2001 *Risk and emergency preparedness analysis*, AS/NZS 4360:2004 *Risk management* y NTC 5254 *Gestión de riesgo*.

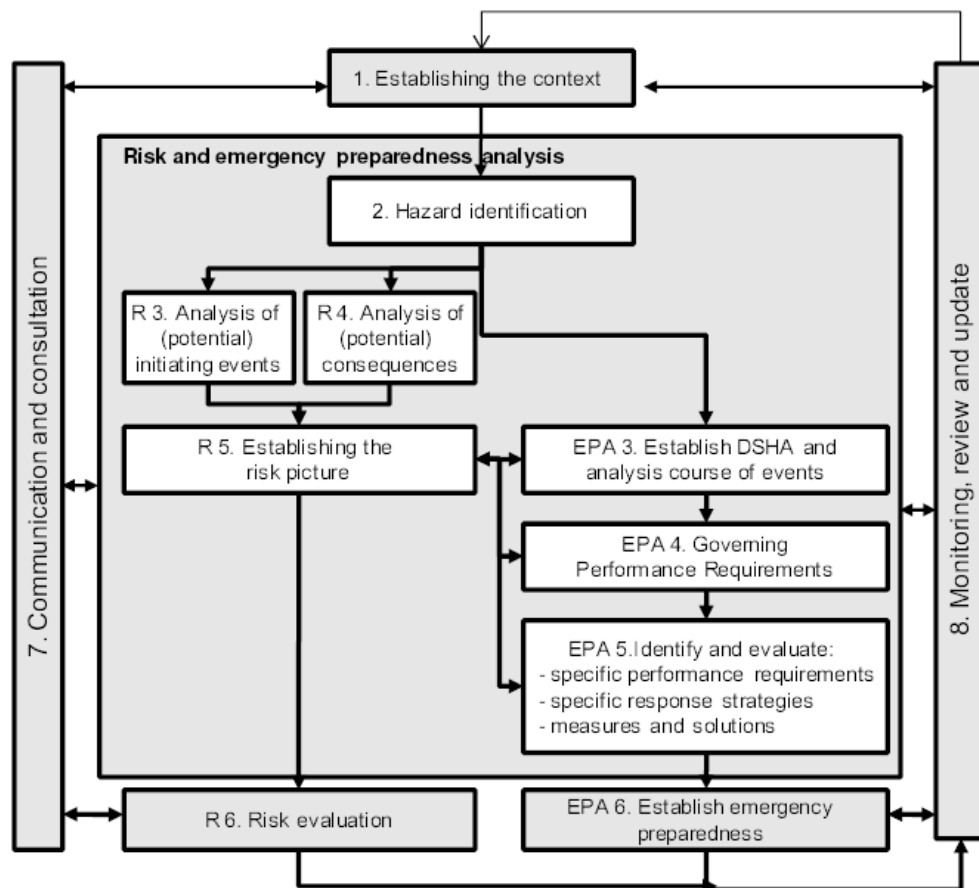
Figura 25. Relaciones entre principios, marco de trabajo y proceso de gestión del riesgo.



Fuente: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión del riesgo. Principios y directrices. UNE-ISO 31000:2009. 1 ed. Madrid, España: AENOR, 2010. p. 7.

La tercera edición de la norma NORSOK Z-013<sup>6</sup> adopta parte del proceso de gestión de riesgo contenido en la ISO 31000 para la valoración del riesgo y la preparación ante emergencias en la industria petrolera. En la figura 26 se presenta el proceso establecido en esta norma.

Figura 26. Proceso de valoración de riesgo y preparación ante emergencias.

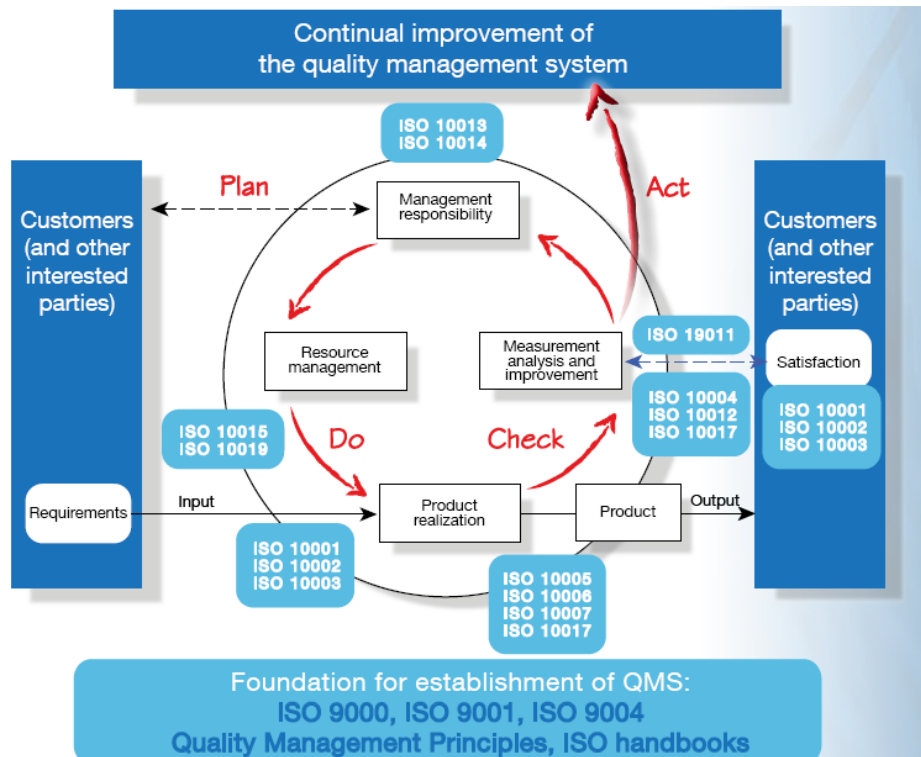


Fuente: NORWEGIAN TECHNOLOGY STANDARDS INSTITUTION. Risk and emergency preparedness assessment. NORSOK Z-013:2010. 3 ed. Lysaker, Noruega: Standards Norway, 2010. p. 17.

<sup>6</sup> NORWEGIAN TECHNOLOGY STANDARDS INSTITUTION. Risk and emergency preparedness assessment. NORSOK Z-013:2010. 3 ed. Lysaker, Noruega: Standards Norway, 2010. 107 p.

**2.1.4 Gestión de la calidad.** La serie de normas y guías de gestión de calidad ISO 9000 define los aspectos a tener en cuenta en una organización para lograr la excelencia a través de la mejora continua de su desempeño. En estas normas y guías se establecen los elementos que conforman los sistemas de gestión de la calidad, a través de los cuales es posible controlar las actividades que inciden en la calidad de los productos y servicios. En la figura 27 se presenta un modelo de gestión de la calidad en el cual se indican las relaciones con las diferentes normas que componen la serie ISO 9000.

Figura 27. Modelo de sistema de gestión de la calidad.



Fuente: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Selection and use of the ISO 9000 family of standards [documento consecutivo en línea]. Genève, Suiza: ISO, febrero de 2009 [citado en 12 de abril de 2011]. Disponible en Internet: <[http://www.iso.org/iso/iso\\_9000\\_selection\\_and\\_use-2009.pdf](http://www.iso.org/iso/iso_9000_selection_and_use-2009.pdf)>

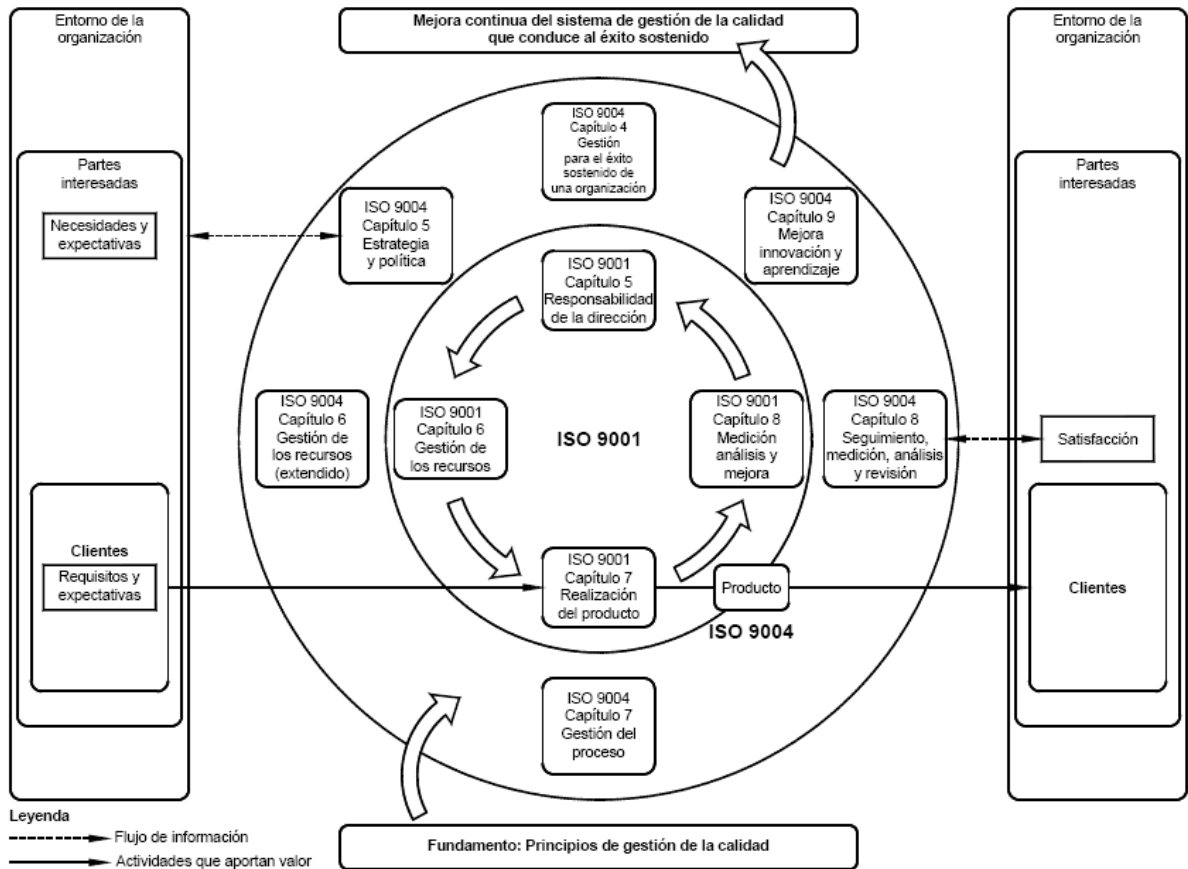
La norma ISO 9001 se aplica para aumentar y demostrar la satisfacción del cliente a través de los productos y servicios de calidad provistos por la empresa, así como el cumplimiento de los requisitos reglamentarios existentes. La norma ISO 9004 se aplica con el propósito de lograr el éxito sostenido de la empresa por medio de la satisfacción de las necesidades y expectativas de todas las partes interesadas pertinentes, no solamente de sus clientes. En la tabla 1 se presentan ejemplos de partes interesadas y se sus necesidades y expectativas. En la figura 28 se ilustra un modelo ampliado de un sistema de gestión de la calidad que integra los elementos de estas dos normas.

Tabla 1. Ejemplos de partes interesadas y sus necesidades y expectativas.

<b>PARTE INTERESADA</b>	<b>NECESIDADES Y EXPECTATIVAS</b>
Clientes	Calidad, precio y desempeño en la entrega de los productos
Propietarios/accionistas	Rentabilidad sostenida Transparencia
Personas en la organización	Buen ambiente de trabajo Estabilidad laboral Reconocimiento y recompensa
Proveedores y aliados	Beneficios mutuos y continuidad
Sociedad	Protección ambiental Comportamiento ético Cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de la calidad. NTC-ISO 9004:2010. 4 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2010. p. 3.

Figura 28. Modelo ampliado de un sistema de gestión de la calidad.



Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de la calidad. NTC-ISO 9004:2010. 4 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2010. 52 p.

La norma NTC-ISO 9000 define gestión de la calidad como: "actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad"<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario. NTC-ISO 9000:2005. 2 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2005. p. 11.

También brinda la siguiente definición de calidad: "grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos"<sup>8</sup>.

De acuerdo a la norma NTC-ISO 9004<sup>9</sup>, para lograr el éxito sostenido una organización debería establecer y mantener una misión, una visión y unos valores, y su sistema de gestión de la calidad debería basarse en los siguientes principios:

- enfoque al cliente
- liderazgo
- participación de las personas
- enfoque basado en procesos
- enfoque de sistema para la gestión
- mejora continua
- enfoque basado en hechos para la toma de decisiones
- relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor.

**2.1.5 Gestión ambiental.** La gestión ambiental comprende el conjunto de actividades desarrolladas para gestionar los elementos de las actividades, productos y servicios de una organización que pueden causar cambios, tanto positivos como negativos, en el medio ambiente. La norma NTC-ISO 14001 define el medio ambiente como: "entorno en el cual una organización opera, incluidos el

---

<sup>8</sup> Ibíd., p. 9.

<sup>9</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de la calidad. NTC-ISO 9004:2010. 4 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2010. p. 42-47.

aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones"<sup>10</sup>.

Las normas de la familia ISO 14000 brindan herramientas de gestión ambiental para el desarrollo sostenible de las organizaciones. Estas normas abarcan las siguientes áreas:

- Sistemas de gestión ambiental
- Evaluación del desempeño ambiental
- Valoración del ciclo de vida de productos
- Aspectos ambientales de diseño y desarrollo de productos
- Gestión de gases de efecto invernadero
- Medición de la huella de carbono de productos
- Cambios ambientales (calidad del aire, agua y tierra)
- Transporte de materiales peligrosos

Los beneficios de la implementación de programas de gestión ambiental en una organización comprenden, entre otros, los siguientes:

- Reducción de insumos y recursos utilizados
- Reducción en el consumo de energía
- Mejora en la eficiencia de procesos
- Reducción en la generación de residuos y en costos de disposición
- Utilización de recursos renovables

---

<sup>10</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. NTC-ISO 14001:2004. 2 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2004. p. 2.

**2.1.6 Gestión de seguridad y salud ocupacional.** La definición de seguridad y salud ocupacional (S y SO) dada por la norma NTC-OHSAS 18001 es la siguiente: "Condiciones y factores que afectan o pueden afectar la salud y la seguridad de los empleados u otros trabajadores (incluidos los trabajadores temporales y personal por contrato), visitantes o cualquier otra persona en el lugar de trabajo"<sup>11</sup>.

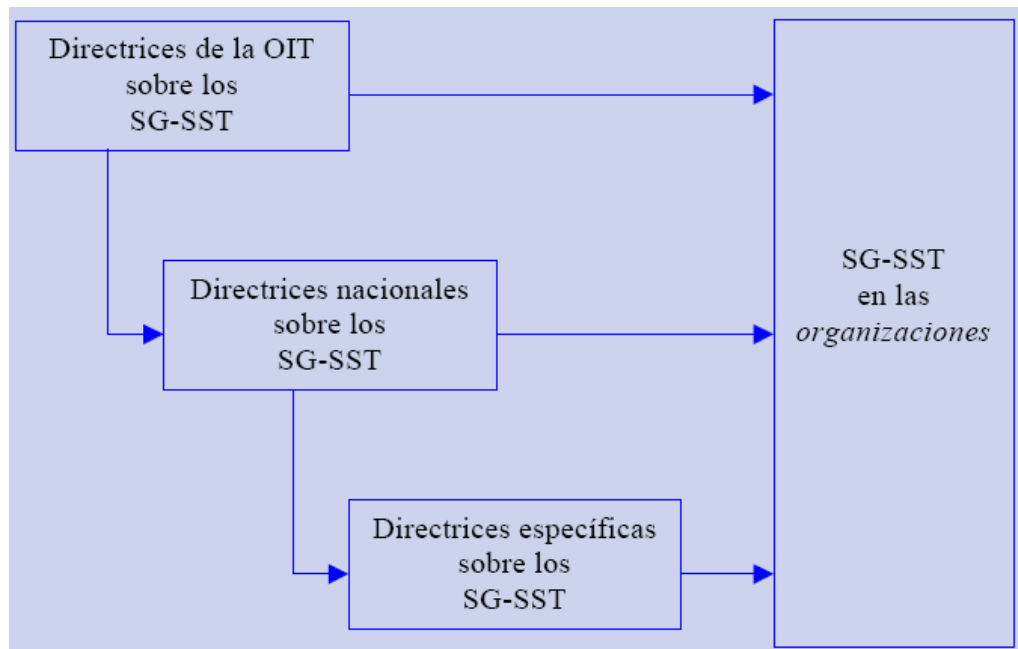
Los sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo (SST) deberían integrar las directrices de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), las directrices nacionales y las propias de las organizaciones y de sus sectores (ver figura 29). De acuerdo a la ILO-OSH 2001<sup>12</sup> estas directrices deberían contribuir a la reducción de los peligros y los riesgos a los que se exponen los trabajadores, entre los cuales se encuentran lesiones, enfermedades y muertes relacionadas con el trabajo.

---

<sup>11</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la seguridad y salud ocupacional — Requisitos. NTC-OHSAS 18001:2007. 3 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2007. p. 3.

<sup>12</sup> ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Directrices relativas a los sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo, ILO-OSH 2001 [documento consecutivo en línea]. 1 ed. Ginebra, Suiza: Oficina Internacional del Trabajo, 2002. 29 p. Disponible en Internet: [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms\\_112582.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_112582.pdf)

Figura 29. Elementos de los sistemas de gestión de la SST.



Fuente: ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Directrices relativas a los sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo, ILO-OSH 2001 [documento consecutivo en línea]. 1 ed. Ginebra, Suiza: Oficina Internacional del Trabajo, 2002. p. 4. Disponible en Internet: <[http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms\\_112582.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_112582.pdf)>

**2.1.7 Gestión de la responsabilidad social.** La gestión de la responsabilidad social de la empresa es definida por la norma UNE 165010 como: "Integración en la gestión general de la empresa de las preocupaciones éticas, sociales, laborales, de respeto a los derechos humanos y ambientales. Se sustenta, principalmente, en políticas, estrategias, actuaciones o procedimientos, y relaciones con sus grupos de interés"<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Ética. Sistema de gestión de la Responsabilidad Social de las Empresas. UNE 165010:2009 EX. 1 ed. Madrid, España: AENOR, 2009. p. 6.

El Libro Verde de la Comisión de las Comunidades Europeas menciona: "La responsabilidad social de las empresas es, esencialmente, un concepto con arreglo al cual las empresas deciden voluntariamente contribuir al logro de una sociedad mejor y un medio ambiente más limpio"<sup>14</sup>.

La responsabilidad social, en una definición más extensa dada por la norma ISO 26000, es:

Responsabilidad de una organización ante los impactos que sus decisiones y actividades ocasionan en la sociedad y el medio ambiente, a través de un comportamiento transparente y ético que:

- contribuya al desarrollo sostenible, incluyendo la salud y el bienestar de la sociedad;
- toma en consideración las expectativas de sus partes interesadas;
- cumpla con la legislación aplicable y sea coherente con la normativa internacional de comportamiento; y
- está integrada en toda la organización y se lleva a la práctica en sus relaciones.<sup>15</sup>

La norma ISO 26000 proporciona los principios de la responsabilidad social y guías acerca de la relación entre una organización, sus partes interesadas y la sociedad y sobre las materias fundamentales relacionadas con la responsabilidad social (ver figura 30). Esta norma brinda guías para operar de una manera socialmente responsable, en lugar de requisitos, por tanto no es una norma de sistema de gestión ni certificable.

---

<sup>14</sup> COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. LIBRO VERDE: Fomentar un marco europeo para la responsabilidad social de las empresas. Versión final. Bruselas, Bélgica, 2001. p. 4.

<sup>15</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Borrador n°2 de ISO 26000 Guía sobre responsabilidad social. Citado por ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Ética. Sistema de gestión de la Responsabilidad Social de las Empresas. UNE 165010:2009 EX. 1 ed. Madrid, España: AENOR, 2009. 20 p.

Figura 30. Siete materias fundamentales de responsabilidad social.



Fuente: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Responsabilidad social: 7 materias fundamentales [documento consecutivo en línea]. s.f. [citado en 12 de abril de 2011]. Disponible en Internet: <[http://www.iso.org/iso/sr\\_7\\_core\\_subjects-es.pdf](http://www.iso.org/iso/sr_7_core_subjects-es.pdf)>

Existen iniciativas nacionales e internacionales en relación a la gestión de la responsabilidad social, las cuales establecen requisitos y son auditables y certificables. A continuación se brinda información sobre dos normas desarrolladas sobre la gestión de la responsabilidad social empresarial.

La norma SA8000<sup>16</sup>, basada en convenciones de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y las Naciones Unidas, trata principalmente sobre la protección del personal contratado por una empresa y - a un nivel razonable - por aquellas que conforman su cadena de suministro de bienes y servicios. Esta norma especifica requisitos de cumplimiento sobre la responsabilidad social empresarial referidos a:

- Trabajo infantil
- Trabajo forzoso y obligatorio
- Seguridad y salud
- Derecho de sindicación y de negociación colectiva
- Discriminación
- Medidas disciplinarias
- Horario de trabajo
- Remuneración
- Sistema de gestión de responsabilidad social

La norma SGE 21<sup>17</sup> presenta los criterios para el establecimiento, implementación y evaluación de sistemas de gestión ética y socialmente responsables en las empresas, comprometiendo a éstas en la integración de los aspectos sociales, laborales, éticos y ambientales a sus estrategias y procesos. Esta norma establece requisitos en las siguientes áreas de gestión: alta dirección, clientes, proveedores, personas que integran la organización, entorno social, entorno ambiental, inversores, competidores, y administraciones públicas.

---

<sup>16</sup> SOCIAL ACCOUNTABILITY INTERNATIONAL. Responsabilidad Social. SA8000:2008 [documento consecutivo en línea]. 3 ed. New York, Estados Unidos: SAI, 2008. 12 p. Disponible en Internet: <<http://www.sa-intl.org/>>

<sup>17</sup> FORO PARA LA EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ÉTICA. Sistema de gestión ética y socialmente responsable. SGE21:2008 [documento consecutivo en línea]. 3 ed. Madrid, España: Forética, 2008. 21 p. Disponible en Internet: <<http://www.sge21.foretica.es/>>

**2.1.8 Gestión de las mediciones.** La gestión de las mediciones tiene como propósito asegurar que los equipos de medición, y los procesos de medición asociados a estos, sean aptos para su uso previsto, lo cual incluye la gestión del riesgo de afectación a la calidad de los productos y servicios, el medio ambiente y la seguridad y salud de los empleados por causa de posibles resultados incorrectos producidos por estos.

La guía técnica GTC-ISO/IEC 99 brinda la siguiente definición para "medición":

Proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que puedan atribuirse razonablemente a una magnitud.

NOTA 1 Las mediciones no se aplican a las propiedades nominales.

NOTA 2 La medición supone una comparación de magnitudes, e incluye el conteo de entidades.

NOTA 3 Una medición implica una descripción de la magnitud compatible con el uso previsto de un resultado de medición, un procedimiento de medición y un sistema de medición calibrado conforme a un procedimiento de medición especificado, incluyendo las condiciones de medición.<sup>18</sup>

La norma NTC-ISO 10012 define un sistema de gestión de las mediciones como: "conjunto de elementos interrelacionados, o que interactúan, necesarios para lograr la confirmación metrológica y el control continuo de los procesos de medición"<sup>19</sup>. En esta definición se mencionan dos términos de alta importancia en la gestión de las mediciones: confirmación metrológica y proceso de medición. El primero hace referencia al aseguramiento de la conformidad de un equipo de medición ante los requisitos existentes para su uso previsto y el segundo a la

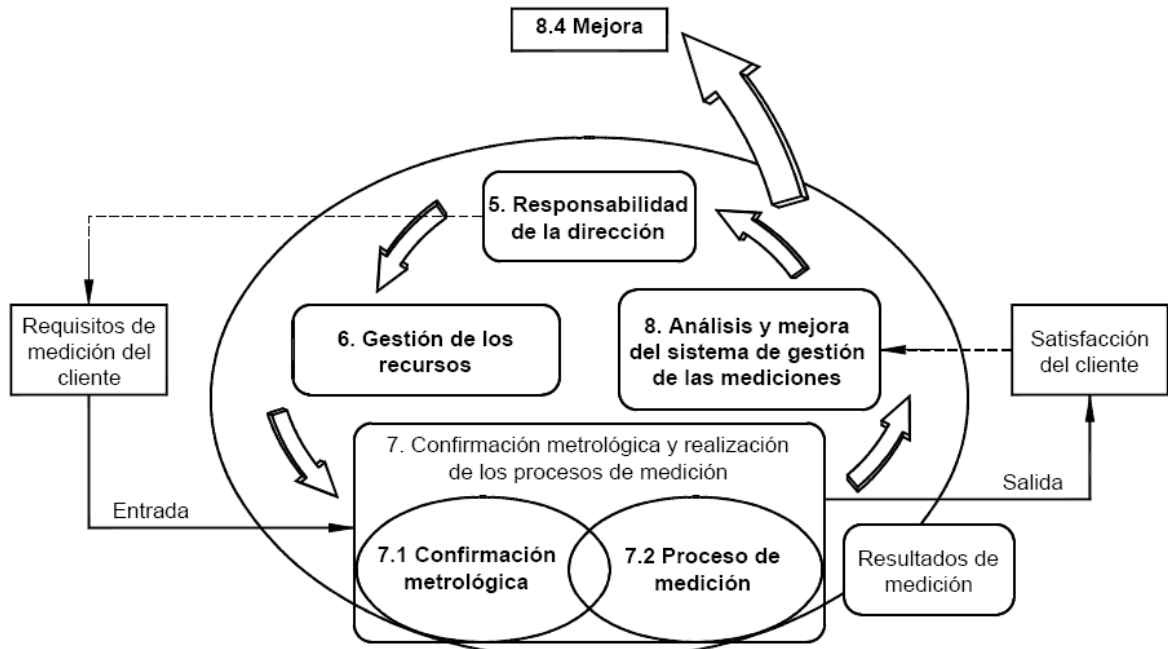
---

<sup>18</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Vocabulario internacional de metrología. Conceptos fundamentales, generales y términos asociados (VIM). GTC-ISO/IEC 99:2009. 1 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2009. p. 2.

<sup>19</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la medición. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición. NTC-ISO 10012:2003. 1 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2003. p. 2.

determinación del valor de una magnitud. En la figura 31 se presenta un modelo de sistema de gestión de las mediciones presentado por esta norma.

Figura 31. Modelo de sistema de gestión de las mediciones.



Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la medición. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición. NTC-ISO 10012:2003. 1 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2003.

**2.1.9 Gestión de la configuración.** La norma NTC-ISO 10007, perteneciente al grupo de normas de gestión de la calidad, define la gestión de la configuración como: "Actividades coordinadas para dirigir y controlar la configuración"<sup>20</sup>. La

<sup>20</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la calidad — Directrices para la gestión de la configuración. NTC-ISO 10007. 3 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2003. p. 2.

gestión de la configuración descrita en esta norma está orientada al producto en sus diferentes etapas, desde su concepción hasta su disposición final, con el fin de asegurar que se realice al nivel requerido la evaluación de riesgos e impactos potenciales antes de la implementación del cambio y que éste cuente con los niveles debidos de aprobación, documentación y verificación, incluyendo las auditorías de configuración funcional y física según se requiera.

El proceso de gestión de la configuración se compone de las siguientes funciones:

- Planificación de la gestión de la configuración
- Identificación de la configuración
- Control de cambios
- Reporte del estado de la configuración
- Auditoría de la configuración

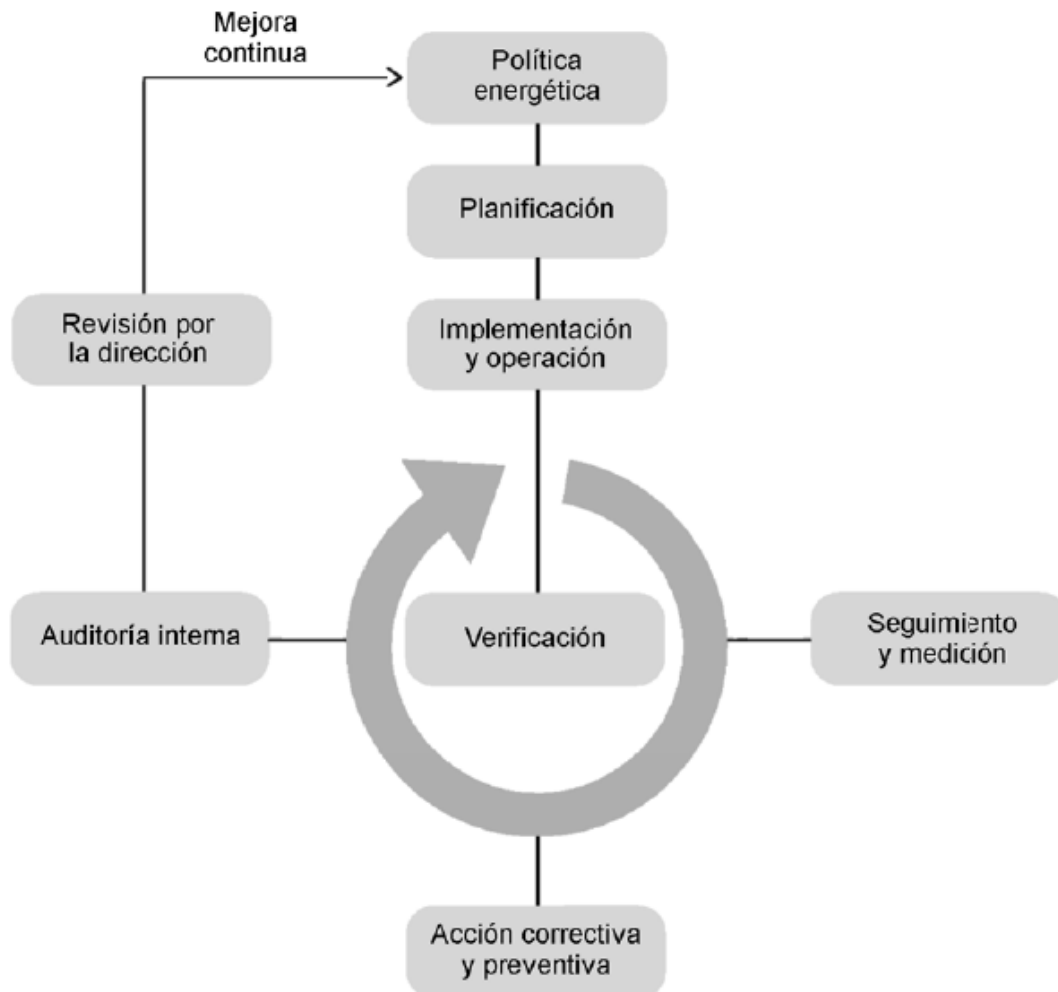
**2.1.10 Gestión energética.** La gestión energética comprende las actividades realizadas en procura de mejorar la eficiencia energética de una organización, optimizando el consumo de energía en sus diferentes formas (vapor, aire comprimido, electricidad, combustibles, etc.) lo que conlleva principalmente a reducciones en costos y a minimizar los impactos negativos al ambiente (emisiones, vertimientos, residuos sólidos, etc.).

La mejora en la eficiencia energética se logra a través de la identificación, implementación y mejora de programas de gestión energética, abarcando como mínimo los aspectos energéticos significativos para la organización.

La norma UNE-EN 16001 define la eficiencia energética así: "Relación entre la producción de actividades, bienes o servicios de una organización, y el gasto de

energía<sup>21</sup>. Esta norma establece un modelo de sistema de gestión energética para las organizaciones consistente con el ciclo PHVA (ver figura 32).

Figura 32. Modelo de sistema de gestión de energética.

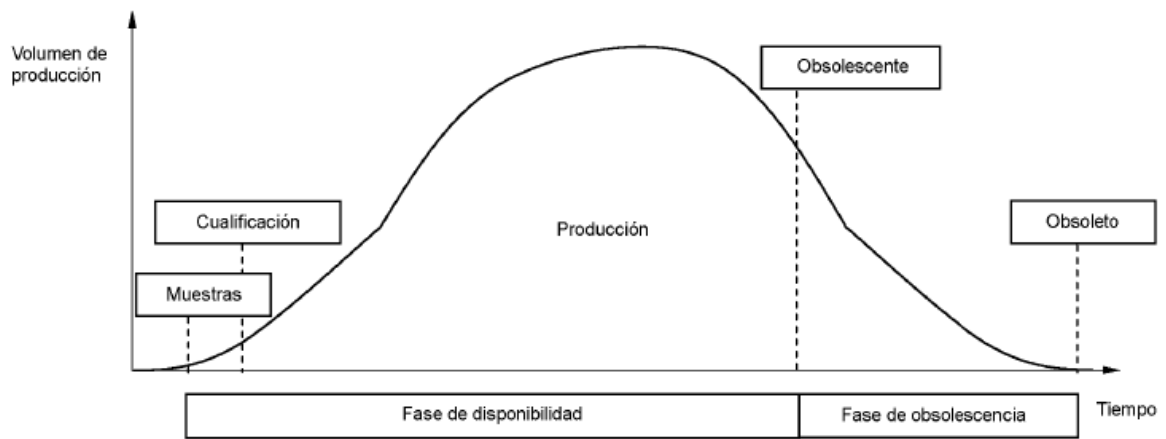


Fuente: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión energética - Requisitos con orientación para su uso. UNE-EN 16001:2010. 2 ed. Madrid, España: AENOR, 2010. p. 7.

<sup>21</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión energética - Requisitos con orientación para su uso. UNE-EN 16001:2010. 2 ed. Madrid, España: AENOR, 2010. p. 9.

**2.1.11 Gestión de la obsolescencia.** La norma UNE-EN 62402 contiene las siguientes definiciones de obsolescencia: "transición desde la disponibilidad del fabricante original a la indisponibilidad; transición permanente desde la operatividad a la no funcionalidad debido a razones externas"<sup>22</sup>. Así, un elemento se vuelve obsoleto cuando ya no es producido por el fabricante original o cuando ya no satisface los requerimientos presentes. En la figura 33 se ilustra la fase de obsolescencia de un producto.

Figura 33. Fases de disponibilidad y obsolescencia de un producto.



Fuente: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la obsolescencia. Guía de aplicación. UNE-EN 62402:2011. 1 ed. Madrid, España: AENOR, marzo de 2011. p. 14.

El proceso de gestión de la obsolescencia tiene como objetivo asegurar la disponibilidad de los productos durante su ciclo de vida previsto. Este objetivo

<sup>22</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la obsolescencia. Guía de aplicación. UNE-EN 62402:2011. 1 ed. Madrid, España: AENOR, 09 de marzo de 2011. p. 12.

puede lograrse a través de la compra del ciclo de vida, la cual consiste en el aprovisionamiento de componentes de reemplazo necesarios en las fases del ciclo de vida del producto, y de la gestión de las actividades de soporte requeridas en estas fases. Las actividades de soporte pueden incluir conocimientos y habilidades requeridas para el manejo del producto.

La obsolescencia de un producto se puede abordar desde dos estrategias, la proactiva y la reactiva. La primera implica desarrollar las actividades de gestión de la obsolescencia, mientras que la estrategia reactiva consiste en no tomar medida alguna hasta que el producto se vuelva obsoleto.

## **2.2 METODOLOGÍAS**

**2.2.1 Análisis de modos y efectos de fallas.** El análisis de modos y efectos de falla (FMEA, por su denominación en inglés *Failure Mode and Effects Analysis*) es una técnica aplicada al estudio metódico de las consecuencias que provocan las fallas de cada componente de un equipo. Es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas. Sus objetivos principales son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y montaje, operación y mantenimiento de un equipo, a partir de los componentes.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema, identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la ocurrencia de la falla potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema.

- Cuantificar riesgos y confiabilidad.
- Documentar el proceso.

El FMEA llega a los modos de falla partiendo de la supuesta falla de un componente. Considerando que los componentes son perfectamente identificables, la supuesta falla total o parcial de cada uno lleva directamente a todos los modos de falla potenciales (pérdida de la función). La norma CEI/IEC 60812 *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)* contiene directrices para la aplicación tanto del FMEA como del FMECA (*Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*).

**2.2.2 Mantenimiento centrado en confiabilidad.** Moubray define el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM, por su denominación en inglés *Reliability Centred Maintenance*) como: "un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional"<sup>23</sup>.

De acuerdo a la norma CEI/IEC 60300-3-11: "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) es un método para establecer el plan de mantenimiento el cual permitirá alcanzar en forma eficiente y efectiva los requerimientos de seguridad y los niveles de disponibilidad de los equipos e instalaciones, y está dirigido al mejoramiento de la seguridad global, la disponibilidad y la economía de la operación"<sup>24</sup>.

---

<sup>23</sup> MOUBRAY, John Mitchell. Reliability-centred maintenance [Mantenimiento centrado en confiabilidad]. Traducido por Ellman, Sueiro y Asociados. 2 ed. Asheville, Estados Unidos: Aladon, 2004. p. 7. ISBN 09539603-2-3.

<sup>24</sup> INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Dependability management - Part 3-11: Application Guide - Reliability centred maintenance. CEI/IEC 60300-3-11:1999. 1 ed. Geneve, Suiza: IEC, 1999. Citado por: ORTÍZ PLATA, Daniel. Mantenimiento centrado

El método está basado en la formulación de siete preguntas, dadas en su orden a continuación:

1. ¿Cuáles son las funciones y los estándares de rendimiento deseados para el activo en su contexto operativo? *Funciones*
2. ¿Cuáles son las fallas que hacen que el equipo deje de cumplir sus funciones? *Fallas funcionales*
3. ¿Qué causa cada falla funcional? *Modo de falla*
4. ¿Qué pasa cuando ocurre una falla? *Efectos*
5. ¿Qué consecuencias tiene la falla? *Consecuencias*
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla? *Tareas*
7. ¿Qué puede hacerse si la falla no puede predecirse o prevenirse? *Rediseño*

La implementación de RCM sobre un elemento seleccionado puede representarse por los siguientes pasos básicos:

1. Definición de funciones
2. Análisis de fallas funcionales
3. Análisis de modos de falla
4. Análisis de efectos
5. Análisis de criticidad
6. Selección de tareas de mantenimiento
7. Determinación de la frecuencia
8. Definir un plan preliminar
9. Aplicación de resultados

Ya que estos pasos varían de una metodología a otra, es posible utilizar los criterios ofrecidos por las normas SAE JA1011 y SAE JA1012 para determinar si el proceso bajo revisión se trata o no de un proceso de RCM.

Como pasos previos al desarrollo del proceso de RCM se deben seleccionar los elementos que van a ser objeto de estudio o análisis y definir sus fronteras e interfaces. Para la delimitación de los elementos se puede utilizar la norma ISO 14224.

Los resultados típicos del proceso RCM son:

1. Tareas de monitoreo de Condición (predictivas o puntuales)
2. Tareas de reacondicionamiento o de sustitución (periódicas)
3. Tareas de búsqueda de fallas (detectivas)
4. Tareas correctivas (correr a falla)
5. Rediseño de equipos
6. Otras recomendaciones sobre procedimientos operativos, optimización de recambios y herramientas, formación del personal, entre otros.

**2.2.3 Mantenimiento productivo total.** El mantenimiento productivo total (TPM, por su denominación en inglés *Total Productive Maintenance*) fue definido en 1971 por el *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) como:

El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye "cero accidentes, cero defectos y cero fallas" en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles

operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos.<sup>25</sup>

El TPM en resumen desde su concepto incluye las siguientes 5 metas interdependientes:

- Mejora en la eficacia del equipo.
- Mantenimiento autónomo efectuado por los operadores.
- Un programa planeado de mantenimiento y administrado por el departamento de mantenimiento.
- Entrenamiento para mejorar las destrezas y operaciones de mantenimiento.
- Un programa de administración del diseño del equipo, para prevenir problemas que ocurren durante nuevas instalaciones o arranques de máquinas.

Estas metas se apoyan en los ocho pilares de confiabilidad dados a continuación:

- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planificado
- Mejora enfocada
- Educación y entrenamiento
- Control inicial de equipos y productos
- Mantenimiento de la calidad
- Seguridad y medio ambiente
- Gestión administrativa

La implementación exitosa del TPM trae consigo las siguientes ventajas:

---

<sup>25</sup> GIRALDO CARDONA, Sebastián. Introducción al TPM [documento]. En: Diplomado en Gestión y Control de Mantenimiento (8: 26, abril - 6, agosto, 2010, Bogotá D.C.). Memorias. Bogotá D.C.: ACIEM, 2010. p. 2.

- Primer responsable del activo es el usuario
- Aumento de productividad por reducción significativa de averías
- Aumento en el grado de utilización de la máquina
- Reducción del número de defectuosos
- Reducción de los costos de mantenimiento
- Reducción de accidentes de trabajo
- Distensión de las presiones de los trabajadores

**2.2.4 Estudios de peligros y operatividad.** Los estudios de peligros y operatividad (HAZOP, acrónimo de su denominación en inglés *Hazard and Operability*) tienen como propósito la identificación de peligros potenciales en productos, procesos, procedimientos y sistemas, así como la identificación de potenciales problemas operacionales.

Esta técnica considera que los riesgos, los accidentes o los problemas de operatividad se producen a partir de desviaciones de las variables y características del producto, proceso, procedimiento o sistema bajo análisis con respecto a las condiciones de operación normal o a sus intenciones de diseño. Los estudios HAZOP consisten en el análisis sistemático de las causas y las consecuencias de estas desviaciones mediante el uso del conjunto de “palabras guía” dado a continuación:

- *No.* Negación total o ausencia de la variable.
- *Más.* Aumento (cuantitativo) de la variable.
- *Menos.* Disminución (cuantitativa) de la variable.
- *Además de.* Aumento cualitativo.
- *Parte de.* Disminución cualitativa.

- *Inverso*. Inversión en el sentido de la variable.
- *Diferente de*. Actividades que no hacen parte de la operación normal.

Mediante la realización de un estudio de HAZOP es posible generar soluciones y acciones para el tratamiento de los riesgos de afectación de personas, equipos y medio ambiente, así como de los objetivos de la empresa. La norma IEC 61882 *Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide* brinda información detallada sobre esta técnica y su aplicación.

**2.2.5 Inspección basada en riesgo.** La inspección basada en riesgo (RBI, *Risk based inspection*) es "una metodología que tiene como objetivo el establecimiento de un programa de inspecciones basado en los aspectos de probabilidad y consecuencia de una falla"<sup>26</sup>.

Esta metodología es utilizada normalmente en equipos estáticos presurizados (tuberías, filtros separadores y tanques). De acuerdo a la norma NORSOK Z-008<sup>27</sup>, el riesgo asociado a la ocurrencia de una falla se determina a partir de:

- Los mecanismos de deterioro dependientes de propiedades del material, composición del fluido interno y el ambiente operacional externo, para determinar la probabilidad de falla.
- Las consecuencias de la falla por fugas con respecto al personal, daños al ambiente y pérdidas operacionales.

---

<sup>26</sup> NORWEGIAN TECHNOLOGY STANDARDS INSTITUTION. Risk and emergency preparedness assessment. NORSOK Z-016:1998. 1 ed. Oslo, Noruega: NTS, diciembre de 1998. p. 25.

<sup>27</sup> NORWEGIAN TECHNOLOGY STANDARDS INSTITUTION. Risk based maintenance & consequence classification. NORSOK Z-008:2010. 3 ed. Lysaker, Noruega: Standards Norway, diciembre de 2010. p. 10-11.

El resultado típico de la aplicación de RBI comprende la determinación de:

- Localización y alcance de las inspecciones
- Métodos de inspección
- Intervalos de inspección

Entre las normas relacionadas a RBI se encuentran los estándares de aplicación general API RP 580 *Risk-Based Inspection* y API RP 581 *Risk-Based Inspection Technology*.

**2.2.6 Análisis del costo del ciclo de vida.** El ciclo de vida de un producto es el periodo comprendido desde su concepción hasta su disposición. El análisis del costo del ciclo de vida (LCC, por su denominación en inglés *Life Cycle Cost*) de un producto es: "Proceso de análisis económico para valorar el costo del ciclo de vida de un producto durante su ciclo de vida o parte de éste"<sup>28</sup>.

Las normas mencionadas a continuación brindan información sobre análisis de LCC:

- IEC 60300-3-3: Dependability management - Part 3-3: Application Guide - Life cycle costing
- ISO15663-1: Petroleum and natural gas industries -Life cycle costing- Part 1: Methodology.

---

<sup>28</sup> INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Dependability management - Part 3: Application Guide - Section 3: Life cycle costing. IEC 60300-3-3:1996. 1 ed. Genève, Suiza: IEC, 11 de septiembre de 1996. 47 p. Citado por: KAWAUCHI, Yoshio y RAUSAND, Marvin. Life Cycle Cost (LCC) analysis in oil and chemical process industries [documento consecutivo en línea]. Trondheim, Noruega: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, junio de 1999 [citado en 18 de enero de 2011]. p. 3. ISBN 82-7706-128-5. Disponible en Internet: <<http://www.ntnu.no/ross/reports/lcc.pdf>>

- ISO15663-2: Petroleum and natural gas industries -Life cycle costing- Part 2: Guidance on application of the methodology and calculation methods
- ISO15663-3: Petroleum and natural gas industries -Life cycle costing- Part 3: Implementation guidelines
- NORSOK O-CR-001: Life cycle cost for systems and equipment
- NORSOK O-CR-002: Life cycle cost for production facility
- SAE ARP-4293: Life cycle cost - Techniques and applications

**2.2.7 Análisis de causa raíz.** El Análisis de Causa Raíz (RCA, por su denominación en inglés *Root Cause Analysis*) es: "un método estructurado de análisis utilizado en la solución efectiva de problemas con el que se evalúa toda la cadena de hechos hasta identificar las causas raíces y las soluciones efectivas para eliminar o mitigar sus defectos"<sup>29</sup>. El RCA se emplea para evitar que un evento vuelva a suceder por las causas que le dieron origen.

Existen varias técnicas utilizadas como parte del RCA entre las cuales se encuentran:

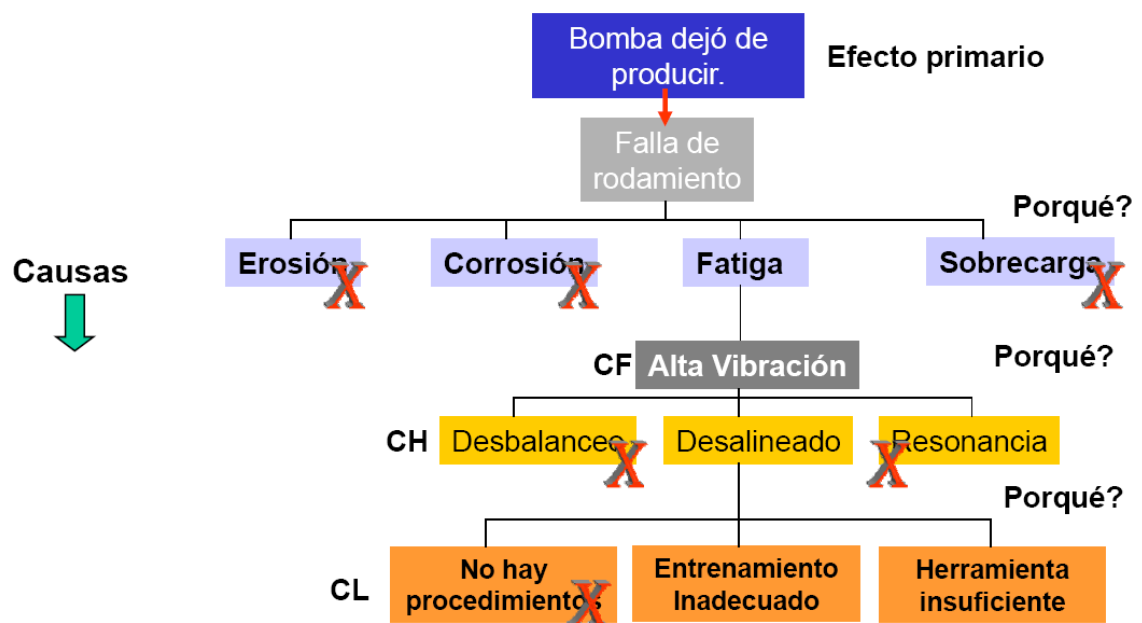
- Los 5 ¿por qué?
- Análisis de árbol de fallas
- Diagrama de Ishikawa o de espina de pescado
- Análisis de Pareto
- Análisis de causa-efecto

---

<sup>29</sup> CARDONA AGUDELO, Camilo Andrés. Análisis de causa raíz [documento]. En: Diplomado en Gestión y Control de Mantenimiento (8: 26, abril - 6, agosto, 2010, Bogotá D.C.). Memorias. Bogotá D.C.: ACIEM, 2010. p. 3.

La evaluación de las causas puede iniciar desde las causas físicas evidentes, pasando por las causas humanas (relativa al comportamiento de las personas) hasta llegar a las causas latentes o fundamentales (de tipo organizacional). En la figura 34 se presenta un ejemplo de análisis de causa raíz con la identificación de las diferentes clases de causas.

Figura 34. Diagrama de causa y efecto.



Fuente: CARDONA AGUDELO, Camilo Andrés. Análisis de Causa Raíz [Diapositivas]. En: Diplomado en Gestión y Control de Mantenimiento (8: 26, abril - 6, agosto, 2010, Bogotá D.C.). Memorias. Bogotá D.C.: ACIEM, 2010. 120 diapositivas.

### **3. MODELO PROPUESTO PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN COLINVERSIONES**

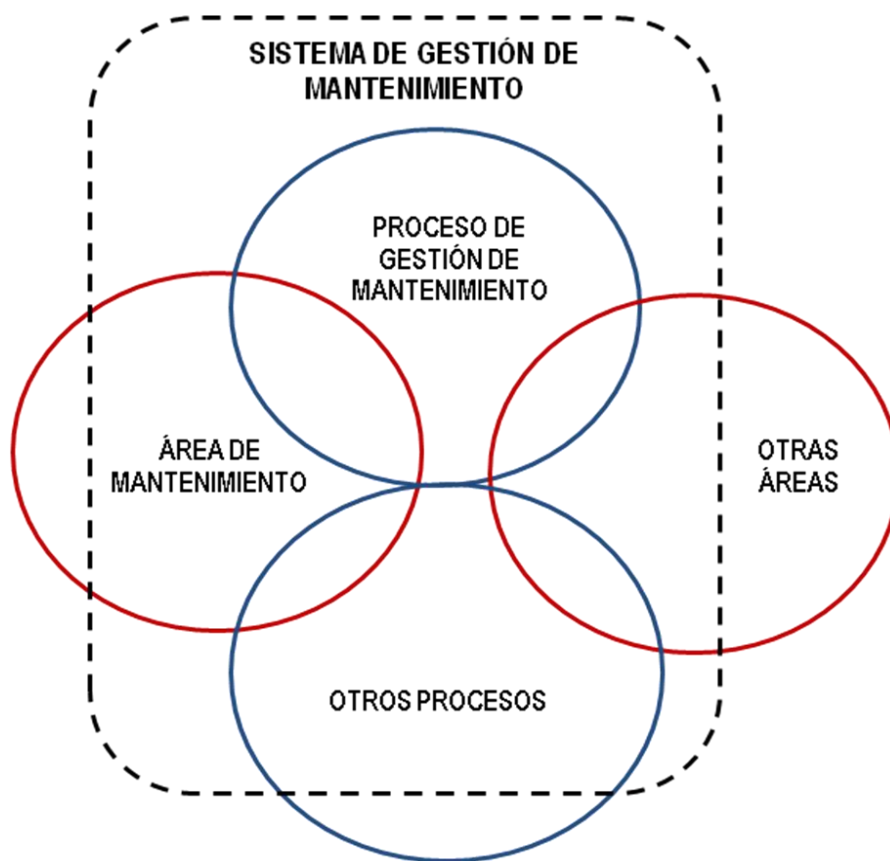
El modelo de gestión de mantenimiento propuesto para la Compañía Colombiana de Inversiones S.A. E.S.P. documentado en este capítulo, se ha desarrollado teniendo en cuenta la misión, visión, valores y principios de la organización, promoviendo la sinergia de los diferentes procesos que la conforman, empleando las funcionalidades provistas por el ERP de SAP implementado en la organización y aprovechando las experiencias exitosas y las lecciones aprendidas de las diferentes culturas laborales que la integran.

El modelo de gestión de mantenimiento propuesto comprende el planteamiento de mantenimiento como área en la estructura de la organización y de su formulación sistémica como proceso de la cadena de valor establecida en la compañía. Incluye además otros procesos, internos (ej.: gestión de herramientas y equipos de calibración y pruebas) y externos (ej.: gestión de la configuración), claves en la gestión de mantenimiento y la participación activa de otras áreas de la compañía. El enfoque de sistemas para la gestión aplicado a mantenimiento presentado en la figura 35 se ha concebido teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El personal del área de mantenimiento tiene bajo su responsabilidad principalmente la realización efectiva de las funciones propias del proceso de gestión de mantenimiento. Pero no es sólo esto, también se desempeñan funciones de otros procesos, en mantenimiento se solicitan materiales, se presentan requerimientos de contratación de personal, se capacita al personal, se coordina la prestación de servicios y la interventoría necesaria, se generan acciones correctivas y preventivas, se gestionan mejoras en los procesos de gestión y en los procesos industriales, se analizan incidentes, se generan residuos, entre otras.

- Las funciones comentadas también se realizan en otros procesos de la compañía, debido a esto esas funciones no deberían ser incluidas como actividades propias del proceso de gestión de mantenimiento, pero si el evento propio de mantenimiento que las genera.
- Desde el enfoque sistémico de mantenimiento se hace evidente que otras áreas de la organización participan activamente en el logro de los objetivos del proceso de gestión de mantenimiento, por tanto alcanzar las metas es un trabajo en equipo y no solamente del área de mantenimiento.

Figura 35. Sistema de gestión de mantenimiento.



Fuente: El autor.

Como parte del establecimiento del modelo de gestión de mantenimiento se requieren definiciones claras de mantenimiento y gestión de mantenimiento, entre otros términos. Es posible utilizar las siguientes definiciones:

- Mantenimiento: "combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida"<sup>30</sup>.
- Gestión de mantenimiento: "Todas las actividades de la gestión que determinan los objetivos, las estrategias y las responsabilidades del mantenimiento y la implantación de dichas actividades por medios tales como la planificación de mantenimiento, el control del mismo y la mejora de las actividades de mantenimiento y las económicas"<sup>31</sup>.

### **3.1 ÁREA DE MANTENIMIENTO**

La gestión de mantenimiento requiere estar soportada por una estructura acorde a las dimensiones de la compañía y a su proyección.

Mora<sup>32</sup> a través del enfoque kantiano define cuatro niveles: estratégico, táctico, operacional e instrumental (ver figura 36). Adicionalmente, menciona la

---

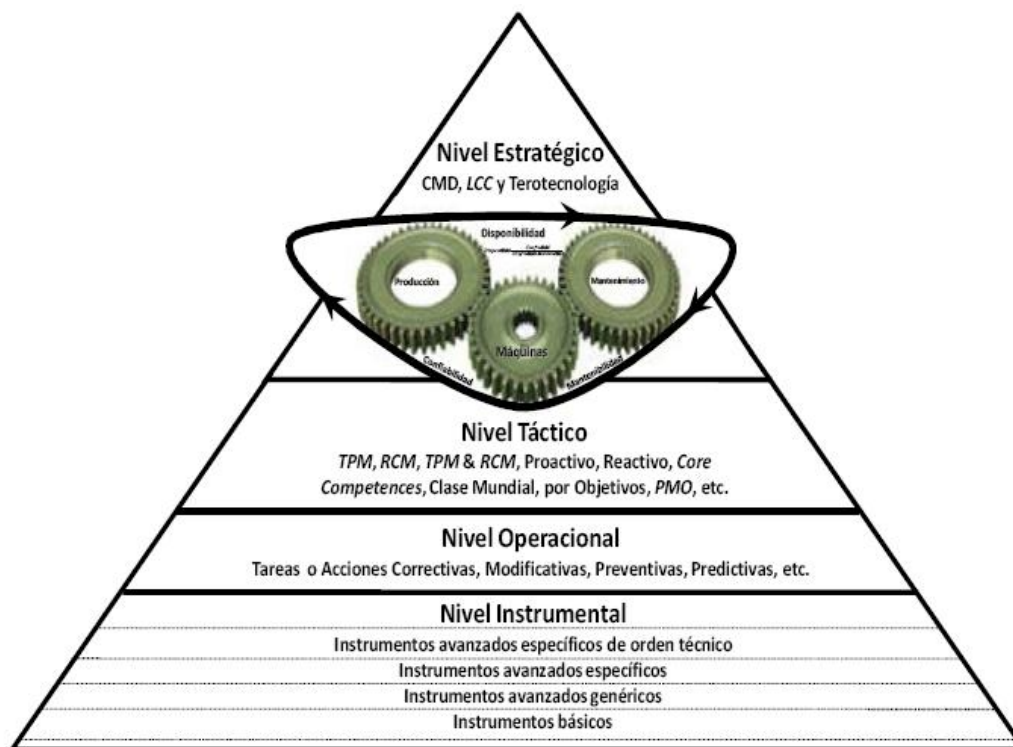
<sup>30</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Mantenimiento. Terminología del mantenimiento. UNE-EN 13306:2011. 2 ed. Madrid, España: AENOR, 09 de marzo de 2011. p. 6.

<sup>31</sup> Ibíd.

<sup>32</sup> MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. 1 ed. Envigado, Colombia: COLDI, julio de 2009. 340 p. ISBN 978-958-98902-0-2.

categorización definida por la casa ESReDa<sup>33</sup> la cual consta de tres niveles gerenciales de mantenimiento (ver figura 37). De forma similar, Silva<sup>34</sup> describe la existencia de tres niveles de planeación de mantenimiento, representados en la figura 38.

Figura 36. Enfoque sistémico integral kantiano de mantenimiento estratégico.

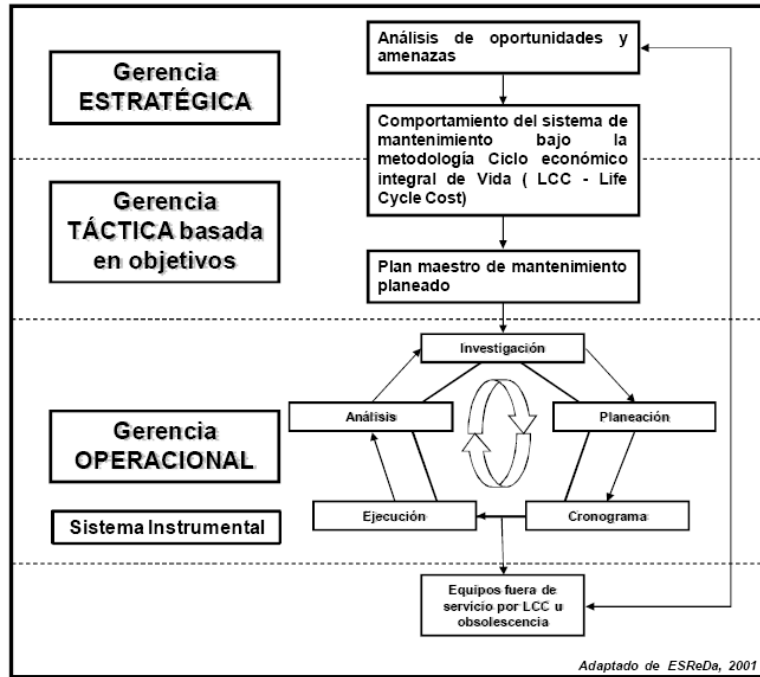


Fuente: MORA GUTIÉRREZ, Alberto. *Mantenimiento Industrial Efectivo*. 1 ed. Envigado, Colombia: COLDI, julio de 2009. p. 38. ISBN 978-958-98902-0-2.

<sup>33</sup> EUROPEAN SAFETY RELIABILITY & DATA. *Handbook on Maintenance Management*. Hevik, Noruega. ESReDa, 2001. Citado por MORA GUTIÉRREZ, Alberto. *Mantenimiento Industrial Efectivo*. 1 ed. Envigado, Colombia: COLDI, julio de 2009. p. 51-52. ISBN 978-958-98902-0-2.

<sup>34</sup> SILVA ARDILA, Pedro. *Planeación y programación de mantenimiento [diapositivas]*. En: *Diplomado en gestión y control de mantenimiento* (8: 26, abril - 6, agosto, 2010, Bogotá D.C.). Memorias. Bogotá D.C.: ACIEM, 2010. 67 diapositivas.

Figura 37. Niveles de mantenimiento definidos por la casa ESReDa.



Fuente: MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. 1 ed. Envigado, Colombia: COLDI, julio de 2009. p. 52. ISBN 978-958-98902-0-2.

Figura 38. Niveles de planeación de mantenimiento.



Fuente: SILVA ARDILA, Pedro. Planeación y programación de mantenimiento [diapositivas]. En: Diplomado en gestión y control de mantenimiento (9: 26, abril - 6, agosto, 2010, Bogotá D.C.). Memorias. Bogotá D.C.: ACIEM, 2010. 67 diapositivas.

Tamayo<sup>35</sup> define que la estructura de mantenimiento está conformada por cuatro niveles, los cuales se describen brevemente en la tabla 2.

Tabla 2. Nivel en la estructura de mantenimiento.

<b>NIVEL</b>	<b>FUNCIONES PRINCIPALES</b>
Ejecución	Hacer, consultar y reportar
Supervisión	Recolectar reportes, Verificar ejecución, clasificar reportes
Gestión	Recibir reportes, tomar decisiones, presentar indicadores de gestión.
Visión	Recibir indicadores, evaluar la asignación de recursos, proyectar el negocio.

Fuente: TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Gerencia estratégica de mantenimiento [Diapositivas]. En: Especialización en gerencia de mantenimiento (2009: Bucaramanga). Memorias. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009. 155 diapositivas.

La estructura desarrollada para el área de mantenimiento expone de forma clara las relaciones existentes entre el personal y los diferentes niveles de responsabilidad en la organización del área mantenimiento. Como se resume en la figura 39, la estructura propuesta se compone de cuatro niveles en un arreglo mixto, es decir, con funciones centralizadas y otras descentralizadas.

---

<sup>35</sup> TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Gerencia estratégica de mantenimiento [diapositivas]. En: Especialización en gerencia de mantenimiento (2009: Bucaramanga). Memorias. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009. 155 diapositivas.

Figura 39. Estructura funcional propuesta.



Fuente: El autor.

**3.1.1 Nivel estratégico.** El nivel estratégico se encarga principalmente de la planificación estratégica o planificación a largo plazo. Determina las acciones a desarrollar para alcanzar los resultados esperados, dando así cumplimiento a los objetivos establecidos.

Las funciones principales de este nivel son:

- Establecer la política y estrategia de gestión de mantenimiento de forma consistente con las definidas en el plan estratégico organizacional y en otros sistemas de gestión.
- Construir la visión y la misión propias de la gestión de mantenimiento, así como los valores necesarios para el cumplimiento de la misión y el alcance de la visión.
- Contribuir al cumplimiento de los objetivos estratégicos corporativos, estableciendo objetivos propios del área de mantenimiento que estén alineados a los estratégicos y concientizando a todo el personal sobre la

importancia que tienen las actividades que realizan y sobre su impacto en la consecución de los resultados previstos.

- Garantizar el establecimiento de una estructura organizacional del área de mantenimiento en la cual estén claramente definidas los roles, responsabilidades y autoridades del personal, garantizando la competencia, los recursos y las libertades personales o marco para la toma de decisiones en todos los niveles.
- Apoyar y fomentar la mejora continua y el respeto hacia los demás y hacia el ambiente de trabajo, fortaleciendo los canales de comunicación y los programas que exaltan y divulgan las buenas prácticas, las mejoras implementadas y las lecciones aprendidas en el área de mantenimiento y en la compañía en sí.
- Asegurar la revisión y monitoreo del entorno, incluyendo la regulación y la normativa aplicable al mantenimiento de las centrales de generación. El benchmarking hace parte del monitoreo del entorno de la compañía.
- Asegurar que se gestione debidamente el riesgo en las actividades de mantenimiento (técnicas, administrativas y de gestión, de acuerdo a la definición de mantenimiento).
- Garantizar la evaluación de la criticidad, el costo del ciclo de vida y el desempeño de los activos físicos, individualmente o como sistemas, al nivel requerido –y definir este nivel.
- Fomentar el desarrollo integral del personal del área de mantenimiento.
- Gestionar la participación activa del área de mantenimiento en las diferentes fases del ciclo de vida de los activos y de los sistemas de activos, principalmente en las fases previas a la utilización de los activos.
- Garantizar la disponibilidad de los recursos económicos necesarios para el mantenimiento y la logística de mantenimiento, así como para los planes de acción relacionados.
- Controlar los costos de la gestión de mantenimiento.

La planificación estratégica incluye la definición de planes de acción a seguir para el logro de las metas propuestas. Se sugiere que tanto estos planes como la política, la estrategia, los objetivos, la misión, la visión y los valores sean contruidos contando con la participación activa de los diferentes niveles del área de mantenimiento así como de otras áreas relacionadas.

**3.1.1.1 Misión.** La misión de mantenimiento debe contener el propósito de esta área, es decir, la razón por la cual existe el área de mantenimiento en la compañía. Debe responder a la pregunta *¿Por qué?* y no limitarse a explicar lo que se hace en el área de mantenimiento.

La misión de mantenimiento debe aclarar, desde el punto de vista de la compañía y no de un área específica, cual es realmente el negocio, dado que el cliente del área de mantenimiento es la compañía como un todo, no es un área en particular, teniendo en cuenta lo señalado por Silva<sup>36</sup>. Es muy importante que la misión logre infundir entusiasmo y compromiso al personal del área y a las demás partes interesadas.

Partiendo de la misión de Colinversiones, definida así: "*La compañía, por medio de sus negocios en el sector de la energía, está dedicada a proveer, con un excelente equipo humano, una oferta energética en forma confiable, competitiva y sostenible al mercado latinoamericano*"<sup>37</sup>, la misión de mantenimiento debería satisfacer las necesidades corporativas generando valor agregado en su desempeño y debería alinearse a la excelencia del equipo humano e impactar positivamente la confiabilidad de la energía ofertada y su sostenibilidad.

---

<sup>36</sup> SILVA ARDILA, Pedro Eliseo. Mantenimiento en la práctica. 1 ed. Barranquilla: el autor. 2009. p. 41-50. ISBN 978-958-44-4915-3.

<sup>37</sup> COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Convivamos. Protocolo para la convivencia organizacional. [s.l.]: Colinversiones, 2009. p. 5.

**3.1.1.2 Visión.** Para definir la visión de mantenimiento se debe tener claramente establecida la misión y conocer la imagen del futuro que se pretende del área incluyendo los valores que permitirán alcanzarla.

La visión debe expresar el futuro que se quiere crear, una imagen realista alcanzable dentro de límites claros y acorde a la visión de la compañía. Debe implicar ser excelentes, debe servir de inspiración para todos en el área ayudando a entender que puede aportar cada uno.

La visión que ha definido la compañía es la siguiente: "*Ser una organización destacada en el sector energético regional, con resultados integralmente sobresalientes para nuestros accionistas, colaboradores, clientes y la sociedad, siendo responsables con el medio ambiente*"<sup>38</sup>. Teniendo en cuenta lo anterior, la visión de mantenimiento debería contribuir a la consecución de resultados sobresalientes para las diferentes partes interesadas –accionistas, colaboradores, clientes y la sociedad– e incluir la conservación y mejoramiento del ambiente.

**3.1.1.3 Valores.** Los valores deben proveer pautas sobre cómo proceder para realizar la misión y alcanzar la visión de mantenimiento. Deben ser acordes con los establecidos a nivel corporativo y estar acompañados de definiciones sencillas y trascendentes para lograr su entendimiento en todos los niveles del área.

Colinversiones señala en el protocolo para la convivencia organizacional, "La compañía trasciende a su gente y los valores gobiernan su actuar"<sup>39</sup>. Acorde a esto, en este protocolo<sup>40</sup> se definen los valores que la organización ha identificado

---

<sup>38</sup> Ibíd., p. 5.

<sup>39</sup> Ibíd., p. 6.

<sup>40</sup> Ibíd., p. 6-8.

como fundamentales en su desarrollo: integridad y ética, confiabilidad, competitividad, crecimiento con rentabilidad, innovación y conocimiento, pasión por servir y espíritu colaborador, compromiso, respeto, responsabilidad social y gobierno corporativo.

El área de mantenimiento debe incorporar estos valores a su conjunto propio. Es indispensable que el personal de mantenimiento obre de forma consistente de acuerdo a los valores del área de mantenimiento y de la organización, de lo contrario los valores no serán más que *buenas intenciones*. Los valores propios de las personas del área deben coincidir con los valores identificados como necesarios en el área de mantenimiento.

**3.1.1.4 Política.** La política de mantenimiento debe estar dirigida al logro de los objetivos corporativos y a la creación de valor agregado para la organización, e incluir la aplicación de principios y la orientación hacia la mejora continua y el desarrollo sostenible de la organización.

La política de mantenimiento debe ser consistente con el plan estratégico organizacional y con otras políticas de la compañía, incluyendo su política de la calidad definida como: "*Prestar servicios de generación de energía eléctrica y comercialización de energía y gas natural caracterizados por la oportunidad, disponibilidad y confiabilidad de los recursos de generación, el cumplimiento de los requisitos legales y regulatorios y los acuerdos realizados con nuestros clientes, buscando el mejoramiento continuo de los procesos y con la participación de colaboradores competentes*"<sup>41</sup>.

---

<sup>41</sup> COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Manual de gestión de calidad [Diapositivas]. Colinversiones, 2010. 37 diapositivas.

La norma UNE-EN 60300-3-14 señala que: "Una política de mantenimiento define el enfoque general para proporcionar el mantenimiento y la logística de mantenimiento basada en los objetivos y las políticas de los propietarios, los usuarios y los clientes. Influye en las decisiones tomadas acerca de las actividades y los recursos de mantenimiento durante todo el ciclo de vida de un elemento"<sup>42</sup>. Esta norma también menciona: "Se debería establecer una política de mantenimiento para guiar la planificación, la ejecución, la evaluación, el análisis y la mejora del mantenimiento y de la logística de mantenimiento"<sup>43</sup>.

Ante las anteriores definiciones se hace necesario conocer el significado de *logística de mantenimiento*. La norma UNE-EN 13306 la define así: "Provisión de recursos, servicios y gestión necesarios para realizar el mantenimiento. *Nota* Esta provisión puede incluir, por ejemplo, personal, equipos de ensayo, talleres, repuestos, documentación, herramientas, etc."<sup>44</sup>.

**3.1.1.5 Estrategia.** La estrategia de mantenimiento debe ser consistente con la política de mantenimiento, el plan estratégico organizacional y con otras políticas de la compañía. La estrategia de mantenimiento debe establecer las pautas para aplicar la política de mantenimiento. También debería tener en cuenta las diferentes fases del ciclo de vida de los diferentes activos físicos.

---

<sup>42</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. UNE-EN 60300-3-14:2007. 1 ed. Madrid, España: AENOR, 28 de noviembre de 2007. p. 19.

<sup>43</sup> *Ibíd.*, p. 21.

<sup>44</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Mantenimiento. Terminología del mantenimiento. UNE-EN 13306:2011. 2 ed. Madrid, España: AENOR, 09 de marzo de 2011. p. 18.

Considerando lo descrito en la norma NTC-ISO 9004<sup>45</sup>, la estrategia de mantenimiento es un plan lógico y estructurado o un método para lograr los objetivos estratégicos de mantenimiento a corto y largo plazo.

**3.1.1.6 Objetivos.** Los objetivos estratégicos de mantenimiento deben ser acordes con los objetivos estratégicos corporativos y, como lo indica Silva<sup>46</sup>, deben estar directamente relacionados a los factores críticos de éxito identificados en la compañía (ej.: aumentar la confiabilidad y disponibilidad de las unidades de generación, mejorar la rentabilidad de los activos, mejorar el clima laboral en el área, etc.).

Los objetivos deben ser claros en su definición, medibles y alcanzables en el tiempo y escenarios previstos. Deben tener asociados indicadores de gestión y estos a su vez deben tener definidas metas dinámicas, de lo contrario los objetivos tan sólo serán buenos deseos.

Los objetivos y metas del sistema de gestión de calidad de Colinversiones se presentan en la tabla 3. Estos objetivos se han definido acorde a la política de calidad de la compañía. El objetivo establecido para el proceso de gestión de mantenimiento es: "*Mantener la funcionalidad de los equipos de planta, con una oportuna, eficiente y segura utilización de los recursos, para lograr niveles de confiabilidad y disponibilidad*"<sup>47</sup>.

---

<sup>45</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de la calidad. NTC-ISO 9004:2010. 4 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2010. p. 42-47.

<sup>46</sup> SILVA ARDILA, Pedro Eliseo. Mantenimiento en la práctica. 1 ed. Barranquilla: el autor. 2009. p. 34. ISBN 978-958-44-4915-3.

<sup>47</sup> COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Procedimiento de Gestión de Mantenimiento. Colinversiones, 28 de Octubre de 2010. p. 1.

Tabla 3. Objetivos y metas del sistema de gestión de calidad.

Objetivo de Calidad	Indicador	Meta	
1. Mantener el grado de satisfacción de los clientes	Porcentaje del nivel de satisfacción del Cliente comercialización	Mín. 80% (Anual)	
	Cumplimiento OEF en eventos de escasez para el Cliente de Generación	Mín. 80% (mensual) >80%	
2. Mejorar continuamente la eficacia de los procesos del SGC	Incremento en el registro de acciones correctivas, preventivas y de mejora	Mín. 20% (Semestral)	
3. Mantener la disponibilidad de la operación de las plantas optimizando costos	Disponibilidad	TF	93%
		ME	93%
		RP	95%
4. Asegurar la oportunidad en el servicio optimizando costos	Desviaciones	TF	1%
		ME	1%
5. Aumentar la confiabilidad de los recursos de generación optimizando costos	Confiabilidad	TF	95%
		ME	95%
		RP	95%
6. Mejorar las competencias de los colaboradores	Nivel de competencias del colaborador	Mín. 90% (anual)	

Fuente: COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Manual de gestión de calidad [Diapositivas]. Colinversiones, 2010. 37 diapositivas.

Los objetivos estratégicos del área de mantenimiento deberían contener los niveles de disponibilidad y fiabilidad (*reliability*) esperados en las unidades de generación. También pueden incluir objetivos relacionados a costos de mantenimiento, a la seguridad, al medio ambiente y a la mejora de las competencias del personal del área como parte de la mejora continua. El numeral 3.5 profundiza en el tema de indicadores de gestión.

**3.1.1.7 Planes de acción.** Los planes de acción deben desarrollarse a partir de los objetivos y de la evaluación de la gestión de mantenimiento para garantizar la satisfacción las necesidades de la organización y la implementación de las

mejoras en los activos, los procesos y en el propio sistema de gestión. Se deberían generar planes de acción a corto y largo plazo, considerando las diferentes fases del ciclo de vida de los activos, favoreciendo así el desarrollo sostenible de la organización.

El nivel estratégico de mantenimiento debería evaluar la conveniencia de los planes de acción, garantizar los recursos necesarios para la implementación de los planes aprobados, realizar el seguimiento y verificar la efectividad de los planes de acción implementados.

**3.1.2 Nivel táctico.** El nivel táctico de mantenimiento debe establecer la forma de aplicar la estrategia de mantenimiento, definiendo las acciones requeridas para alcanzar los objetivos estratégicos del área.

Este nivel realiza la planificación táctica de mantenimiento o planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento definida en la norma UNE-EN 60300-3-14<sup>48</sup>. De acuerdo a esta norma y en concordancia a Mora<sup>49</sup> y Silva<sup>50</sup> este nivel comprende el establecimiento de las diferentes actividades a desarrollar en los activos de planta para lograr los niveles de disponibilidad y fiabilidad esperados así como los demás objetivos establecidos estratégicamente. Incluye la definición

---

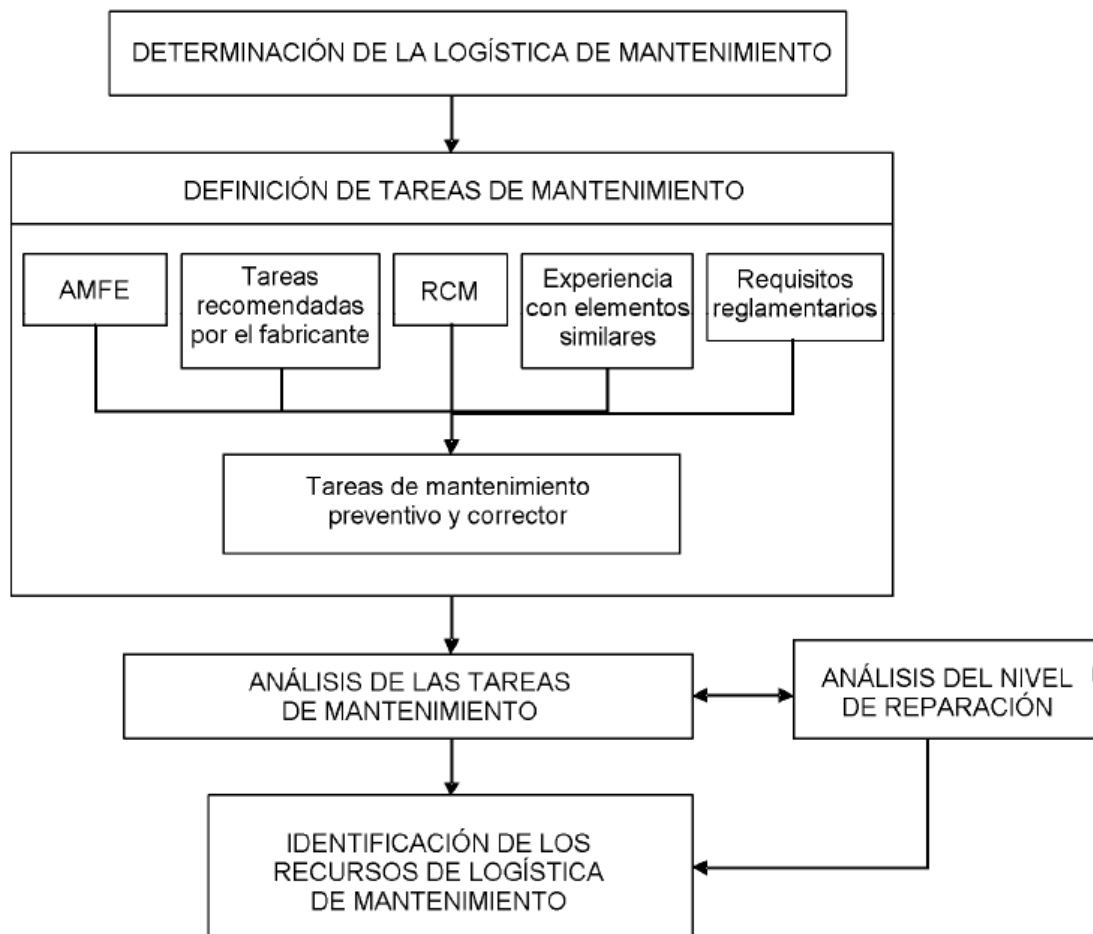
<sup>48</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. UNE-EN 60300-3-14:2007. 1 ed. Madrid, España: AENOR, 28 de noviembre de 2007. p. 23-41.

<sup>49</sup> MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. 1 ed. Envigado, Colombia: COLDI, julio de 2009. p. 303-322. ISBN 978-958-98902-0-2.

<sup>50</sup> SILVA ARDILA, Pedro. Planeación y programación de mantenimiento [diapositivas]. En: Diplomado en gestión y control de mantenimiento (8: 26, abril - 6, agosto, 2010, Bogotá D.C.). Memorias. Bogotá D.C.: ACIEM, 2010. 67 diapositivas.

de los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades (personal, materiales, tiempo, herramientas, equipos, servicios, instalaciones), la utilización de metodologías tales como RCM, TPM, RBI, RCA y FMECA, comentadas en el numeral 2.1, y la consideración de recomendaciones y garantías de fabricantes, requisitos regulatorios y reglamentarios y la experiencia con elementos similares (ver figura 40).

Figura 40. Planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento.



Fuente: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. UNE-EN 60300-3-14:2007. 1 ed. Madrid, España: AENOR, 28 de noviembre de 2007. p. 24.

Los principales objetivos de este nivel son:

- El cumplimiento de los objetivos estratégicos de mantenimiento y por tanto de las metas definidas en los indicadores de gestión de mantenimiento, empleando para esto indicadores internos de proceso (ej.: backlog, carga de trabajo) e indicadores de equipos (fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad).
- El establecimiento, la estandarización y la mejora continua de las actividades de gestión y operación de mantenimiento a este nivel y a los niveles siguientes (operativo y de ejecución), así como la innovación, el aprendizaje y la gestión de conocimiento.

Este nivel de planeación es responsable de:

- Lograr las metas de confiabilidad de los activos y sistemas de activos. Incluye la medición, análisis y seguimiento de la disponibilidad y la fiabilidad de los activos.
- Desarrollar el catálogo de equipos, definiendo las clases, categorías y criticidades.
- Evaluar la criticidad, el costo del ciclo de vida y el desempeño de los activos físicos, individualmente o como sistemas.
- Establecer lineamientos o políticas –diferentes a la estratégica– propias del área y estandarizar las prácticas de mantenimiento.
- Desarrollar el mantenimiento planificado, compuesto por el establecimiento y mejora de planes de mantenimiento y de los documentos de trabajo necesarios para el desarrollo de las actividades de mantenimiento (procedimientos, instrucciones de trabajo, formatos, guías). También comprende el ajuste de los intervalos de intervención planeada de los equipos.

- Desarrollar planes de contingencia para asegurar la continuidad o el restablecimiento de las funciones críticas para el desempeño de la compañía, incluyendo el medio ambiente y las personas.
- Establecer las directrices para la gestión de órdenes de trabajo, incluyendo la definición de las clases de órdenes y las actividades para cada una, las prioridades posibles a asignar a los trabajos y la información que debe registrarse en las órdenes.
- Determinar las directrices aplicables a la gestión de avisos (solicitudes de trabajo), brindando instrucciones para la asignación de prioridades, alimentación del registro de fallas y demás información relevante para el tratamiento de avisos.
- Establecer los programas y procesos complementarios a la gestión de mantenimiento así como la interacción con otros procesos (ej.: gestión de repuestos, gestión de herramientas, contratación, bloqueo y etiquetado de equipos, permisos de trabajo, etc.).
- Determinar la eficiencia del proceso.
- Establecer la estructura organizacional del área de mantenimiento, definiendo los roles, responsabilidades y autoridades del personal.
- Garantizar la competencia del personal del área, desarrollar los planes de capacitación del personal.
- Gestionar los recursos económicos necesarios para el mantenimiento y la logística de mantenimiento.
- Participar en las diferentes fases del ciclo de vida de los activos y de los sistemas de activos.
- Desarrollar los planes de acción aprobados para implementación.
- Establecer, mantener y mejorar el ambiente de trabajo y los canales de comunicación del área.
- Divulgar las buenas prácticas, las mejoras implementadas y las lecciones aprendidas en el área de mantenimiento y en la compañía.

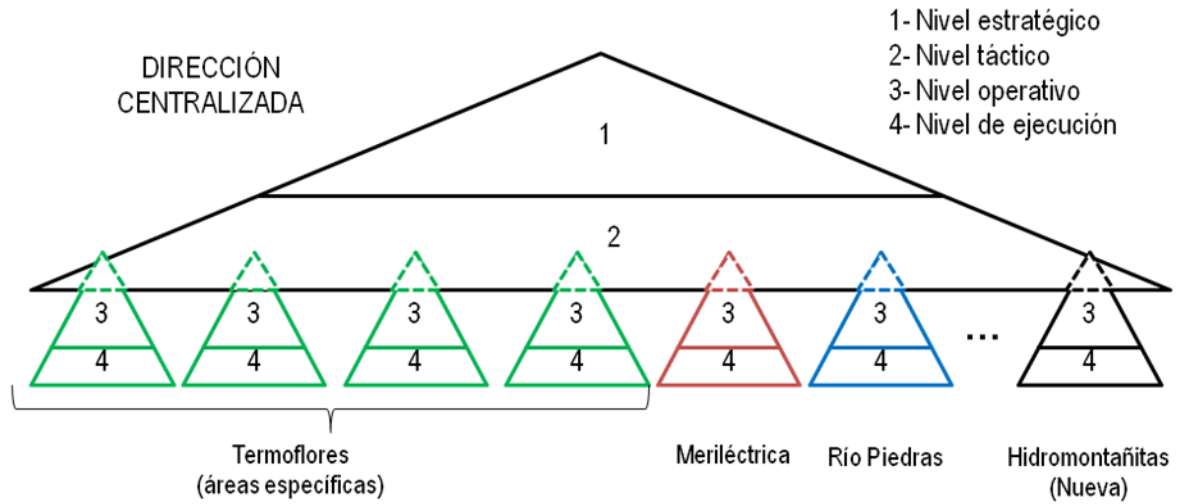
- Revisar y monitorear el entorno, incluyendo la regulación y la normativa aplicable así como las buenas prácticas.
- Gestionar el riesgo en las actividades de mantenimiento (técnicas, administrativas y de gestión).
- Realizar seguimiento a los costos de la gestión de mantenimiento.

Adicionalmente, debe incluir directrices claras sobre la gestión de información relevante en el área de mantenimiento así como de las responsabilidades en la administración de los datos maestros en el sistema de información (puestos de trabajo, equipos, entre otros).

**3.1.2.1 Estructura organizacional.** La organización del área de mantenimiento es un factor clave en el desarrollo de la misión y en el logro de la visión. Por las características propias del negocio, la compañía ha establecido una estructura parcialmente centralizada. El modelo propuesto para mantenimiento como organización, es acorde a la estructura existente, manteniendo funciones de los niveles táctico, operativo y de ejecución en cada una de las plantas y centralizando la dirección (nivel estratégico) y parte del nivel táctico.

Una composición mixta, como la planteada, brinda flexibilidad en la estructura permitiendo una mayor adaptación de los procesos a la transformación dinámica de la compañía y al entorno cambiante en cada una de las centrales de generación de energía. La estructura propuesta permite acoplar una nueva central, adquirida o construida por la compañía, e integrar organizaciones de mantenimiento divididas en áreas específicas, técnicas o físicas. En la figura 41 se representa la estructura mixta de la compañía.

Figura 41. Composición mixta de la organización de mantenimiento.



Fuente: El autor.

La definición de la estructura organizacional debe estar acompañada del desarrollo de las descripciones de cargos, en las cuales se describen las funciones y responsabilidades propias de cada cargo en la organización. Los cargos varían de una planta a otra debido a las dimensiones de cada una, sin embargo, las funciones propias de los niveles descentralizados (de ejecución, operativo y parcialmente el táctico) deben quedar claramente definidas y asignadas al personal de cada planta y de cada sección según sea el caso.

Se recomienda el desarrollo de una estructura funcional de mantenimiento, definida por roles en lugar de cargos. Un cargo puede desempeñar varios roles y sus responsabilidades y funciones se determinarían a partir de los roles asociados. El numeral 3.4 contiene la estructura funcional propuesta como la interacción de diferentes roles.

**3.1.2.2 Equipo humano.** El equipo humano de mantenimiento debe caracterizarse por la excelencia tanto en el desempeño de sus funciones técnicas como en el desarrollo de sus relaciones personales. El personal de mantenimiento debe estar orientado hacia la autonomía técnica y la autodirección, apoyadas firmemente en la estandarización de las actividades, favoreciendo de esta manera la toma de decisiones.

En el área de mantenimiento se requiere un programa vivo de capacitación y entrenamiento para todo el personal, enfocado hacia la consecución de una formación integral en cada una de las personas.

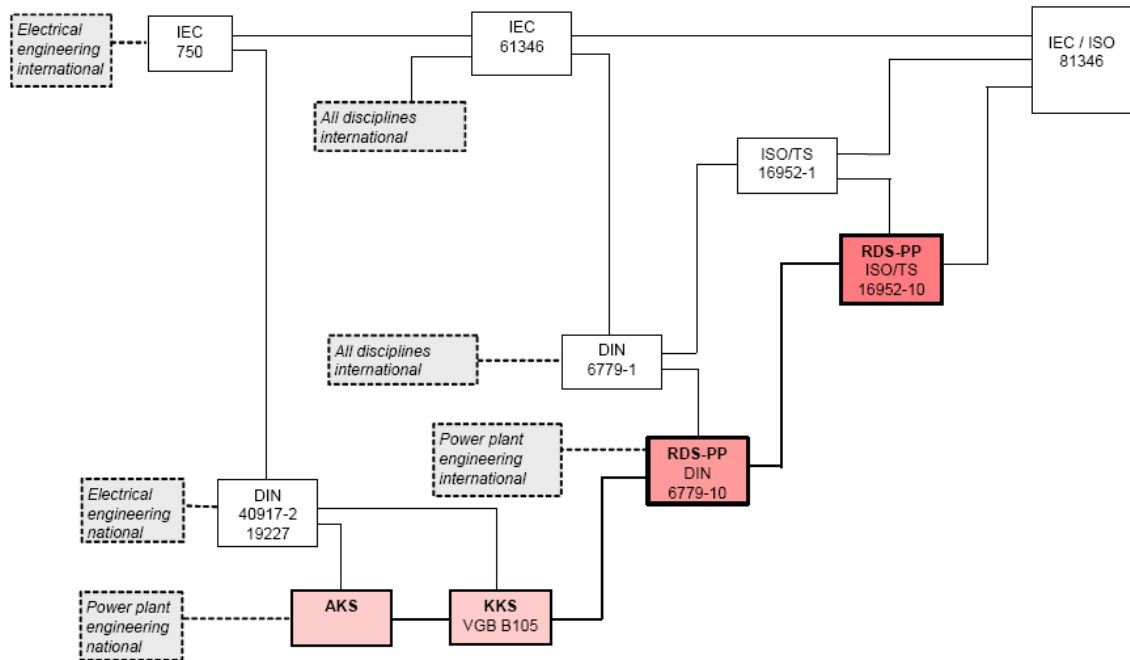
**3.1.2.3 Definición de la jerarquía de elementos.** Para el desarrollo de las actividades de gestión de mantenimiento se requiere el establecimiento de una estructura de los activos, incluyendo su composición hasta niveles adecuados. Esta estructura se conoce como jerarquía de elementos. Se debe contar con directrices para la inclusión de nuevos activos, el registro de sus elementos constitutivos y su catalogación (clases y categorías en el ERP de SAP).

Un elemento se define como: "cualquier parte, componente, dispositivo, subsistema, unidad funcional, equipo o sistema que pueda considerarse individualmente"<sup>51</sup>. Esta estructura puede definirse empleando estándares existentes tales como los indicados en la figura 42, de los cuales algunos han sido desarrollados para el sector específico de generación de energía (*Power plants*).

---

<sup>51</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. UNE-EN 60300-3-14:2007. 1 ed. Madrid, España: AENOR, 28 de noviembre de 2007. p. 11.

Figura 42. Estándares para la designación de referencias de elementos.



Fuente: KÖNIGSTEIN, Harry; MÜLLER, Heinz y KAISER, Jörg. RDS-PP – Transition from the KKS to an international standard [documento consecutivo en línea]. [Alemania]: VGB PowerTech Service, s.f. [citado en 15 de abril de 2011]. p. 3. Disponible en Internet: <<http://www.vgb.org/vgbmultimedia/Multimedia.pdf>>

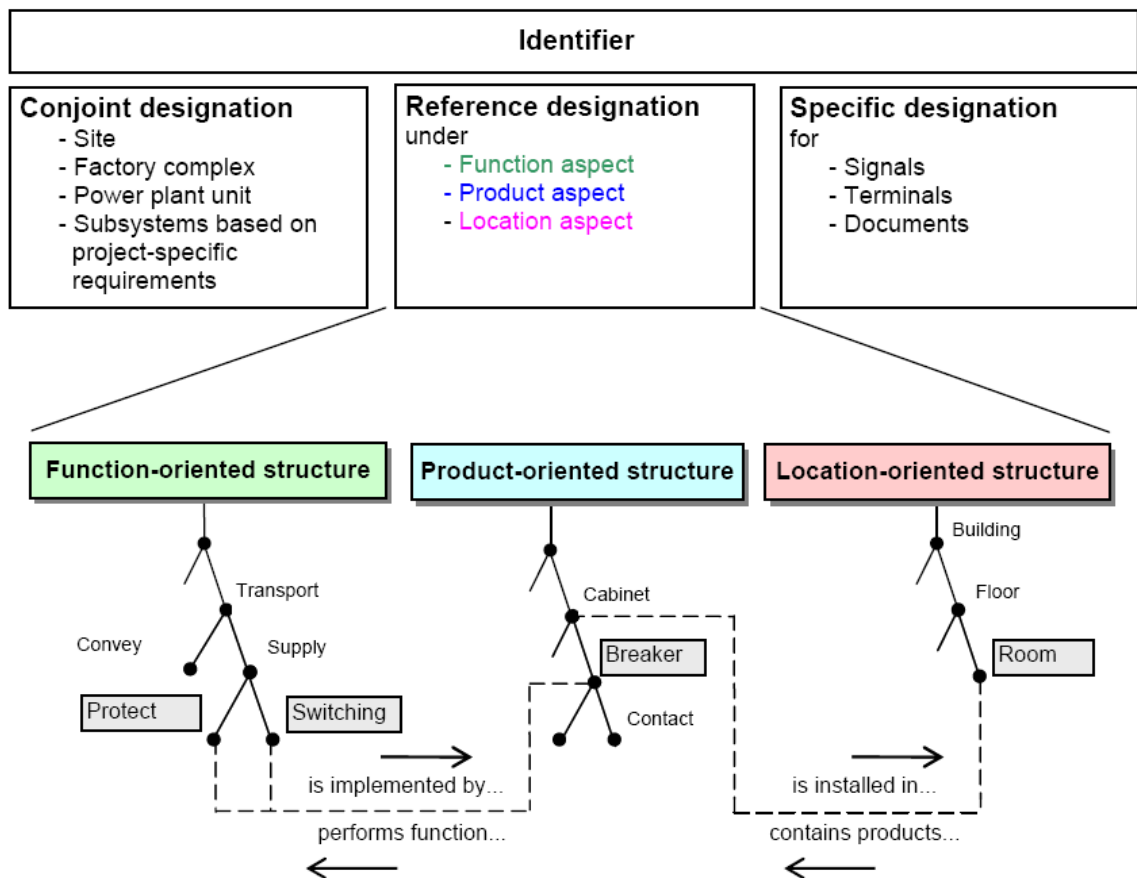
La norma internacional ISO/TS 16952-10 *Technical product documentation — Reference designation system — Part 10: Power plants* define las estructuras posibles a utilizar en la designación de referencias para la documentación técnica de elementos (objetos técnicos) en plantas de generación de energía eléctrica, aplicando el RDS-PP (*Reference Designation System for Power Plants*). Las estructuras posibles son:

- Aspecto funcional (funcionalidad del objeto técnico).
- Aspecto de producto (composición física de los objetos técnicos).

- Aspecto de emplazamiento (lugares que pueden utilizarse por más de un objeto).

Es posible desarrollar una estructura de árbol para cada aspecto de un mismo objeto técnico (ver figura 43).

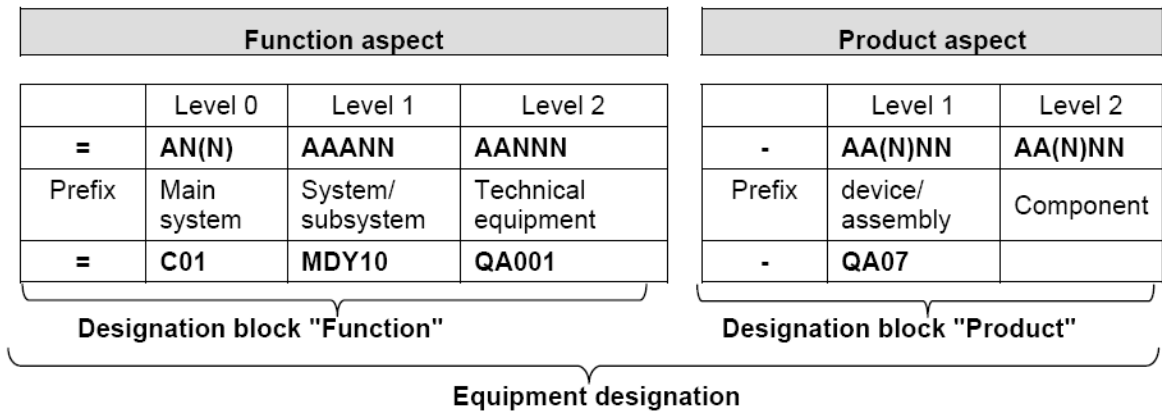
Figura 43. Estructuras para la designación de referencias de un objeto técnico.



Fuente: KÖNIGSTEIN, Harry; MÜLLER, Heinz y KAISER, Jörg. RDS-PP – Transition from the KKS to an international standard [documento consecutivo en línea]. [Alemania]: VGB PowerTech Service, s.f. [citado en 15 de abril de 2011]. p. 6. Disponible en Internet: <<http://www.vgb.org/vgbmultimedia/Multimedia.pdf>>

En la figura 44 se presenta un ejemplo de designación de referencia utilizando una combinación del aspecto funcional y el aspecto de producto.

Figura 44. Designación de referencia para un equipo.



**Example:**      =C01 MDY10 QA001 –QA07  
 Wind power plant C01 (series C, No. 1)  
 Electrical control and protection system MDY10, power unit QA001,  
 circuit breaker QA07

Fuente: KÖNIGSTEIN, Harry; MÜLLER, Heinz y KAISER, Jörg. RDS-PP – Transition from the KKS to an international standard [documento consecutivo en línea]. [Alemania]: VGB PowerTech Service, s.f. [citado en 15 de abril de 2011]. p. 11. Disponible en Internet: <<http://www.vgb.org/vgbmultimedia/Multimedia.pdf>>

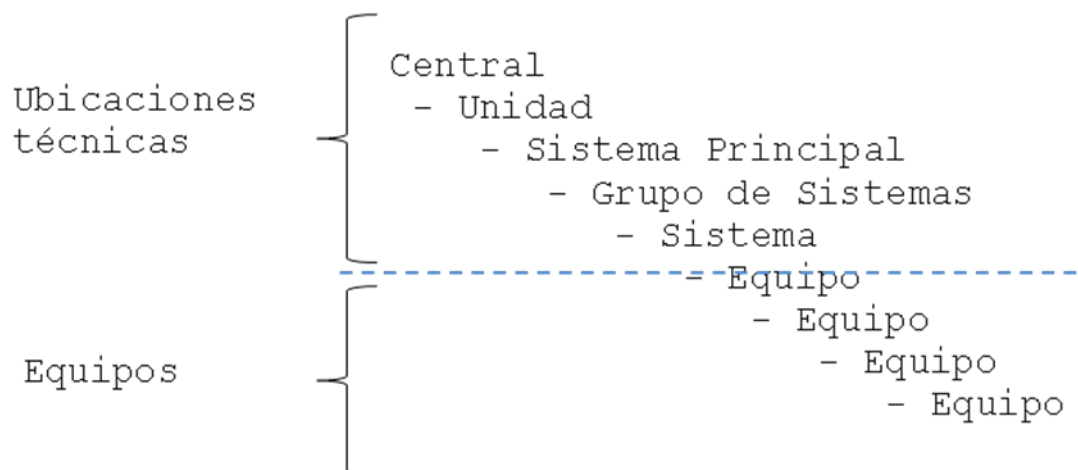
La identificación de un objeto técnico puede estar compuesta por la designación de conjunto y la designación de referencia. La designación de referencia consiste de letras y números. Las letras utilizadas para la designación del sistema o subsistema (nivel 1 del aspecto funcional en la figura 44) son suministradas por el estándar VGB B101e *Reference Designation System for Power Plant RDS-PP. Letter Code for Power Plant Systems (System Key)* y las letras del nivel 2 del aspecto funcional y de los niveles 1 y 2 del aspecto del producto se obtienen de la norma IEC PAS 62400 *Structuring principles for technical products and technical*

*product documentation – Letter codes – Main classes and subclasses of objects according to their purpose and task.* Los números se utilizan para diferenciar objetos técnicos que poseen las mismas letras (ej.: bombas redundantes).

Adicionalmente, el RDS-PP contiene indicaciones para la identificación de señales, terminales y documentos asociados a los equipos (designación específica). Por lo tanto la documentación técnica puede codificarse de forma consistente a la identificación de los equipos.

La jerarquía de elementos es la estructura de objetos técnicos en el ERP de SAP. En la sección 1.4.1 se mencionan las funcionalidades asociadas a los objetos técnicos en el ERP de SAP. Estas funcionalidades son acordes con las indicaciones contenidas en la norma ISO/TS 16952-10. En la compañía se utiliza la estructura representada en la figura 45, basada en la norma ISO/TS 16952-10, compuesta por niveles de ubicaciones técnicas y posteriormente de equipos. El ERP también permite la asignación del emplazamiento (localización, ubicación) al objeto técnico.

Figura 45. Estructura de objetos técnicos en la compañía.



Fuente: El autor.

Los equipos de prueba y los equipos de medición (portátiles) deberían incluirse en la estructura técnica, al igual que las herramientas y elementos de soporte que requieran mantenimientos diferentes a los de servicio (lubricación y limpieza).

**3.1.2.4 Evaluación de la criticidad de activos.** Se requiere la distinción de los elementos a partir de su criticidad para la seguridad y salud de las personas, el medio ambiente, el desempeño del negocio de la organización (incluyendo su imagen y reputación) y la integridad de los activos físicos. Resulta apropiado aplicar la metodología de RBM (*Risk Based Maintenance*) para este fin.

Para efectuar la evaluación de la criticidad de los elementos se necesita establecer los diferentes valores de criticidad y las reglas para la valoración. Esto se logra a través de la valoración estructurada de las consecuencias de las fallas (pérdida de las funciones principales y secundarias) de los elementos. La norma NORSOK Z-008<sup>52</sup> contiene información relevante sobre el tema. Teniendo en cuenta esta norma, es posible estructurar el análisis de criticidad mediante los pasos descritos a continuación:

- Determinación de la función principal del elemento y de sus funciones secundarias.
- Identificación de los niveles de redundancia de la función principal y funciones secundarias (ver tabla 4).
- Valoración las consecuencias de las fallas funcionales (ver tabla 5).
- Asignación de criticidad al elemento.

---

<sup>52</sup> NORWEGIAN TECHNOLOGY STANDARDS INSTITUTION. Risk based maintenance & consequence classification. NORSOK Z-008:2010. 3 ed. Lysaker, Noruega: Standards Norway, diciembre de 2010. 44 p.

Tabla 4. Ejemplo de definiciones de redundancia.

RED	Redundancy degree definition
A	No redundancy i.e. the entire system is required to avoid any loss of function.
B	One parallel unit can suffer a fault without influencing the function.
C	Two or more parallel units can suffer a fault at the same time without influencing the function.

Fuente: NORWEGIAN TECHNOLOGY STANDARDS INSTITUTION. Risk based maintenance & consequence classification. NORSOK Z-008:2010. 3 ed. Lysaker, Noruega: Standards Norway, diciembre de 2010. p. 32.

Tabla 5. Ejemplo de matriz de riesgo para la valoración de consecuencias.

Freq. Cat	Freq. per year (*), (**)	MTB F (year)	RISK		
F4	> 1	0-1	M	H	H
F3	1-0.3	1-3	M	M	H
F2	0.3-0.1	3-10	L	M	H
F1	<0.1	Long	L	L	M
			<b>Loss of Function leading to:</b>		
<b>Consequence category</b>			<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>
<b>Consequence safety</b>			No potential for injuries. No potential for fire or effect on safety systems.	Potential for injuries requiring medical treatment. Limited effect on safety systems. No potential for fire.	Potential for serious personnel injuries. Render safety critical systems inoperable. Potential for fire.
<b>Consequence containment</b>			Non-flammable media Non toxic media Natural/normal pressure / temperature media	Flammable media below flashpoint Moderately toxic media High pressure / temperature media (>100bar/80°C)	Flammable media above flashpoint Highly toxic media Extremely high pressure / temperature media
<b>Consequence, Environment; restitution time (***)</b>			No potential for pollution (specify limit) < 1 month	Potential for moderate pollution. 1 month – 1 yrs	Potential for large pollution. > 1 yrs
<b>Consequence production</b>			No production loss	Delayed effect on production (no effect in x days) or reduced production	Immediate and significant loss of production
<b>Consequence other</b>			No operational or cost consequences	Moderate operational or cost consequences	Significant operational or cost consequences

Fuente: NORWEGIAN TECHNOLOGY STANDARDS INSTITUTION. Risk based maintenance & consequence classification. NORSOK Z-008:2010. 3 ed. Lysaker, Noruega: Standards Norway, diciembre de 2010. p. 33.

La criticidad puede asignarse a los elementos en el ERP utilizando la clasificación estándar en el indicador ABC de objetos técnicos (A - alta, B - media, C - Baja).

La evaluación de criticidad de los elementos es requerida para determinar las tareas de mantenimiento a realizar y priorizar dicha actividad (enfocarse primero en los elementos más críticos). Los resultados del análisis de las tareas realimentan la evaluación de criticidad.

**3.1.2.5 Determinación de la logística de mantenimiento.** Consiste en el desarrollo inicial de los conceptos de mantenimiento para los elementos a partir de la información resultante de la evaluación de criticidad. Un concepto de mantenimiento es la "aplicación de una política general de mantenimiento a un elemento específico"<sup>53</sup>.

La determinación de la logística de mantenimiento comprende la definición inicial de las responsabilidades y de los recursos disponibles para el mantenimiento de los elementos bajo análisis.

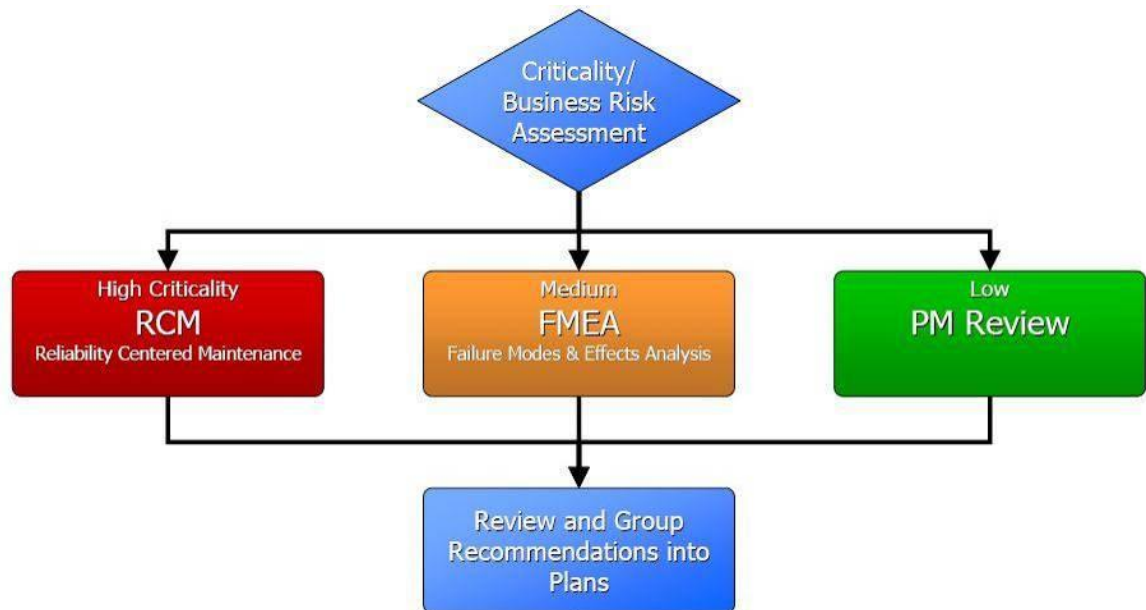
**3.1.2.6 Definición de las tareas de mantenimiento.** Teniendo en cuenta los resultados de la evaluación de criticidad y el tipo de elemento bajo análisis, es posible decidir sobre el análisis de mantenimiento a aplicar en el elemento. Así, para un elemento de criticidad baja puede optarse por dejar correr a falla el elemento y analizar posteriormente la información de fallas y efectuar un RCA si

---

<sup>53</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-10: Guía de aplicación. Mantenibilidad. UNE-IEC 60300-3-10:2007. Madrid, España: AENOR, 2007. p. 10.

se requiere, en lugar de efectuar un análisis bajo metodologías como RCM o RBI. Un esquema básico se presenta en la figura 46.

Figura 46. Método de desarrollo de tareas de mantenimiento.



Fuente: MERIDIUM. Using RCMO with xMII and other tools in the SAP Landscape [documento consecutivo en línea]. Meridium, 2008 [citado en 12 de enero de 2011]. 55 diapositivas. Disponible en Internet: <<https://www.meridium.com/knowledgecenter/ondemandwebcasts/index.asp>>

Como parte de la identificación de las tareas de mantenimiento a realizar en los elementos, se deben definir las clases de tareas posibles. Moubray<sup>54</sup> las clasifica como: tareas a condición, tareas de reacondicionamiento cíclico, tareas de sustitución cíclica, tareas de búsquedas de fallas (tareas detectivas), tareas "a

<sup>54</sup> MOUBRAY, John Mitchell. Reliability-centred maintenance [Mantenimiento centrado en confiabilidad]. Traducido por Ellman, Sueiro y Asociados. 2 ed. Asheville, Estados Unidos: Aladon, 2004. p. 14-15. ISBN 09539603-2-3.

rotura" (ningún mantenimiento programado) y tareas de rediseño (modificaciones), sin embargo, éstas no son consideradas como tareas de mantenimiento. Moubray<sup>55</sup> también describe las cuatro categorías principales de las técnicas aplicables en tareas a condición:

- Técnicas de monitoreo de condición. Involucran el uso de equipos especializados para la detección de fallas potenciales.
- Técnicas basadas en variaciones en la calidad del producto, mediante la medición y seguimiento de los atributos del producto.
- Técnicas de monitoreo de efectos primarios (variables de proceso), a través del monitoreo de equipos de indicación y medición instalados en los procesos.
- Técnicas de inspección basadas en los sentidos humanos (subjetivas).

Las tareas de mantenimiento pueden ser de tipo preventivo (tareas a condición y de reacondicionamientos y sustituciones cíclicas) o correctivo (ningún mantenimiento programado). Las tareas detectivas (tareas de búsqueda de fallas) se incluyen en las tareas preventivas dada su objetivo de prevenir la ocurrencia de una falla múltiple al identificar que ha ocurrido una falla funcional del elemento de protección.

Para la identificación de las tareas de mantenimiento se debería tener en cuenta los requisitos legislativos, regulatorios, garantías y recomendaciones del fabricante, estrategias genéricas de mantenimiento y las experiencias del personal. Es posible que las tareas determinadas mediante la aplicación de análisis estructurados (RCM, RBI, etc.) no cumplan con los requisitos existentes para el elemento o con la garantía del fabricante y/o proveedor. También es importante considerar el ciclo de vida del elemento, en especial los planes

---

<sup>55</sup> Ibíd., p. 153-157.

existentes en relación a éste, tales como la puesta fuera de servicio o la desincorporación del elemento.

Al determinar las tareas de mantenimiento de un elemento es posible identificar recomendaciones de modificación de los activos físicos y de las prácticas de mantenimiento así como recomendaciones para la operación.

**3.1.2.7 Análisis de las tareas de mantenimiento.** Al realizar el análisis de las tareas de mantenimiento se determina la información y los recursos necesarios para el desarrollo de éstas. Se debería tener en cuenta la accesibilidad a los elementos para la realización de las tareas. Adicionalmente, en el proceso de determinación de tareas es posible que también se definan recomendaciones de modificación de los activos físicos y de las prácticas de mantenimiento. El análisis de estas recomendaciones y las acciones generadas a partir de éstas hacen parte de las actividades de mejora tratadas en el numeral 3.1.2.12.

Teniendo en cuenta las normas UNE-EN 60300-3-14<sup>56</sup> y UNE-EN 60300-3-12<sup>57</sup>, los planes de mantenimiento preventivo y las tareas correctivas (según se requiera) resultantes del análisis de tareas de mantenimiento incluyen:

- Descripción de las tareas de mantenimiento a realizar, definiendo el alcance y las acciones con el nivel de detalle adecuado, el cual se determina

---

<sup>56</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. UNE-EN 60300-3-14:2007. Madrid, España: AENOR, 2007. p. 26-27.

<sup>57</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-12: Guía de aplicación. Soporte logístico integrado. UNE-EN 60300-3-12:2006. Madrid, España: AENOR, 2006. p. 28-30, 36-39.

considerando el riesgo de las tareas y la destreza del personal, entre otros factores.

- Frecuencias de las tareas periódicas, en función del tiempo calendario, el tiempo de funcionamiento, el número de arranques u otras variables relevantes para el elemento, o el estado o condición requerida del elemento si las tareas se deben ejecutar con base a éstas.
- Personal requerido, en número y nivel de destreza (formación y certificación), y el tiempo requerido para realizar las tareas.
- Lugar de reparación (en sitio, taller interno, taller externo).
- Procedimientos de mantenimiento, ambientales y de seguridad que deben seguirse, para actividades tales como: desmontaje y montaje; bloqueo y etiquetado; levantamiento de cargas pesadas; demarcación de áreas; manipulación, transporte y disposición de materiales peligrosos; trabajos en altura; trabajos en espacios confinados; excavaciones; trabajos en caliente y acceso a áreas restringidas.
- Elementos de protección personal (EPP) específicos (EPP para trabajos en altura, trabajos eléctricos, etc.).
- Herramientas especiales, equipos de prueba y elementos de soporte requeridos (medios de acceso, carpas, etc.).
- Materiales (piezas de repuesto y consumibles) que vayan a usarse o reemplazarse, incluyendo el reemplazo de equipos.
- Servicios a contratar, incluyendo todas las condiciones aplicables.
- Procedimientos de verificación de la correcta operación de los elementos intervenidos y la realización satisfactoria de la tarea de mantenimiento.

Como parte del análisis de tareas de mantenimiento se agrupan las tareas preventivas, según sea posible, para optimizar las intervenciones. Se deben crear y actualizar las *listas de materiales*, los *puntos de medida* y la documentación de los objetos técnicos en el ERP de SAP.

Es posible que ciertas tareas preventivas no se asignen al personal de mantenimiento si no a los usuarios o áreas responsables de los elementos. Algunas de estas pueden incluirse en las rondas de operación e incluso implementarse a través de planes de mantenimiento (ej.: recorridas de inspección, pruebas funcionales, etc.).

En el análisis de las tareas de mantenimiento se debería considerar el criterio de *Impacto Total del Negocio* o *Costo Total de la Propiedad*. Sobre este criterio de optimización la norma PAS 55-2 menciona: "Se debería considerar el compromiso de mejor valor como la estrategia o decisión que resulte en la menor combinación de los costos de los ciclos de vida, riesgos, desempeño o pérdidas de servicio y otros efectos negativos sobre los objetivos del negocio (tales como daño a la reputación o a la sustentabilidad)"<sup>58</sup>.

Como parte del desarrollo de tareas correctivas, la planificación de contingencia se realiza para asegurar la continuidad o el restablecimiento de las funciones críticas para el desempeño de la compañía, incluyendo el medio ambiente y las personas.

Se recomienda la revisión de la cadena de suministro de equipos y repuestos críticos y la oferta de servicios que serían requeridos ante potenciales emergencias identificadas. A partir de los resultados de esta revisión es posible determinar necesidades de formación y certificación del personal de mantenimiento y de contar con existencias en planta con piezas y equipos de repuesto.

---

<sup>58</sup> BRITISH STANDARD INSTITUTE. Gestión de Activos - Parte 2: Directrices para la aplicación de PAS 55-1. PAS 55-2:2008. 2 ed. London, Reino Unido: The Woodhouse Partnership, 2009. p. 13.

**3.1.2.8 Gestión de recursos de logística de mantenimiento.** A partir de los recursos identificados en el análisis de tareas de mantenimiento se debe efectuar la revisión de los recursos existentes, con el propósito de identificar y priorizar las necesidades.

La gestión de recursos, considerando la información de las normas UNE-EN 60300-3-14<sup>59</sup> y UNE-EN 60300-3-12<sup>60</sup>, incluye:

- La contratación y el desarrollo de planes de formación y certificación del personal de mantenimiento.
- El establecimiento de directrices para la contratación de servicios de mantenimiento. La norma UNE-EN 13269<sup>61</sup> contiene directrices para el desarrollo estructurado y cuidadoso de contratos de trabajos de mantenimiento.
- Las recomendaciones para el aprovisionamiento de materiales utilizados en mantenimiento (existencias en almacén de mantenimiento, en bodega o cero stock, stock de seguridad, etc.), la identificación de estos (denominación, características, marcado y etiquetado) y las prácticas de almacenamiento aplicables. Incluye además, la gestión de catálogos de repuestos (fabricantes y proveedores) en forma impresa o en medio digital.

---

<sup>59</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. UNE-EN 60300-3-14:2007. Madrid, España: AENOR, 2007. p. 26-27.

<sup>60</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-12: Guía de aplicación. Soporte logístico integrado. UNE-EN 60300-3-12:2006. Madrid, España: AENOR, 2006. p. 28-30, 36-39.

<sup>61</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Mantenimiento. Guía para la preparación de contratos de mantenimiento. UNE-EN 13269:2007. Madrid, España: AENOR, 2007. 25 p.

- La adquisición de herramientas especiales, equipos de prueba, equipos de transporte, equipos y herramientas de elevación, elementos de soporte y equipos de monitoreo de condición y equipos de comunicación, así como el establecimiento de directrices para su uso y almacenamiento.
- La adquisición de software para aplicaciones específicas y la gestión de su soporte.
- El desarrollo de la infraestructura física necesaria (instalaciones).
- La adquisición de libros, manuales y normas técnicas.
- La gestión de información de los elementos (catálogos de fabricante, modificaciones realizadas).

Teniendo en cuenta los elementos anteriores se realiza la gestión de recursos económicos ante el nivel estratégico, el cual es responsable de gestionarlos ante la dirección corporativa.

La gestión de mantenimiento comprende la definición de programas propios del área de mantenimiento y la aplicación de programas universales (aplicables a diferentes áreas), así como la documentación de estos en el manual de mantenimiento. Es responsabilidad del nivel táctico establecer los programas y procesos complementarios a la gestión de mantenimiento así como la interacción con otros procesos (ej.: gestión de repuestos, gestión de herramientas, contratación, bloqueo y etiquetado de equipos, permisos de trabajo, etc.). Adicionalmente, debe determinar directrices claras sobre la gestión de información relevante en el área de mantenimiento así como de las responsabilidades en la administración de los datos maestros en el sistema de información. En el numeral 3.3 se describen programas y procesos relevantes para la gestión de mantenimiento.

**3.1.2.9 Gestión de órdenes de mantenimiento.** Las órdenes de mantenimiento, normalmente denominadas *órdenes de trabajo* (OT), se utilizan para planificar, controlar y ejecutar actividades de mantenimiento en objetos técnicos, permitiendo manejar sus costos. A través de una adecuada gestión de órdenes es posible minimizar el tiempo improductivo de los equipos y sistemas, principalmente de aquellos que por su salida de servicio pueden afectar el desempeño, la seguridad de las personas, el medio ambiente y/o la integridad de los equipos.

El nivel táctico es responsable del establecimiento de las directrices para la gestión de órdenes de trabajo, incluyendo la definición de las clases de órdenes, las prioridades posibles a asignar a los trabajos y la vinculación de recursos tales como: mano de obra propia, materiales, servicios, permisos de trabajo y registros. Se recomienda el registro de equipos de prueba, equipos de medición, herramientas y procedimientos en las órdenes de trabajo para efectos de trazabilidad de su uso (el ERP de SAP posee las funcionalidades para esto), lo que permitiría, ante eventuales fallas funcionales de un elemento, identificar las actividades en las que se utilizó el elemento y si es el caso realizarlas nuevamente, en concordancia con las normas PAS 55-2<sup>62</sup> y NTC-ISO 10012<sup>63</sup>.

En las órdenes de trabajo se registra la información de los recursos utilizados en el desarrollo del mantenimiento y se define el destino de los costos de dichos recursos. Dependiendo del tipo de orden, es posible llevar los costos de mantenimiento a centros de costo, elementos PEP, activos fijos y materiales. Las

---

<sup>62</sup> BRITISH STANDARD INSTITUTE. Gestión de Activos - Parte 2: Directrices para la aplicación de PAS 55-1. PAS 55-2:2008. 2 ed. London, Reino Unido: The Woodhouse Partnership, 2009. p. 41.

<sup>63</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la medición. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición. NTC-ISO 10012:2003. 1 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2003. p. 17.

clases de órdenes que hacen parte del estándar del ERP de SAP y su uso previsto se mencionan en la tabla 6 (para detalles adicionales ver el numeral 1.4.3.2).

Tabla 6. Clases de órdenes de mantenimiento.

CLASE DE ORDEN	CREACIÓN*	USO PREVISTO
Mantenimiento preventivo	A, M	Mantenimiento planeado
Mantenimiento correctivo	M	Atención de fallas
Inversión	M	Modificaciones a la configuración de planta
Renovación	M	Reparación de equipos y piezas de recambio
Calibración	A, M	Calibración de equipos de medición

\*A - Automática (mediante planes de mantenimiento), M - Manual.

Fuente: El autor.

La prioridad de la orden debería indicar la urgencia de realizar las actividades. Aplicando RBM la prioridad puede establecerse a partir del riesgo de no realizar actividad alguna. En el caso tareas periódicas esto significaría extender el intervalo de realización, con la posibilidad de exceder el intervalo P-F de las tareas de monitoreo de condición e inspecciones, en las tareas de búsqueda de falla aumentaría la probabilidad de falla múltiple y en tareas de reacondicionamiento o sustitución implicaría aumentar la probabilidad de falla del elemento. En las tareas requeridas a partir del estado de los elementos debería considerarse el impacto de la falla (ver tabla 7).

Tabla 7. Escala de impactos de falla.

<b>Failure impact</b>	<b>Definition</b>	<b>Note</b>
<b>Critical failure</b>	Failure of an equipment unit that causes an immediate cessation of the ability to perform a required function.	Includes failures requiring immediate action towards cessation of performing the function even though actual operation may continue for a short period of time. A critical failure may result in an unscheduled repair.
<b>Degraded failure</b>	Failure that does not cease the fundamental function(s), but compromises one or several functions.	The failure may be gradual, partial or both. The function may be compromised by any combination of reduced, increased or erratic outputs. An immediate repair can normally be delayed, but in time such failures may develop into a critical failure if corrective actions are not taken.
<b>Incipient failure</b>	Imperfection in the state or condition of an item so that a degraded or critical failure may (or may not) eventually be the expected result if corrective actions are not taken	

Fuente: NORWEGIAN TECHNOLOGY STANDARDS INSTITUTION. Risk based maintenance & consequence classification. NORSOK Z-008:2010. 3 ed. Lysaker, Noruega: Standards Norway, diciembre de 2010. p. 24.

La tabla 8 contiene un ejemplo para la asignación de las prioridades a partir de la valoración del riesgo.

Tabla 8. Prioridad de las actividades.

<b>Risk</b>	<b>Priority/time to repair</b>	<b>Comment</b>
H	5 days	Always highest priority for safety function failure.
M	30 days	
L	180 days	
VL	360 days	

Fuente: NORWEGIAN TECHNOLOGY STANDARDS INSTITUTION. Risk based maintenance & consequence classification. NORSOK Z-008:2010. 3 ed. Lysaker, Noruega: Standards Norway, diciembre de 2010. p. 32.

El estándar del ERP de SAP contiene cuatro valores de prioridad mas no brinda los significados de estos. Desde su parametrización es posible modificar la cantidad de valores y asignarles significados. Tomando como referencia la norma NORSOK Z-008<sup>64</sup> y las consideraciones de Silva<sup>65</sup>, en la tabla 9 se presenta una propuesta para la definición de las prioridades basada en una clasificación ABC de la criticidad de los objetos técnicos (elementos). Para información sobre la valoración de criticidades de elementos ver el numeral 3.1.2.4.

Tabla 9. Prioridades de órdenes de mantenimiento.

PRIORIDAD	PROGRAMACIÓN*	DESCRIPCIÓN
1 - muy elevada	Inmediata	Representa la necesidad de atender de forma inmediata la orden, es decir, se trata de emergencias y por tanto no admite su planeación y postergación. Aplica para objetos técnicos con criticidad ALTA.
2 - alta	5 días	Indica que la actividad de mantenimiento puede ser planeada e incluida en la programación de la semana en curso. No es una emergencia pero es un trabajo apremiante. Aplica para objetos técnicos con criticidad ALTA o MEDIA.
3 - media	30 días	Indica que la actividad de mantenimiento puede ser planeada e incluida en el programa mensual. Se puede utilizar para actividades en todos los objetos técnicos.
4 - baja	> 30 días	Indica que la actividad de mantenimiento es menos apremiante en cuanto a su planeación y programación. Se utiliza para actividades menores en todos los objetos técnicos.

\* En las actividades requeridas a partir del estado de los elementos, incluyendo las actividades de renovación, es el tiempo para reparar o modificar (para órdenes de inversión). En las actividades periódicas corresponde a la tolerancia de ampliar los intervalos de ejecución.

Fuente: El autor.

<sup>64</sup> NORWEGIAN TECHNOLOGY STANDARDS INSTITUTION. Risk based maintenance & consequence classification. NORSOK Z-008:2010. 3 ed. Lysaker, Noruega: Standards Norway, diciembre de 2010. p. 32-33.

<sup>65</sup> SILVA ARDILA, Pedro Eliseo. Mantenimiento en la práctica. 1 ed. Barranquilla: el autor. 2009. p. 69. ISBN 978-958-44-4915-3.

**3.1.2.10 Gestión de avisos de mantenimiento.** Los avisos en la gestión de mantenimiento son utilizados para indicar la necesidad de intervenir un elemento (objeto técnico), es decir, como solicitudes de trabajo, y para el registro de datos de fiabilidad y mantenibilidad.

El nivel táctico debe establecer las directrices aplicables a la gestión de avisos, brindando instrucciones para la asignación de prioridades, alimentación del registro de fallas, información de parada de elementos y demás información relevante para la gestión de mantenimiento. El ERP de SAP posee funcionalidades aplicables a estas. En la tabla 10 se presenta información acerca de los avisos de mantenimiento definidos en el ERP de SAP habilitados para la gestión de mantenimiento. Todos los avisos descritos permiten el registro de información descriptiva de las actividades requeridas.

Tabla 10. Avisos de mantenimiento.

<b>CLASE DE AVISO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Avería	Información de fallas utilizando catálogos (modo de detección, síntoma de la avería, parte objeto, causa de la avería), información de parada.
Solicitud PM	Información de parada.
Actividad	Actividades realizadas, es posible utilizar el catálogo de actividades.

Fuente: El autor.

El nivel táctico debe garantizar el establecimiento y actualización de los catálogos utilizados para el registro de averías y actividades. Las prioridades a utilizar en los

avisos de mantenimiento pueden ser las mismas que se utilicen en las órdenes de trabajo.

**3.1.2.11 Evaluación de la gestión de mantenimiento.** La evaluación comprende la medición y seguimiento de la gestión de mantenimiento, el análisis de sus resultados y la revisión de posibles acciones a implementar.

La información utilizada en la evaluación de la gestión de mantenimiento incluye:

- Costos de mantenimiento.
- Ambiente de trabajo.
- Costo del ciclo de vida de activos.
- Desempeño de los activos.
- Disponibilidad y la fiabilidad de los activos y sistemas de activos.
- Canales de comunicación.
- Eficiencia de los procesos.
- Utilización de recursos y de la oportunidad de las actividades (mantenibilidad, carga de trabajo, backlog).
- Desempeño del personal (conocimientos y destrezas).
- Modificaciones propuestas sobre los activos, prácticas, programas y procesos.

Es recomendable la realización de análisis de causa raíz para las fallas críticas ocurridas y para las fallas que por su alta recurrencia afecten de forma relevante el desempeño de los activos físicos.

La definición de los indicadores de gestión de los niveles operativo y de ejecución (mantenibilidad, carga de trabajo, backlog, etc.) deben ser establecidos por el nivel táctico.

**3.1.2.12 Mejora, innovación y aprendizaje.** El nivel táctico es el responsable de la mejora, la innovación y el aprendizaje, incluyendo la gestión del conocimiento, en la gestión de mantenimiento de la organización. Esto incluye:

- Revisar y monitorear el entorno, la regulación y la normativa aplicable así como las buenas prácticas de gestión de mantenimiento.
- Divulgar las buenas prácticas, las mejoras implementadas y las lecciones aprendidas en el área de mantenimiento y en la compañía.
- Propuesta e implementación de planes de acción.
- Desarrollo de la documentación de mantenimiento, lineamientos, políticas propias del área, prácticas estándar de mantenimiento, instrucciones de trabajo, descripción de programas de mantenimiento, entre otros. Es posible agrupar esta documentación en el manual de gestión de mantenimiento.

**3.1.3 Nivel operativo.** Este nivel es responsable de la aplicación de las directrices definidas en el nivel táctico para la realización de las actividades de mantenimiento. Su herramienta principal en la compañía debe ser el ERP de SAP en el cual se registra la información concerniente a órdenes de trabajo.

El objetivo principal de la planeación operativa es lograr la efectividad en la ejecución de las actividades desarrolladas en los elementos (objetos técnicos). Para cumplir con este objetivo se requiere: la eficacia de las actividades de mantenimiento, el uso eficiente de recursos y la disposición oportuna de los

recursos y requerimientos, lo cual se alcanza a través de una adecuada gestión con otras áreas de la empresa tales como operación, compras, almacén, recursos humanos y seguridad industrial.

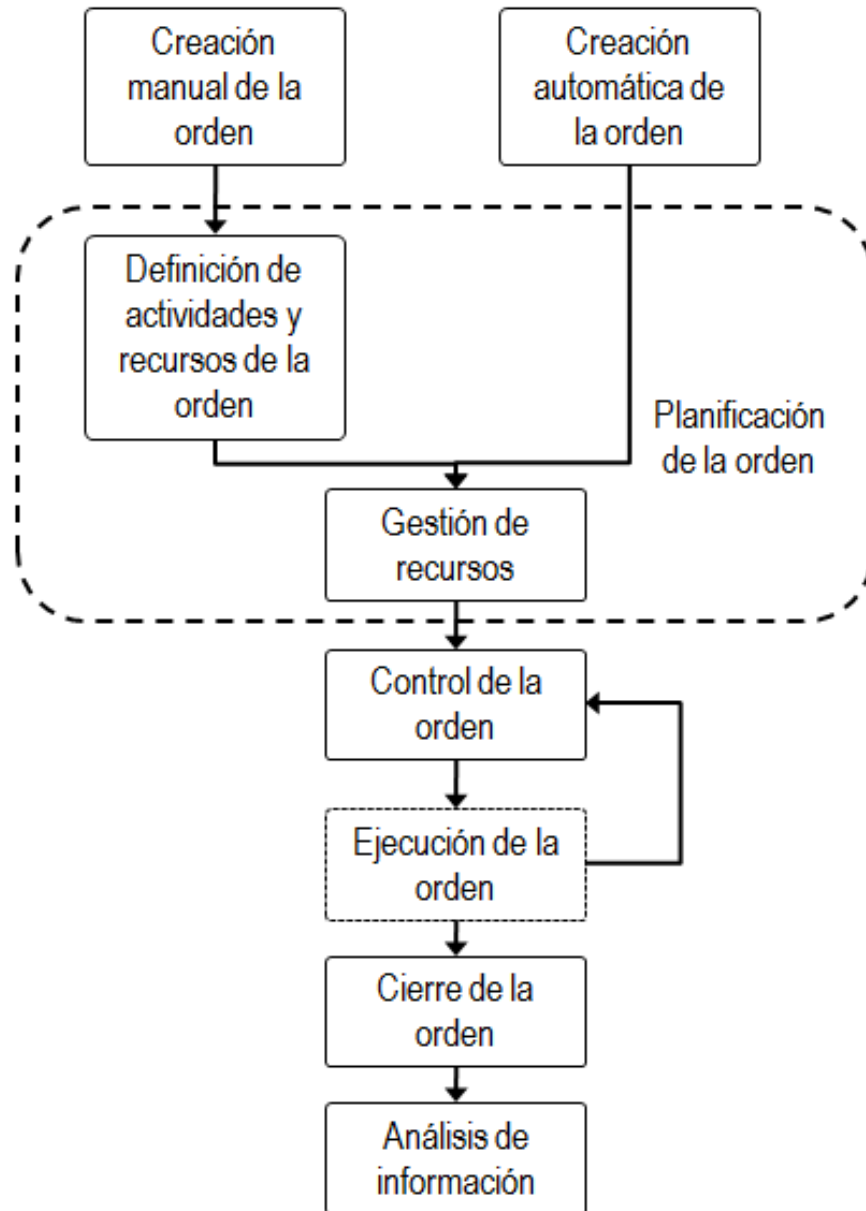
Este nivel de gestión de mantenimiento es responsable de:

- Asegurar la realización oportuna y confiable de las actividades de mantenimiento sobre los equipos e instalaciones.
- Priorizar las actividades a realizar, incluyendo la asignación de prioridades a las órdenes de trabajo generadas de forma manual.
- Programar las reparaciones y los mantenimientos preventivos a través de programas (mensuales, quincenales, semanales) actualizados continuamente.
- Mejorar la mantenibilidad de los equipos y la logística de mantenimiento.
- Tratar las emergencias (órdenes con prioridad 1), las cuales no permiten planificación alguna.
- Asignar el personal a las órdenes de trabajo, asegurando el cumplimiento de los requisitos de competencia y certificación.
- Gestionar las necesidades con otras áreas de la compañía y con terceros (materiales, servicios de mantenimiento y logísticos, personal temporal, permisos de trabajo, disponibilidad equipos para mantenimiento, entre otros).
- Asegurar la aplicación de los controles de salud, seguridad y medio ambiente a las actividades desarrolladas a través de órdenes de trabajo.
- Asegurar el cumplimiento de la legislación y regulación aplicable, así como las normas y estándares técnicos.
- Asegurar el registro adecuado de las actividades realizadas (mantenimiento y modificaciones).

- Administrar los equipos de prueba, equipos de medición, equipos de taller y herramientas propias y asegurar su disponibilidad para el uso previsto (tareas programadas).
- Asegurar la trazabilidad del uso de equipos de prueba, equipos de medición y herramientas especiales, así como de procedimientos e instrucciones de trabajo.
- Gestionar la reparación y el mantenimiento preventivo de equipos y piezas de repuesto.
- Administrar el programa de capacitación del personal.
- Realizar el seguimiento a los cambios de planta.
- Productividad del personal.

En el nivel operativo de gestión de mantenimiento se definen las acciones a realizar sobre los elementos y las actividades de su ciclo completo de gestión: creación, planificación, control, cierre y análisis de información (ver figura 47). Las actividades de ejecución hacen parte del siguiente nivel de gestión de mantenimiento (nivel de ejecución).

Figura 47. Ciclo de gestión de órdenes de trabajo.



Fuente: El autor.

**3.1.3.1 Creación de órdenes de trabajo.** La gestión de una orden de trabajo inicia con su creación. Las principales fuentes de necesidades de intervenciones de equipos y sistemas, y por tanto de órdenes de trabajo, son:

- Los planes de mantenimiento. Las actividades a realizar bajo las órdenes creadas a partir de planes de mantenimiento son de tipo preventivo y contienen la información registrada en estos a través de las hojas de ruta (operaciones, materiales, puestos de trabajo, horas hombre, herramientas, equipos de prueba y/o medición, documentos de trabajo).
- Las fallas reales y potenciales de los equipos y sistemas identificadas a través de pérdidas operacionales, rondas, inspecciones y pruebas funcionales realizadas por los usuarios e intervenciones de mantenimiento.
- Modificaciones al diseño de los objetos técnicos. De acuerdo a los alcances de la modificación, ésta puede ser realizada por el área de mantenimiento o estar a cargo del departamento de proyectos o de otra área de la compañía.

Las órdenes de trabajo pueden ser creadas a partir de avisos de mantenimiento (manual), de forma directa (manual) o mediante la programación y supervisión de planes de mantenimiento (automática).

Cuando se solicitan las medidas de mantenimiento para un objeto técnico por medio de un aviso de mantenimiento se revisa si se requiere planificar y ejecutar las medidas solicitadas utilizando una orden, teniendo en cuenta la criticidad del objeto técnico de referencia y la prioridad de los requerimientos de mantenimiento, si corresponden a actividades urgentes o si permiten una planificación de recursos en el tiempo. En caso afirmativo, se crea una orden para el aviso o se vincula el aviso a una orden existente (es posible asignar posteriormente a la orden uno o más avisos de mantenimiento). Los avisos que no se vinculan a órdenes se deben cerrar describiendo las razones por las cuales no se generan o vinculan a orden alguna.

La definición de las acciones a realizar sobre los elementos incluye la clasificación de la orden de trabajo. Las tareas de mantenimiento pueden ser preventivas o correctivas (ver numeral 3.1.2.6). Así, las órdenes de mantenimiento creadas

mediante la programación de planes son de tipo preventivo, las creadas a partir de fallas reales de los elementos son correctivas y las requeridas a partir de fallas potenciales identificadas en los elementos son preventivas de acuerdo a la definición brindada en el manual NAVAIR 00-25-403<sup>66</sup> para *tarea a condición* y la definición de *mantenimiento basado en la condición* de la norma UNE-EN 13306<sup>67</sup>.

Es posible que en ocasiones se realicen acciones correctivas como parte de los trabajos incluidos en órdenes de mantenimiento preventivo. Un ejemplo es *ajuste de ser necesario* el cual se utiliza con frecuencia en calibraciones. En estos casos se debería crear un aviso de avería para registrar las fallas identificadas y asociar el aviso a la orden bajo la cual se atendió la falla.

Las modificaciones de los elementos aunque pueden surgir a partir de fallas presentadas, realizarse utilizando órdenes de trabajo y estar a cargo de personal de mantenimiento, no son acciones de mantenimiento (ver definición de *modificación* de la norma UNE-EN 13306<sup>68</sup>).

Una orden de trabajo permite la planificación de actividades de forma detallada con respecto a la clase, alcance, fechas y recursos. En el ERP de SAP a través de las operaciones de una orden se describe cada una de las etapas del trabajo. Para mayor precisión o detalle, las operaciones se pueden dividir en suboperaciones. Las operaciones se pueden realizar de forma secuencial, simultánea o traslapada.

---

<sup>66</sup> NAVAL AIR SYSTEMS COMMAND. Management manual. Guidelines for the naval aviation reliability-centered maintenance process. NAVAIR 00-25-403 [documento consecutivo en línea]. NAVAIR, 2005 [citado en 15 de abril de 2011]. p. 14. Disponible en Internet: <[http://www.barringer1.com/mil\\_files/NAVAIR-00-25-403.pdf](http://www.barringer1.com/mil_files/NAVAIR-00-25-403.pdf)>.

<sup>67</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Mantenimiento. Terminología del mantenimiento. UNE-EN 13306:2011. 2 ed. Madrid, España: AENOR, 2011. p. 13.

<sup>68</sup> *Ibíd.*, p. 16.

Su secuencia se define en las *relaciones*. Las operaciones se pueden procesar de forma interna o externa. Una operación o suboperación que se debe procesar internamente se asigna a un *puesto de trabajo* para que se encargue de su ejecución. Las necesidades de capacidad que se requieren pueden planificarse para realizar la operación o suboperación.

Para un trabajo de mantenimiento complejo y extenso pueden asignarse varias órdenes inferiores a una orden. De este modo, se pueden crear jerarquías de órdenes (utilización de *sub-órdenes*).

Al crear una orden el sistema puede ofrecer información de:

- Garantías vigentes de fabricante y/o el proveedor del objeto técnico.
- estadísticas de órdenes, avisos y paradas
- órdenes y avisos recientes
- documentos asociados al objeto técnico
- próximas intervenciones planeadas que aún no se han llevado a órdenes
- relaciones existentes con otros objetos técnicos (enlace de objetos)
- localización de un equipo de características similares (equipos sustitutos)

La revisión de las relaciones existentes con otros objetos técnicos, a través del enlace de objetos, facilitando la identificación de requerimientos de bloqueo y etiquetado y de oportunidades de intervención de otros equipos. La búsqueda de equipos sustitutos se realiza empleando la clasificación de equipos (clases y características).

Al crear una orden se debe definir su prioridad (ver numeral 3.1.2.9).

**3.1.3.2 Planificación de órdenes de trabajo.** Según la clase de la orden y el trabajo previsto, es posible ejecutar la planificación en diferentes grados de detalle. Por ejemplo, para órdenes de emergencia es posible generar órdenes con la información mínima requerida en cuanto a su alcance (sin descripción detallada).

Es posible contar con hojas de ruta para las actividades de mantenimiento que se realizan en más de una ocasión, tales como las acciones que se programan dependiendo del estado, por ejemplo: el cambio de rodamientos en un motor eléctrico programado a partir del resultado de análisis de vibraciones del equipo. En estos casos, las hojas de ruta a desarrollar pueden ser genéricas (de instrucciones) o particulares (de equipos o de UT). Para información sobre hojas de ruta ver el numeral 1.4.2.3.

La planificación de órdenes de trabajo se realiza definiendo:

- Revisión (evento de mantenimiento tal como paradas de unidad o consignaciones de líneas de transmisión)
- Lista de objetos (Ubicaciones técnicas, equipos, equipo-material, avisos)
- Hoja de ruta (si aplica)
- Operaciones y suboperaciones (clave de control, puesto de trabajo, duración, número de personas, factor de ejecución, datos de usuario)
- Materiales y servicios
- Documentos guía o de apoyo (formatos, guías, instructivos, manuales, procedimientos)
- Herramientas especiales y equipos de prueba/medición
- Norma de liquidación (receptores de costos)
- Permisos de trabajo

Las órdenes creadas a través de la programación de planes de mantenimiento deberían contener la información y los recursos requeridos para la ejecución de los trabajos, en estos casos el trabajo restante en este nivel corresponde a la gestión oportuna de recursos.

**3.1.3.3 Control de órdenes de trabajo.** Consiste en asegurar la disponibilidad de los recursos para su uso en el tiempo previsto. El control de órdenes comprende:

- *Planificación detallada.* Asignación del personal a las operaciones y suboperaciones de la orden, incluyendo las horas de trabajo y la fecha y hora prevista tanto para el inicio como para la finalización de las actividades. Puede incluir la definición de relaciones de ordenación entre las operaciones de la orden y entre diferentes órdenes de trabajo.
- *Verificación de la disponibilidad de materiales, medios auxiliares de fabricación (MAF e información requerida).* Revisión efectuada para asegurar la disponibilidad de los insumos, repuestos, equipos, herramientas e información necesarios para la realización de las actividades programadas.
- *Coordinación de servicios.* Se efectúa la coordinación previa con el contratista para la prestación de los servicios de mantenimiento y de logística tras su contratación.
- *Generación y trámite de los documentos de trabajo.* Después de liberada la orden es posible generar los documentos requeridos para la realización de las actividades de mantenimiento definidas en la orden. Estos documentos incluyen: la orden de trabajo, los permisos de trabajo, etiquetas y formatos de bloqueo y etiquetado, entre otros.

Adicionalmente, es posible utilizar las funcionalidades que brinda el ERP de SAP para la planificación de capacidades. Las funcionalidades incluyen: la tabla de planificación gráfica y las evaluaciones de retraso, provisión, carga y sobrecarga de trabajo.

**3.1.3.4 Cierre de órdenes de trabajo.** Tras la ejecución de la orden de trabajo se realiza el cierre técnico de la orden y del aviso, se liquida de costos de la orden y se le da un cierre definitivo a la orden en el sistema (cierre comercial).

Los costos que se originan al tratar una orden (por ejemplo, los costos de material, personal o servicios externos) se agrupan inicialmente en la orden. Cuando los trabajos comprendidos bajo una orden se realizan en más de un periodo (mes) la orden debe liquidarse periódicamente, en caso contrario se realiza cuando finalizan las actividades comprendidas en el alcance de la orden. Al liquidar la orden los costos agrupados en ésta se transfieren a los receptores de liquidación especificados en la *norma de liquidación*. Se debe tener en cuenta que sólo es posible liquidar una orden si: ha sido liberada (puede estar cerrada técnicamente), tiene el status *norma de liquidación* creada, aún no se han liquidado los costes reunidos para la orden y aún no se ha realizado un cierre comercial.

El *cierre técnico* se realiza después de la notificación final de la orden. Al efectuar este cierre, los datos de emplazamiento e imputación se fijan y no pueden volver a modificarse y no permite adicionar notificaciones ni avisos. Sin embargo, la orden puede seguir recibiendo costos, por ejemplo, mediante recepciones de factura para materiales y servicios.

El *Cierre Comercial* bloquea la recepción de costos a la orden de trabajo. El cierre comercial debe ejecutarse después la liquidación del total de costos asociados a la orden.

Al realizar los trabajos comprendidos en las órdenes, los avisos de averías deberían actualizarse con la información obtenida en relación a las fallas presentadas.

**3.1.3.5 Análisis de información de órdenes de trabajo.** Es posible la consulta de los costos estadísticos de las diferentes actividades de mantenimiento. Los costos de las actividades de mantenimiento corresponden al valor de utilización de materiales, mano de obra propia y servicios. En el ERP de SAP los costos registrados en las órdenes de trabajo se clasifican en:

- Los costes estimados se pueden introducir de forma manual en una orden entera.
- Los costes planeados los calcula automáticamente el sistema durante la planificación de órdenes.
- Los costes reales de salidas y entradas de mercancías los calcula automáticamente el sistema mientras se está ejecutando la orden. Los costes reales del trabajo realizado sólo se pueden calcular una vez que se ha notificado el trabajo.

Se requiere el seguimiento a la ejecución del mantenimiento verificando que éste siga los niveles de desempeño establecidos por la compañía en los indicadores de gestión del proceso. Es posible realizar el seguimiento del backlog de órdenes, la carga de trabajo y el nivel de ocupación del personal de mantenimiento, entre otros.

Al analizar la información de las actividades de mantenimiento efectuadas a los equipos e instalaciones, incluyendo: informes de contratistas y del personal de planta, estadísticas de fallas y duración de las actividades de mantenimiento

planificado, es posible tomar decisiones que pueden llevar a modificar los planes de mantenimiento o a generar avisos y órdenes directamente.

**3.1.4 Nivel de ejecución.** Este nivel es responsable de la realización eficaz de las actividades de mantenimiento sobre los distintos elementos y del manejo adecuado de los equipos de prueba, equipos de medición, equipos de taller y herramientas de su utilización, así como de la información a su disposición. De acuerdo a Tamayo, el nivel de ejecución "comprende la prestación del servicio de mantenimiento, mediante la aplicación de normas, instructivos y rutinas técnicas consignadas en el manual de mantenimiento... (...) Este personal trabaja *manual en mano*"<sup>69</sup>.

Tras la liberación de la orden, es posible iniciar las actividades descritas en la orden con el nivel de detalle requerido. Las actividades siguientes sólo se pueden realizar después de liberar la orden:

- Impresión de documentos de trabajo (orden de trabajo, permisos de trabajo, etiquetas y formatos de bloqueo y etiquetado, etc.)
- Toma de material
- Contabilización de entrada de mercancías (pedidos efectuados)
- Entrada de actividad de servicios solicitados con imputación a la orden
- Introducción de notificaciones de tiempo
- Conclusión de la actividad

---

<sup>69</sup> TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Gerencia estratégica de mantenimiento [diapositivas]. En: Especialización en gerencia de mantenimiento (2009: Bucaramanga). Memorias. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009. 155 diapositivas.

La ejecución de una orden está compuesta normalmente por las siguientes actividades:

- *Diagnóstico inicial del estado del elemento*, identificando las averías y las actividades de reparación y sustitución requeridas (mantenimiento correctivo).
- *Logística previa*. Incluye la recopilación de datos técnicos y documentos referenciados en la orden, la obtención de materiales, herramientas, equipos de prueba, equipos de medición y elementos de soporte y el desplazamiento al lugar de trabajo.
- *Apertura de permisos de trabajo y preparación del lugar de trabajo*. Las actividades de mantenimiento necesario en equipos se deben llevar a cabo únicamente cuando se han implementado todas las medidas para lograr un entorno de trabajo seguro. Para lograr esto, se emplean los permisos de trabajo, el bloqueo y etiquetado de equipos, la demarcación de áreas, entre otros controles.
- *Intervención de los objetos técnicos*. Tras garantizar que las condiciones son seguras se procede a realizar las actividades descritas en las órdenes y utilizan los procedimientos e instrucciones de trabajo documentadas y controladas (estandarizadas). Como parte del desarrollo de estas actividades se realizan los servicios contratados.
- *Cierre de permisos de trabajo*. Al finalizar las actividades, con el fin de restablecer las condiciones operativas de los equipos se procede al desbloqueo de los equipos, al retiro de las etiquetas, la realización de pruebas y verificaciones y al cierre de permisos de trabajo, según aplique, registrando el estado en que se devuelven de los equipos a los usuarios o responsables de su operación. Como parte de la finalización de las actividades se despeja el sitio de trabajo retiran todos los elementos utilizados así como los residuos.

- *Documentación de las actividades.* Las notificaciones se utilizan para documentar en el sistema los trabajos realizados bajo órdenes. En una notificación se ingresa la información correspondiente a las actividades ejecutadas, el tiempo de ejecución y las personas que participaron, se anexan los formatos diligenciados cuando sean necesarios y se generan los documentos de medición de puntos de medida de los equipos intervenidos. Las órdenes de trabajo pueden implicar más de una jornada de trabajo, ante esto el ERP de SAP permite realizar notificaciones parciales de tiempos del personal.

### **3.2 PROCESO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

El proceso de gestión de mantenimiento debe representar la dinámica del área y de la organización en el mantenimiento de los activos físicos. El modelo propuesto se fundamenta en el uso de las buenas prácticas y recomendaciones tratadas en el numeral 3.1 y en las funcionalidades identificadas en el ERP de SAP.

Para el desarrollo del proceso se ha utilizado el principio de gestión de calidad de *enfoque basado en procesos* para facilitar la gestión proactiva del mantenimiento y su integración con los demás procesos de la organización.

La definición de *proceso* dada por la norma NTC-ISO 9000 es: "conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman entradas en resultados"<sup>70</sup>. Tamayo define *proceso* como: "un conjunto de trabajos y actividades en las cuales intervienen personas y equipos, a través de los cuales se lleva a cabo la transformación de materias primas e insumos, con el fin de

---

<sup>70</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario. NTC-ISO 9000:2005. 2 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2005. p. 14.

obtener un producto final con valor agregado"<sup>71</sup>. Teniendo en cuenta estas definiciones, para definir el proceso de gestión de mantenimiento se deben identificar las entradas, las actividades y los resultados, así como los roles (personas) y los equipos necesarios (ver figura 48).

Figura 48. Diagrama simplificado de un proceso.



Fuente: El autor.

Adicionalmente, al considerar tanto el proceso de gestión de mantenimiento como los procesos con los cuales interactúa como partes constitutivas de un sistema aplicando así el *enfoque de sistemas para la gestión*, se obtiene el sistema de gestión de mantenimiento.

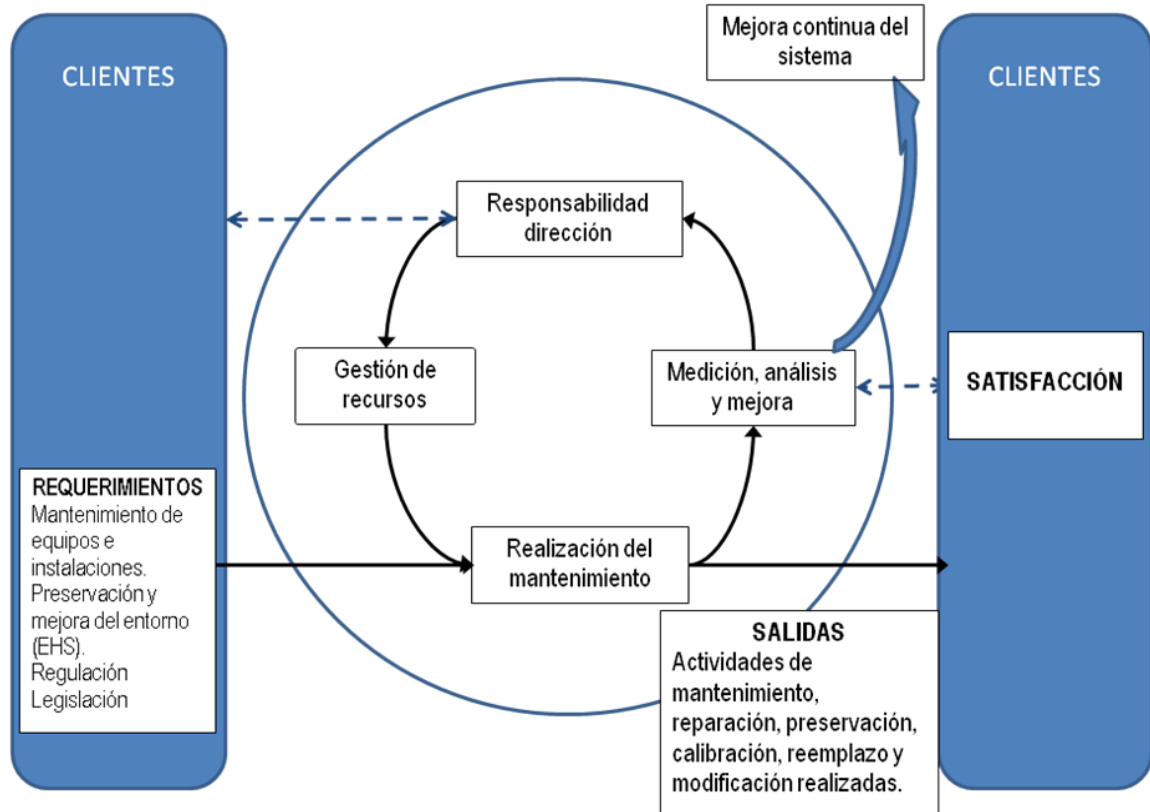
Si se considera a los usuarios de los activos físicos como los clientes del sistema de gestión de mantenimiento (enfoque tradicional), se obtendría posiblemente un esquema como el presentado en la figura 49. En el sistema representado en el esquema, los requisitos del cliente comprenden los máximos niveles de

---

<sup>71</sup> TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Gerencia estratégica de mantenimiento [diapositivas]. En: Especialización en gerencia de mantenimiento (2009: Bucaramanga). Memorias. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009. 155 diapositivas.

disponibilidad y confiabilidad de los equipos e instalaciones, sin considerar otros factores (análisis aislado).

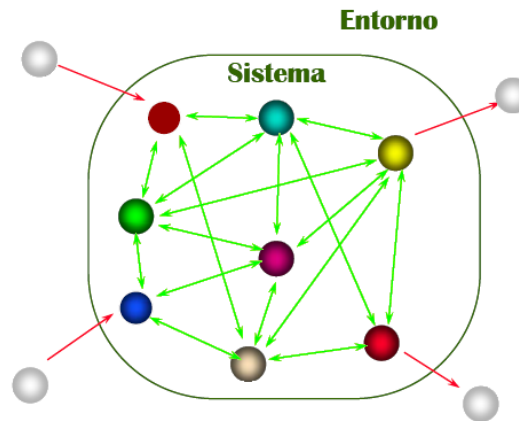
Figura 49. Enfoque de sistemas para la gestión aplicado a mantenimiento.



Fuente: El autor.

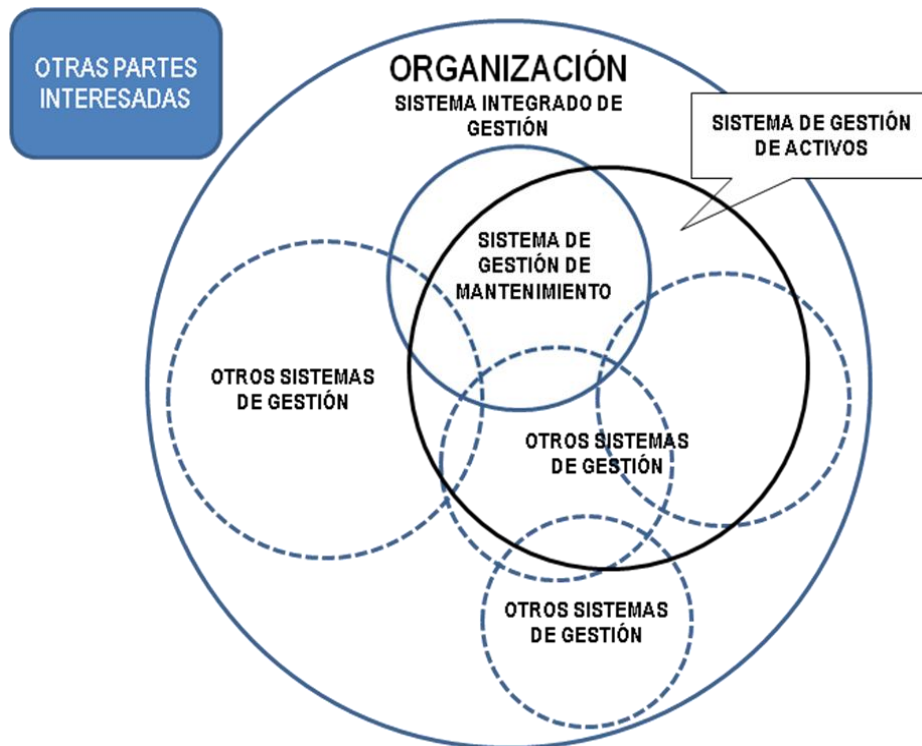
Al considerar los diversos factores e incluyendo el enfoque sistémico (ver figura 50), se identifica el sistema de gestión de mantenimiento como parte del sistema de gestión de activos y éste a su vez junto a otros sistemas de gestión conforman el sistema integrado de gestión de la organización. Esto se representa en la figura 51 incluyendo las interacciones e interdependencias de los sistemas de gestión.

Figura 50. Enfoque sistémico.



Fuente: GARAVITO, Edwin. *Manufactura Productiva [Diapositivas]. Especialización en Gerencia de Mantenimiento*. Bucaramanga: UIS, 2010. 35 diapositivas.

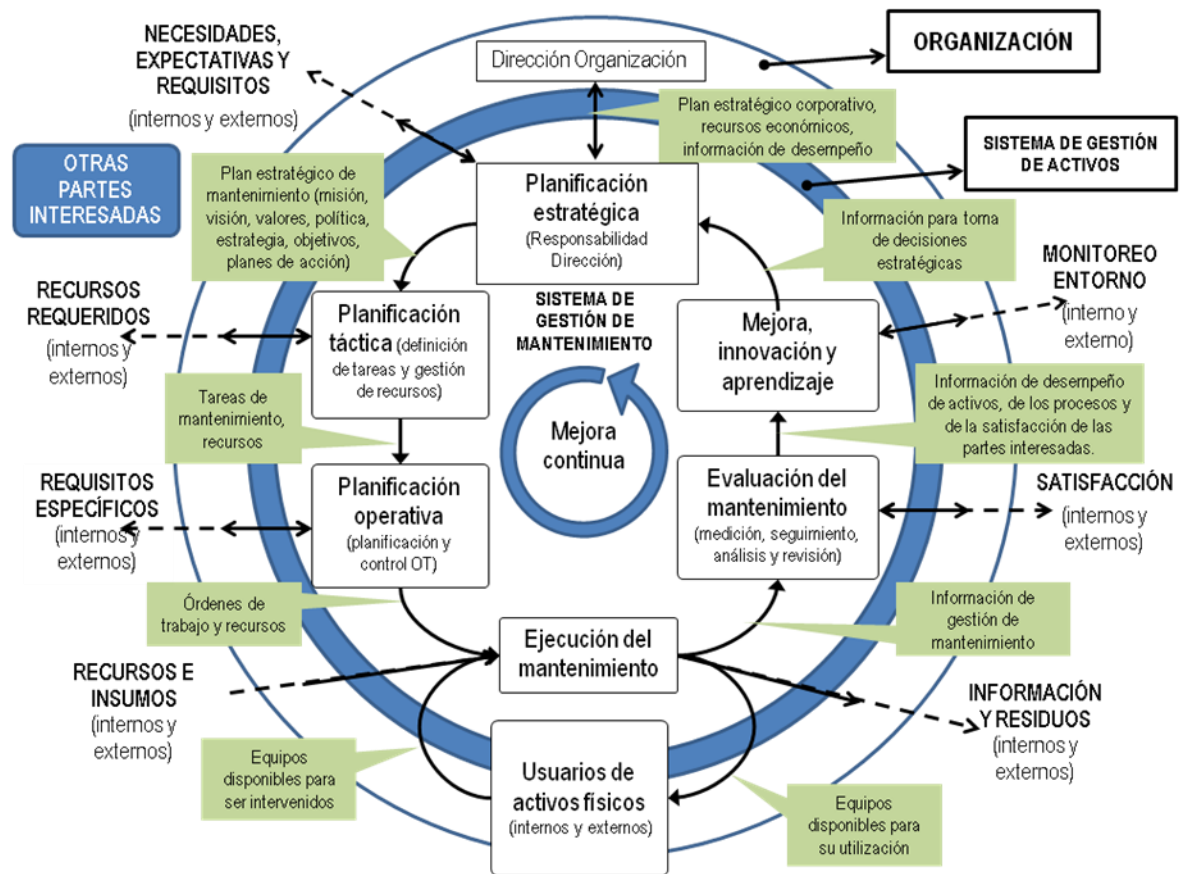
Figura 51. Sistema de gestión de mantenimiento.



Fuente: El autor.

Al establecer que el cliente de la gestión de mantenimiento es la organización a través del sistema de gestión de activos e identificar los requisitos de desempeño de los activos físicos como las entradas, se obtiene un planteamiento como el mostrado en la figura 52.

Figura 52. Sistema de gestión de mantenimiento.



NOTA: El sistema de gestión de mantenimiento debe tener como base los principios de la organización, incluyendo los de RSE.

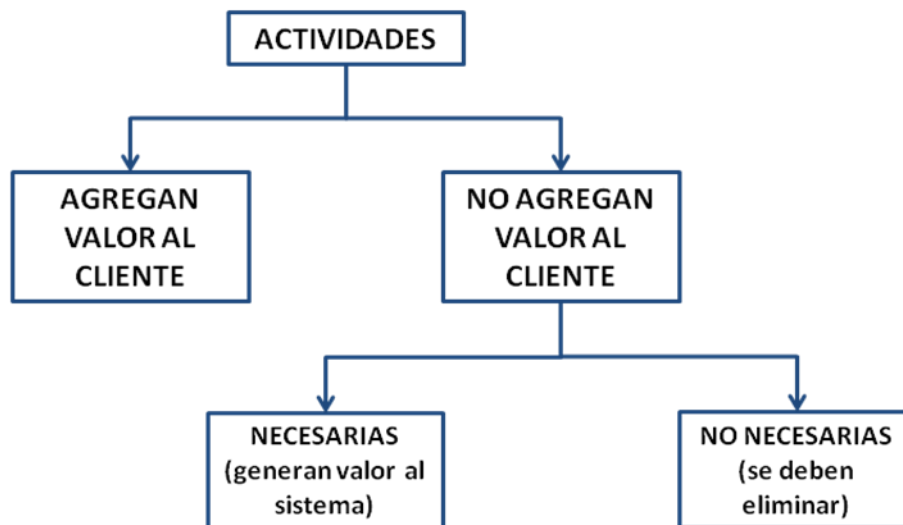
Fuente: El autor.

La salida principal del sistema de gestión de mantenimiento son los niveles de disponibilidad y fiabilidad alineados al desempeño sostenible requerido de los

activos y sistemas de activos. Así desaparece el enfoque hacia los elementos (equipos) de forma individual.

Las actividades presentes en el proceso de gestión de mantenimiento planteado para la organización cumplen el principio comentado por Garavito<sup>72</sup> representado en la figura 53.

Figura 53. Generación de valor de las actividades.



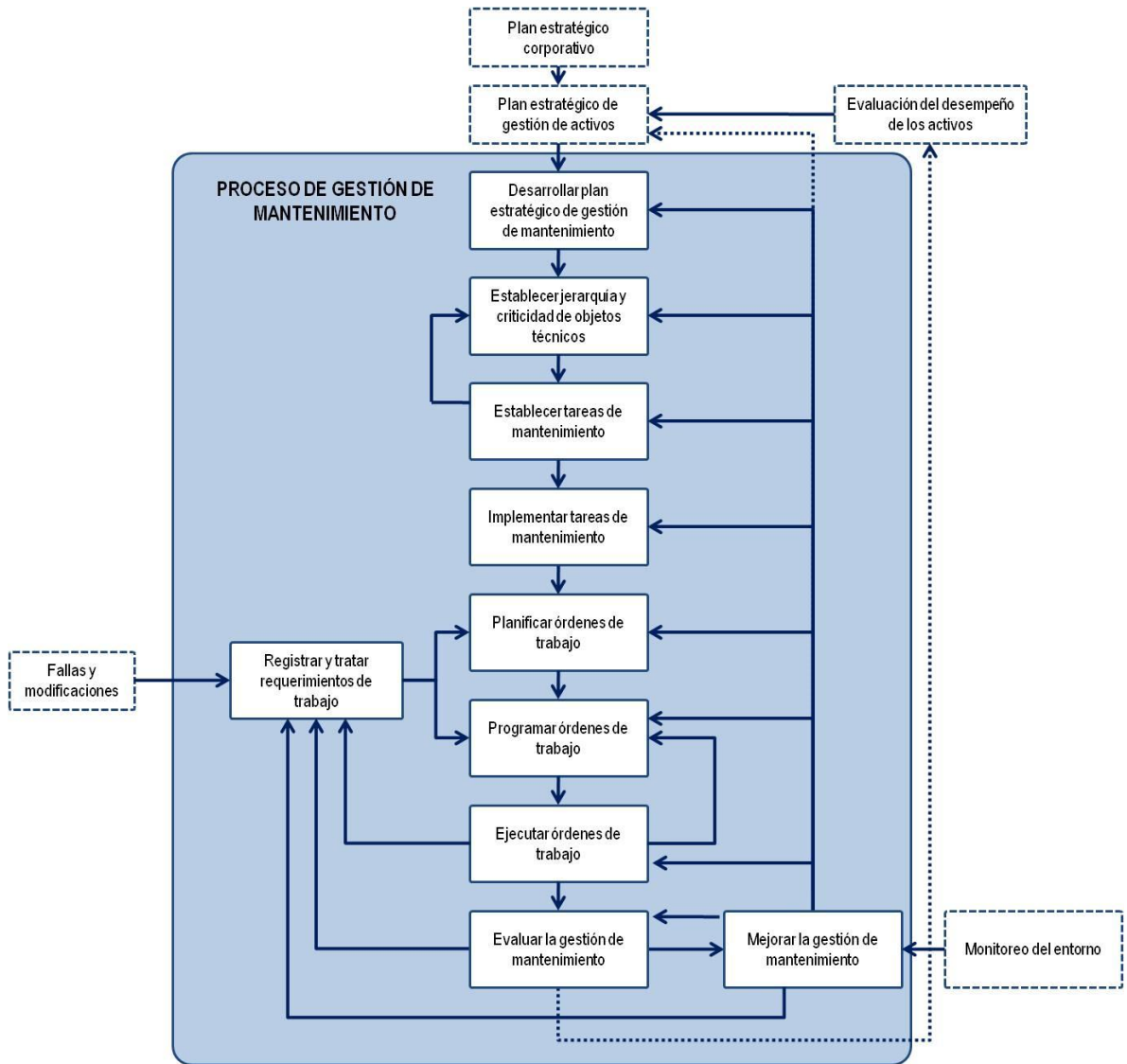
Fuente: El autor.

El proceso de gestión de mantenimiento propuesto se presenta en la figura 54 dada a continuación. El anexo A contiene el diagrama detallado del proceso.

---

<sup>72</sup> GARAVITO, Edwin. Manufactura Productiva [diapositivas]. En: Especialización en gerencia de mantenimiento (2010: Bucaramanga). Memorias. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2010. 35 diapositivas.

Figura 54. Proceso de gestión de mantenimiento.



Fuente: El autor.

A continuación se describen las actividades del proceso de gestión de mantenimiento planteado. El anexo A contiene una descripción más detallada de las actividades de este proceso (diagrama).

**3.2.1 Desarrollar plan estratégico de gestión de mantenimiento.** El *Gerente de Mantenimiento* desarrolla la misión, visión, valores, política, estrategia y objetivos generales de la gestión de mantenimiento a partir del plan estratégico de gestión de activos y considerando los planes desarrollados en otros procesos y sistemas de gestión de la compañía.

Funcionalidades de SAP aplicadas en esta actividad:

- Ninguna.

**3.2.2 Establecer jerarquía y criticidad de objetos técnicos.** El *Gerente de Mantenimiento* establece las directrices para el desarrollo de la estructura jerárquica y la valoración de la criticidad de objetos técnicos, incluyendo la gestión de riesgos. Los *Ingenieros de Confiabilidad* establecen la criticidad de los objetos técnicos.

El *Administrador de Datos Maestros* ingresa los nuevos objetos técnicos y actualiza la información de los existentes en el registro del ERP de SAP.

Funcionalidades de SAP aplicadas en esta actividad:

- Creación y actualización de Equipos, Ubicaciones técnicas, Equipomaterial, MAF, Listas de materiales, Puntos de medida, Garantías, Enlaces, Documentos.

**3.2.3 Establecer tareas de mantenimiento.** El *Gerente de Mantenimiento* establece las metodologías y técnicas a utilizar para el análisis de tareas de mantenimiento, incluyendo la gestión de riesgos. Los *Ingenieros de Confiabilidad*

establecen y actualizan las tareas de mantenimiento (correctivo y preventivo), tareas de rediseño y recomendaciones de mejoras a las prácticas de mantenimiento.

Funcionalidades de SAP aplicadas en esta actividad:

- Creación de solicitudes de pedido por servicios de capacitación, certificación y asesoría enfocadas a la implementación de las metodologías.

**3.2.4 Implementar tareas de mantenimiento.** El *Gerente de Mantenimiento* establece las directrices para la logística de mantenimiento. El *Planificador de Mantenimiento* genera y actualiza los planes de mantenimiento a partir de las tareas establecidas y de la evaluación de las actividades desarrolladas, incluyendo los requerimientos específicos actividades, y gestiona, ante el *Gerente de Mantenimiento*, los recursos necesarios de logística de mantenimiento, incluyendo herramientas, equipos de prueba y medición, información, capacitaciones y certificaciones del personal y propias.

Funcionalidades de SAP aplicadas en esta actividad:

- Creación y actualización de Hojas de ruta, Planes de mantenimiento, Estrategias, Sets de ciclos.
- Creación de solicitudes de pedido por herramientas y equipos de prueba y medición.

**3.2.5 Planificar órdenes de trabajo.** El *Planificador de Órdenes* identifica las acciones a realizar y los recursos requeridos para las órdenes generadas de forma manual y gestiona el aprovisionamiento oportuno de los recursos necesarios para

la realización de estas órdenes de trabajo y de las generadas de forma automática (planes de mantenimiento). El *Planificador de Órdenes* genera y actualiza un programa previo de trabajos a mediano plazo (meses).

El *Planificador de Paradas* coordina las actividades a realizar durante estos eventos de mantenimiento planeado con el *Planificador de Órdenes* y registra las revisiones (eventos de parada). El *Planificador de Paradas* es designado por el *Gerente de Mantenimiento* de acuerdo a los alcances de estos eventos de mantenimiento.

Funcionalidades de SAP aplicadas en esta actividad:

- Órdenes de trabajo planeadas.
- Revisiones.
- Creación de solicitudes de pedido por materiales y servicios de mantenimiento y logísticos.

**3.2.6 Programar órdenes de trabajo.** El *Programador de Órdenes* utiliza un programa a corto plazo (semanas) para el control y cierre de los trabajos. El control de las órdenes comprende la planificación detallada; la verificación de la disponibilidad de materiales, equipos, herramientas e información; la coordinación de servicios y la generación y trámite de los documentos de trabajo. Las actividades de cierre incluyen: la entrada de actividad de servicios, vinculación de informes a las órdenes, la liquidación de costos, el cierre técnico y el cierre comercial de las órdenes de trabajo.

Para la programación de órdenes es posible utilizar funcionalidades existentes en el ERP de SAP tales como la tabla de programación y las evaluaciones de carga de trabajo, sobrecarga, provisión y retraso.

Las órdenes de emergencia y otras OT de alta prioridad se tratan directamente (sin pasar por el *Planificador de Órdenes*). Dependiendo de las consecuencias de los eventos que han originado las órdenes, en su tratamiento es realizado por el *Planificador de Paradas* y/o por el *Programador de Órdenes*.

En esta actividad se gestionan los recursos no planeados necesarios para la realización de las órdenes de trabajo.

Funcionalidades de SAP aplicadas en esta actividad:

- Órdenes de trabajo programadas.
- Reservas de materiales.
- Creación de solicitudes de pedido por materiales y servicios de mantenimiento y logísticos.
- Entradas de actividad (servicios).
- Documentos de trabajo (órdenes, vales de material, permisos de trabajo, bloqueo y etiquetado).

**3.2.7 Ejecutar órdenes de trabajo.** Las acciones de mantenimiento son llevadas a cabo por los *Ejecutores de Mantenimiento*, quienes realizan el diagnóstico inicial (para acciones de mantenimiento correctivo), la logística previa, la apertura de permisos de trabajo, la preparación del lugar de trabajo (condiciones seguras), la intervención de los objetos técnicos, el cierre de permisos, la disposición de residuos y la documentación de las actividades.

Los *Ejecutores de Mantenimiento* e *Interventores* interactúan con los *Contratistas* para la realización de los servicios.

Funcionalidades de SAP aplicadas en esta actividad:

- Salidas de materiales de almacén.
- Apertura y cierre de permisos de trabajo, bloqueo y etiquetado.
- Registros de mantenimiento.

**3.2.8 Registrar y tratar requerimientos de trabajo.** Los *Usuarios* registran a través de avisos de mantenimiento los requerimientos de trabajo, la prioridad de estos, la información inicial de fallas y parada de elementos (en avisos de avería) y las lecturas de puntos de medida.

Los *Gestores de avisos* analizan los requerimientos y generan las órdenes, vinculan los avisos a órdenes existentes o cierran los avisos según se requiera. Para las nuevas órdenes se determina y registra la información básica (alcance, clase de orden, prioridad, estado requerido de la instalación, grupo de planificación, etc.) y se direccionan, según la prioridad y el alcance, al *Planificador de Órdenes*, al *Programador de Órdenes* o al *Planificador de Paradas*.

Es posible que se informen directamente los requerimientos de trabajo, según su prioridad y alcance, al *Planificador de Órdenes*, al *Programador de Órdenes* o al *Planificador de Paradas*.

Funcionalidades de SAP aplicadas en esta actividad:

- Avisos de mantenimiento creados, tratados y cerrados.
- Órdenes de mantenimiento creadas.

**3.2.9 Evaluar la gestión de mantenimiento.** Como parte de la evaluación de la gestión de mantenimiento, se revisan los registros de las órdenes de trabajo realizadas, incluyendo informes internos y de terceros, y se efectúan análisis de causa raíz, obsolescencia, LCC, tendencias, eficiencia energética, confiabilidad (fiabilidad, mantenibilidad, logística de mantenimiento, disponibilidad) y se evalúa el cumplimiento de los requisitos y recomendaciones aplicables a la gestión de mantenimiento.

Se determinan las acciones de mantenimiento requeridas a partir de la medición y seguimiento de parámetros operativos de los elementos (rondas, pruebas funcionales e inspecciones realizadas por los *usuarios* y/o responsables de los elementos, monitoreo en línea) y de los informes de mantenimiento.

En esta actividad participan *todos* los roles revisando la información concerniente a las distintas actividades realizadas, identificando necesidades de actualización de información para cada una de éstas.

Funcionalidades de SAP aplicadas en esta actividad:

- Informes de costos, fallas, recursos.

**3.2.10 Mejorar la gestión de mantenimiento.** El *Gerente de Mantenimiento* lidera y brinda las directrices para:

- La revisión efectiva del entorno, tanto a nivel interno (requerimientos provenientes de otros procesos) como a nivel externo (regulación, legislación, estándares técnicos, mejores prácticas, información de fabricantes y proveedores, nuevas tecnologías, etc.). Todos los responsables de desarrollar actividades del proceso de gestión de

mantenimiento participan activamente del monitoreo del entorno y gestionan la documentación requerida.

- La divulgación de las buenas prácticas, las mejoras implementadas y las lecciones aprendidas en el área de mantenimiento y en la compañía.
- El desarrollo del manual de gestión de mantenimiento, lineamientos, políticas propias del área, prácticas estándar de mantenimiento, instrucciones de trabajo, descripción de programas de mantenimiento, formatos, entre otros documentos.

En la mejora continua participan *todos* los roles identificando modificaciones de los objetos técnicos y posibles acciones para el mejoramiento de las actividades y del proceso. Se desarrollan las propuestas y se generan planes de acción para su implementación.

Funcionalidades de SAP aplicadas en esta actividad:

- Creación de solicitudes de pedido por normas, estándares y libros técnicos, afiliaciones y participaciones en eventos (seminarios, congresos, etc.) relacionadas a la gestión de mantenimiento.

### **3.3 PROCESOS Y PROGRAMAS COMPLEMENTARIOS**

En el enfoque sistémico de gestión de mantenimiento interactúan sistemas de gestión, procesos y programas, entre los cuales se encuentran:

- Gestión de la confiabilidad
- Gestión de la obsolescencia
- Gestión de herramientas
- Gestión de repuestos
- Gestión de la eficiencia energética

- Preservación
- Renovación de equipos y piezas de repuesto
- Programa de pintura
- Programa de lubricación
- Gestión de la información
- Programa de entrenamiento
- Permisos de trabajo
- Bloqueo y etiquetado
- Disposición de residuos
- Materiales peligrosos

**3.3.1 Gestión de las mediciones.** Este sistema de gestión, tratado en el numeral 2.1.8, comprende las actividades de confirmación metrológica y de la realización de los procesos de medición.

Teniendo en cuenta que la compañía ha decidido la implementación de los sistemas de gestión ambiental y de la seguridad y salud en el trabajo, se mencionan unos apartes de los estándares de estos sistemas de gestión:

- El numeral 4.5.1 *Medición y seguimiento del desempeño* de la norma NTC-OHSAS 18001 menciona: “Si se requiere equipos para la medición o seguimiento del desempeño, la organización debe establecer y mantener procedimientos para la calibración y mantenimiento de tales equipos, según sea apropiado. Se deben conservar registros de las actividades de mantenimiento y calibración, y de los resultados”<sup>73</sup>.

---

<sup>73</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la seguridad y salud ocupacional — Requisitos. NTC-OHSAS 18001:2007. 3 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2007. p. 12.

- El numeral 4.5.1.2 *Equipos de seguimiento y medición* de la norma NTC-OHSAS 18002 menciona: “Para asegurar la validez de los resultados, los equipos utilizados para medir las condiciones de S y SO (como son bombas de muestreo, medidores de ruido, equipo de detección de gases tóxicos, entre otros.) se deberían mantener en buen estado de funcionamiento y calibrados o verificados, y si se requiere, ajustados con base en patrones de medición trazables a patrones internacionales o nacionales”<sup>74</sup>.
- El numeral 4.5.1 *Seguimiento y medición* de la norma NTC-ISO 14001 especifica que: “La organización debe asegurarse de que los equipos de seguimiento y medición se utilicen y mantengan calibrados o verificados, y se deben conservar los registros asociados”<sup>75</sup>.

El proceso de gestión de mantenimiento propuesto integra el programa de control metrológico, con el fin de garantizar la validez de las mediciones y pruebas realizadas con los equipos de medición y de prueba. El programa también incluye las herramientas especiales que deben ser calibradas.

El programa de control metrológico está compuesto por las actividades de calibración de los sistemas de medición y por los procesos de medición realizados por el personal de mantenimiento. Este programa incluye las actividades siguientes:

---

<sup>74</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la seguridad y salud ocupacional — Directrices para la implementación del documento NTC-OHSAS 18001:2007. NTC-OHSAS 18002. 2 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2009. p. 56.

<sup>75</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. NTC-ISO 14001:2004. 2 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2004. p. 9.

- Calibración y/o verificación de la calibración de los equipos de medición y seguimiento instalados en los procesos industriales.
- Calibración y/o verificación de la calibración de los equipos de medición, de prueba y de seguimiento utilizados en las áreas de operaciones, seguridad industrial, gestión ambiental, almacén, laboratorios químicos, entre otras.
- Calibración y/o verificación de la calibración de equipos de medición, de prueba y de seguimiento utilizados en el área de mantenimiento.
- Calibración y/o verificación de la calibración de herramientas.
- Verificación de la calibración de los patrones de medición utilizados en planta.
- Determinación e implementación de los procesos de medición vinculados a las actividades, de calibración y/o verificación de la calibración, desarrolladas por el personal de mantenimiento.
- Revisión de los procesos de medición vinculados a las actividades, de calibración y/o verificación de la calibración, desarrolladas durante la realización de servicios de mantenimiento.
- Verificación del estado de conformidad de las herramientas y los equipos de medición, de prueba y de seguimiento utilizados en el desarrollo de los servicios de mantenimiento.
- Conservación de las herramientas y los equipos de medición, de prueba y de seguimiento en condiciones de protección y almacenamiento adecuado.
- Control de la documentación generada como consecuencia de la realización de las calibraciones y verificaciones (trazabilidad y resultados).
- Verificación de la formación y certificación de las personas que manejan las herramientas y los equipos de medición, de prueba y de seguimiento para el desarrollo de actividades de mantenimiento.
- Determinación de los intervalos de calibración (hace parte de la determinación de tareas de mantenimiento).

- Actualización del registro de los equipos de medición, prueba y seguimiento en el ERP de SAP debido a la adquisición o baja de estos elementos.

NOTA: La verificación de la calibración requiere de la calibración del elemento y de la determinación de sus requisitos metrológicos.

El programa de control metrológico del proceso de gestión de mantenimiento no cubre las actividades de:

- Determinación e implementación de los procesos de medición vinculados a las actividades desarrolladas como parte de otros procesos.
- Determinación de los requisitos metrológicos de los equipos de medición y seguimiento instalados en los procesos industriales.
- Revisión de los procesos de medición vinculados a las actividades desarrolladas durante la realización de servicios que no son de mantenimiento.
- Verificación del estado de conformidad de las herramientas y los equipos de medición, de prueba y de seguimiento utilizados en el desarrollo de servicios que no son mantenimiento.
- Control de la documentación generada como consecuencia de la realización de mediciones, pruebas o seguimiento (trazabilidad y resultados) en el desarrollo de actividades de otros procesos.
- Verificación de la formación y certificación de las personas que manejan las herramientas y los equipos de medición, de prueba y de seguimiento para el desarrollo de actividades de otros procesos.

Estas actividades y responsabilidades pueden ser establecidas y controladas, en los procesos correspondientes, a través de la implementación formal del sistema de gestión de las mediciones.

El ERP de SAP posee en el módulo QM (*Quality Management*) funcionalidades para la utilización de equipos de medición en la inspección de productos y, en integración con el módulo PM, la calibración de estos equipos.

**3.3.2 Gestión de la configuración.** La gestión de la configuración, tratada en el numeral 2.1.9, está orientada a las necesidades de dirigir y controlar la configuración de los productos en las diferentes etapas de su ciclo de vida. El proceso de gestión de la configuración, de acuerdo a la NTC-ISO 10007<sup>76</sup>, se compone de las siguientes funciones:

- Planificación de la gestión de la configuración
- Identificación de la configuración
- Control de cambios
- Reporte del estado de la configuración
- Auditoría de la configuración

Por otra parte, las normas OSHA 29 CFR 1910.119<sup>77</sup> y EPA 40 CFR Part 68<sup>78</sup> señalan la necesidad de establecer e implementar un procedimiento para la gestión de cambios a procesos químicos, tecnología, equipos, instalaciones y

---

<sup>76</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la calidad — Directrices para la gestión de la configuración. NTC-ISO 10007. 3 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2003. 14 p.

<sup>77</sup> OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. Process safety management of highly hazardous chemicals. OSHA 29 CFR 1910.119. Disponible en Internet:  
<[http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9760](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9760)>

<sup>78</sup> ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. Chemical accident prevention provisions. EPA 40 CFR Part 68. Disponible en Internet: <<http://www.epa.gov/oem/lawsregs.htm>>

procedimientos y de cambios que afecten sistemas de protección. De acuerdo a estas normas, antes de realizar un cambio se deberían considerar los siguientes aspectos:

- Las bases técnicas para el cambio propuesto.
- El impacto del cambio en la seguridad y la salud ocupacional.
- Las modificaciones a procedimientos de operación.
- El tiempo requerido para la realización del cambio.
- Las autorizaciones requeridas para el cambio propuesto.

Estas normas también exponen la necesidad de informar y entrenar, según se requiera, a las personas que podrían ser afectadas por la realización del cambio.

El numeral 4.3.1 *Identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles* de la norma NTC-OHSAS 18001 menciona: "Para la gestión del cambio, la organización debe identificar los peligros y los riesgos de S y SO asociados con cambios en la organización, el sistema de gestión de S y SO o sus actividades, antes de introducir tales cambios"<sup>79</sup>. Como complemento, la norma NTC-OHSAS 18002 en su numeral 4.3.1.5 *Gestión del cambio* describe: "La organización debería manejar y controlar cualquier cambio que pueda afectar o tener impacto en sus peligros y riesgos de S y SO. Esto incluye cambios en la estructura, personal, sistema de gestión, procesos, actividades, uso de materiales, entre otros, de una organización. Estos cambios se deberían evaluar por medio de la identificación de peligros y la valoración de riesgos antes de ser introducidos"<sup>80</sup>.

---

<sup>79</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la seguridad y salud ocupacional — Requisitos. NTC-OHSAS 18001:2007. 3 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2007. p. 6.

<sup>80</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la seguridad y salud ocupacional — Directrices para la implementación del

Lo anterior evidencia la necesidad de establecer formalmente un proceso de gestión del cambio en la compañía, con el fin de evitar que cambios realizados a los productos, procesos, equipos, materiales e instalaciones y a sus procedimientos relacionados generen riesgos inaceptables para la organización. La gestión del cambio incluye la mejora, innovación y aprendizaje tratados en la norma NTC-ISO 9004<sup>81</sup>. En el proceso de gestión de mantenimiento, la mejora, innovación y aprendizaje se aplican a todo el proceso a través de la actividad de *mejorar de la gestión de mantenimiento*. Adicionalmente, como parte de la gestión del cambio, en la gestión de mantenimiento se integra el programa de *control de la configuración de planta* para garantizar que se actualice la información relacionada a modificaciones y sustituciones de elementos en los procesos industriales realizadas por medio de órdenes de trabajo. Este programa comprende:

- Actualización del registro de objetos técnicos (equipos y ubicaciones técnicas) y de sus registros asociados (listas de materiales, puntos de medida, clases, garantías, enlaces de objetos, catálogos de averías).
- Creación y actualización de planes de mantenimiento.
- Actualización de documentación relacionada (procedimientos e instructivos de trabajo, bloqueo y etiquetado, planos).
- Información y entrenamiento del personal.

El programa de *control de la configuración de planta* no incluye:

- La determinación de las modificaciones (concepción y diseño).

---

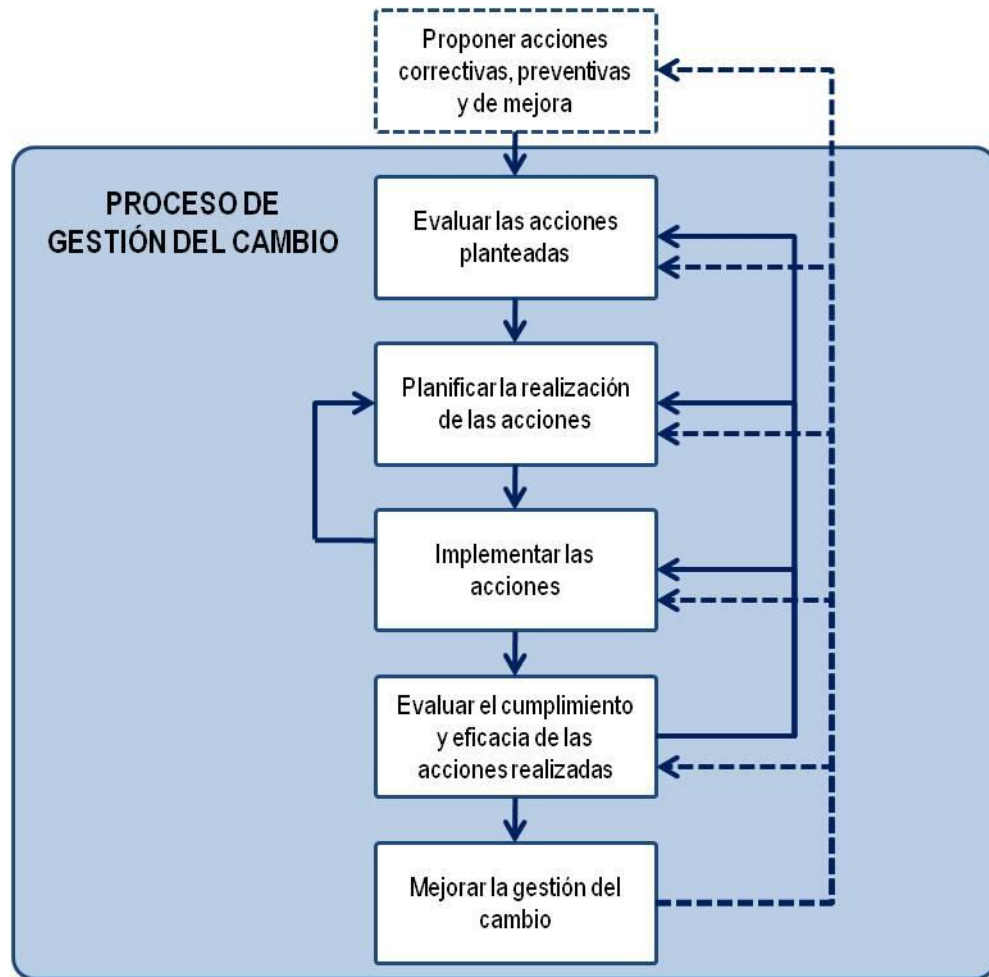
documento NTC-OHSAS 18001:2007. NTC-OHSAS 18002. 2 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2009. p. 19.

<sup>81</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de la calidad. NTC-ISO 9004:2010. 4 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2010. p. 19-22.

- La aprobación de las modificaciones a realizar.
- La gestión de los recursos necesarios para la realización de las modificaciones.
- La evaluación de cumplimiento y eficacia de las modificaciones realizadas.

Las directrices de gestión del cambio o de la configuración deben garantizar que se realice, al nivel requerido, la evaluación de riesgos e impactos potenciales antes de la implementación de las modificaciones y que éstas cuenten con los niveles debidos de aprobación, documentación y verificación, incluyendo las auditorías de configuración funcional y física según se requiera. En la figura 55 se ilustra de forma sencilla el proceso de gestión del cambio.

Figura 55. Proceso de gestión del cambio.



Fuente: El autor.

El programa de *control de la configuración de planta* se encuentra vinculado a la actividad de *implementar acciones* del proceso de gestión del cambio. El anexo B contiene el procedimiento propuesto para la aplicación de este programa.

**3.3.3 Gestión de materiales.** Las piezas y equipos de repuesto y los materiales consumibles se denominan como *materiales* en el ERP de SAP. El

aprovisionamiento de materiales se realiza teniendo en cuenta el tipo de material y su uso previsto.

Las piezas y equipos de repuesto pueden clasificarse en reparables y no reparables. Como parte de la gestión de mantenimiento se deben identificar las piezas y equipos de repuesto necesarios y las directrices para su aprovisionamiento, almacenamiento, manipulación, reparación y eliminación, según sea el caso. Sobre esto la norma UNE-EN 60300-3-14 menciona: "Es necesario establecer un equilibrio entre la cantidad de piezas de repuesto mantenidas, la tasa de uso, el coste del aprovisionamiento y del almacenamiento y los costes potenciales de la obsolescencia y del mantenimiento o de la actualización de las piezas de repuesto en el almacén"<sup>82</sup>.

La información utilizada para la gestión del aprovisionamiento de piezas y equipos de repuesto, teniendo en cuenta lo señalado por la norma UNE-EN 60300-3-14<sup>83</sup>, incluye:

- Tiempo para la adquisición (logístico)
- Tiempo para la entrega (adquisición)
- Frecuencia de reemplazo y reparación
- Tiempo para la contratación del servicio de reparación
- Tiempo de entrega para reparación
- Tiempo de reparación
- Tiempo de retorno de reparación
- Riesgo de no tener existencias

---

<sup>82</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. UNE-EN 60300-3-14:2007. Madrid, España: AENOR, 28 de noviembre de 2007. p. 40.

<sup>83</sup> *Ibíd.*, p. 40-41.

- Costos de adquisición (incluidos costos logísticos)
- Costos y restricciones de almacenamiento (incluyendo actividades periódicas de mantenimiento)
- Costos de reparación con mano de obra propia (incluye capacitación y certificación)
- Costos de reparación por medio de servicios contratados (incluidos costos logísticos)

La gestión de materiales integrada a la gestión de mantenimiento incluye el programa de *mantenimiento de materiales*, para su conservación en un estado óptimo para su uso, e interactúa con el programa de *control de la configuración de planta* para garantizar que su información sea actualizada.

El programa de *mantenimiento de materiales* se compone de:

- Directrices de almacenamiento (embalaje, temperatura, humedad, posición, etc.).
- Inspecciones periódicas de los materiales y tareas básicas de limpieza realizadas por los responsables de almacén.
- Seguimiento a fechas de vencimiento de los materiales en que se requiera.
- Tareas periódicas de inspección y prueba realizadas por personal de mantenimiento.
- Actividades de restauración (renovación) de los materiales reparables.

El ERP de SAP provee funcionalidades para el manejo de equipos y piezas de repuesto así como para su reparación. Entre las funcionalidades se encuentran las correspondientes al registro de equipo-material o materiales con número de serie (listas de materiales para materiales, puntos de medida, clases, garantías, enlaces de objetos, catálogos de averías) y la órdenes de renovación (permiten generar un mayor valor del material al ser restaurado). También ofrece funcionalidades

generales (aplicables a los diferentes tipos de materiales) tales como la clasificación o uso de clases y categorías semejante a la utilizada en equipos.

**3.3.4 Gestión de servicios de mantenimiento.** La contratación de servicios de mantenimiento debe realizarse de forma cuidadosa y metodológica. La norma UNE-EN 13269<sup>84</sup> contiene directrices para la preparación de contratos de mantenimiento. En esta norma se definen actividades precontractuales y contractuales y se presenta una estructura propuesta de contrato adaptable a las diferentes necesidades de contratación de mantenimiento existentes en la compañía.

En la contratación de mantenimiento debe ser clara la metodología para establecer el tipo de contrato a aplicar en cada situación y el contenido de dicho contrato. En ocasiones basta utilizar el pedido generado desde el ERP de SAP, sin embargo, en otros casos se requiere la utilización de un contrato detallado. El nivel de detalle se determina según el servicio a contratar.

La gestión de contratación de servicios de mantenimiento comprende el establecimiento del modelo de contrato y de las directrices para su adaptación o aplicación a necesidades recurrentes (actividades periódicas), lo cual puede consignarse en una *matriz para la contratación de servicios de mantenimiento*. Cuando se realice la contratación de un servicio por vez primera se debería actualizar dicha matriz.

---

<sup>84</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Mantenimiento. Guía para la preparación de contratos de mantenimiento. UNE-EN 13269:2007. Madrid, España: AENOR, 2007. 25 p.

**3.3.5 Gestión de infraestructura.** Para la realización de las actividades de mantenimiento de los activos físicos se necesitan de una infraestructura en concordancia con la política y estrategia establecida para la gestión de mantenimiento. La norma UNE-EN 60300-3-14<sup>85</sup> señala que la infraestructura comprende las herramientas, equipos de medición, equipos de prueba, elementos de soporte e instalaciones técnicas y administrativas utilizadas para el desarrollo de las actividades de mantenimiento y de logística de mantenimiento. También incluye los elementos propios del sistema de información de mantenimiento.

Se deben tener en cuenta en la planificación de tareas las actividades de mantenimiento a desarrollar sobre los elementos de infraestructura y los recursos necesarios para realizarlas. Sobre el mantenimiento de la infraestructura la norma PAS 55-1 enuncia: "La organización deberá asegurar que las herramientas, instalaciones y equipos sean mantenidos y, donde sea apropiado, sean calibrados"<sup>86</sup>.

El ERP de SAP posibilita el manejo de los diferentes elementos de infraestructura dentro del módulo PM. Por ejemplo: los elementos que requieran de acciones de mantenimiento (herramientas especiales, equipos de medición y prueba, algunos elementos de soporte y seguridad) pueden tratarse como equipos-MAF (medios auxiliares de fabricación), las herramientas y demás elementos de soporte que no lo requieran pueden tratarse como MAF misceláneos y las instalaciones como equipos con clase *edificaciones*. Es posible configurar las clases de equipos en el ERP de SAP según las necesidades. Los MAFs o PRTs (*Production Resources*

---

<sup>85</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. UNE-EN 60300-3-14:2007. Madrid, España: AENOR, 28 de noviembre de 2007. p. 31.

<sup>86</sup> BRITISH STANDARD INSTITUTE. Gestión de Activos - Parte 1: Especificaciones para la gestión optimizada de activos físicos. PAS 55-1:2008. 2 ed. London, Reino Unido: The Woodhouse Partnership, 2009. p. 14.

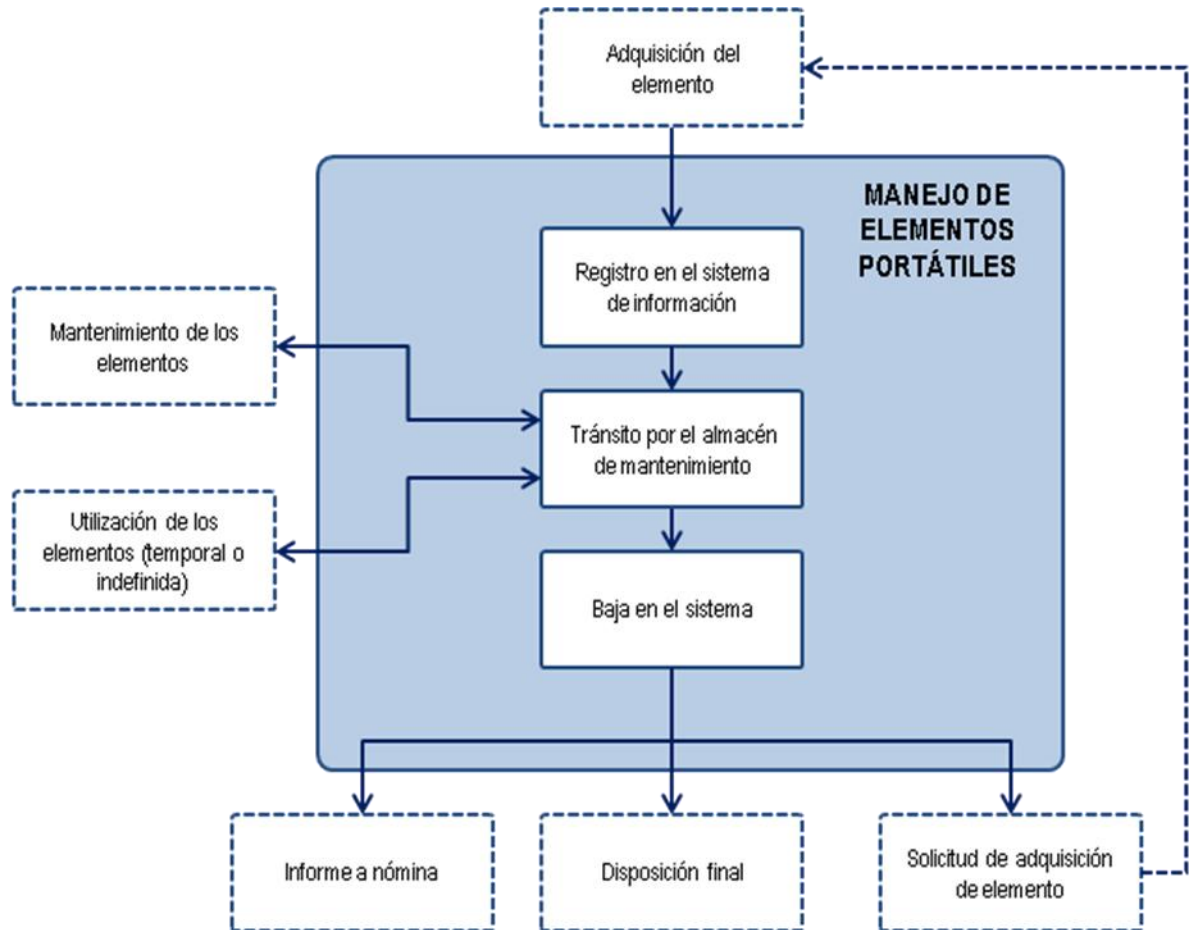
*and Tools*) son elementos móviles o portátiles, no son fijos a diferencia de las edificaciones y la maquinaria instalada. Los equipos de laboratorio pueden tratarse como MAF para la trazabilidad de su utilización en actividades realizadas por medio de órdenes de trabajo.

Los elementos considerados como MAF incluyen actividades adicionales a las requeridas en el ERP de SAP según su tipo, hacen parte de estas actividades las siguientes:

- Definición del responsable por la conservación y buen uso del elemento.
- El almacenamiento temporal o permanente en el almacén de mantenimiento.
- El préstamo y devolución de elementos del almacén de mantenimiento.
- La transferencia de la responsabilidad del elemento al ser entregado.
- Suministro de información de posesión de elementos al área de recursos humanos de la compañía.

Un esquema sencillo del proceso de manejo de los elementos portátiles se presenta en la figura 56. Estos elementos incluyen: herramientas, elementos de seguridad, equipos de prueba, equipos de medición y elementos de soporte, entre otros posibles.

Figura 56. Manejo de elementos portátiles.



Fuente: El autor.

**3.3.6 Gestión de la información.** La gestión del conocimiento, de la documentación y de la comunicación pueden incluirse en la gestión de la información.

La seguridad de la información tratada en la familia de normas ISO 27000 contempla tres parámetros básicos: confidencialidad, integridad y disponibilidad. La información puede tener asociados otros parámetros, tales como: autenticidad, responsabilidad, trazabilidad, entre otros.

La gestión de la información en mantenimiento está relacionada a la gestión del conocimiento para la generación y conservación del capital intelectual de la organización y de quienes la integran, incluyendo:

- Establecimiento de canales de comunicación (buzón de sugerencias, visitas de la gerencia, carteleras, boletines).
- Divulgación de acciones efectivas y lecciones aprendidas.
- Documentación y estandarización de actividades de gestión de mantenimiento.
- Aplicación del entrenamiento y capacitación dada por la organización al personal.

Acerca de la estandarización Tamayo menciona "Estandarizar no es quitar creatividad, la creatividad es el mejoramiento continuo. Mejoramiento continuo es definir un nuevo estándar"<sup>87</sup>. La estandarización hace parte de la mejora continua, no va en contra de ésta.

En la documentación de las actividades de mantenimiento realizadas sobre los elementos, así como del manejo de elementos portátiles, se recomienda la utilización de colores y señales que brinden información sobre la criticidad de los pasos a efectuar como parte de la actividad. La norma UNE-EN 60300-3-14 recomienda que:

Debería enfatizarse el desarrollo de un manual técnico para aquellas tareas que:

- Sean difíciles de realizar;
- Sucedan frecuentemente;

---

<sup>87</sup> TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Gerencia estratégica de mantenimiento [diapositivas]. En: Especialización en gerencia de mantenimiento (2009: Bucaramanga). Memorias. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009. 155 diapositivas.

- Influyan en la capacidad, la disponibilidad y la fiabilidad del elemento;
- Tengan implicaciones de seguridad.<sup>88</sup>

El desarrollo de instrucciones de trabajo debe incluir las actividades de mantenimiento periódico y las actividades realizadas con base al estado de los elementos, teniendo en cuenta en éstas los impactos de las acciones y la frecuencia con que se requieren.

**3.3.7 Gestión de recursos humanos.** Siendo consecuente con la gestión de activos y otros sistemas de gestión, en la gestión de mantenimiento se requiere garantizar los niveles de formación y certificación del personal del área y de contratistas que desarrollan servicios de mantenimiento.

Es necesario el establecimiento de un programa de entrenamiento inicial y periódico del personal, incluyendo a usuarios/responsables y contratistas. Como parte del entrenamiento se deberían realizar las verificaciones en la práctica. Este programa requiere ser actualizado periódicamente, dada la renovación o ampliación del parque industrial y el avance tecnológico en equipos y técnicas aplicables a mantenimiento.

En las actividades de definición y análisis de tareas de mantenimiento, es posible identificar requerimientos de formación y certificación del personal. En la evaluación de la gestión de mantenimiento se puede identificar la necesidad de contratación de personal para el desarrollo de actividades de gestión de mantenimiento.

---

<sup>88</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. UNE-EN 60300-3-14:2007. Madrid, España: AENOR, 28 de noviembre de 2007. p. 31.

Como parte de la gestión del conocimiento en la compañía, la gestión del recurso humano en mantenimiento debería lograr consolidar el capital intelectual, tanto el humano (propio de cada persona), el organizacional (permanencia del conocimiento en la compañía) como el relacional (contratistas y proveedores), y en acción conjunta con la gestión de la configuración, asegurar que la información permanezca en la compañía ante la inevitable rotación de personal. Como parte gestión del conocimiento debería gestarse el plan de sucesión del personal.

Teniendo en cuenta lo indicado por la norma PAS 55-1<sup>89</sup>, la competencia del personal puede especificarse en términos de educación, adiestramiento o experiencia. La organización de mantenimiento es responsable de la identificación de los requisitos de competencia del personal propio y personal contratista y de planificar las actividades para garantizar el cumplimiento de estos requisitos.

**3.3.8 Gestión de la confiabilidad.** La gestión de la confiabilidad (*dependability*) de los activos y sistemas de activos comprende actividades en procura de la sostenibilidad y mejora de la disponibilidad y de los factores que la afectan: la fiabilidad (*reliability*), la mantenibilidad y la logística de mantenimiento. La gestión de confiabilidad aplicada en mantenimiento incluye actividades de estos factores.

La fiabilidad comprende la identificación, clasificación y análisis de fallas de los elementos. La mantenibilidad requiere el registro y análisis de los tiempos relacionados a la realización del mantenimiento de los elementos. La medición de la mantenibilidad puede incluir solamente el tiempo dedicado a la intervención de

---

<sup>89</sup> BRITISH STANDARD INSTITUTE. Gestión de Activos - Parte 1: Especificaciones para la gestión optimizada de activos físicos. PAS 55-1:2008. 2 ed. London, Reino Unido: The Woodhouse Partnership, 2009. p. 10-11.

los elementos (mantenibilidad intrínseca) o incluir los tiempos logísticos requeridos para el desarrollo de las labores (mantenibilidad extrínseca). La mantenibilidad intrínseca brinda información sobre las características de mantenibilidad de un elemento mientras que la mantenibilidad extrínseca integra información de la logística de mantenimiento.

Sobre *mantenibilidad* las normas UNE-EN 60300-3-14 y UNE-EN 60300-3-10 mencionan: "El factor más importante del mantenimiento es el diseño inicial, que determina la mantenibilidad de un elemento"<sup>90</sup> y "Una mantenibilidad alta redundante en un producto que es fácil de mantener y reparar y que requiere el mínimo mantenimiento posible"<sup>91</sup>. Teniendo en cuenta lo anterior, el programa de *mantenibilidad* puede incluir rediseños de los elementos y de las instalaciones para facilitar el acceso a los elementos y a sus partes.

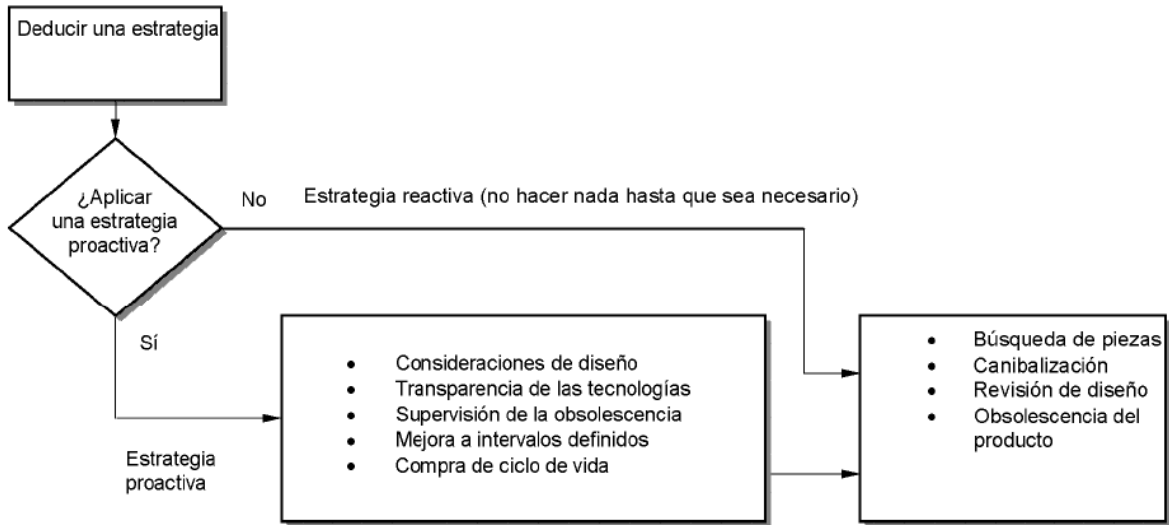
**3.3.9 Gestión de la obsolescencia.** La obsolescencia de equipos y materiales debería ser gestionada a los niveles apropiados seleccionando la estrategia adecuada para cada situación. De acuerdo a lo tratado en el numeral 2.1.11 la estrategia de gestión de obsolescencia de un elemento puede ser proactiva o reactiva (ver figura 57).

---

<sup>90</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. UNE-EN 60300-3-14:2007. Madrid, España: AENOR, 28 de noviembre de 2007. p. 14.

<sup>91</sup> ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-10: Guía de aplicación. Mantenibilidad. UNE-EN 60300-3-10:2007. Madrid, España: AENOR, 28 de noviembre de 2007. p. 22.

Figura 57. Estrategias de gestión de la obsolescencia.



Fuente: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la obsolescencia. Guía de aplicación. UNE-EN 62402:2011. 1 ed. Madrid, España: AENOR, marzo de 2011. p. 22.

La gestión de la obsolescencia incluye interacciones con la gestión del cambio (consideraciones de diseño, mejoras a intervalos definidos, revisión de diseño, canibalización), la gestión del recurso humano (capacitación y certificación del personal para el desarrollo de las actividades ante la falta de soporte externo), la gestión de la información (aseguramiento de la permanencia del conocimiento en la organización), la gestión de materiales (compra del ciclo de vida) y la gestión de residuos (obsolescencia del elemento).

**3.3.10 Programa de preservación.** Durante las etapas de construcción y ampliación de activos y sistemas de activos (plantas, sistemas, equipos) es vital la preservación de los elementos ante factores ambientales principalmente (ej.: corrosión) para garantizar su estado óptimo cuando se realice la puesta en

servicio del activo o sistema de activos. Los eventos de parada de planta o de sus secciones también incluyen labores de preservación.

Preservación es, de acuerdo a la norma NORSOK Z-006, "la protección y el mantenimiento preventivo llevado a cabo en equipos y sistemas antes de su puesta en servicio"<sup>92</sup>. Teniendo en cuenta el párrafo anterior, la puesta en servicio puede ser inicial o después de una modificación o un evento de mantenimiento.

Los requerimientos de preservación y las actividades realizadas –por el proveedor, el contratista y el área de mantenimiento– para suplirlos deberían ser registrados y estar accesibles para el personal de mantenimiento y para los usuarios de los activos.

El programa de *preservación* también incluye, en interacción con el programa de *mantenimiento de materiales*, las actividades de almacenamiento (ambientes controlados) y las actividades de mantenimiento durante la permanencia de los elementos en los almacenes de planta.

**3.3.11 Programa de pintura y señalización.** Como parte de la gestión de la accesibilidad, la identificación de tuberías, servicios, materiales peligrosos y los requerimientos de uso de EPP, así como la demarcación de áreas, debería obedecer a un estándar de la compañía. Para el desarrollo de este estándar pueden emplearse normas nacionales, por ejemplo: NTC 1461 *Higiene y Seguridad: Colores y Señales de Seguridad*, NTC 1931 *Protección Contra incendios. Señales de seguridad* y NTC 3458 *Higiene y Seguridad. Identificación de tuberías y servicios*, e internacionales y deberían considerarse los

---

<sup>92</sup> NORWEGIAN TECHNOLOGY STANDARDS INSTITUTION. Preservation. NORSOK Z-006:2001. 3 ed. Oslo, Noruega: NTS, 2001. p. 3.

requerimientos normativos aplicables, como la resolución No 18 1294 de 2008 *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas*, la resolución 02400 de 1979 *Estatuto de seguridad industrial* y la resolución 3673 de 2008 *Reglamento Técnico de Trabajo en Alturas*.

El programa de pintura y señalización incluye la creación de la carta de colores y su actualización continua. También debería incluirse la divulgación de la carta de colores en el programa de entrenamiento, inicial y periódico, del personal de la compañía y de las empresas contratistas.

**3.3.12 Programa de lubricación.** Este programa comprende el desarrollo de la carta de lubricación, la identificación en equipos y recipientes del tipo de lubricante utilizado y la realización y seguimiento de las actividades de lubricación sobre los equipos. Estas actividades pueden programarse de forma particular para cada equipo y/o por medio de rutas de lubricación que abarcan normalmente varios equipos.

**3.3.13 Programa de seguridad en el trabajo.** Es necesario garantizar un entorno seguro para el personal involucrado en las intervenciones de los activos físicos antes, durante y después de la realización de éstas. Entre los controles aplicables para garantizar condiciones seguras de trabajo se encuentran los permisos de trabajo y el control de energías peligrosas. El submódulo PM-WCM (*Work Clearance Management*) contiene las funcionalidades del ERP de SAP relacionadas a estos controles.

Toda actividad a realizar bajo una orden de trabajo debería contar con las autorizaciones requeridas para su desarrollo. Estas autorizaciones se conocen como *Permisos de trabajo*. Es posible utilizar un *permiso de trabajo* estándar

trazable, emitido por quien genera la orden de trabajo y autorizado por el responsable del activo físico a intervenir, en el cual se indiquen los requerimientos para la actividad, entre los cuales se encuentran:

- Elementos de protección personal
- Permisos adicionales (alturas, excavaciones, espacios confinados, caliente)
- Control de energías peligrosas (bloqueo/etiquetado)

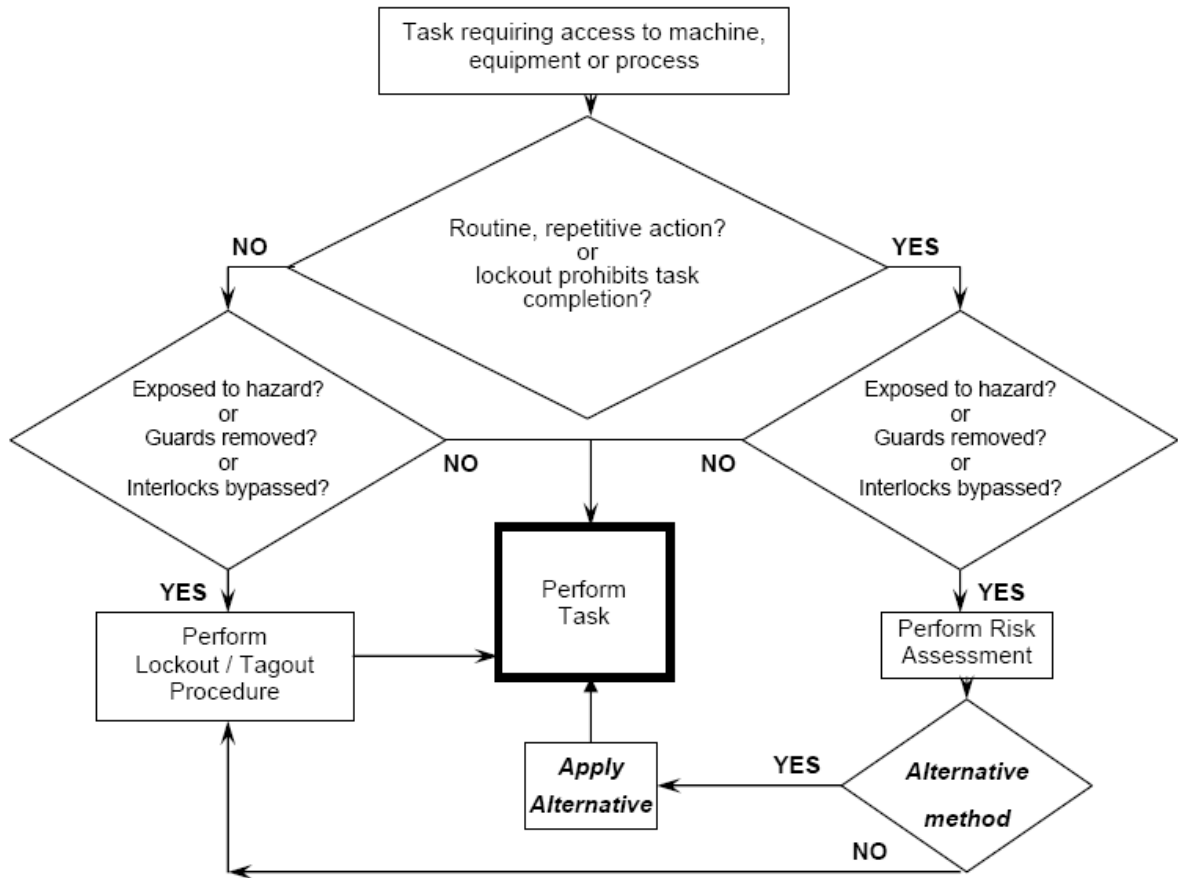
El siguiente texto de la OSHA evidencia la importancia del establecimiento y cumplimiento de controles de energías peligrosas: "El cumplir con la norma de candado/etiqueta previene unas 120 muertes y 50.000 lesiones cada año. Los trabajadores lesionados en el trabajo por exponerse a una energía peligrosa pierden un promedio de 24 días laborales dedicados a la recuperación"<sup>93</sup>. Entre las normas que contienen directrices sobre el desarrollo de programas para el control de energías peligrosas se encuentran: OSHA 29 CFR 1910.333 *Selection and use of work practices*, OSHA 29 CFR 1910.147 *The control of hazardous energy (lockout/tagout)* y ANSI Z244.1 *Control of Hazardous Energy. Lockout/Tagout and Alternative methods*.

Todas las actividades a desarrollar sobre los activos físicos requieren ser evaluadas con respecto a la necesidad de aplicar o no las acciones de bloqueo y etiquetado. En la figura 58 se presenta un diagrama de decisión sobre el tema.

---

<sup>93</sup> OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. Boletín informativo Candado/Etiqueta [documento consecutivo en línea]. OSHA, 2002 [citado en 12 de mayo de 2011]. p. 1. Disponible en Internet: <[http://www.osha.gov/OshDoc/data\\_General\\_Facts/lockout-tagout-spanish.pdf](http://www.osha.gov/OshDoc/data_General_Facts/lockout-tagout-spanish.pdf)>

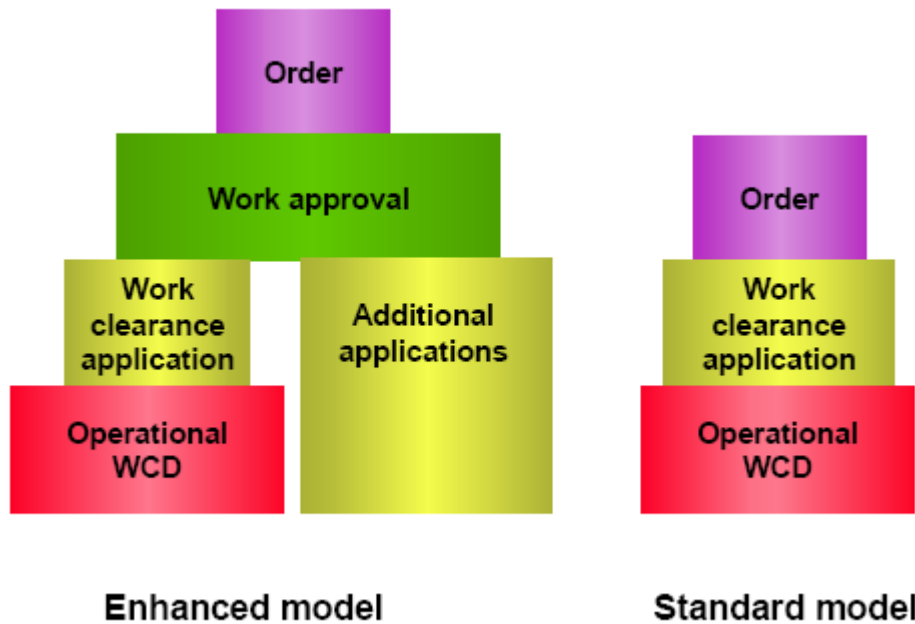
Figura 58. Diagrama de decisión para la aplicación de bloqueo/etiquetado.



Fuente: AMERICAN SOCIETY OF SAFETY ENGINEERS. Control of Hazardous Energy. Lockout/Tagout and Alternative methods. ANSI/ASSE Z244.1 - 2003 (R2008). 3 ed. Des Plaines, Estados Unidos: ASSE, 2009. p. 17.

La gestión de descargos del ERP de SAP ofrece dos opciones para la utilización de autorizaciones de trabajo: el modelo estándar y el modelo ampliado. En la figura 59 se ilustran estos modelos.

Figura 59. Modelos de aplicación de autorizaciones de trabajo.



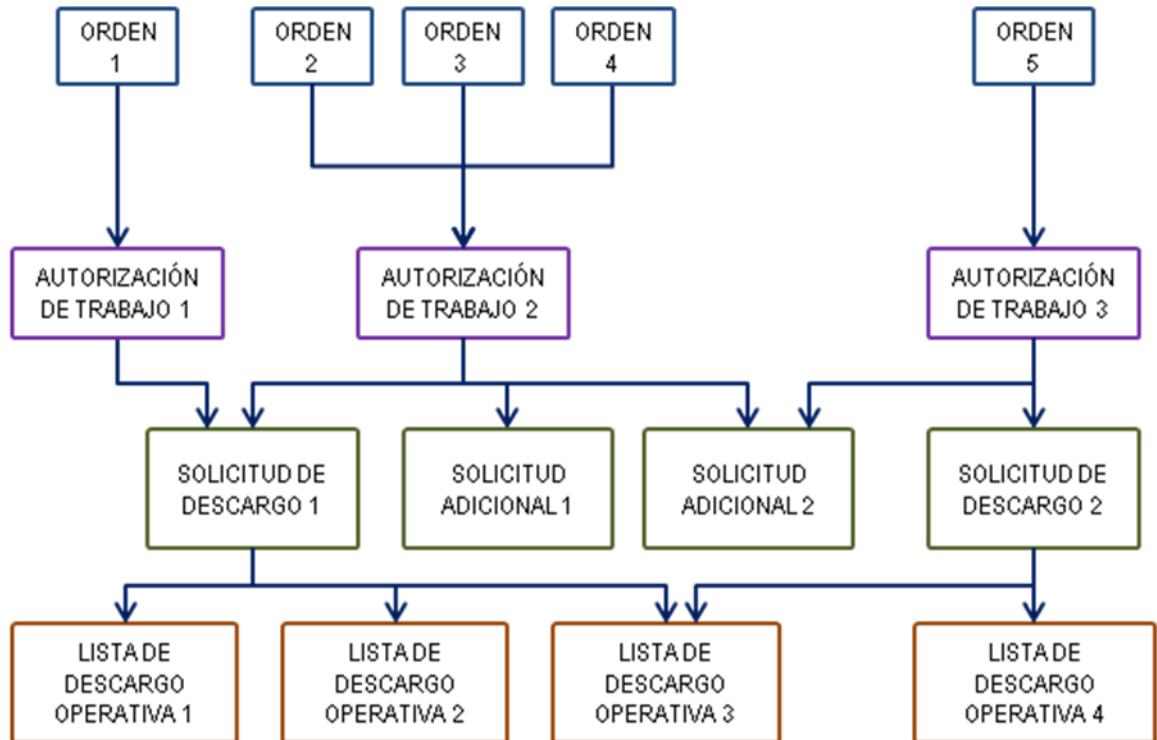
Fuente: SAP. Work Clearance Management (PM-WCM) - Release 4.6C [documento consecutivo en línea]. SAP, abril de 2001 [citado en 12 de enero de 2011]. Disponible en Internet: [http://help.sap.com/printdocu/core/Print46c/en/Data/Index\\_en.htm](http://help.sap.com/printdocu/core/Print46c/en/Data/Index_en.htm)

En el modelo ampliado se tienen las funcionalidades ilustradas en la figura 60 y mencionadas a continuación:

- Una *orden de trabajo* puede vincularse a solo una *autorización de trabajo* (*Work Approval*) –permiso de trabajo estándar mencionado anteriormente.
- Varias órdenes pueden vincularse a una misma *autorización de trabajo*.
- Una *autorización de trabajo* puede vincularse a solo una *solicitud de descargo* (*Work Clearance Application*) –en la cual se definen las necesidades de bloqueo y etiquetado.

- Una *autorización de trabajo* puede tener asociado solo una *solicitud adicional* de cada tipo (ej.: un permiso de trabajo en altura).
- Varias *autorizaciones de trabajo* pueden vincularse a una misma *solicitud de descargo*. Aplica de igual forma para las *solicitudes adicionales*.
- Una *solicitud de descargo* puede tener asociada más de una *lista de descargo operativa (Operational WCD)* –requerimiento específico de bloqueo/etiquetado.
- Una *lista de descargo operativa* puede tener asociada más de una *solicitud de descargo*.

Figura 60. Modelo ampliado de autorizaciones de trabajo en el ERP de SAP.

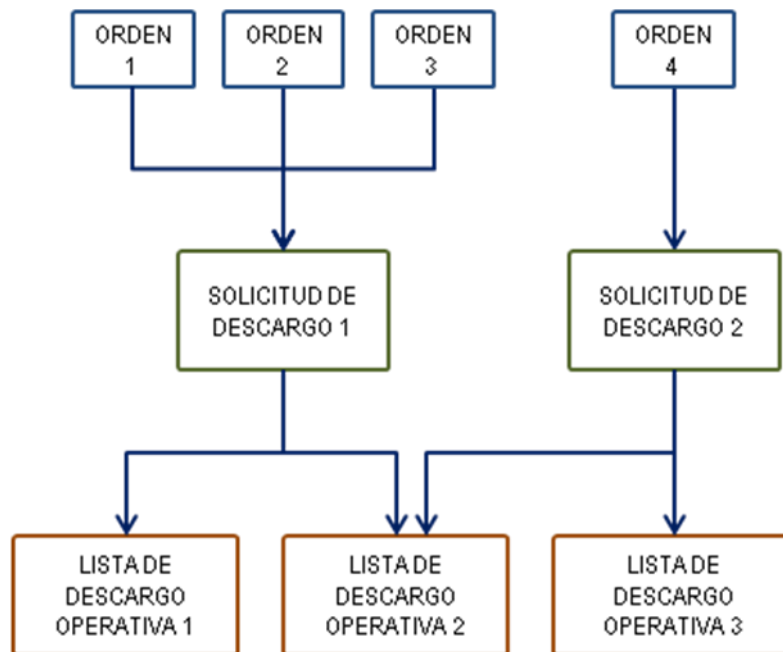


Fuente: El autor.

El modelo estándar, representado en la figura 61, se utiliza solamente para la aplicación de bloqueo y etiquetado (señalización en el ERP de SAP). Sus funcionalidades son las siguientes:

- Una *orden de trabajo* puede vincularse a solo una *solicitud de descargo* –en la cual se definen las necesidades de bloqueo y etiquetado.
- Varias órdenes pueden vincularse a una misma *solicitud de descargo*.
- Una *solicitud de descargo* puede tener asociada más de una *lista de descargo operacional* –requerimiento específico de bloqueo/etiquetado.
- Una *lista de descargo operacional* puede tener asociada más de una *solicitud de descargo*.

Figura 61. Modelo estándar de autorizaciones de trabajo en el ERP de SAP.



Fuente: El autor.

### 3.4 ESTRUCTURA FUNCIONAL DE MANTENIMIENTO

La estructura funcional propuesta, ilustrada en la figura 62 distribuye los roles de gestión de mantenimiento en los cuatro niveles tratados en el numeral 3.1 (estratégico, táctico, operativo y de ejecución). La aplicación de la estructura a la organización, con funciones centralizadas y otras descentralizadas al considerar las diferentes plantas, se presenta en la figura 63.

Figura 62. Estructura funcional propuesta.



Fuente: El autor.

Figura 63. Aplicación de la estructura funcional propuesta a la organización.



Fuente: El autor.

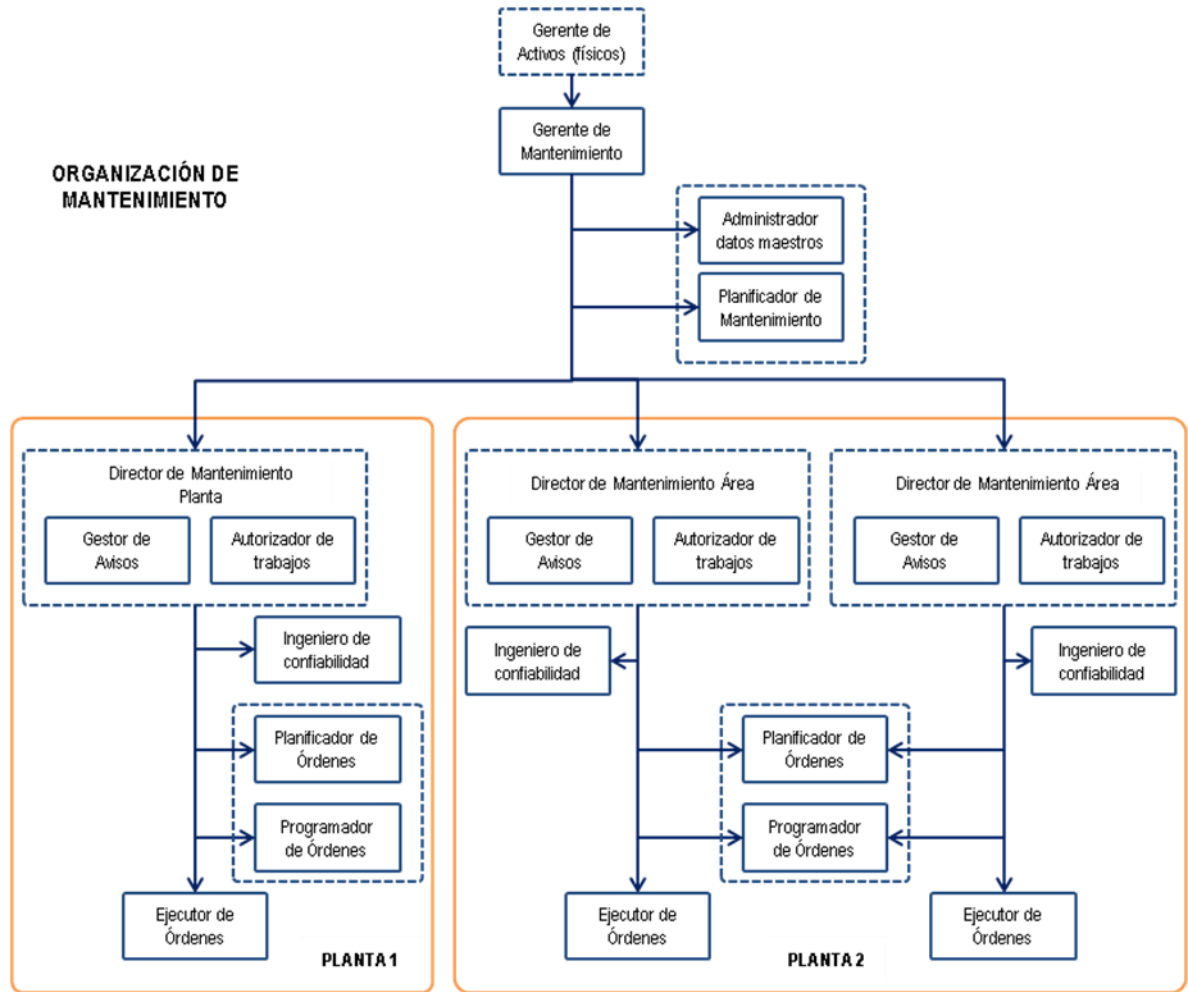
Para la asignación de roles al personal del área de mantenimiento se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El rol *Gerente de Mantenimiento* debería corresponder a la dirección del área en la compañía para facilitar el establecimiento de las directrices propias de la gestión de mantenimiento.
- El rol de *Administrador de datos maestros* al contar con directrices y estándares para la creación y actualización de registros de objetos técnicos en el sistema de información puede corresponder a un cargo centralizado contribuyendo al control de la información sin afectar la dinámica de la gestión de mantenimiento. De lograrse esto, en las plantas se tendrían *gestores de datos* encargados de recopilar la información necesaria para la creación y actualización de los registros mencionados. El *Administrador de datos maestros* es responsable de la calidad de la información de objetos técnicos incluyendo puntos de medida, clases, características, garantías, enlaces de objetos, MAF, puestos de trabajo.

- La identificación de tareas de mantenimiento requiere de la presencia del personal en planta. Esta labor es liderada por los *Ingenieros de confiabilidad*. Se sugiere la inclusión en el programa de formación la certificación en confiabilidad CMRP (*Certified Maintenance and Reliability Professional*) para el personal que cuente con este rol.
- Se sugiere que el rol *Planificador de mantenimiento* no sea asignado a los cargos que posean los roles operacionales de *Planificador de órdenes* y *Programador de órdenes*, debido a que el *Planificador de mantenimiento* crea y actualiza los planes de mantenimiento y controla la programación de estos. Si un cargo posee este rol y uno de los otros mencionados es posible la manipulación de la programación de los planes de mantenimiento por medio de la no programación y/o la reprogramación de los planes afectando así la confiabilidad de los activos con la que se definen las tareas de mantenimiento. En este caso se perdería la información necesaria para el seguimiento y evaluación del mantenimiento.
- El personal de cada planta debería contar con los roles de los niveles operativo y de ejecución.

A partir de lo anterior, se plantea la asignación de roles a los cargos de la organización de mantenimiento según se indica en la figura 64.

Figura 64. Asignación de roles.

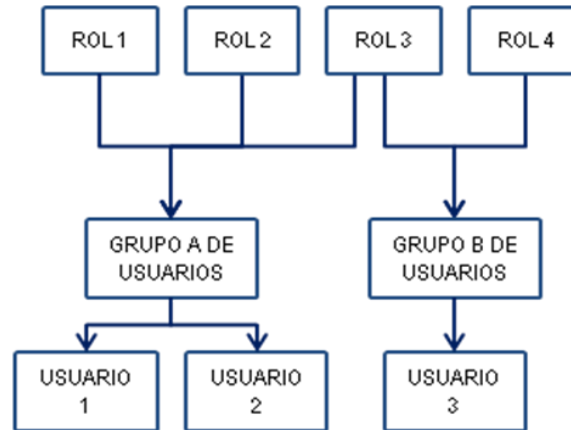


Fuente: El autor.

En la figura anterior, las líneas a trazos que encierran algunos roles indican la posibilidad de asignar esos roles a un mismo cargo.

La estructura funcional –por roles– en la gestión de mantenimiento contribuye al esquema de seguridad de usuarios SAP en la compañía. Es posible utilizar un esquema como el presentado en la figura 65.

Figura 65. Esquema de roles de seguridad y usuarios SAP.



Fuente: El autor.

En este esquema los roles se asignan a los grupos de usuarios o cargos los cuales, como su denominación lo indica, agrupan usuarios que requieren las mismas autorizaciones en el ERP de SAP. Los roles no se asignan directamente a los usuarios, facilitando el control de la seguridad y ofreciendo una mayor versatilidad ante los reemplazos temporales (ej.: vacaciones) y la rotación de personal.

### 3.5 INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La norma NTC-ISO 9004 menciona: "La alta dirección de la organización debería evaluar el progreso en el logro de los resultados planificados frente a su misión, visión, políticas, estrategias y objetivos, a todos los niveles y en todos los procesos y las funciones pertinentes de la organización... (...) La selección de los indicadores clave de desempeño y de una metodología de seguimiento apropiados es crítica para el éxito del proceso de medición y análisis"<sup>94</sup>. En la gestión de

<sup>94</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de la calidad. NTC-ISO 9004:2010. 4 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2010. p. 14.

mantenimiento la evaluación *a todos los niveles* implica la utilización de *indicadores claves de desempeño* en los cuatro niveles organizacionales establecidos (estratégico, táctico, operacional y de ejecución).

La gestión de mantenimiento debería establecer dentro de sus procesos el monitoreo proactivo y reactivo de su desempeño e incluir en sus indicadores claves de desempeño mediciones de avance y de retraso, en línea con los requerimientos y las directrices sobre gestión de activos contenidas en las normas PAS 55-1 y PAS 55-2. La necesidad de establecer medidas proactivas y reactivas del desempeño también es tratada en las normas NTC-OHSAS 18001 y NTC-OHSAS 18002. Los indicadores claves de desempeño sugeridos se han definido considerando principalmente los expuestos por Mora<sup>95</sup> y Silva<sup>96</sup>.

Es de importancia aclarar que los indicadores de gestión que se presentan a la dirección de la organización corresponden a un subconjunto de los indicadores claves de desempeño que pueden llevarse en los diferentes niveles de la gestión de mantenimiento. Por lo tanto, varios de los indicadores mencionados en los siguientes numerales son para uso interno de la gestión de mantenimiento.

**3.5.1 Indicadores del nivel de ejecución.** Los indicadores claves de desempeño de este nivel incluyen mediciones de la eficacia de las actividades de mantenimiento realizadas, del manejo adecuado de los equipos de prueba, equipos de medición, equipos de taller y herramientas y de la aplicación de los controles, procedimientos e instructivos de trabajo. La tabla 11 contiene los indicadores propuestos para este nivel.

---

<sup>95</sup> MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. 1 ed. Envigado, Colombia: COLDI, julio de 2009. p. 64-78. ISBN 978-958-98902-0-2.

<sup>96</sup> SILVA ARDILA, Pedro Eliseo. Mantenimiento en la práctica. 1 ed. Barranquilla: el autor. 2009. p. 143-158. ISBN 978-958-44-4915-3.

Tabla 11. Indicadores claves de desempeño del nivel de ejecución.

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
Eficacia de las actividades	Monitoreo a los requerimientos de trabajo para detectar falencias en la ejecución de las actividades (reprocesos).
Eficiencia de la mano de obra	Comparación de las horas hombre empleadas en el desarrollo de cada actividad con respecto a las previstas en el mantenimiento planificado.
Cumplimiento de controles, procedimientos e instructivos de trabajo	Seguimiento al cumplimiento de los controles y guías de trabajo y al uso de elementos de seguridad, herramientas y equipos.
Incidentes	Monitoreo de la posible afectación del personal y del medio ambiente. Comprende la revisión de la cantidad, frecuencia y posibles consecuencias.
Orden y aseo	Revisión cualitativa del estado de las áreas de trabajo y del almacenamiento de las herramientas, equipos y elementos de seguridad.

Fuente: El autor.

**3.5.2 Indicadores del nivel operacional.** Este nivel está enfocado principalmente a lograr la efectividad en el desarrollo de las actividades de mantenimiento, incluyendo el uso eficiente de recursos y la disposición oportuna de los recursos y requerimientos. Los indicadores identificados se resumen en la tabla 12.

Tabla 12. Indicadores claves de desempeño del nivel operacional.

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
Utilización de la mano de obra propia	Compara la mano de obra propia utilizada en las órdenes de trabajo con las disponibles en el periodo evaluado.
Atención de solicitudes de trabajo	Seguimiento a la atención de las solicitudes de trabajo realizadas a través del sistema, considerando las distintas prioridades de las solicitudes.
Órdenes de trabajo sin programar	Revisa la cantidad de órdenes de trabajo de las previstas para el periodo que no se han programado, teniendo en cuenta las prioridades de éstas. Permite la identificación de retrasos por materiales, servicios y la disponibilidad de los equipos para su intervención.
Cumplimiento de las actividades programadas	Monitorea la cantidad de trabajos finalizados de los programados para realizar en el periodo.
Backlog de órdenes de trabajo	Revisa la mano de obra necesaria para realizar los trabajos retrasados y/o el nivel de retraso de los trabajos.
Carga de trabajo	Compara la mano de obra propia asignada en las órdenes de trabajo a realizar con las disponibles en el próximo periodo.
Mantenibilidad intrínseca	Medición realizada para cada equipo, principalmente aquellos que posean una alta criticidad. Incluye solamente el tiempo dedicado a la intervención de los elementos.
Mantenibilidad extrínseca	Contempla los tiempos de intervención y los tiempos logísticos requeridos para el desarrollo de las labores (permisos de trabajo, bloqueo y etiquetado, etc.), integrando información de la logística de mantenimiento
Fallas críticas de equipos	Seguimiento a la aparición de fallas críticas para el desempeño de la organización.

Fuente: El autor.

**3.5.3 Indicadores del nivel táctico.** Los indicadores claves de desempeño de este nivel deben reflejar los efectos de las estrategias de mantenimiento implementadas y el manejo efectivo de los recursos del área. La tabla 13 contiene los indicadores identificados para este nivel.

Tabla 13. Indicadores claves de desempeño del nivel táctico.

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
Mantenimiento correctivo no programado	Comparación de los recursos empleados en las actividades de mantenimiento correctivo no programado (reactivo) y los utilizados en las actividades proactivas (mantenimiento preventivo y sus resultados). Si la medición se realiza empleando horas hombre (HH) se debería incluir las HH de contratistas. Se recomienda el monitoreo de costos o de HH en lugar de cantidad de órdenes de trabajo.
Costo del mantenimiento por equipo	Permite la identificación de malos actores por sus costos de mantenimiento. Permite la comparación de equipos similares. Suministra información para el análisis de costos de ciclo de vida.
Documentación del mantenimiento planificado	Seguimiento al establecimiento de los documentación necesaria para los trabajos de mantenimiento planificado (procedimientos e instructivos de trabajo).
Fiabilidad ( <i>reliability</i> )	Medición realizada al nivel de equipos, de unidades de generación y de otras agrupaciones a partir de las fallas registradas. Al nivel de equipos permite la identificación de malos actores por fallas recurrentes y necesidades de ajustes en las estrategias de mantenimiento.
Cumplimiento del plan de competencia y certificación	Monitoreo de los planes de formación del personal del área de mantenimiento.
Mejora de las competencias	Inversión en costos y horas hombre realizada en la capacitación del personal que conforma la gestión de mantenimiento.

Fuente: El autor.

**3.5.4 Indicadores del nivel estratégico.** En este nivel los indicadores deben presentar a la compañía información de valor sobre el desempeño global de la gestión de mantenimiento. La tabla 14 contiene los indicadores propuestos para este nivel.

Tabla 14. Indicadores claves de desempeño del nivel estratégico.

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
Disponibilidad intrínseca de las unidades de generación	Considera solamente los tiempos de no disponibilidad causada por fallas ocurridas. También se conoce como disponibilidad técnica.
Disponibilidad intrínseca de energía	Calculada para cada unidad de generación, provee información sobre la reducción en la capacidad máxima de generación por fallas ocurridas.
Disponibilidad operacional de las unidades de generación	Contempla los tiempos correspondientes a mantenimientos planeados y los de no disponibilidad causada por fallas ocurridas.
Disponibilidad operacional de energía	Calculada para cada unidad de generación, provee información sobre la reducción en la capacidad máxima de generación por fallas ocurridas y por intervenciones planeadas.
Costos de las actividades de mantenimiento	Costos reales vs costos presupuestados (actividades planeadas y fallas previstas), calculados por unidades de generación y otras agrupaciones (en línea con los centros de costos definidos).
Accidentes	Medición del número, severidad y frecuencia de los accidentes ocurridos durante las actividades de mantenimiento y modificaciones realizadas bajo órdenes de trabajo por el personal del área y de contratistas.
Mejora en la gestión de mantenimiento	Propuestas de mejora e innovación en la gestión de mantenimiento y sus beneficios en cuanto a producción, costos y riesgos.

Fuente: El autor.

**3.5.5 Indicadores de gestión de inventarios.** Dada la responsabilidad que posee el área de Mantenimiento sobre la gestión y la operación de inventarios, principalmente de piezas y equipos de repuesto, se recomienda su participación en la definición de los indicadores de gestión de Adquisiciones e Inventarios y de sus metas. De forma similar se recomienda la participación del área de Operaciones en el desarrollo de los indicadores de gestión de Mantenimiento que tienen relación a dicha área.

A continuación se presentan algunos indicadores de gestión y operación de inventarios de relación directa a la gestión de Mantenimiento, adaptados a la interacción con el ERP de SAP y tomando como referencia los mencionados por Mora<sup>97</sup>:

$$\text{Entregas a tiempo} = \frac{\text{Número de pedidos entregados a tiempo (de los previstos para el periodo y de los pendientes del periodo anterior)}}{\text{Número de pedidos totales por periodo + Número de pedidos pendientes del periodo anterior}}$$

$$\text{Consumibles agotados} = \text{Cantidad de reservas no efectivas por falta física de los materiales (consumibles) en el almacén}$$

$$\text{Atención a solicitudes de pedido} = \frac{\text{Número de solicitudes de pedido atendidas a tiempo (generadas en el periodo y pendientes del periodo anterior)}}{\text{Número de solicitudes de pedido generadas en el periodo + Número de solicitudes de pedido pendientes del periodo anterior}}$$

Se recomienda analizar por posiciones de pedido, de solicitudes de pedido y de reservas en lugar del pedido en conjunto dado que un pedido puede contener una sola posición o varias de éstas (aplica de igual manera para solicitudes de pedido y reservas) y que las necesidades relacionadas en diferentes solicitudes de pedido pueden llevarse a un sólo pedido o desde una solicitud se pueden generar varios pedidos.

---

<sup>97</sup> MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Pronósticos de demanda e inventarios. Métodos futurísticos. 2 ed. Medellín, Colombia: AMG, 2008. p. 292-294. ISBN 978-958-44-0233-2.

#### 4. CONCLUSIONES

- El modelo de gestión de mantenimiento propuesto se ha concebido aplicando el enfoque de sistemas para la gestión y considerando las directrices para diversos sistemas de gestión, algunos ya implementados en la compañía y otros en proceso de implementación, con el propósito de facilitar su integración a estos, especialmente a la gestión de activos. En su formulación se han utilizado términos y definiciones de aceptación internacional en procura de la estandarización y se ha integrado la gestión del riesgo al desarrollo de sus actividades incluyendo la aplicación del Mantenimiento Basado en Riesgo.
- El modelo propuesto integra diversas áreas y procesos para la consecución de los objetivos de la gestión de mantenimiento en la compañía, estableciendo estos a partir de los objetivos corporativos y de la premisa de que el principal cliente de la gestión de mantenimiento es la organización en sí misma y no un área o proceso específico. Esta premisa es aplicable a todas las áreas de la compañía y fomenta el trabajo en equipo entre las diferentes áreas y niveles organizacionales.
- La formulación de la organización de mantenimiento como una combinación de funciones centralizadas y descentralizadas permite una rápida adaptación a los cambios en la compañía de manera acorde a su visión de crecimiento y expansión. A través de la composición por niveles del área de mantenimiento y de la estructura funcional –por roles– aplicada en la gestión de mantenimiento es posible definir claramente las responsabilidades del personal brindando un marco sólido para la toma de decisiones.
- El planteamiento del proceso de gestión de mantenimiento por medio de funciones o roles en lugar de cargos facilita su aplicación en cada una de las

centrales de generación de energía eléctrica de la compañía, independientemente de las dimensiones y tecnologías de las centrales. La definición de los roles y actividades de este proceso se ha realizado considerando las funcionalidades del ERP de SAP.

- La definición de indicadores claves de desempeño para cada uno de los niveles organizacionales de la gestión de mantenimiento permite la medición y el seguimiento proactivo y reactivo de sus actividades para definir de forma oportuna las acciones necesarias en procura de la mejora en el desempeño de la organización.
- Los indicadores de desempeño basados en número de órdenes o en un número de equipos brindan información que depende estrechamente del contexto propio de la organización (particular) y por tanto no posibilita o no favorece el benchmarking. Mediante la utilización de costos y horas hombre es posible obtener información de mayor valor ya que estos son independientes de la forma en que se agrupen las actividades en las órdenes de trabajo. Para los indicadores de horas hombre se necesita registrar la información del personal de contratistas.
- Las directrices de gestión del cambio deben garantizar que se realice, al nivel requerido, la evaluación de riesgos e impactos potenciales antes de la implementación de las modificaciones y que éstas cuenten con los niveles debidos de aprobación, documentación y verificación con el fin de evitar que cambios a realizar generen riesgos inaceptables para la organización. A través del establecimiento del programa de control de la configuración de planta es posible contribuir a la actualización de la información relacionada a modificaciones y sustituciones de activos físicos realizadas por medio de órdenes de trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN SOCIETY OF SAFETY ENGINEERS. Control of Hazardous Energy. Lockout/Tagout and Alternative methods. ANSI/ASSE Z244.1 - 2003 (R2008). 3 ed. Des Plaines, Estados Unidos: ASSE, 2009. 66 p.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Clasificación y designación de documentos para instalaciones industriales, sistemas y equipos. Parte 1: Reglas y tablas de clasificación. UNE 61355-1:2009. 2 ed. Madrid, España: AENOR, 2009. 46 p.

----- . Ética. Sistema de gestión de la Responsabilidad Social de las Empresas. UNE 165010:2009 EX. Madrid, España: AENOR, 2009. 20 p.

----- . Gestión de la confiabilidad. Parte 3-10: Guía de aplicación. Mantenibilidad. UNE-IEC 60300-3-10:2007. Madrid, España: AENOR, 2007. 35 p.

----- . Gestión de la confiabilidad. Parte 3-12: Guía de aplicación. Soporte logístico integrado. UNE-EN 60300-3-12:2006. Madrid, España: AENOR, 2006. 51 p.

----- . Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. UNE-EN 60300-3-14:2007. Madrid, España: AENOR, 2007. 49 p.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Gestión de la obsolescencia. Guía de aplicación. UNE-EN 62402:2011. Madrid, España: AENOR, marzo de 2011. 41 p.

------. Gestión del riesgo. Principios y directrices. UNE-ISO 31000:2009. Madrid, España: AENOR, 2010. 30 p.

------. Mantenimiento. Documentos para el mantenimiento. UNE-EN 13460:2009. 2 ed. Madrid, España: AENOR, 2009. 27 p.

------. Mantenimiento. Guía para la preparación de contratos de mantenimiento. UNE-EN 13269:2007. Madrid, España: AENOR, 2007. 25 p.

------. Mantenimiento. Terminología del mantenimiento. UNE-EN 13306:2011. 2 ed. Madrid, España: AENOR, 2011. 31 p.

------. Sistemas de gestión energética - Requisitos con orientación para su uso. UNE-EN 16001:2010. 2 ed. Madrid, España: AENOR, 2010. 29 p.

BRITISH STANDARD INSTITUTE. Gestión de Activos - Parte 1: Especificaciones para la gestión optimizada de activos físicos. PAS 55-1:2008. 2 ed. London, Reino Unido: The Woodhouse Partnership, 2009. 24 p.

BRITISH STANDARD INSTITUTE. Gestión de Activos - Parte 2: Directrices para la aplicación de PAS 55-1. PAS 55-2:2008. 2 ed. London, Reino Unido: The Woodhouse Partnership, 2009. 56 p.

BORRAS PINILLA, Carlos. Principios de Mantenimiento. En: Especialización en gerencia de mantenimiento (2009: Bucaramanga). Memorias. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009. 124 p.

BOTERO BOTERO, Ernesto. Mantenimiento Preventivo. En: Especialización en gerencia de mantenimiento (2009: Bucaramanga). Memorias. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009. 157 p.

CARDONA AGUDELO, Camilo Andrés. Análisis de Causa Raíz [diapositivas]. En: Diplomado en Gestión y Control de Mantenimiento (8: 26, abril - 6, agosto, 2010, Bogotá D.C.). Memorias. Bogotá D.C.: ACIEM, 2010. 120 diapositivas.

----- . Análisis de Causa Raíz [documento]. En: Diplomado en Gestión y Control de Mantenimiento (8: 26, abril - 6, agosto, 2010, Bogotá D.C.). Memorias. Bogotá D.C.: ACIEM, 2010. 22 p.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. LIBRO VERDE: Fomentar un marco europeo para la responsabilidad social de las empresas. Versión final. Bruselas, Bélgica, 2001. 35 p.

COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. A transformation with energy [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, mayo de 2010 [citado en 12 de enero de 2011]. 28 diapositivas. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_27may2010.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_27may2010.pdf)>

------. Convivamos. Protocolo para la convivencia organizacional. [s.l.]: Colinversiones, 2009. p. 5.

------. Informe Anual 2010 [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, s.f. [citado en 15 de abril de 2011]. 121 p. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/81.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/81.pdf)>

------. Manual del sistema gestión de la calidad [diapositivas]. Colinversiones, 30 de septiembre de 2010. 37 diapositivas.

------. Presentación asamblea general de accionistas 2010 [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, 23 de marzo de 2010 [citado en 12 de enero de 2011]. 46 diapositivas. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_23mar2010.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_23mar2010.pdf)>

------. Presentación resultados Colinversiones [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, 19 de agosto de 2010 [citado en 12 de enero de 2011]. 40 diapositivas. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_19ago2010.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_19ago2010.pdf)>

COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES. Procedimiento de Gestión de Mantenimiento. Colinversiones, 28 de Octubre de 2010. 6 p.

------. Una transformación con energía [documento consecutivo en línea]. Colinversiones, 15 de diciembre de 2009 [citado en 12 de enero de 2011]. 46 diapositivas. Disponible en Internet: <[http://www.colinversiones.net/archivos\\_download/p\\_15dic2009.pdf](http://www.colinversiones.net/archivos_download/p_15dic2009.pdf)>

ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. Chemical accident prevention provisions. EPA 40 CFR Part 68. Disponible en Internet: <<http://www.epa.gov/oem/lawsregs.htm>>

FORO PARA LA EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN ÉTICA. Sistema de gestión ética y socialmente responsable. SGE21:2008 [documento consecutivo en línea]. 3 ed. Madrid, España: Forética, 2008. 21 p. Disponible en Internet: <<http://www.sge21.foretica.es/>>

GARAVITO, Edwin. Manufactura Productiva [diapositivas]. En: Especialización en gerencia de mantenimiento (2010: Bucaramanga). Memorias. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2010. 35 diapositivas.

GIRALDO CARDONA, Sebastián. Introducción al TPM [documento]. En: Diplomado en Gestión y Control de Mantenimiento (8: 26, abril - 6, agosto, 2010, Bogotá D.C.). Memorias. Bogotá D.C.: ACIEM, 2010. 16 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.  
Gestión para el éxito sostenido de una organización. Enfoque de gestión de la  
calidad. NTC-ISO 9004:2010. 4 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2010. 52 p.

----- . Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.  
NTC-ISO 14001:2004. 2 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2004. 28 p.

----- . Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario. NTC-ISO  
9000:2005. 2 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2005. 36 p.

----- . Sistemas de gestión de la calidad — Directrices para la gestión de la  
configuración. NTC-ISO 10007. 3 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2003. 14 p.

----- . Sistemas de gestión de la medición. Requisitos para los procesos de  
medición y los equipos de medición. NTC-ISO 10012:2003. Bogotá, Colombia:  
ICONTEC, 2003. 22 p.

----- . Sistemas de gestión de la seguridad y salud ocupacional — Directrices  
para la implementación del documento NTC-OHSAS 18001:2007. NTC-OHSAS  
18002. 2 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2009. 83 p.

----- . Sistemas de gestión de la seguridad y salud ocupacional — Requisitos.  
NTC-OHSAS 18001:2007. 3 ed. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2007. 24 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Vocabulario internacional de metrología. Conceptos fundamentales, generales y términos asociados (VIM). GTC-ISO/IEC 99:2009. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2009. 52 p.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Gestión de la confiabilidad - Parte 1: Sistemas de gestión de la confiabilidad. CEI/IEC 60300-1:2003. 2 ed. Genève, Suiza: IEC, 2003. 18 p.

----- . International Electrotechnical Vocabulary - Chapter 191: Dependability and quality of service. CEI/IEC 60050-191:1990. Genève, Suiza: IEC, 1990. 149 p.

----- . Structuring principles for technical products and technical product documentation – Letter codes – Main classes and subclasses of objects according to their purpose and task. IEC/PAS 62400:2005. Genève, Suiza: IEC, 2005. 63 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Environmental management - The ISO 14000 family of International Standards [documento consecutivo en línea]. Genève, Suiza: ISO, octubre de 2009 [citado en 12 de abril de 2011]. Disponible en Internet: <[http://www.iso.org/iso/theiso14000family\\_2009.pdf](http://www.iso.org/iso/theiso14000family_2009.pdf)>

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. ISO 14224:2006. 2 ed. Genève, Suiza: ISO, 2006. 170 p.

------. Responsabilidad social: 7 materias fundamentales [documento consecutivo en línea]. s.f. [citado en 12 de abril de 2011]. Disponible en Internet: <[http://www.iso.org/iso/sr\\_7\\_core\\_subjects-es.pdf](http://www.iso.org/iso/sr_7_core_subjects-es.pdf)>

------. Selection and use of the ISO 9000 family of standards [documento consecutivo en línea]. Genève, Suiza: ISO, febrero de 2009 [citado en 12 de abril de 2011]. Disponible en Internet: <[http://www.iso.org/iso/iso\\_9000\\_selection\\_and\\_use-2009.pdf](http://www.iso.org/iso/iso_9000_selection_and_use-2009.pdf)>

------. Technical product documentation — Reference designation system — Part 10: Power plants. ISO/TS 16952-10:2008. Genève, Suiza: ISO, 2008. 52 p.

KAWAUCHI, Yoshio y RAUSAND, Marvin. Life Cycle Cost (LCC) analysis in oil and chemical process industries [documento consecutivo en línea]. Trondheim, Noruega: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, junio de 1999 [citado en 18 de enero de 2011]. 78 p. ISBN 82-7706-128-5. Disponible en Internet: <<http://www.ntnu.no/ross/reports/lcc.pdf>>

KÖNIGSTEIN, Harry; MÜLLER, Heinz y KAISER, Jörg. RDS-PP – Transition from the KKS to an international standard [documento consecutivo en línea]. [Alemania]:

VGB PowerTech Service, s.f. [citado en 15 de abril de 2011]. 26 p. Disponible en Internet: <<http://www.vgb.org/vgbmultimedia/Multimedia.pdf>>

MERIDIUM. Using RCMO with xMII and other tools in the SAP Landscape [documento consecutivo en línea]. Meridium, 2008 [citado en 12 de enero de 2011]. 55 diapositivas. Disponible en Internet: <<https://www.meridium.com/knowledgecenter/ondemandwebcasts/index.asp>>

MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. Envigado, Colombia: COLDI, julio de 2009. 340 p. ISBN 978-958-98902-0-2.

----- . Pronósticos de demanda e inventarios. Métodos futurísticos. 2 ed. Medellín, Colombia: AMG, 2008. 304 p. ISBN 978-958-44-0233-2.

MOUBRAY, John Mitchell. Reliability-centred maintenance [Mantenimiento centrado en confiabilidad]. Traducido por Ellman, Sueiro y Asociados. 2 ed. Asheville, Estados Unidos: Aladon, 2004. 433 p. ISBN 09539603-2-3.

NAVAL AIR SYSTEMS COMMAND. Management manual. Guidelines for the naval aviation reliability-centered maintenance process. NAVAIR 00-25-403 [documento consecutivo en línea]. NAVAIR, 2005 [citado en 15 de abril de 2011]. 195 p. Disponible en Internet: <[http://www.barringer1.com/mil\\_files/NAVAIR-00-25-403.pdf](http://www.barringer1.com/mil_files/NAVAIR-00-25-403.pdf)>.

NORWEGIAN TECHNOLOGY STANDARDS INSTITUTION. Life cycle cost for production facility. NORSOK O-CR-002. [Oslo, Noruega]: NTS, 1996. 35 p.

----- . Life cycle cost for systems and equipment. NORSOK O-CR-001. [Oslo, Noruega]: NTS, 1996. 38 p.

----- . Preservation. NORSOK Z-006. 2 ed. Oslo, Noruega: NTS, 2001. 17 p.

----- . Regularity Management & Reliability Technology Z-016. NORSOK Z-016. Oslo, Noruega: NTS, 1998. 41 p.

----- . Risk and emergency preparedness analysis. NORSOK Z-013. 2 ed. Lysaker, Noruega: Standards Norway, 2001. 101 p.

----- . Risk and emergency preparedness assessment. NORSOK Z-013. 3 ed. Lysaker, Noruega: Standards Norway, 2010. 107 p.

----- . Risk based maintenance & consequence classification. NORSOK Z-008. 3 ed. Lysaker, Noruega: Standards Norway, 2010. 44 p.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. Boletín informativo Candado/Etiqueta [documento consecutivo en línea]. OSHA, 2002 [citado en 12 de

mayo de 2011]. 2 p. Disponible en Internet:  
<[http://www.osha.gov/OshDoc/data\\_General\\_Facts/lockout-tagout-spanish.pdf](http://www.osha.gov/OshDoc/data_General_Facts/lockout-tagout-spanish.pdf)>

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. Process safety management of highly hazardous chemicals. OSHA 29 CFR 1910.119. Disponible en Internet:  
<[http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9760](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9760)>

----- Selection and use of work practices. OSHA 29 CFR 1910.333. Disponible en Internet:  
<[http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9910](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9910)>

----- The control of hazardous energy (lockout/tagout). OSHA 29 CFR 1910.147. Disponible en Internet:  
<[http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9804](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9804)>

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Directrices relativas a los sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo, ILO-OSH 2001 [documento consecutivo en línea]. Ginebra, Suiza: Oficina Internacional del Trabajo, 2002. 29 p. Disponible en Internet:  
<[http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms\\_112582.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_112582.pdf)>

ORTÍZ PLATA, Daniel. Mantenimiento centrado en confiabilidad - RCM [diapositivas]. En: Diplomado en Gestión y Control de Mantenimiento (8: 26, abril - 6, agosto, 2010, Bogotá D.C.). Memorias. Bogotá D.C.: ACIEM, 2010. 73 diapositivas.

-----. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM [documento]. En: Diplomado en Gestión y Control de Mantenimiento (8: 26, abril - 6, agosto, 2010, Bogotá D.C.). Memorias. Bogotá D.C.: ACIEM, 2010. 21 p.

SAP. Work Clearance Management (PM-WCM) - Release 4.6C [documento consecutivo en línea]. SAP, abril de 2001 [citado en 12 de enero de 2011]. Disponible en Internet: <[http://help.sap.com/printdocu/core/Print46c/en/Data/Index\\_en.htm](http://help.sap.com/printdocu/core/Print46c/en/Data/Index_en.htm)>

SILVA ARDILA, Pedro Eliseo. Mantenimiento en la práctica. Barranquilla: el autor, 2009. 230 p. ISBN 978-958-44-4915-3.

-----. Planeación y programación de mantenimiento [diapositivas]. En: Diplomado en gestión y control de mantenimiento (8: 26, abril - 6, agosto, 2010, Bogotá D.C.). Memorias. Bogotá D.C.: ACIEM, 2010. 67 diapositivas.

SOCIAL ACCOUNTABILITY INTERNATIONAL. Responsabilidad Social. SA8000:2008 [documento consecutivo en línea]. 3 ed. New York, Estados Unidos: SAI, 2008. 12 p. Disponible en Internet: <<http://www.sa-intl.org/>>

TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Gerencia estratégica de mantenimiento [Diapositivas]. En: Especialización en gerencia de mantenimiento (2009: Bucaramanga). Memorias. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009. 155 diapositivas.

VGB POWERTECH. Reference Designation System for Power Plant RDS-PP. Letter Code for Power Plant Systems (System Key). VGB-B 101e. Essen, Alemania: VGB PowerTech, 2009. 244 p.



## **ANEXO B. Procedimiento de control de la configuración de planta**

Este documento proporciona las directrices de gestión del cambio aplicables al programa de *control de configuración de planta*.

El propósito principal del programa de *control de la configuración de planta* es garantizar la actualización de la información relacionada a modificaciones y sustituciones de elementos en los procesos industriales, realizadas principalmente mediante órdenes de trabajo, asegurando así que todas las operaciones y mantenimiento de los equipos y sistemas de la planta sean realizados basándose en la información técnica más exacta posible.

El programa de *control de la configuración de planta* contiene instrucciones para:

- garantizar que las sustituciones de elementos no se conviertan en modificaciones no autorizadas;
- asegurar que cualquier cambio a la configuración de planta es debidamente documentado y que cualquier modificación temporal o trabajo temporal, no se conviertan en permanentes en la planta;

El programa de *control de la configuración de planta* no incluye:

- La determinación de las modificaciones (concepción y diseño).
- La aprobación de las modificaciones a realizar.
- La gestión de los recursos necesarios para la realización de las modificaciones.
- La evaluación de cumplimiento y eficacia de las modificaciones realizadas.

Independientemente de cómo una acción es identificada, el proceso de análisis para evaluar el riesgo y determinar si los cambios resultantes de implementar las acciones son benéficos para la planta es el mismo.

## **B.1 Control de configuración**

Los cambios en la configuración de la planta se implementan a partir de requerimientos determinados a través de los procesos de mejora, innovación y gestión del cambio o como parte de las actividades normales de mantenimiento de los activos físicos, por lo tanto no todos los cambios realizados se encuentran vinculados a acciones propias de los procesos mencionados.

Los cambios en la configuración de planta corresponden a actividades de: creación/instalación de nuevos equipos y sistemas y modificación/desinstalación de equipos y sistemas existentes. A pesar de que no corresponden a modificaciones de los procesos y por lo tanto a cambios en la configuración, se incluyen en el programa de control de la configuración de planta, con el propósito de asegurar que se actualizarán los registros respectivos en el sistema de información, las sustituciones de equipos –en especial los considerados como críticos para el desempeño de la organización, la seguridad de las personas y el medio ambiente– por otros de similares características sin alterar sus funciones en los procesos.

Como se mencionó con anterioridad, este programa no pretende establecer directrices para la aprobación y autorización de cambios en la configuración de planta, pues éstas deben estar definidas en los procesos de mejora, innovación y/o gestión del cambio, en su lugar este programa está orientado a la documentación efectiva de los cambios que se realicen en planta.

Para cada cambio identificado como requerido, el responsable de su realización debería registrarlo en el *Diario de Cambios en la Configuración de la Planta* (para permitir su seguimiento y cierre) y diligenciar la *Lista de Verificación de Cambios* describiendo las acciones complementarias requeridas (ej.: creación y actualización de documentos y registros). El control de las sustituciones también debería ser realizado de esta forma documentado éstas a un nivel apropiado.

## **B.2 Seguimiento y Cierre de Cambios**

La *Lista de Verificación de Cambios* se usa para dirigir, seguir y documentar la realización de los cambios en la configuración de planta y de las acciones complementarias asociadas a estos. Las acciones complementarias deben garantizar:

- La actualización de manuales técnicos y planos.
- Actualización del registro de objetos técnicos en el ERP de SAP (equipos y ubicaciones técnicas) y de sus registros asociados (listas de materiales, puntos de medida, clases, garantías, enlaces de objetos, catálogos de averías).
- Creación y actualización de planes de mantenimiento.
- Actualización de documentación relacionada (procedimientos e instructivos de trabajo, bloqueo y etiquetado).
- Información y entrenamiento del personal.

Al terminar cada una de las acciones registradas en la *Lista de Verificación de Cambios* se debería verificar que las acciones requeridas fueron completadas. Cuando se finaliza el cambio y todas sus acciones complementarias se debería registrar esta situación tanto en la *Lista de Verificación de Cambios* como en el *Diario de Cambios en la Configuración de la Planta*.

Cuando las modificaciones a la configuración de planta involucren cambios en planos, se anotarán los cambios en una copia de cada plano, sin alterar los originales, utilizando el color rojo para señalar las modificaciones en estos hasta que sean actualizados.

Se recomienda revisar periódicamente el *Diario de Cambios en la Configuración de la Planta* para asegurar que se han registrado debidamente los cambios realizados y para verificar que se han tomado las medidas del caso para retornar los procesos e instalaciones a su estado anterior tras normalizar las modificaciones temporales.

### **B.3 Modificaciones Temporales**

Cuando se requiere la realización de modificaciones temporales a la configuración de planta (ej.: pruebas, monitoreos, reparaciones extendidas), éstas se deben registrar en el *Diario de Cambios en la Configuración de la Planta* y sus acciones complementarias en una *Lista de Verificación de Cambios*.

Se debe restaurar la planta a la configuración normal cuando las partes necesarias o componentes se encuentren disponibles ó tras la realización de las actividades que dieron origen a la modificación temporal. Si se declara la modificación temporal como una condición permanente de “cómo fue construido” (*As built*) se debería garantizar el cumplimiento de los requisitos legales y estándares técnicos aplicables y la realización de todas las acciones complementarias del caso. El retorno a la condición normal debe ser documentado en el *Diario de Cambios en la Configuración de la Planta* y en una nueva *Lista de Verificación de Cambios* indicando que corresponde a la normalización del cambio temporal.