



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
MAESTRÍA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

**MODELAMIENTO DEL PROCESO INGENIERÍA DE
MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD DE EQUIPOS (IMC)
APLICABLE A EMPRESAS DEL SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA
(TRANSMISIÓN, DISTRIBUCIÓN) EN COLOMBIA.**

DANIEL ORTIZ PLATA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
MAESTRÍA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2019



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
MAESTRÍA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

**MODELAMIENTO DEL PROCESO INGENIERÍA DE
MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD DE EQUIPOS (IMC)
APLICABLE A EMPRESAS DEL SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA
(TRANSMISIÓN, DISTRIBUCIÓN) EN COLOMBIA.**

DANIEL ORTIZ PLATA

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
MAGISTER EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

Director

Prof. Jaime Alberto Camacho Pico, Ph.D.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
MAESTRÍA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2019

AGRADECIMIENTOS

A **Mayito, Isaac y Santiago**, quienes son la principal motivación en la vida.

A **mis hermanos** por su compañía y aliento

A **mis amigos y compañeros** que a lo largo de la vida me han dado su apoyo incondicional

A los **profesores, asesores y colegas** que me permiten visualizar retos y oportunidades

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	17
1 OBJETIVOS.....	19
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
2 ASPECTOS GENERALES.....	20
2.1 PLANTEAMIENTO DE LA SITUACIÓN.....	20
2.2 DECLARACIÓN DEL PROBLEMA / OPORTUNIDAD.....	31
3 ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA.....	36
3.1 MARCO TEÓRICO.....	36
3.2 MARCO CONCEPTUAL.....	54
4 PROCESOS DE MANTENIMIENTO.....	70
4.3 VISIÓN GENERAL.....	70
4.4 PROCESOS ESTRATÉGICOS Y TÁCTICOS.....	71
4.5 PROCESOS CENTRALES O EJECUTORES.....	73
4.6 PROCESOS SOPORTE O TRANSVERSALES:.....	77

5	MÉTODOS DEL PROCESO.....	80
5.1	PRODUCTOS ESPERADOS DEL PROCESO Y SUS CLIENTES	80
5.2	OBJETIVOS DEL PROCESO.....	84
5.3	IDENTIFICACIÓN DE MÉTODOS CLAVES PARA OBTENER LOS PRODUCTOS ESPERADOS	85
5.4	IDENTIFICACIÓN DE MÉTODOS SOPORTE.....	89
5.5	IDENTIFICACIÓN DE ENTRADAS	93
6	MODELAMIENTO DEL PROCESO	101
6.1	DISEÑO EN BIZAGI.....	101
6.2	REVISIÓN DEL MODELO POR PARTE DE ESPECIALISTAS	105
7	APLICACIÓN DEL MODELO GESPRES EN IMC	110
7.1	LIDERAZGO Y GENTE.....	111
7.2	HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS PARA EL PROCESO	113
7.3	DATOS.....	115
7.4	ORGANIZACIÓN.....	116
7.5	ASEGURAMIENTO Y CONTROL	119
8	MODELO DE MANUAL DEL PROCESO	125
9	CONCLUSIONES	128

BIBLIOGRAFÍA	131
---------------------------	------------

ANEXOS	134
---------------------	------------

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación por Niveles de Tensión	25
Tabla 2 Comparación de contenido entre ISO 9001 e ISO 55001	43
Tabla 3 Identificación inicial de los productos básicos del proceso.....	81
Tabla 4 Métodos aplicables en IMC.....	87
Tabla 5 Matriz de entradas.....	98
Tabla 6. Matriz de actividades del proceso	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Identificación de oportunidades de desarrollo, mejora y negocio	30
Figura 2. Modelo de Mejoramiento de Procesos de Empresa, de H.J. Harrington	38
Figura 3. Ejemplo de notación BPMN	47
Figura 4 Modelo del proceso de gestión de mantenimiento propuesto por Adolfo Crespo (2007) en el libro The Maintenance Management Framework	50
Figura 5. Proceso de Gestión de Mantenimiento propuesto por NORSOK 2008	54
Figura 6 Diagrama conceptual de un proceso	55
Figura 7 Oportunidades de mejora en la mantenibilidad	58
Figura 8. Oportunidades de mejora en la confiabilidad	59
Figura 9 Modelo de clasificación de los trabajos de mantenimiento	61
Figura 10 Diagrama de la Metodología para la Gestión Sistémica de los Procesos de Empresa	65
Figura 11 Ilustración de la integración de procesos como un ser vivo.	65
Figura 12. Modelo de macro-procesos de una empresa industrial	67
Figura 13. Diagrama de procesos de la Empresa de Energía de Pereira	68
Figura 14. Modelo de procesos de mantenimiento	69
Figura 15 Modelo general del proceso Atención Primaria del Evento	74
Figura 16 Modelo general del proceso Mantenimiento Rutinario	75
Figura 17 Modelo general del proceso Mantenimiento con Parada de Planta	76
Figura 18. Modelo general del proceso Renovación de activos e infraestructura	77

Figura 19. Diagrama de flujo del proceso IMC	103
Figura 20 Validación de errores, advertencias y sugerencias de Bizagi	105
Figura 21. Diagrama de flujo del proceso IMC ajustado según comentarios	108
Figura 22 Alineación de los seis elementos GESPRE de todos los procesos	111

ANEXOS

ANEXO A. PROGRAMA ACADÉMICO CURSO DE INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD OFRECIDO POR ACIEM	134
ANEXO B. VERSIÓN DE BIZAGI UTILIZADA PARA LA DIAGRAMACIÓN	135
ANEXO C. SÍMBOLOS UTILIZADOS EN EL DIAGRAMA.....	136

RESUMEN EN ESPAÑOL

TÍTULO: MODELAMIENTO DEL PROCESO INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD DE EQUIPOS (IMC) APLICABLE A EMPRESAS DEL SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA (TRANSMISIÓN, DISTRIBUCIÓN) EN COLOMBIA*

AUTOR: DANIEL ORTIZ PLATA**

PALABRAS CLAVE: PROCESOS, INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO, INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD, MANTENIMIENTO.

DESCRIPCIÓN: La diagramación de los procesos de mantenimiento y la gestión sistémica de los mismos en empresas del sector eléctrico, son el eje central de este trabajo.

Internacionalmente, se presenta la necesidad de implementar estándares como la ISO 55001 para la mejora continua en procesos como gestión de mantenimiento, desde la óptica de gestión de activos. Metodologías como el RCM, RBI, RCA, y LCC, entre otras, pueden ser implementadas para tal fin. Sin embargo, al revisar literatura técnica, no se encuentran referencias sobre procesos de ingeniería de mantenimiento y/o confiabilidad, ni procesos en los que se integren o planteen relaciones entre éstas y otras metodologías. De tal forma, el autor presenta una propuesta denominada Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad (IMC), la cual busca mejorar la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos a través de la integración de todas estas metodologías.

El planteamiento del modelo de proceso IMC inicia desde la misma concepción del nombre del proceso, pasando por la definición de sus objetivos, productos a entregar, relaciones con otros procesos de mantenimiento, hasta llegar a la esencia del trabajo, es decir el diagrama de flujo con las actividades que identifican los

métodos a aplicar. Este planteamiento contempla adicionalmente la inclusión de los seis elementos constitutivos del modelo Gestión Sistémica de Procesos de Empresa (GESPRE©), creado por la misma empresa Ortiz Ruiz Consultores, ORTRUIZ. Finalmente, junto al modelo planteado, se identificó la necesidad de implementar un nuevo indicador que permita conocer el costo de la disponibilidad para una empresa intensiva en activos, cuyo producto principal sea el suministro de la disponibilidad de equipos, tal como lo es en Colombia el negocio de transmisión y distribución de energía.

*Trabajo de grado.

**Facultad de Ingenierías Físico–Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

Director: Jaime Alberto Camacho Pico, PhD.

RESUMEN EN INGLÉS

TITULO: MODELING THE RELIABILITY AND MAINTENANCE ENGINEERING PROCESS (RME) APLIED TO TRANSPORT AND DISTRIBUTION POWER COMPANIES IN COLOMBIA *

AUTHOR: DANIEL ORTIZ PLATA**

KEY WORDS PROCESS, MAINTENANCE ENGINEERING, RELIABILITY ENGINEERING, MAINTENANCE PROCESSES.

DESCRIPTION: This document focuses on the layout and systemic management of maintenance processes in companies of the power sector.

Internationally, there is a growing need to implement standards such as ISO 55001 for continuous improvement in maintenance management, looked through an asset management point of view. Methodologies such as RCM, RBI, RCA, and LCC, among others, can be implemented for such purpose. Nevertheless, when reviewing technical literature, no references related to maintenance and/or reliability engineering processes are available. Moreover, processes that integrate or propose relationships among these or other methodologies aren't also available. Therefore, the author presents a proposal named Maintenance and Reliability Engineering (IMC, in Spanish), which seeks to improve reliability and maintenance in equipment through the integration of all the aforementioned methodologies.

The IMC process model approach begins from the very naming of the process, going through the definition of its objectives, deliverables, relationships with other maintenance processes, until reaching the model's core, the flow diagrams with activities that identify methods to apply. This approach also considers including the six constitutive elements of the model Systemic Management of Processes in Companies (GESPRE© in Spanish), created by the company Ortiz Ruiz Consultores, ORTRUIZ.

Finally, along with the proposed model, the implementation of a new KPI was identified. This KPI allows determining the cost of availability for asset intensive companies, whose main product is the supply of availability of equipment. This is the case for all companies in the energy transmission and distribution sector in Colombia.

*Master's degree work.

**Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineer.
Director: Jaime Alberto Camacho Pico, PhD.

INTRODUCCIÓN

En diferentes escenarios se presenta el término Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad (IMC). Algunas empresas dicen tener un proceso con tal denominación y varios cursos de entrenamiento se dictan a nivel nacional e internacional haciendo alusión a la Ingeniería de Mantenimiento, a la Ingeniería de Confiabilidad o a la unión de ambos. Incluso, dentro de las prácticas recomendadas a nivel mundial, para la gestión de activos según la norma ISO 55001, se incluye también el concepto de Ingeniería de Confiabilidad como uno de los tópicos a trabajar para la mejora de la gestión de los activos. No obstante, a pesar de tanta difusión y literatura, lo que se presenta son una serie de métodos aislados para solucionar o mejorar uno u otro producto de mantenimiento, actividad de mantenimiento o para optimizar la gestión en sí, pero no se ha identificado un flujo que refleje un encadenamiento lógico de grupos de actividades, coordinadas para la aplicación de las múltiples metodologías.

De igual forma, los conceptos de “proceso” y “gestión por procesos” están bastante difundidos a partir de lo requerido, especialmente, en la norma ISO 9001. Sin embargo, estos conceptos también tienen sus debilidades al aplicarse en varias empresas y en particular en las áreas de mantenimiento. No son todas (las empresas que presentan estas dificultades), varias trabajan muy bien, en particular las clasificadas como grandes. El fenómeno se da en varias empresas, donde dicen trabajar por procesos, pero el nivel de detalle o de estructuración de los mismos no es el adecuado. En el caso de mantenimiento, tales empresas también caen en el error de entender este macro-proceso o proceso como “planear, programar y ejecutar”, dejando el continuo mejoramiento si acaso incluido como una serie de actividades en alguno de ellos o en todos.

La búsqueda de mejores resultados en las empresas es continua; no para ni parará, y a los líderes de mantenimiento se les solicita, por no decir que se les exige, mejores resultados en disponibilidad de los activos y costos de mantenimiento. Como consecuencia de esto, la necesidad de aplicar el modelo Planear-Hacer-Verificar-Actuar se convierte, casi, en un imperativo. Entonces, ¿cómo aplicarlo en mantenimiento? ¿Cómo obtener mejores resultados en disponibilidad y en costos? La respuesta es aparentemente simple: trabajar en confiabilidad y en mantenibilidad. La primera, para mejorar la disponibilidad, y la segunda, para mejorar los costos representados en la cantidad de recursos y tiempos de indisponibilidad de los equipos por mantenimiento. Con base en este planteamiento, Ortiz Ruiz Consultores está planteando su modelo de optimización del mantenimiento y búsqueda de los resultados requeridos por el negocio.

Teniendo en cuenta que: (1) en la publicación de la regulación CREG 015 de 2018, aplicable a las empresas de distribución de energía en Colombia, se conmina a las empresas para que en un plazo de cinco años estén certificadas en ISO 55001, (2) que mantenimiento es un proceso clave en la gestión de activos de estas empresas y, (3) que la exigencia por tener altas disponibilidades y bajos costos no cesa, Ortiz Ruiz Consultores desea proponer un modelo de proceso que ayude a los líderes de mantenimiento de las empresas de este sector a lograr las metas del negocio trazadas en el tema.

En términos muy breves, el trabajo implica la unión de los siguientes temas: procesos, gestión por procesos, gestión de activos, gestión de mantenimiento, mejora continua del mantenimiento, confiabilidad y mantenibilidad, con el fin de llegar a la construcción de un modelo del proceso IMC.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Estructurar el proceso de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad de Equipos para empresas del sector de energía eléctrica (Transmisión, Distribución), como parte de los productos que puede ofrecer Ortiz Ruiz Consultores a sus clientes potenciales y actuales del sector de la industria de base y proceso continuo.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y revisar la documentación existente que haga referencia específica al proceso de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad.
- Construir los diagramas de flujo, a nivel de actividades, del proceso Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad de Equipos.
- Aplicar la metodología GESPRE al modelo de proceso Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad, simulándolo para una empresa del sector eléctrico, para verificar su aplicabilidad.
- Estructurar un modelo del manual de proceso el cual le permita a Ortiz Ruiz Consultores mostrar y ofrecer a sus clientes un punto de partida diferente a “empezar de cero”.

2 ASPECTOS GENERALES

2.1 PLANTEAMIENTO DE LA SITUACIÓN

2.1.1 Identificación de la aplicación del proceso Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad en las empresas. La expresión Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad (IMC) está siendo utilizada en muchos escenarios de mantenimiento para representar las metodologías que se deberían aplicar para el mejoramiento continuo de la gestión de mantenimiento. Igualmente, son diversos los textos, ponencias de Congresos de Mantenimiento – o similares –, y cursos de entrenamiento donde se indica la necesidad de aplicar la Ingeniería de Mantenimiento, la ingeniería de Confiabilidad o la Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad en los equipos productivos u operativos. Ejemplos de estos son:

- Congreso de Gestión de Activos y Mantenimiento ACIEM, Bogotá-Colombia, 2015, 2016, 2017, 2018
- Congreso Internacional de Mantenimiento, ACIEM, Bogotá-Colombia, 2010, 2011, 2014
- Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad, Monterrey-México, 2018
- Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad, Santiago-Chile, 2018
- Congreso de Mantenimiento y Gestión de Activos, Ciudad de Panamá-Panamá, 2018

Algunas empresas han logrado implementarlo y convertirlo en un proceso interno o proceso de empresa, sin embargo, son muchas las empresas que no manejan el concepto o que, aunque manejándolo, se ve la aplicación de las metodologías de forma aislada, desconectadas o intuitivamente relacionadas. Estas dos últimas situaciones suscitan una oportunidad de mejora para las empresas que se encuentran en tal situación y de negocio para los consultores de mantenimiento.

La anterior referencia sobre las empresas que no cuentan con el proceso identificado, y mucho menos implementado, se deduce de la consulta realizada por la empresa Ortiz Ruiz Consultores, a título propio, durante los meses de febrero y marzo de 2018 en catorce (14) empresas del sector energético, cementero y alimentos procesados en Colombia. El resultado se puede resumir de la siguiente forma:

- 21% de las empresas consultadas respondieron Si a las preguntas:
 - “¿En su empresa tienen definido formalmente el proceso de IMC como uno solo?”, y
 - “¿En su empresa tienen diagramado el proceso de IMC?”;
- 50% de las empresas consultadas respondieron Si a la pregunta:
 - “¿En su empresa tienen definidos formalmente productos de IMC, pero distribuidos en otros procesos?”.
 - 100% de las empresas dicen que hacen gestión por procesos.

De hecho, uno de los actuales clientes de Ortiz Ruiz Consultores en el sector eléctrico está definiendo hasta este año la inclusión del proceso (llamado procedimiento, según su nivel interno establecido) como parte de los procesos de mantenimiento. Por razones de confidencialidad con el cliente, su nombre se mantiene en reserva.

2.1.2 Literatura disponible sobre el proceso IMC. En el subcapítulo 3.1.3, Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad de Equipos, se presentan los temas que se incluyen en la literatura disponible. En ella se observa que en todos se documentan las metodologías operativas como Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), Análisis de Causa Raíz (RCA), Inspección Basada en Riesgos (RBI), Inspección con Termografía, Análisis de Condición de equipos con Vibraciones, Tribología, entre otras. Los autores coinciden en definir las como parte de la Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad. Sin embargo, la integración de

estas y su relación con otros procesos o procedimientos de mantenimiento, o entre las citadas, no está documentada en las normas ni en los libros. Tampoco, al revisar cada uno de los documentos o normas de referencia del método, se incluye el modelo de proceso de empresa donde se aplique y cómo conectar sus productos con los demás. Igualmente, se han desarrollado normas para modelos de gestión como la ISO 9000 para la gestión de Calidad, ISO 31000 para la gestión de riesgos o la ISO 55000 para la gestión de activos, pero solo indicando la necesidad de identificar los procesos, más no ese detalle.

En la consulta de libros que han presentado el término Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad, por separado o unificados, sus tablas de contenido solo plantean las metodologías y técnicas a aplicar, tales como las ya mencionadas RCM, RCA, y otras como RBI, TPM, Indicadores (Tablero Balanceado de Gestión - TBG), Monitoreo de vibraciones, Tribología, etc., como es el caso del libro Maintenance Engineering Handbook¹ de R. Keith Mobley, Maintenance Engineering and Management² de Subhash Chandra y Reliability and Maintenance Engineering³ de R.C. Mishra, PhD. Solo dos han incluido una propuesta del proceso de ingeniería de mantenimiento:

- Designing Food Safety and Equipment Reliability Through Maintenance Engineering⁴ de Sauro Riccetti, aplicado a empresas de un sector específico tal como lo describe en su tabla de contenido.

¹ MOBLEY, Keith, Maintenance Engineering Handbook, Abstract, Table of Contents [En línea]. Access Engineering (Recuperado en 2 febrero 2019) Disponible en <https://www.accessengineeringlibrary.com/browse/maintenance-engineering-handbook-eighth-edition#fullDetails>.

² CHANDRA, Subhash, Maintenance Engineering and Management, Table of Contents [En línea]. SK Kataria & Sons, Publisher of Engineering books in India (Recuperado en 2 febrero 2019) Disponible en <http://www.skktariaandsons.com/dbook.php?978-93-5014-224-0>

³ MISHRA, R.C., Reliability and Maintenance Engineering, Product details, [En línea]. Google books. (Recuperado en 2 febrero 2019) Disponible en https://books.google.com.co/books?id=TaiXqGtFFKEC&pg=PR3&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false

⁴ RICCETTI, Sauro, Designing Food Safety and Equipment Reliability Through Maintenance Engineering, Summary – Table of contents [En línea]. CRC Press. (Recuperado en 2 febrero 2019) Disponible en <https://www.crcpress.com/Designing-Food-Safety-and-Equipment-Reliability-Through-Maintenance-Engineering/Riccetti/p/book/9781466589872>

- Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad en la gestión de activos⁵ de Carlos Parra y Adolfo Crespo.

Otra fuente de literatura relacionada es la presentada en eventos como los cursos organizados por la Asociación Colombiana de Ingenieros – ACIEM – (ver Anexo 1.) y el Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos de la misma organización (www.aciem.org), pero al consultar las memorias de nueve de los últimos quince congresos realizados y de los contenidos de los programas, no se encuentra una propuesta concreta sobre cómo debería ser el proceso.

2.1.3 Sector eléctrico colombiano

2.1.3.1 Estructura básica. Los principales actores productivos de cualquier sector eléctrico son los generadores, transmisores y distribuidores. Sin embargo, el sector eléctrico colombiano está compuesto por generadores, transmisores, distribuidores, comercializadores y los organismos para su regulación, supervisión y un ente de planeación.

Los generadores, son empresas que tienen plantas de generación eléctrica, las cuales pueden ser hidroeléctricas, térmicas u otras tecnologías. Gracias a la riqueza hídrica que existe en el país, gran cantidad de la capacidad instalada corresponde a plantas hidroeléctricas.

Las actividades de transmisión y distribución se caracterizan por ser intensivas en capital y tener costos fijos iniciales muy altos. Dado que hay economías de escala, esto es, ventajas respecto a los costos a medida que se expande una empresa, se podría dar la presencia de monopolios en ambas actividades.

⁵ PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto, CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo, Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad en la gestión de activos⁵, Edit. INGEMAN, Sevilla, España, 2012, p.4.

Para llevar la electricidad a los usuarios finales, se transporta a través de las redes eléctricas del sistema de transmisión desde los puntos de generación hasta los grandes centros de consumo. Allí se instalan subestaciones para convertir el nivel de tensión y luego ser entregada por medio de las redes de los distribuidores a los pequeños consumidores de una misma región. Entonces, la principal diferencia entre transmisores y distribuidores es el nivel de tensión (o voltaje) al que están conectados sus activos. Los transmisores operan a tensiones mayores o iguales a 220kV, mientras que los distribuidores operan a niveles de voltaje menores a 220kV. Los comercializadores son quienes se encargan de comprar la energía en el mercado mayorista para luego venderla a los consumidores, los cuales algunos no están autorizados para hacerlo directamente, o simplemente no desean hacerlo.

El ente encargado de regular el sector es la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) es la responsable de la supervisión y control, mientras que la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) se encarga de realizar la planeación del sistema.

Existen varias razones por las cuales es bueno regular un monopolio natural, ya que si se hace de manera correcta se disminuye el efecto sobre el bienestar social evitando que haya apropiación de excedentes del consumidor por parte de los productores. Adicionalmente, se pueden garantizar aspectos importantes, como el libre acceso a las redes y a la información de las mismas, eficiencia técnica mediante evolución tecnológica de los sistemas, la existencia de entidades de control y vigilancia, entre otras.⁶

La estructuración del sector eléctrico colombiano está definida entre el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y las Zonas No Interconectadas (ZNI). Se denomina al SIN como el sistema compuesto por las plantas y equipos de generación, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución y las

⁶ ALBARRACÍN, Denis Adrián; ROA, Luis Fernando (2010): “Eficiencia de Empresas de Distribución de Energía en Latinoamérica ante Diferentes Esquemas Regulatorios”. Tesis de Maestría en Regulación. Universidad de los Andes. p.12.

cargas eléctricas de los usuarios. Todo aquello que no haga parte del SIN, pertenece a las ZNI.

El SIN a su vez está compuesto por el Sistema de Transmisión Nacional (STN), el Sistema de Transmisión Regional (STR) y el Sistema de Distribución Local (SDL). Los transmisores hacen parte del STN, mientras que los distribuidores están divididos entre el STR y el SDL.

La división para los distribuidores entre el STR y el SDL está basada en la categorización mostrada en la Tabla 1:

Tabla 1 Clasificación por Niveles de Tensión

Nivel	Voltajes	SDL / STR
1	Sistemas con tensión menor a 1 kV	SDL
2	Sistemas con tensión mayor o igual a 1 kV y menor a 30 kV	SDL
3	Sistemas con tensión mayor o igual a 30 kV y menor a 57.5 kV	SDL
4	Sistemas con tensión mayor o igual a 57.5 kV y menor a 220 kV	STR
<i>Tomado de la resolución CREG 015 de 2018</i>		

Aquellas empresas que posean activos en el Nivel 4, hacen parte de un STR; mientras que aquellas que posean activos entre los Niveles 1 y 3 hacen parte de un SDL.

Los siguientes grupos de datos permiten obtener una buena dimensión de la importancia del sector y del potencial de trabajo que puede desarrollarse:

- Dimensión del Sistema: A finales del 2017, la capacidad neta instalada del sistema eléctrico colombiano era de un poco menos de 17000 MW. Para dar una idea de lo que representa esta magnitud, la planta nuclear más grande del

mundo, Kashiwazaki - Kariwa⁷, fue diseñada con la capacidad de generar un poco más de 8200 MW; la presa Hoover⁸ en Estados Unidos tiene una capacidad de producción de 2080 MW; la central hidroeléctrica de Guavio⁹, ubicada en el departamento de Cundinamarca – Colombia, es capaz de generar un poco más de 1200 MW de potencia. Antes del accidente, Hidroituango tenía previsto entrar con 2400 MW¹⁰. Hoy en día, según datos de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), en el país se consume un total de 65000 GWh al año.

- Empresas del sector: En el STR se tienen definidos dos sectores, Norte y Centro-Sur. En el Norte tiene una sola empresa, la cual es Electricaribe, y en Centro-Sur están participando 27 empresas¹¹.
- Cantidad de empresas del sector eléctrico colombiano: 27¹², operando y registradas ante la CREG

⁷ Kashiwazaki-Kariwa Nuclear Power Station, Plant data and description [En línea]. Power Technology. (Recuperado en 2 enero 2019) Disponible en <http://www.power-technology.com/projects/kashiwazaki/>

⁸ Hoover DAM, Frequently Asked Questions and Answers [En línea]. RECLAMATION, Managing Water in the West. (Recuperado en 2 enero 2019) Disponible en <http://www.usbr.gov/lc/hooverdam/faqs/powerfaq.html>.

⁹ ENEL, Nuestras centrales. (Recuperado en 2 enero 2019) Disponible en <https://www.enel.com.co/es/las-companias/generacion-de-energia/nuestras-centrales.html>

¹⁰ HIDROELECTRICA ITUANGO, Proyecto Hidroeléctrico Ituango [En línea]. Proyectos. (Recuperado en 2 enero 2019) Disponible en <https://www.hidroituango.com.co/proyectos/proyecto-hidroelectrico-ituango/38>

¹¹ CREG, Resolución 015-2018, Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional, Bogotá, 2018. p. 170

¹² CREG, Empresas del sector eléctrico colombiano [En línea]. (Recuperado en 2 enero 2019) Disponible en http://cregas.creg.gov.co/pls/directdcd/directorio_fmt.empresas_energia

2.1.3.2 Aplicación de la gestión de activos en el sector. A los distribuidores, y próximamente a los transmisores, se les empezó a exigir la implementación de un sistema de gestión de activos basado en la norma ISO 55001. Para los distribuidores, la resolución CREG 015 de 2018, publicada en enero 29 de 2018, lo presenta en el numeral 6.3.3.4. En el caso de los transmisores, la resolución CREG 177 de 2016 (que se encuentra en consulta a la fecha de elaboración de este documento) presenta este requerimiento en el numeral 6.3.6.

A ambos tipos de agentes se les exige que incluyan en sus planes de inversión los activos necesarios para la implementación y certificación de un sistema de gestión de activos acorde con la norma ISO 55001 en un plazo de cinco años contados a partir de la entrada en vigencia de la respectiva resolución.

Durante el primer año de implementación del sistema de gestión de activos, las empresas deben realizar un diagnóstico de las brechas frente al cumplimiento de la norma y construir el plan de trabajo para los próximos 4 años para el cierre de brechas y obtener la certificación. Así mismo, deben informar anualmente el avance en el cierre de brechas y cuáles son las inversiones que se identificaron y se han realizado en la implementación del sistema.

2.1.4 Ortiz Ruiz Consultores. Ortiz Ruiz Consultores SAS, empresa colombiana, creada en el año 2010, viene ganando espacio en la asesoría de empresas a través de la implementación y aplicación de mejores prácticas de gestión de activos y de mantenimiento, entre ellas la gestión por procesos con su propia metodología denominada Gestión Sistémica de Procesos de Empresa (GESPRE)¹³, con la aplicación de la metodología Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), la optimización de repuestos con su propia metodología denominada Repuestos Alineados con Riesgo y Confiabilidad (RARC), la aplicación de la metodología

¹³ ORTIZ PLATA, Daniel. Gestión del Inventario de Repuestos. Bogotá: Ortiz Ruiz Consultores, 2016. p.23. ISBN 978-958-46-8902-3

Análisis de Causa Raíz (RCA) y el apoyo en la implementación del modelo de Gestión de Activos basados en la serie de normas ISO 55000.

En su plan estratégico ha planteado la oportunidad de trabajar en la Gestión de Activos con eje central la definición de los procesos e implementación de metodologías que allí se definan.

En los últimos años, el servicio de consultoría de Ortiz Ruiz Consultores se ha enfocado en las empresas del sector eléctrico y de allí se han identificado oportunidades que pueden cubrirse con este trabajo.

2.1.5 Identificación de oportunidades. La Figura 1. **Identificación de oportunidades de desarrollo, mejora y negocio**, ilustra cómo desde los aspectos planteados en las cuatro secciones anteriores se identifica la oportunidad para desarrollar y mejorar el proceso del IMC y convertirlo también en una oportunidad de negocio.

Las siguientes condiciones complementan el entendimiento de la Figura 1:

- En el trabajo de construir los procesos de empresa, en particular, los de mantenimiento, muchas empresas se han quedado en la concepción del mantenimiento como Planeación (o planeamiento), Programación y Ejecución, sin incluir el concepto de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad. Algunas incluyen actividades relacionadas con este proceso de ingeniería dentro de la etapa de planeación o como una etapa posterior a la ejecución para Evaluar y Retroalimentar, pero sin llegar a cubrir todo lo que se estima debería ser.
- El sector eléctrico colombiano, específicamente el de transmisión y distribución representa un pilar fundamental para la economía del país. Esta condición fue evidente desde los primeros años de la década de los años 90 en el siglo pasado cuando se presentó lo que en su momento se llamó “el apagón”. Debido a esta situación se creó la Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG – con el

fin de regular el sector y controlar a las empresas para que no hubiera monopolios ni gestiones deficientes de las empresas que conduzcan a un caos similar¹⁴.

- En el año 2014 se publicó la norma ISO 55001 donde se definen los requisitos o requerimientos que una empresa debe cumplir para poderse certificar en gestión de activos. Esta norma define que se deben estructurar todos los procesos de empresa que tengan relación directa o indirecta con los activos.¹⁵
- El Instituto de Gestión de Activos (IAM, por sus siglas en inglés) y el Foro Global de Mantenimiento y Gestión de Activos (GFMAM, por sus siglas en inglés), organizaciones internacionales que más renombre, por el momento, tienen en la promoción de la implementación del modelo de gestión de activos en las empresas, en especial las intensivas en activos físicos productivos, han incluido el proceso de ingeniería de mantenimiento como uno de los 39 tópicos a trabajar en las empresas intensivas en activos físicos productivos.
- En febrero de 2018, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) de Colombia publicó¹⁶ la regulación 015 la cual obliga a las empresas de distribución de energía eléctrica a certificarse en la norma ISO 55001 en un tiempo no mayor a 5 años a partir de la fecha de expedición de la regulación. Se prevé que en los próximos meses se publicará una regulación similar para las empresas de transmisión de energía e incluso para las empresas de generación.

Adicional a estas cuatro condiciones, de la consulta mencionada en la sección 2.1.1 se observa que las empresas tienen oportunidades de mejora en la estructuración de los procesos, en particular los de mantenimiento, ya que dicen aplicar la gestión por procesos, pero no están incluyendo formalmente la mayoría de los métodos que

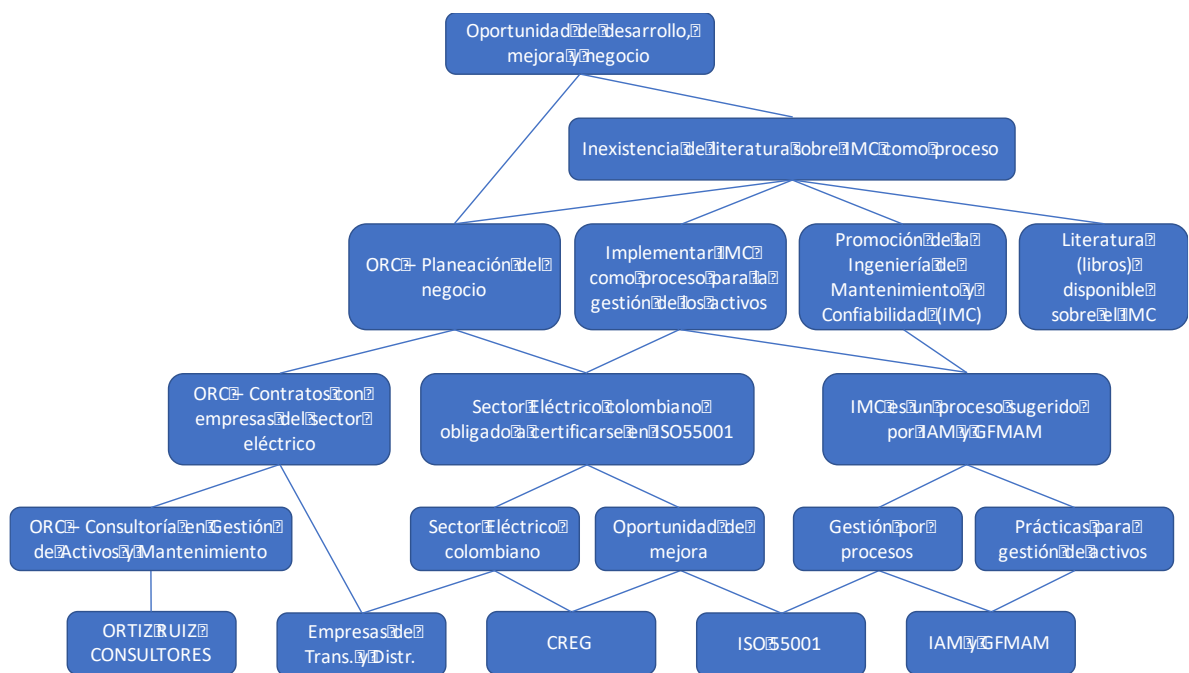
¹⁴ CREG, Perfil de usuario: Ciudadano [En línea]. Visión y Misión. (Recuperado en 2 enero 2019) Disponible en <http://181.118.158.10/creg/quienes-somos/mision-y-vision>

¹⁵ ISO, ISO 55001:2014 [En línea]. Standards catalogue. (Recuperado en 2 enero 2019) Disponible en <https://www.iso.org/standard/55089.html>

¹⁶ CREG, Resolución 015-2018, Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional, Bogotá, 2018. p. 1

la bibliografía sugiere aplicar (ver sección 3.1.3, bibliografía consultada). Esto se une al hecho de que rara vez las empresas tienen el personal calificado y disponible en su interior, en su nómina, para adelantar proyectos de mejoramiento de procesos, en especial las medianas y pequeñas empresas. Las empresas grandes, como las de la industria petrolera o petroquímica, dadas sus estructuras y sus recursos financieros, han logrado desarrollar estos modelos.

Figura 1. Identificación de oportunidades de desarrollo, mejora y negocio



Visto todo lo anterior, Ortiz Ruiz Consultores ha identifica una oportunidad para ampliar su portafolio de productos a ofrecer, en particular al sector eléctrico colombiano que en los próximos cinco años debe demostrar la implementación de métodos como el tratado en este trabajo. Así, la construcción de un modelo práctico

y moderno de un proceso de ingeniería de mantenimiento y confiabilidad se convierte en un proyecto de trabajo que responda a las necesidades identificadas.

2.2 DECLARACIÓN DEL PROBLEMA / OPORTUNIDAD

2.2.1 Declaración. Aplicando una adaptación del modelo de “Definición del problema”, propuesto en la metodología “Fact Based Problem Solving Process”¹⁷, diseñada por Shell Global Solution, se plantea la siguiente ecuación:

$$[\text{Declaración del problema/oportunidad}] = [\text{Esperado}] - [\text{Actual}] + [\text{Impacto}]$$

Con base en lo descrito en las anteriores secciones, se redactan las variables de la fórmula, así:

[Esperado] = Las empresas en general necesitan mostrar cada día mejores resultados en mantenimiento a través de sus indicadores de gestión, y cumplir las regulaciones (tal como lo indica la CREG) basados en procesos estructurados, sistémicos y sistemáticos, como el de ingeniería de mantenimiento y confiabilidad (mejores prácticas internacionales propuestas por el IAM y GFMAM). Los dos indicadores que más representan esta situación son Disponibilidad de Activos y Costos de Mantenimiento vs Inversión o Reposición de Activos.

[Actual] = Hay un importante porcentaje de empresas que no tienen un proceso de ingeniería de mantenimiento y confiabilidad y esto les limita en el cumplimiento de los requerimientos de mejoramiento de sus indicadores del negocio y del cumplimiento de la nueva regulación, (+) los recursos de las empresas

¹⁷ SHELL GLOBAL SOLUTIONS INTERNATIONAL B.V., Presentación PowerPoint Proceso de solución de problemas con base en los hechos, Cartagena, 2003, p.27

generalmente no son suficientes ni los idóneos para llevar a cabo tal desarrollo e implementación, (+) Ortiz Ruiz Consultores, como empresa de consultoría, considera que tiene puede aprovechar esta oportunidad para, con sus fortalezas, responder a sus clientes en este tema.

[Impacto] = Incumplimiento de las empresas a los requerimientos expuestos en las regulaciones de la CREG, en particular por la pérdida de disponibilidad de unidades constructivas, (+) baja respuesta a la exigencia de los grupos de interés de las empresas, entre ellos los accionistas y los entes de regulación debido a las compensaciones por incumplimiento al mínimo nivel de disponibilidad de los activos, (+) pérdida de competitividad, (+) y, en el peor de los casos, alto riesgo de pérdida de la continuidad en sus cargos para los directivos de mantenimiento al no poder mostrar resultados.

Teniendo en cuenta el planteamiento anterior, Ortiz Ruiz Consultores ha identificado que una de las soluciones a esta situación es la construcción e implementación de un “Modelo de Proceso de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad”, proyectándolo como una oportunidad de tal forma que pueda ser ofrecido y, de ser aceptado, implementado en varias empresas identificadas como clientes potenciales y clientes reales, y aporte en el cumplimiento de las regulaciones y requerimientos de los grupos de interés.

2.2.2 Justificación. Las observaciones que motivaron la declaración son el soporte de la justificación del trabajo. A continuación, se presentan de forma resumida:

- + Las empresas necesitan constantemente mejorar sus resultados en mantenimiento;
- + Una práctica para mejorar el mantenimiento es la aplicación de métodos asociados con la ingeniería de mantenimiento y confiabilidad;

- + El modelo de gestión por procesos es la práctica definida por las normas ISO de gestión para ejecutar y medir lo que se hace o debe hacerse;
- + La literatura sobre Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad es clara sobre los métodos a aplicar, pero no se encuentra aún documentada la definición del proceso y menos su forma de integrarlos;
- + Las empresas en general (pocas se escapan de esta condición, sean grandes o pymes) no tienen personal con el conocimiento o con la disponibilidad para trabajar en el diseño e implementación del proceso IMC;
- + Las empresas de consultoría son un recurso clave que las empresas industriales utilizan para abastecerse del conocimiento y prácticas sobre temas que no pueden desarrollar por sí mismos.
- + Ortiz Ruiz Consultores es una empresa de Consultoría con decisión de trabajar en Procesos de Gestión de Activos, trabajando en empresas industriales intensivas en activos físicos productivos.
- + Aunque el modelo podría construirse para cualquier tipo de empresa, la validación podría ser muy extensa y salirse del propósito de este trabajo. Por tal razón, se define aplicarlo al sector eléctrico así más adelante se pueda aplicar a otros sectores industriales.

Es de destacar que este producto es importante para Ortiz Ruiz Consultores S.A.S., tal como se lo ha planteado en su plan estratégico para competir en los procesos de contratación para la implementación, no solo de métodos y buenas prácticas de mantenimiento, sino de la norma NTC-ISO 55001¹⁸. Dicha norma tiene dos características importantes en este momento (año 2018):

- Primero: tiene una proyección de aplicación bien destacada ya que ha sido incluida como un requisito en la regulación de la CREG 015 de 2018 - Metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional – y está también incluida en el

¹⁸ ICONTEC, ISO 9001-2015, Sistemas de Gestión de la Calidad, Requisitos, Bogotá, 2015. 33p.

proyecto de resolución CREG 177 de 2016 la cual aplicará a los agentes que participan en la transmisión de energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional.

- Segundo: es específica en su exigencia de definir, implementar y medir el desempeño de los procesos que se requieren para la gestión de los activos, tal como lo indica, principalmente, en sus numerales 4.4 Sistema de Gestión de Activos, 6.2.2 Planificación para lograr los objetivos de gestión de activos y 8.1 Planificación y Control Operacional, los cuales se transcriben a continuación, textualmente:

“4.4 SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS¹⁹

- La organización de establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión de activos, incluyendo los procesos necesarios y sus interacciones, de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional”
- “6.2.2 Planificación para lograr los objetivos de gestión de activos²⁰
- Al planificar la forma de lograr sus objetivos de gestión de activos, la organización de determinar y documentar:
 - a) El método y los criterios para tomar decisiones y priorizar las actividades y recursos para cumplir su plan de gestión de activos y alcanzar los objetivos de gestión de activos:
 - b) Los procesos y métodos a emplear en la gestión de sus activos durante sus ciclos de vida”

“8.1 PLANIFICACIÓN Y CONTROL OPERACIONAL²¹

- La organización debe planificar, implementar y controlar los procesos requeridos para cumplir los requisitos e implementar las acciones determinadas en el

¹⁹ Ibid., Pág. 2

²⁰ Ibid., Pág. 5

²¹ Ibid., Pág. 9

apartado 6.1 y las acciones correctivas y preventivas determinadas en los apartados 10.1 y 10.2 de la siguiente manera:

- Estableciendo criterios para los procesos;
- Implementando el control de los procesos de acuerdo con esos criterios [...]"

3 ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA

3.1 MARCO TEÓRICO

3.1.1 Gestión por procesos. El modelo de gestión por procesos para las empresas tiene sus inicios en los años 70²² del siglo XX, motivado por la implementación de los procesos con calidad, cuando se aplicó lo que se conoce como TQM – Total Quality Management – y llegando a tener una formalización en el hemisferio occidental a través de la publicación de las normas BS5750 y la ISO 9000 en los años 1980²³.

A partir de esos hitos, el mundo empresarial inició el giro hacia el entendimiento de “lo que se debe hacer” de una manera estructurada. Pero muchos estaban enfocados solamente en los procesos productivos y en “cómo satisfacer al cliente”, desatendiendo los otros procesos que la empresa requiere ejecutar para su total e integral desarrollo. Basado en esta apreciación, en el año 1991, H. James Harrington publica su libro Business Process Improvement, traducido al español y publicado en 1993 como Mejoramiento de los Procesos de la Empresa²⁴, donde invita a centrarse en los procesos de la empresa y propone una metodología para

²² LUSK, Sandra, PALEY, Staci, SPANYI, Andrew, The Evolution of Business Process Management as a Professional Discipline, BPTrends, 2005 [En línea]. BP Trends, BPM Analysis, Opinion and Insight. (Recuperado en 2 febrero 2019) Disponible en <https://www.bptrends.com/bpt/wp-content/publicationfiles/06%2D05%20WP%20ABPMP%20Activities%20%2D%20Lusk%20et%20al%202Epdf>

²³ BSI, ISO 9001 Documento Técnico, La historia y el futuro de ISO 9001, un cambio inminente. Spanish-ISO9001-revision-PRINTv2.pdf. (recuperado en 2 enero 2019) Disponible en <http://www.bsigroup.es/es/formulario/cambios-iso-9001>,

²⁴ HARRINGTON, H.J., Mejoramiento de los procesos de la empresa, McGrawHill, Bogotá, 1993. 309p.

realizar dicho mejoramiento en la cual incluye modelos de diagramas de flujo para representar la secuencia lógica de las actividades. Esta metodología sigue vigente, promovida por organizaciones como Association of Business Process Management Professionals International²⁵ – ABPMP – y Business Process Management Institute²⁶ – BPM Institute –.

En la actualidad existen varias alternativas de herramientas tecnológicas para trabajar en la diagramación y análisis de procesos. Las alternativas pueden ir desde trabajar en Excel, con sus opciones de graficos, hasta herramientas como Bizagi Modeller²⁷, Smartsheet²⁸, Kissflow²⁹ o Lucidchart³⁰. Para este trabajo se estará utilizando el primero de ellos, Bizagi Modeller, por su disponibilidad, costo y conocimiento previo de la herramienta.

El modelo de mejoramiento de procesos de empresa de H.J. Harrington, aún vigente, propone cinco macroactividades, las cuales se ilustran en la Figura 2. El modelo está diseñado para trabajarlo desde el interior de una empresa por lo que para este caso se observa la necesidad de realizar varias adaptaciones – más adelante se definirán cuáles – para alinearlo con el modelo Gestión Sistémica de Procesos de Empresa – GESPRES – y con la condición propia del trabajo, externo a la empresa que lo aplicará y propio desde el punto de vista del consultor.

²⁵ ABPMP INTERNATIONAL, Association Of Business Process Management Professionals International [En línea]. (Recuperado en 2 enero 2019), Disponible en <http://www.abpmp.org>

²⁶ BPM INSTITUTE, A peer to peer Exchange for business process management professionals [En línea]. (Recuperado en 15 enero 2019) Disponible en <http://www.bpminstitute.org>

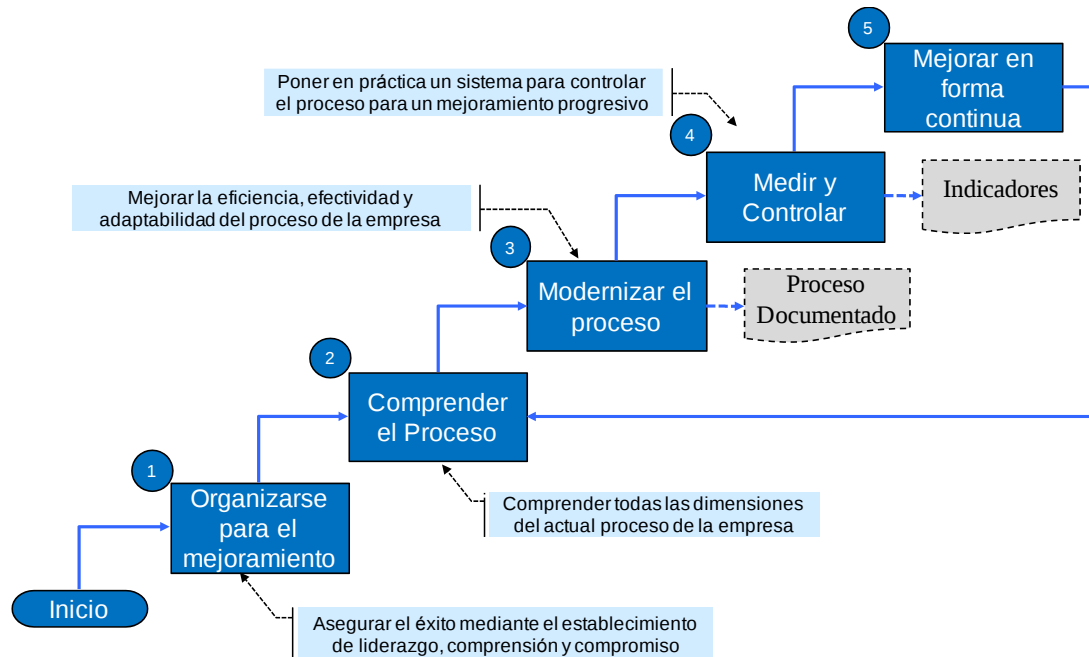
²⁷ BIZAGI, Bizagi Modeler, Software de modelamiento de procesos de negocios [En línea]. (Recuperado en 16 diciembre 2018) Disponible en <https://www.bizagi.com/es/productos/bpm-suite/modeler>

²⁸ SMARTSHEET, Smartsheet Product overview [En línea]. Make collaboration work. (Recuperado en 16 diciembre 2018) Disponible en <https://www.smartsheet.com/product>

²⁹ KISSFLOW, Digital workplace, One platform to optimize, manage and track your work [En línea]. (Recuperado en 16 diciembre 2018) Disponible en <https://kissflow.com>

³⁰ LUCIDCHART, Diagrams done right [En línea]. (Recuperado en 16 diciembre 2018) Disponible en <https://www.lucidchart.com>

Figura 2. Modelo de Mejoramiento de Procesos de Empresa, de H.J. Harrington³¹



Harrington propone un mayor nivel de detalle de las macroactividades de la siguiente forma:

1. Organizarse para el mejoramiento

- Establecer el Equipo de Ejecutivo de Mejoramiento (EEM)
- Nombrar un líder del EEM
- Suministrar entrenamiento al EEM
- Desarrollar un modelo de mejoramiento
- Comunicar las metas
- Revisar la estrategia de la empresa y los requerimientos del cliente
- Seleccionar los procesos críticos

³¹ HARRINGTON, Op. cit., p.23-25

- Nombrar responsables del proceso de mejoramiento
- Conformar el Equipo de Mejoramiento del Proceso (EMP) seleccionado a sus miembros

2. Comprender el proceso

- Elaborar Plan inicial del EMP
- Definir el alcance y misión del proceso
- Definir los límites del proceso
- Proporcionar entrenamiento al equipo
- Desarrollar una visión general del proceso
- Definir los medios de evaluación y las expectativas del proceso
- Diagramar el flujo del proceso
- Reunir los datos de costo, tiempo y valor
- Realizar los repasos del proceso y solucionar las diferencias
- Actualizar la documentación

3. Modernizar el proceso

- Proporcionar entrenamiento al equipo
- Identificar oportunidades de mejoramiento
- Trabajar las oportunidades de mejoramiento
- Actualizar el Proceso (Documentar el proceso)
- Definir perfil y competencial del personal para el nuevo proceso
- Seleccionar a los trabajadores
- Entrenar a los trabajadores en el proceso nuevo / optimizado

4. Medir y Controlar

- Desarrollar mediciones y objetivos del proceso
- Establecer un sistema de retroalimentación
- Realizar periódicamente la auditoría del proceso
- Establecer un sistema de costos de mala calidad

5. Mejorar en forma continua

- Definir el alcance y misión del proceso
- Definir los límites del proceso
- Proporcionar entrenamiento al equipo
- Desarrollar una visión general del proceso
- Definir los medios de evaluación y las expectativas del proceso
- Diagramar el flujo del proceso (regresa a la macroactividad 2., a la actividad con el mismo nombre y repetir el ciclo tantas veces como posibilidades de mejoramiento se encuentren)

Otro modelo que ha sido aplicado para “cambiar” los procesos de la empresa, publicado casi en paralelo al trabajo de H.J. Harrington, y también aún vigente, es el propuesto inicialmente por Michel Hammer y James Champy en su libro “Reingeniería: Olvide lo que usted sabe sobre cómo debe funcionar una empresa - ¡Casi todo está errado!”³², donde invitan a hacer un “borrón y cuenta nueva” sobre lo que se hace en la empresa, lo cual, según expresiones de algunos expertos en procesos, va en contravía de lo que se sugiere en el modelo de mejora continua. El desarrollo histórico de la Reingeniería de Procesos, [Ospina, R.]³³ ha conducido a ajustes sobre la propuesta inicial. La siguiente secuencia de pasos es la propuesta por M. Lefcovich, según Ospina:

Etapas Definir el proyecto

- Definir objetivos (prospectiva de la organización)
- Definir el ámbito del proyecto
- Definir los instrumentos de análisis y referentes comunes

³² HAMMER, Michael, CHAMPY, James, Reingeniería Olvide lo que usted sabe sobre cómo debe funcionar una empresa. ¡Casi todo está errado!, Bogotá, Editorial Norma, 2005. 224p. ISBN 958-04-2650-3

³³ OSPINA DUQUE, Rodrigo. La reingeniería de procesos: una herramienta gerencial para la innovación y mejora de la calidad en las organizaciones. En: Cuadernos Latinoamericanos de Administración, Universidad El Bosque, enero-junio, 2006, vol. II, no.2., p. 91-99.

Etapa 2 Analizar la situación actual

- Diagnóstico de la organización
- Diagnóstico del entorno
- Flujo de los procesos
- Paradigmas empresariales

Etapa 3 Diagnóstico de las necesidades de la empresa

- Limitaciones
- Debilidades
- Necesidades y limitaciones de información y control

Etapa 4 Diseño de la nueva organización

- Rediseño de los flujos de procesos
- Rediseño de flujos de información
- Rediseño de Organización
- Rediseño de las Estrategias y políticas
- Replanteo de los Paradigmas empresariales
- Rediseño de la Plataforma tecnológica
- Rediseño de los Productos o servicios

Etapa 5 Implementación

- Capacitación, entrenamiento
- Creación de roles y cargos
- Compra de equipos e infraestructura

Estas dos metodologías, aunque planteando la solución con aplicación práctica diferente, se corresponden en los siguientes pasos:

- Definir el proyecto: proponiendo un plan de acción que conlleve organizar un equipo de trabajo, establecer estrategias, objetivos, promotores y responsables;
- Comprender el proceso, analizando la situación actual y diagnosticando las necesidades de la empresa;

- Diseñar la nueva empresa centrados en la modernización de los procesos
- Implementar el nuevo modelo midiendo, controlando y definiendo acciones para la mejora continua.

En cualquier tratamiento del tema “Gestión por procesos” es necesario revisar el esquema de la ISO 9000, ya mencionado anteriormente. Aunque mejorada la primera publicación en 1994, fue en la versión del año 2000 donde se dio la inclusión del “enfoque basado en procesos” en su numeral 0.2³⁴:

“0.2 Enfoque basado en procesos

Esta norma internacional promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos.”

Así, el área de trabajo del sistema de aseguramiento de la calidad (SAC) era muy concreto pero se mantenía sobre los procesos relacionados con el producto y la relación directa con el cliente; los procesos de negocio no eran mencionados. Tal referencia aún sigue en la última versión³⁵, 2015, de la cual se extractan menciones explícitas sobre el enfoque de procesos, en su capítulo 03 Enfoque a procesos, subcapítulo 0.3.1 Generalidades:

“Esta Norma Internacional promueve la adopción de un enfoque a procesos al desarrollar, implementar y [...] se incluyen requisitos específicos considerados esenciales para la adopción de un enfoque a procesos.

La comprensión y gestión de los procesos interrelacionados como un sistema contribuye a la eficacia y eficiencia de la organización [...]

El enfoque a procesos implica la definición y gestión sistemática de los procesos y sus interacciones, [...]

La gestión de los procesos y el sistema en su conjunto puede alcanzarse utilizando el ciclo PHVA [...]”

³⁴ AENOR, ISO 9001-2000, Sistemas de Gestión de la Calidad, Requisitos, Madrid, 2000. p.10

³⁵ ICONTEC, ISO 9001:2015, Sistemas de Gestión de la Calidad, Requisitos, Bogotá, 2015. p.ii

Este enfoque es muy importante para aquellas empresas donde el proceso de mantenimiento está relacionado directamente con el producto o con el cliente, como puede ser el caso de los negocios de transmisión y distribución de energía eléctrica en Colombia (puede que en otros países sea igual) ya que el producto ofrecido es la “disponibilidad” del sistema, el cual, a su vez, es una responsabilidad compartida entre Mantenimiento y algunos otros.

Aunque ya se hizo mención a la norma ISO 55001, volvemos en este momento sobre ella porque hace parte ahora del marco teórico en el cual se deben definir los procesos, como los de mantenimiento, en empresas que sus resultados dependen en un altísimo porcentaje de la gestión que se realice sobre los activos. Publicada en el año 2014, su esquema es bastante similar al de la ISO 9000:2015 ya que la ISO la ha denominado “Estructura de alto nivel” y es aplicado a todas las normas de gestión empresarial. La diferencia entre estas dos está relacionada con los “procesos de la empresa” que cada una trata, siendo así que la 55001 hace referencia al sistema de gestión de activos mientras que la 9001 se refiere al sistema de aseguramiento de la calidad y a los procesos que tienen directa relación con el producto o el servicio.

Con respecto al enfoque y tratamiento de los requerimientos, en su mayoría son iguales, lo cual se puede apreciar en el siguiente resumen de contenido:

Tabla 2 Comparación de contenido entre ISO 9001 e ISO 55001

ISO 9001	ISO 55001
0. INTRODUCCIÓN	0. INTRODUCCIÓN
1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN
2. REFERENCIA NORMATIVAS	2. REFERENCIA NORMATIVAS
3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES	3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES
4. CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN	4. CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN
4.1 COMPRENSIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y DE SU CONTEXTO	4.1 COMPRENSIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y DE SU CONTEXTO

4.2 CONOCIMIENTO DE LAS NECESIDADES Y LAS EXPECTATIVAS DE LAS PARTES INTERESADAS	4.2 CONOCIMIENTO DE LAS NECESIDADES Y LAS EXPECTATIVAS DE LAS PARTES INTERESADAS
4.3 DETERMINACIÓN DEL ALCANCE DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD	4.3 DETERMINACIÓN DEL CAMPO DE APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS
4.4 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD Y SUS PROCESOS	4.4 SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS
5. LIDERAZGO	5. LIDERAZGO
5.1 LIDERAZGO Y COMPROMISO	5.1 LIDERAZGO Y COMPROMISO
5.2 POLÍTICA	5.2 POLÍTICA
5.3 ROLES, RESPONSABILIDADES Y AUTORIDADES EN LA ORGANIZACIÓN	5.3 ROLES, RESPONSABILIDADES Y AUTORIDADES EN LA ORGANIZACIÓN
6. PLANIFICACIÓN	6. PLANIFICACIÓN
6.1 ACCIONES PARA ABORDAR RIESGOS Y OPORTUNIDADES	6.1 ACCIONES PARA TRATAR RIESGOS Y OPORTUNIDADES PARA EL SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS
6.2 OBJETIVOS DE LA CALIDAD Y PLANIFICACIÓN PARA LOGRARLOS	6.2 OBJETIVOS DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS Y PLANIFICACIÓN PARA LOGRARLOS
7. APOYO	7. SOPORTE
7.1 RECURSOS	7.1 RECURSOS
7.2 COMPETENCIA	7.2 COMPETENCIA
7.3 TOMA DE CONCIENCIA	7.3 TOMA DE CONCIENCIA
7.4 COMUNICACIÓN	7.4 COMUNICACIÓN
7.5 INFORMACIÓN DOCUMENTADA	7.5 REQUISITOS DE INFORMACIÓN
	7.6 INFORMACIÓN DOCUMENTADA
8. OPERACIÓN	8. OPERACIÓN
8.1 PLANIFICACIÓN Y CONTROL OPERACIONAL	8.1 PLANIFICACIÓN Y CONTROL OPERACIONAL
8.2 REQUISITOS PARA LOS PRODUCTOS Y SERVICIOS	8.2 GESTIÓN DEL CAMBIO
8.3 DISEÑO Y DESARROLLO DE LOS PRODUCTOS Y SERVICIOS	8.3 CONTRATACIÓN EXTERNA
8.4 CONTROL DE LOS PROCESOS, PRODUCTOS Y SERVICIOS SUMINISTRADOS EXTERNAMENTE	
8.5 PRODUCCIÓN Y PROVISIÓN DEL SERVICIO	
8.6 LIBERACIÓN DE LOS PRODUCTOS Y SERVICIOS	

8.7 CONTROL DE LAS SALIDAS NO CONFORMES	
9. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO	9. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO
9.1 SEGUIMIENTO, MEDICIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN	9.1 SEGUIMIENTO, MEDICIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN
9.2 AUDITORÍA INTERNA	9.2 AUDITORÍA INTERNA
9.3 REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN	9.3 REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN
10. MEJORA	10. MEJORA
10.1 GENERALIDADES	10.1 NO CONFORMIDAD Y ACCIÓN CORRECTIVA
10.2 NO CONFORMIDAD Y ACCIÓN CORRECTIVA	10.2 ACCIÓN PREVENTIVA
10.3 MEJORA CONTINUA	10.3 MEJORA CONTINUA

Como conclusión de este subcapítulo, se puede mencionar que:

- Se confirma la necesidad de trabajar en procesos para cumplir los requerimientos de las normas ISO. En lugares o secciones diferentes de las normas ISO y en la literatura presentada sobre procesos consideran como mejor práctica el establecer los procesos relacionados con el área de negocio en cuestión, lo cual conduce a plantear la aplicación del modelo de procesos a la Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad.
- Se trabajará parcialmente la metodología definida por H.J. Harrington, en particular en las actividades que se relacionan con la construcción del modelo de proceso, así:
 - ✓ 2. Comprender el proceso
 - Definir el alcance y misión del proceso
 - Definir los límites del proceso
 - Desarrollar una visión general del proceso
 - Definir los medios de evaluación y las expectativas del proceso
 - Diagramar el flujo del proceso
 - Realizar los repases del proceso y solucionar las diferencias
 - ✓ 3. Modernizar el proceso
 - Actualizar el Proceso (Documentar el proceso)

Definir perfil y competencial del personal para el nuevo proceso

- No se trabajará la metodología de HAMMER ya que está definida sobre la preexistencia de un proceso.

3.1.2 Modelamiento de Procesos. Para el modelamiento y diagramación de los procesos se requiere la utilización de objetos que representen los diferentes tipos de acciones tales como actividad, decisión, reporte, enlaces, etc. En aras de la estandarización de los objetos, en los años 80 y 90 se habían creado las organizaciones Business Process Management Initiative (BPMI) y Object Management Group (OMG) para establecer tales estándares de tecnología orientados a objetos, las cuales terminaron unificándose en la OMG en el año 2005. La OMG ha publicado la norma Business Process Model and Notation (BPMN), versión 2.0.2: 2013, la cual está definida como “una notación gráfica estándar que permite el modelado de procesos de negocio en formato de flujo de trabajo³⁶”. Se extracta la definición de BPMN que Nextech publica en su página de internet:

“Esta notación ha sido especialmente diseñada para coordinar la secuencia de los procesos y los mensajes que fluyen entre los participantes de las diferentes actividades. BPMN proporciona lenguaje común para que las partes involucradas puedan comunicar los procesos de forma clara, completa y eficiente. De esta forma BPMN define la notación y semántica de un Diagrama de Procesos de Negocio (Business Process Diagram, BPD)”.

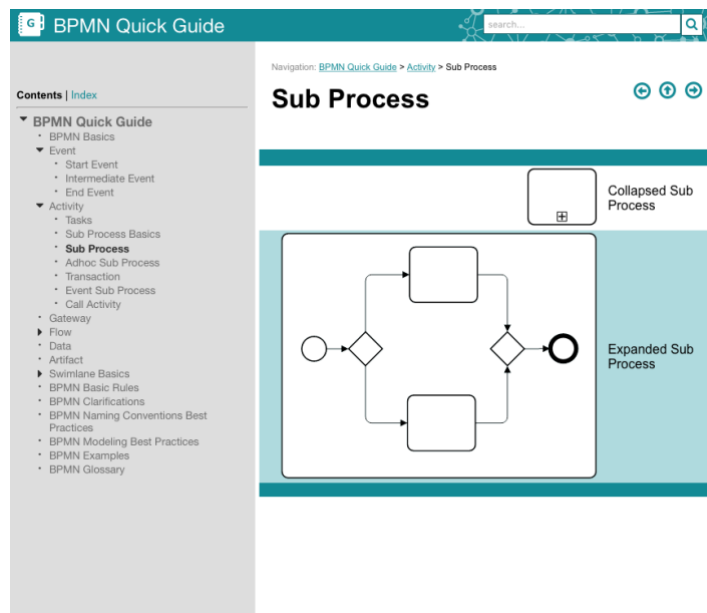
La notación gráfica, denominada Diagrama de Procesos (BPD) o, también, Diagrama de flujo (Flow chart), es la forma de mostrar a los interesados la secuencia en que las actividades y los momentos de toma de decisión se deben dar. El mismo Nextech los define como:

³⁶ NEXTEC, ¿Qué es BPMN y para qué sirve?, 2016 [En línea]. Education center, Noticias, (Recuperado en 17 diciembre 2018) Disponible en <https://nextech.pe/que-es-bpmn-y-para-que-sirve/>

“BPD es un diagrama diseñado para ser usado por los analistas, quienes diseñan, controlan y gestionan procesos. Dentro de un Diagrama de Procesos de Negocio BPD se utiliza un conjunto de elementos gráficos, agrupados en categorías, que permite el fácil desarrollo de diagramas simples y de fácil comprensión [...]”

Un ejemplo de la notación se muestra en la Figura 3, la cual es tomada de la guía rápida BPMN disponible en su página de internet³⁷.

Figura 3. Ejemplo de notación BPMN



En el subcapítulo Gestión por Procesos se había mencionado a Bizagi como la herramienta tecnológica seleccionada para la diagramación del proceso por su disponibilidad, costo y conocimiento previo de la herramienta. Otra característica por la que esta herramienta se selecciona es la inclusión del BPMN como

³⁷ BPMN, BPMN Quick Guide, Activity, Sub Process [En línea]. Quick guide. (Recuperado en 17 diciembre 2018) Disponible en <http://www.bpmnquickguide.com/view-bpmn-quick-guide/>

concepto central de la diagramación, tal como lo indica en su Guía Rápida de BPMN³⁸.

3.1.3 Proceso de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad. La consulta en www.google.com sobre “Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad”, “Ingeniería de Mantenimiento” e “Ingeniería de Confiabilidad” puede arrojar muchos sitios o páginas donde se trata el tema. Surgen empresas de consultoría, software para el análisis de confiabilidad, libros con ese título, entre otros. Pero al hacer la consulta sobre “Proceso”, a diferencia con las anteriores búsquedas, el resultado es nulo.

3.1.3.1 Bibliografía consultada. Realizada la consulta específica, se encontraron los siguientes libros que mencionan el tema “Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad”, de forma parcial o completa:

- [1] MOBLEY R., Keith, MBB, CMRP, Maintenance Engineering Handbook, Eighth Edition, 2014
- [2] CHANDRA, Subhash, Ph.D., Maintenance engineering and management, 2nd Edition, 2014
- [3] MAHESHWARKAR, Mohit S., Pallavi Maheshwarkar, Textbook of Reliability and Maintenance Engineering, 1st Edition, 2014
- [4] RICCETTI, Sauro, Designing Food Safety and Equipment Reliability Through Maintenance Engineering, New Age International, 2007
- [5] ALAKESH, Manna, A Textbook of Reliability and Maintenance Engineering, Alakesh Manna Editors, 2011
- [6] BANSAL, Amit Kumar, Reliability and Maintenance Engineering, 2014

³⁸ BIZAGI BPM, BPMN Guide Quick Start, 2017. p2.

- [7] GARCÍA GARRIDO, Santiago, Ingeniería De Mantenimiento Y Fiabilidad Aplicada En La Gestión De Activos, Renovetec, 2012
- [8] R.C. MISHRA, Reliability and Maintenance Engineering, New Age International, 2007
- [9] SILVA ARDILA, Pedro Eliseo, Orrego Barrera, Juan Carlos, Mantenimiento en la práctica, ACIEM, 2009
- [10] PARRA, Carlos Alberto, CRESPO, Adolfo, Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad en la gestión de activos, Edit. INGEMAN, Sevilla, España, 2012.

Revisadas las tablas de contenido, se observa una similitud entre todos: presentan las tecnologías y los métodos que se aplican cuando se “hace” ingeniería de mantenimiento y confiabilidad, pero ninguno hace una referencia explícita a la forma cómo todas esas metodologías y los métodos se encadenan para formar un proceso.

Los temas que más se encuentran en la literatura consultada, son:

- Principios de mantenimiento y de confiabilidad, definiciones de preventivo, predictivo, correctivo, proactivo, etc. [1], [2], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10]
- Estadística para la confiabilidad, distribuciones tipo Weibul, análisis de probabilidad [3], [4], [6], [8], [9], [10]
- Modelos matemáticos para RAM y simulaciones de confiabilidad (diagramas de bloque, Markov, Montecarlo, etc.) [2], [3], [5], [6], [9]
- Mantenimiento basado en condición [1], [2], [3], [4], [5], [7], [8], [10]
- Técnicas como Vibraciones, tribología, termografía, [1], [4], [5], [6], [7], [10]
- Sistemas computarizados [1], [2], [5], [6], [7], [8]
- Aspectos económicos como LCC, Costos de mantenimiento y el costo de la confiabilidad [1], [3], [4], [7], [8], [10]
- Planeación, programación y control del mantenimiento [1], [2], [5], [7], [8], [9], [10]
- Repuestos para mantenimiento [2], [6], [7]
- Mejores prácticas de mantenimiento, como TPM, RCM, RCA, RBI [1], [3], [4], [5], [6], [7], [10]

El que más se ha acercado al propósito de este trabajo es el libro de CRESPO y PARRA³⁹, con el modelo mostrado en la Figura 4.

Figura 4 Modelo del proceso de gestión de mantenimiento propuesto por Adolfo Crespo (2007) en el libro The Maintenance Management Framework



El otro autor que también se acerca a una propuesta para atender el problema presentado en este trabajo es S. RICCETTI al incluir el capítulo “El proceso para diseñar procedimiento de mantenimiento para la industria de alimentos”, con los siguientes subcapítulos:

“Introduction

Step 1: Application of HACCP Methodology

³⁹ PARRA, CRESPO, Op. cit. p.4

Activity 1: Listing All Hazards and Considerations of Any Control Measures to eliminate or Minimize Hazards Depending on Equipment Functions and Operational Tasks

Activity 2: Establishment of Critical Control Points (CCPs)

Activity 3: Establishment of Critical Limits for Each CCP

Activity 4: Establishment of Monitoring System for Each CCP

Activity 5: Establishment of Corrective Actions

Activity 6: Establishment of Verification Procedures

Activity 7: Establishment of Record Keeping and Documentation

Step 2: Application of Reliability-Centered Maintenance (RCM)

System Selection

Boundary Definition and Operational Mode Summary

Failure Analysis

First: Fault Tree and What's Different Analysis

Second: Root Cause Analysis and Cause Mapping

Third: Ishikawa with His Fishbone Diagram

Fourth: Five Why's Technique

Functional and Potential Failure Determination

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Review of Maintenance History

Determine Maintenance Approach for Each Failure Effect

RCM Logic Tree for Task Selection

Determining the Task Interval

Step 3: Safety and Reliability Analysis through HACCP and RCM

Step 4: List of Priorities (Safety and Reliability Analysis)

Step 5: Design of Maintenance Tasks"

En conclusión, por lo visto en la literatura y el análisis que de ella se ha podido realizar, no se identifica una publicación que presente el tema lo que deriva en una gran oportunidad para desarrollar los modelos del proceso.

3.1.3.2 Publicaciones científicas consultadas en bases de datos indexadas. Se realizó una búsqueda en internet a través de los buscadores ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com>) y Google Scholar (<https://scholar.google.es>), en los sitios Elsevier (<https://www.elsevier.com>) y Springer Link (<https://link.springer.com>) con resultados negativos. La mayoría de los documentos que se encuentran, al igual que en lo comentado en la bibliografía consultada, corresponden a modelamientos matemáticos para análisis de confiabilidad y mantenibilidad.

3.1.3.3 Publicaciones en Congresos de Mantenimiento. Consultadas las memorias de los recientes congresos de mantenimiento realizados por la Asociación Colombiana de Ingenieros – ACIEM –, los resultados, de nuevo, son similares al anterior punto, esto es ninguno ha presentado modelamientos del proceso. No obstante, en muchos trabajos si se hace referencia a los términos Ingeniería de Mantenimiento, Ingeniería de Confiabilidad e Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad.

3.1.3.4 Normas. Se consultaron las siguientes páginas de internet:

- ISO (<https://www.iso.org/home.html>),
- SAE (<https://www.sae.org>),
- IEC (<https://www.iec.ch>),
- NORSOK (<https://www.standard.no/en/>)

El resultado de la consulta fue el siguiente:

- ISO: hay varias normas relacionadas con métodos a aplicar en la IMC, pero no hay referencia a procesos de empresa. Los más destacados son ISO 14224, ISO 5500X. En esta última, se indica la necesidad de definir e implementar procesos relacionados con el tema, Gestión de Activos, no se especifica ninguno en particular.

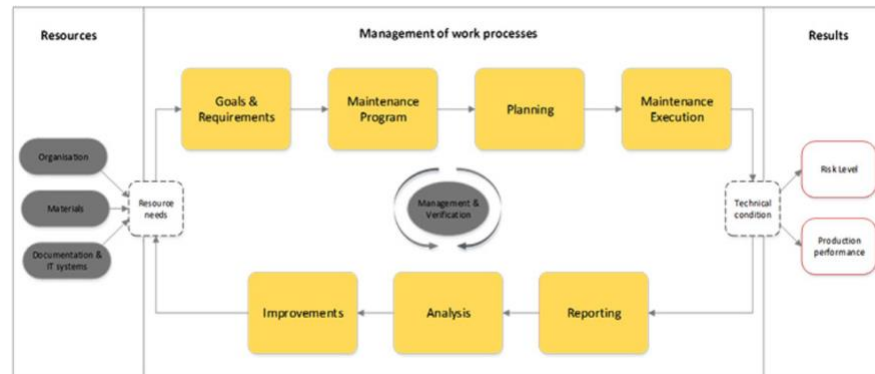
- SAE: No hay referencias a procesos, aunque fue la que primera generó una norma para certificar los planes de mantenimiento bajo la metodología RCM (SAE JA1012). Hay también varios documentos sobre la gestión de mantenimiento, orientados a la Planeación, Programación y Ejecución sobre equipos de vehículos o flotas, pero no hacen referencia a los conceptos de IMC.
- De estas tres grandes entidades a nivel mundial sobre normatividad industrial y de gestión, esta es la que más se acerca a la definición de modelos de gestión de la confiabilidad al establecer la serie de normas 60300 sobre “Dependability” (confiabilidad). Sin embargo, establece las definiciones y las metodologías como RCA y RCM, pero sin llegar a plantearlas dentro de un proceso de gestión.
- Las normas NORSOK han sido desarrolladas para la industria petrolera noruega para “asegurar la adecuada seguridad, valor agregado y costo-efectividad para el desarrollo y operación de la industria petrolera de Noruega”⁴⁰. Hasta el momento es la única que ha desarrollado una norma específica para la gestión del mantenimiento en donde vaya más allá de los pasos de Planeación, Programación, Ejecución y Retroalimentación, al publicar la Z008 denominada “Risk based maintenance and consequence classification”. En su versión 2011, presentó a consideración el esquema de proceso que se muestra en la Figura 5.

Aunque es un diagrama de un nivel relativamente alto, se observa que contiene varios elementos relacionados con el mejoramiento y con la planeación de recursos, lo cual muestra la orientación hacia la inclusión de las actividades o macro-actividades relacionadas con la mejora de la mantenibilidad y la confiabilidad.

A manera de conclusión de este subcapítulo, se puede decir que no existe una definición del proceso de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad, ni siquiera de manera parcial, pero que si hay mención generalizada del concepto reflejado en las metodologías que dicen aportar o ser parte de esta materia.

⁴⁰ NORSOK, Norsok Standards for Petroleum [En línea]. (Recuperado en 18 diciembre 2018) Disponible en <https://www.standard.no/en/sectors/energi-og-klima/petroleum/norsok-standards/#.W6o1ai9Dljc>

Figura 5. Proceso de Gestión de Mantenimiento propuesto por NORSOK Z008⁴¹



3.2 MARCO CONCEPTUAL

Teniendo en cuenta que no se ha encontrado una definición específica sobre el proceso en cuestión, se encuentra la necesidad de plantearla o proponerla para el trabajo y así iniciar desde lo más esencial: su definición.

Los temas que se utilizarán para esta definición conceptual, tanto individualmente como combinados, son: Proceso, Procesos de Empresa, Ingeniería, Mantenimiento y Confiabilidad.

3.2.1 Definiciones conceptuales relacionadas con Procesos de Empresa

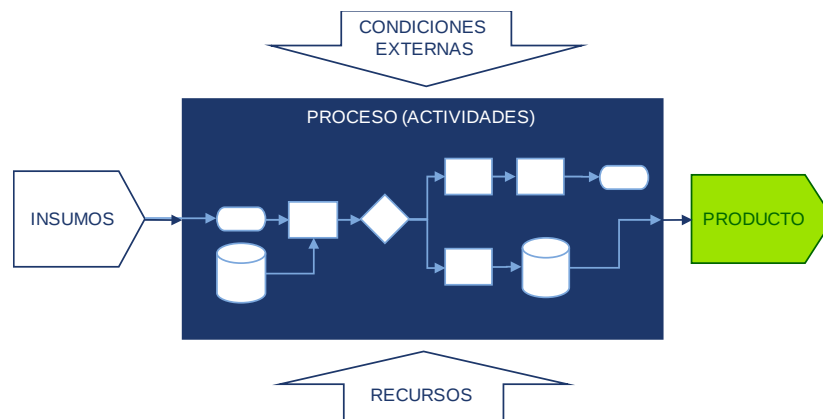
Proceso: Cualquier actividad o grupo de actividades que emplee un insumo, le agregue valor a este y suministre un producto a un cliente externo o interno⁴², ver Figura 6 Diagrama conceptual de un proceso.

⁴¹ NORSOK, PMS RCM: Planned maintenance – Reliability centred [En línea]. OFFSHORE CLASSIFICATION – IN OPERATION. (Recuperado en 18 diciembre 2018) Disponible en <https://www.dnvgl.com/services/pms-rcm-planned-maintenance-reliability-centred-12199>

⁴² HARRINGTON, Op. cit. p.9.

Proceso de Empresa: Todos los procesos de servicios y los que respaldan a los de producción (por ejemplo, de pedidos, proceso de cambio en ingeniería, de nómina, diseño del proceso de manufactura). Un proceso de empresa consiste en un grupo de tareas lógicamente relacionadas que emplean los recursos de la organización para dar resultados definitivos en apoyo de los objetivos de la organización.⁴³

Figura 6 Diagrama conceptual de un proceso



Fuente: Ortiz Ruiz Consultores SAS

Procesos de mantenimiento: Al revisar la definición de mantenimiento (ver la siguiente sección), encontramos una relación estrecha entre esta y “proceso” ya que está redactada como un “conjunto de acciones” con un producto claramente definido: “sistemas, equipos y componentes operando de acuerdo con sus funciones previstas”

Gestión de procesos de empresa: La Gestión de procesos de empresa es una disciplina que implica cualquier combinación de: modelado, automatización,

⁴³ Ibíd. p.10.

ejecución, control, medida y optimización de los flujos de actividad empresarial, en apoyo de las metas de la empresa, sistemas integrales, empleados, clientes y socios dentro y fuera de las fronteras de la empresa⁴⁴

3.2.2 Definiciones conceptuales relacionadas con Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad

Ingeniería: Definido por el Concejo de Acreditación de Ingeniería y Tecnología (Accreditation Board for Engineering and Technology), en los Estados Unidos de América, como “la profesión en la cual el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquirido por el estudio, la experiencia y la práctica se aplica con criterio a fin de desarrollar medios para utilizar de manera económica los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad.”⁴⁵

Mantenimiento: Conjunto de acciones realizadas para asegurar que los sistemas, equipos y componentes entreguen sus funciones previstas cuando se les requiera.⁴⁶

Confiabilidad: Es la capacidad de un elemento para realizar una función requerida bajo unas condiciones en un intervalo de tiempo dado. También puede definirse como una probabilidad.⁴⁷

Ingeniería de mantenimiento: Se aprecian dos definiciones que para este trabajo son importantes. La primera es del Manual de Ingeniería de Mantenimiento de Keith Mobley y la segunda del Global Forum of Maintenance and Asset Management, las cuales se muestran a continuación:

⁴⁴ BIZAGI, What is Business Process Management (BPM)?, Learn about BPM and get free training on the market leading BPM software [En línea]. About Business Process Management (BPM). (Recuperado en 19 diciembre 2018) Disponible en <https://www.bizagi.com/en/bpm>

⁴⁵ WRIGHT, Paul H. Introducción a la ingeniería, 3a Ed. México, Limusa Wiley, 2015. p.23. ISBN 978-968-18-6418-7

⁴⁶ SMRP, Glossary, Maintenance & Reliability Body of Knowledge, 2017, p.18.

⁴⁷ ISO, ISO 14224, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment, 2016, p.15.

*Ingeniería de Mantenimiento es una función táctica cuya principal responsabilidad es asegurar una adecuada planeación de las actividades de mantenimiento, ejecución efectiva de las tareas sostenibles de mantenimiento, requerimientos de la operación de los activos en su día a día, resolución de problemas crónicos, y realizar las modificaciones para mejorar la confiabilidad y mantenibilidad. Ingeniería de Mantenimiento es parte constitutiva de la función de mantenimiento y reporta al gerente de mantenimiento.*⁴⁸

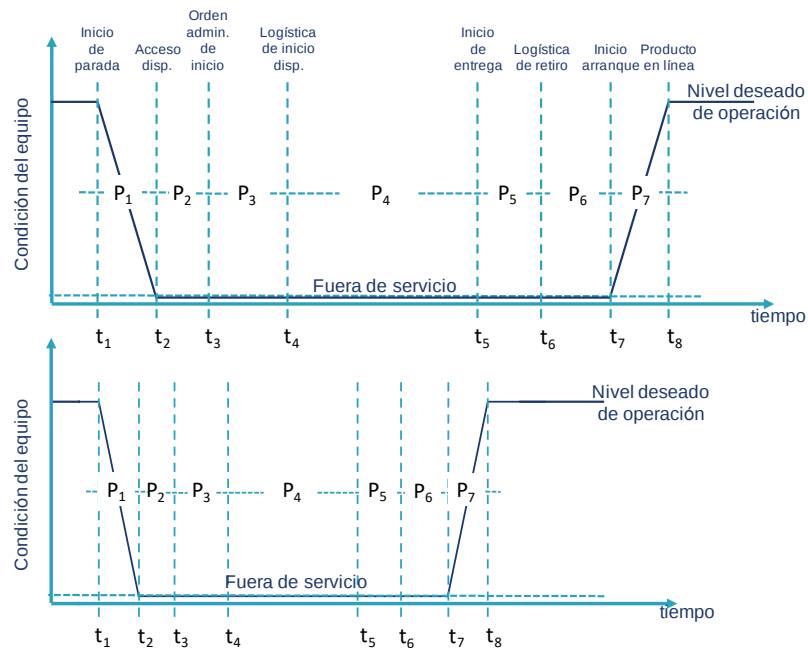
*Ingeniería de Mantenimiento es, entonces, la disciplina y profesión de la aplicación de conceptos de ingeniería para la optimización de equipos, procesos y presupuestos para alcanzar lo requerido por los activos y los sistemas de activos en materia de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad.*⁴⁹

Se observa una mezcla de los conceptos de mantenibilidad y confiabilidad. Para resolver esta situación, en la Figura 7 se muestra lo que representa la mejora de la mantenibilidad, o el resultado de lo que sería la ingeniería de mantenimiento (en términos semánticos, debería denominarse ingeniería de mantenibilidad, así como se llama al complemento del proceso Ingeniería de Confiabilidad, sin embargo, dada la aceptación generalizada del término Ingeniería de Mantenimiento, se continuará utilizando este). En línea con la presentación de las definiciones, la Ingeniería de Mantenimiento busca disminuir los tiempos de la intervención de los equipos por mantenimiento, a costo razonable, trabajando en planeación, logística, oportunidad de materiales, calidad de las herramientas, procedimientos, definición de competencias del personal y todos aquellos elementos que aportan en la reducción de los períodos identificados desde P_1 hasta P_7 .

⁴⁸ MOBLEY, R. Keith, MBB, CMRP, Maintenance Engineering Handbook, Eighth Edition, New York, McGrawHill Education, 2014. p.1.11. ISBN 978-0-07-182661-7

⁴⁹ GLOBAL FORUM OF MAINTENANCE AND ASSET MANAGEMENT. The maintenance framework, 1st Ed., 2016. p.12. ISBN 978-0-9870602-5-9

Figura 7. Oportunidades de mejora en la mantenibilidad



Fuente: Ortiz Ruiz Consultores SAS

Ingeniería de confiabilidad: Del mismo documento de GFMAM, se destaca la siguiente definición:

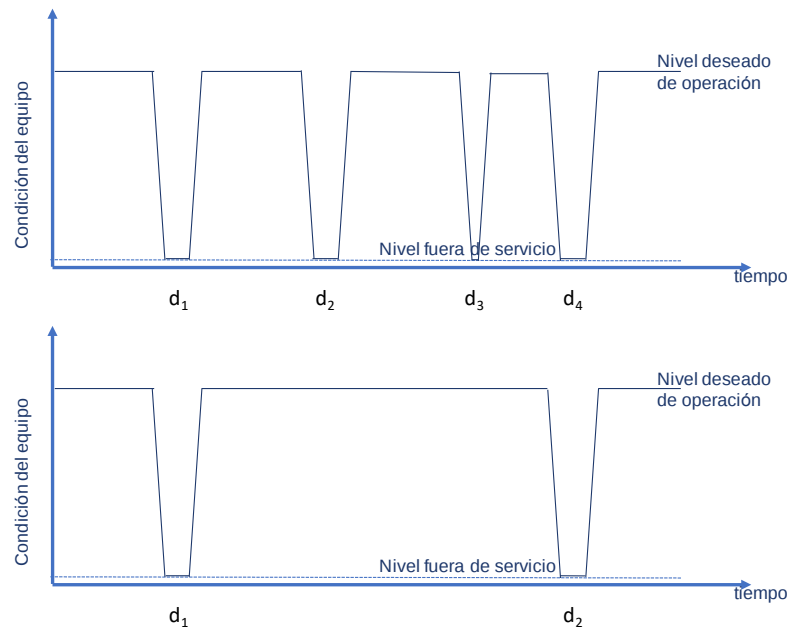
*Los procesos para asegurar que un ítem opere bajo un estándar definido para un período definido en un ambiente definido.*⁵⁰

De la misma forma que para la mantenibilidad, en la Figura 8 se muestra lo que representa la mejora de la confiabilidad, o el resultado de lo que sería la ingeniería de confiabilidad. Se busca disminuir las veces que se pierde la disponibilidad de los equipos por fallas de los mismos, esto implica, trabajar en el análisis de las causas, modos de falla, tareas proactivas y todos aquellos elementos que aportan en la

⁵⁰ GLOBAL FORUM OF MAINTENANCE AND ASSET MANAGEMENT. The Asset Management Landscape. 2nd Ed., 2014. p.28. ISBN 978-0-9871799-2-0

eliminación de detenciones no programadas (ejemplo, d_2 y d_3) y obtener un mínimo de detenciones programadas.

Figura 8. Oportunidades de mejora en la confiabilidad



Fuente: Ortiz Ruiz Consultores SAS

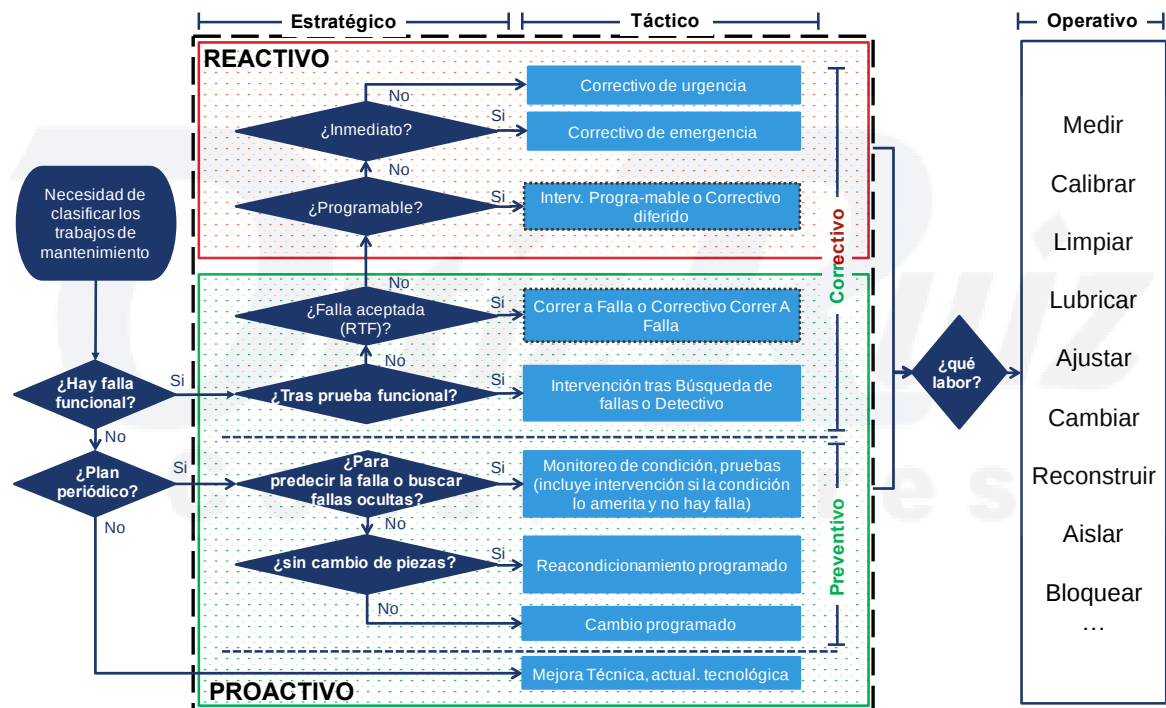
3.2.2.1 Otros conceptos de mantenimiento. Para establecer indicadores del proceso y para la identificación de los productos que este genere es conveniente ampliar la base conceptual sobre algunos términos que a continuación se presentan. Las definiciones anotadas corresponden a la combinación de las planteadas por el documento Glosario de Términos de Mantenimiento, publicado por la Asociación Colombiana de Ingenieros – ACIEM –, capítulo Cundinamarca, en su revisión del 2018.

- **Mantenimiento Reactivo:** Mantenimiento que rompe el programa de mantenimiento en curso. Todos estos trabajos son contra la voluntad de mantenimiento y castigan la disponibilidad del equipo.

- **Mantenimiento Proactivo:** Mantenimiento que se aplica para evitar fallas o identificar defectos que podrían conducir a una falla. Incluye acciones preventivas y predictivas, y las intervenciones de cambio o reacondicionamiento que se deriven de estas dos.
- **Mantenimiento Correctivo:** Es el mantenimiento realizado después de haberse producido la falla. La mayoría de estos trabajos se deben realizar contra la voluntad de mantenimiento, salvo aquellos que en el análisis del RCM hayan sido definidos como “correr a falla” o condición identificada en una “búsqueda de fallas”.
- **Mantenimiento Preventivo:** Mantenimiento para evitar la falla o reducir las consecuencias de esta. Comprende los cambios y reacondicionamiento periódicos y, para algunos autores, incluye el predictivo.
- **Mantenimiento Predictivo:** Mantenimiento para evitar la falla o reducir las consecuencias de esta, basada en la evaluación (análisis de la tendencia) de la condición de una o más características técnico-operativas de un activo.
- **Monitorización de la condición:** Comprobación del estado real de un sistema, equipo, componente o parte mediante el control sistemático periódico o continuo de un parámetro significativo. Equivalente a control de condición. Algunos ponentes incluyen en esta definición las actividades de inspección, concepto que el autor acoge, así algunos autores prefieren manejarla de forma separada. En alguna literatura se utiliza la palabra Monitoreo, pero por no estar aprobada por el diccionario de la Real Academia de la Lengua, este término no se utiliza.
- **Cambio periódico:** Intervención programada periódicamente sobre un equipo para cambiar una pieza, lo cual implica detener el equipo a voluntad de mantenimiento.
- **Reacondicionamiento periódico:** trabajo programado periódicamente sobre el equipo que implica solamente ajustes o limpiezas, esto es, que no se retira ninguna pieza. Algunos de estos trabajos pueden implicar la detención del equipo a voluntad de mantenimiento.

- Correr a falla: política o decisión de gestionar una falla de manera tal que permite que un modo de falla específico se presente sin ningún tipo de atención preventiva o de anticipación.
- Búsqueda de falla: tarea programada usada para determinar si una falla oculta específica se ha presentado. También se le conoce como “pruebas funcionales”.

Figura 9 Modelo de clasificación de los trabajos de mantenimiento



Fuente: Ortiz Ruiz Consultores SAS

Buscando un mejor entendimiento de la relación que existe entre todos estos términos, en la Figura 9 se presenta un diagrama de decisión con el cual los gestores de mantenimiento pueden decidir cuál clasificador asignar a una orden de trabajo de mantenimiento o a una solicitud a mantenimiento. En este diagrama se

agrupan (desde la parte superior del diagrama) de acuerdo con el nivel de gestión que se sugiere realizar.

3.2.3 Hipótesis de inicio. Combinando las definiciones anteriores, se plantea como hipótesis la siguiente definición, la cual será la base para construir el proceso: *“Proceso de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad: Conjunto de métodos secuenciales y lógicos que permiten generar acciones y propuestas para actualizar y buscar la mejora continua en los equipos, procesos, métodos y presupuestos para asegurar que los activos objeto de mantenimiento operen bajo un estándar definido, en el contexto del negocio, y durante un período de tiempo y bajo unas condiciones predefinidas”.*

3.2.4 Gestión Sistémica de Procesos de Empresa. Trabajar por procesos no solo implica la definición clara del qué hacer (métodos). Va más allá de la estructuración, diagramación e implementación, tal como el autor lo ha propuesto en el modelo Gestión Sistémica de Procesos de Empresa – GESPRE – presentado en los dos trabajos previos sobre gestión de procesos de mantenimiento, en su orden de publicación: Gestión del Inventario de Repuestos (2016)⁵¹ y Mantenimiento con Parada de Planta⁵² (2017). El principal concepto sobre el cual se basa el modelo de gestión de procesos es el “Pensamiento Sistémico”, presentado por Peter Senge en su obra La Quinta Disciplina⁵³. Esta visión también está correspondida en la especificación BS-PAS-55⁵⁴ sobre Gestión de Activos, predecesora de la actual

⁵¹ ORTIZ PLATA, Op. cit. p.23

⁵² ORTIZ PLATA, Daniel. Mantenimiento con parada de planta, Bogotá: Ortiz Ruiz Consultores, 2016. p.33. ISBN 978-958-48-1602-3

⁵³ SENGE, Peter, La Quinta Disciplina, Barcelona, Ediciones Juan Granica, 1992. p.15. ISBN84-7577-351-6

⁵⁴ BSI, PAS-55 Asset Management, Part 1: Specification for the optimized management of physical assets, 2008. p.v. ISBN 978-0-580-50975-9

norma ISO 55001, la cual lo incluyó como uno de los principios y atributos claves para la gestión de activos. El modelo GESPRE indica que se requiere trabajar cada proceso a partir de una serie de elementos, gestionados de forma sistémica para que pueda ser sostenible. Los elementos que se deben trabajar en GESPRE, son:

- Liderazgo y Gente
- Métodos
- Tecnología
- Datos
- Organización
- Aseguramiento y Control

En la construcción del modelo se tendrán en cuenta cada uno de ellos en la medida que se consideren generales y no particulares para una empresa.

La metodología define los elementos así: Está identificado que las empresas la hacen los líderes con su gente, ejecutando sistemáticamente los procesos y procedimientos definidos, con el apoyo de tecnologías y materiales, recibiendo y generando unos datos que dependiendo del contexto se convierten en información relevante, todos ellos dentro de un marco organizacional y de control de gestión y aseguramiento.

En forma resumida, cada uno de los seis elementos se debe entender como:

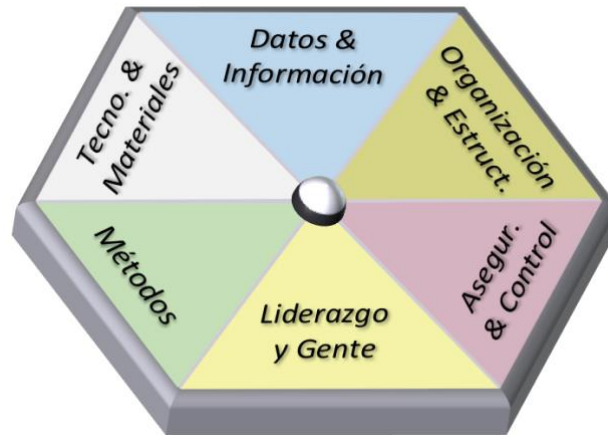
- Liderazgo y Gente: se requiere gestionar la Aptitud, la Actitud, el Plan de Competencias, la Formación, la Gestión del Conocimiento, el Compromiso, el plan de carrera. (algunos podrían llamarlo Confiabilidad Humana)
- Métodos: en una empresa, van desde la definición de la Misión y Visión, pasando por las Políticas, Procedimientos, hasta los Instructivos más detallados, todos ellos bien definidos, formalizados, implementados y coordinados. Mantenimiento debe tenerlos y el RCM debe ser una de sus partes.
- Tecnología: hoy en día, se trata de las tecnologías tanto blandas (software) como duras (hardware), que permitan el desarrollo de los métodos aplicados por la

gente. En forma específica, los sistemas de información son el ejemplo claro de este ámbito, con sus redes de comunicación y aseguramiento de lo que manejan.

- **Datos:** son todos aquellos que viajan de un proceso a otro, se utilizan como entrada, se procesan y transforman para generar un nuevo dato que le servirá de entrada a otro proceso. Estos datos puestos en el contexto del proceso serán calificados como información, pero en su concepción básica, son datos. Los datos deben ser manejados por la tecnología, estar definidos claramente en los métodos y ser viable su adquisición y manejo por la gente.
- **Organización:** se evalúa la estructura administrativa que gobierna los procesos, definiendo su importancia y visualización dentro de la empresa. También, considera los Roles y Responsabilidades que las personas deben cumplir para la correcta ejecución de los métodos, dentro de la organización, por ello, es preciso definir los tipos de equipos de trabajo y las comunicaciones entre los departamentos, también llamadas “interrelaciones”.
- **Aseguramiento y Control:** diseñar un adecuado “Control de la Gestión del Proceso”, a través de la definición de Planes de trabajo (largo, mediano y corto plazo), los indicadores (en una estructura desglosada de indicadores) para ser analizados en Reuniones sistemáticas, todo esto como parte del modelo de Gestión integral de la empresa.

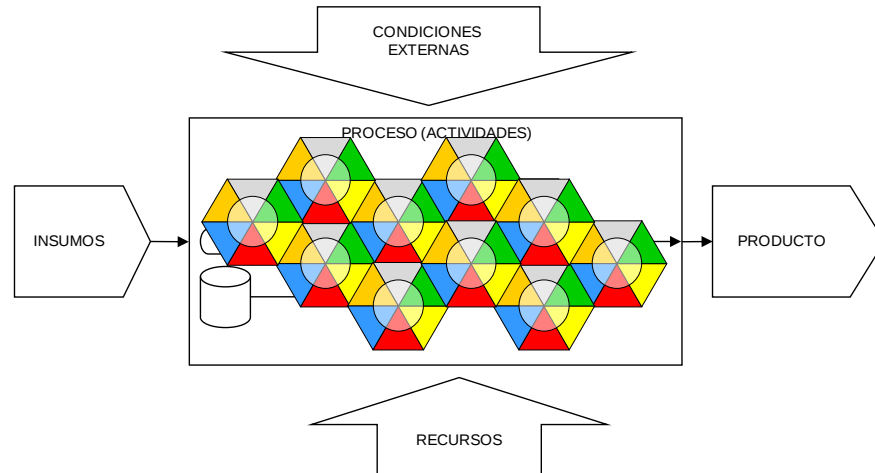
El concepto básico por aplicable a cada proceso se puede representar como la célula viva de ese gran organismo que es la empresa (ver Figura 10).

Figura 10 Diagrama de la Metodología para la Gestión Sistémica de los Procesos de Empresa



Fuente: Ortiz Ruiz Consultores SAS

Figura 11 Ilustración de la integración de procesos como un ser vivo.



Fuente: Ortiz Ruiz Consultores SAS

Ahora, en la vista sistémica, cada célula (el hexágono) de cada proceso debe entrelazarse con las células de los otros procesos, ver Figura 11, obteniendo la complejidad que en realidad son las empresas, como un cuerpo viviente,

intercambiando datos, insumos, productos, compartiendo organizaciones, tecnologías, y siempre bajo el liderazgo y el control desarrollado por la gente.

3.2.5 Identificación de modelos de procesos básicos. El proceso de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad, como se indicó anteriormente, no es ni debe ser un conjunto de métodos sueltos, deben estar inscritos en el proceso global de Mantenimiento y este a su vez debe integrarse con los demás macro-procesos del negocio. Bajo este concepto, Ortiz Ruiz Consultores inicia la diagramación de procesos desde el nivel más alto de la empresa. La Figura 12 presenta una primera interpretación de los macro-procesos de una empresa el cual no dista mucho de concepciones generales de procesos como la que, por ejemplo, trabaja la Empresa de Energía de Pereira⁵⁵ (ver Figura 13).

En un siguiente nivel de despliegue de los procesos, para el caso del macro-proceso de mantenimiento, Ortiz Ruiz Consultores plantea el modelo de la Figura 14. Allí se representan los procesos que más comúnmente se deberían desarrollar o trabajar en una empresa industrial. Sobre este modelo se realizará el análisis para la proposición del proceso de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad de Equipos. Vale la pena indicar que en los primeros niveles de procesos no es adecuado diagramar todas las conexiones entre bloques (flujo de datos) ya que a este nivel son muy complejas y generarían un abundante número de flechas de conexión que impedirían entender el diagrama.

⁵⁵ ENERGÍA DE PEREIRA, Mapa de procesos [En línea]. (Recuperado en 20 diciembre 2018) Disponible en <http://www.eep.com.co/la-empresa/iso-9001/mapa-de-procesos>

Figura 12. Modelo de macro-procesos de una empresa industrial

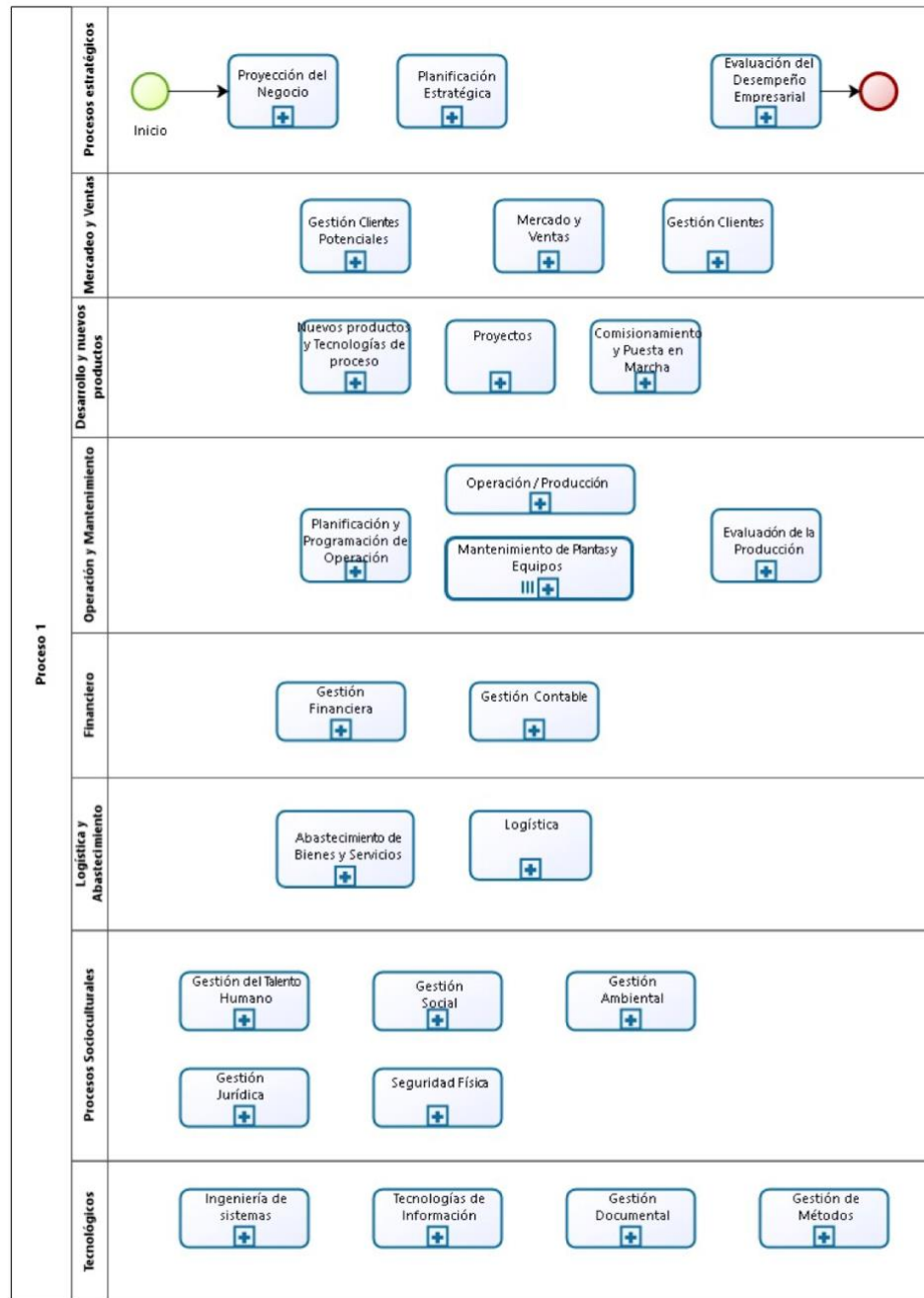


Figura 13. Diagrama de procesos de la Empresa de Energía de Pereira

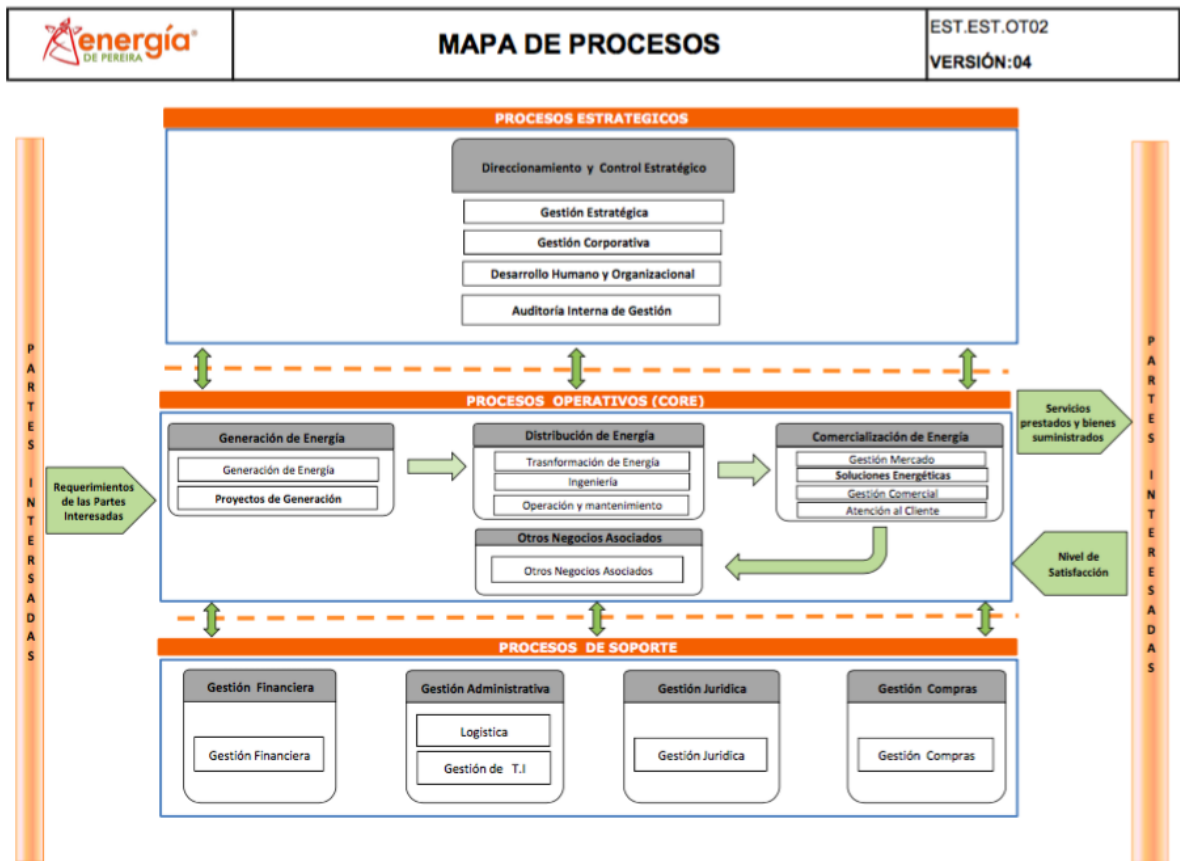
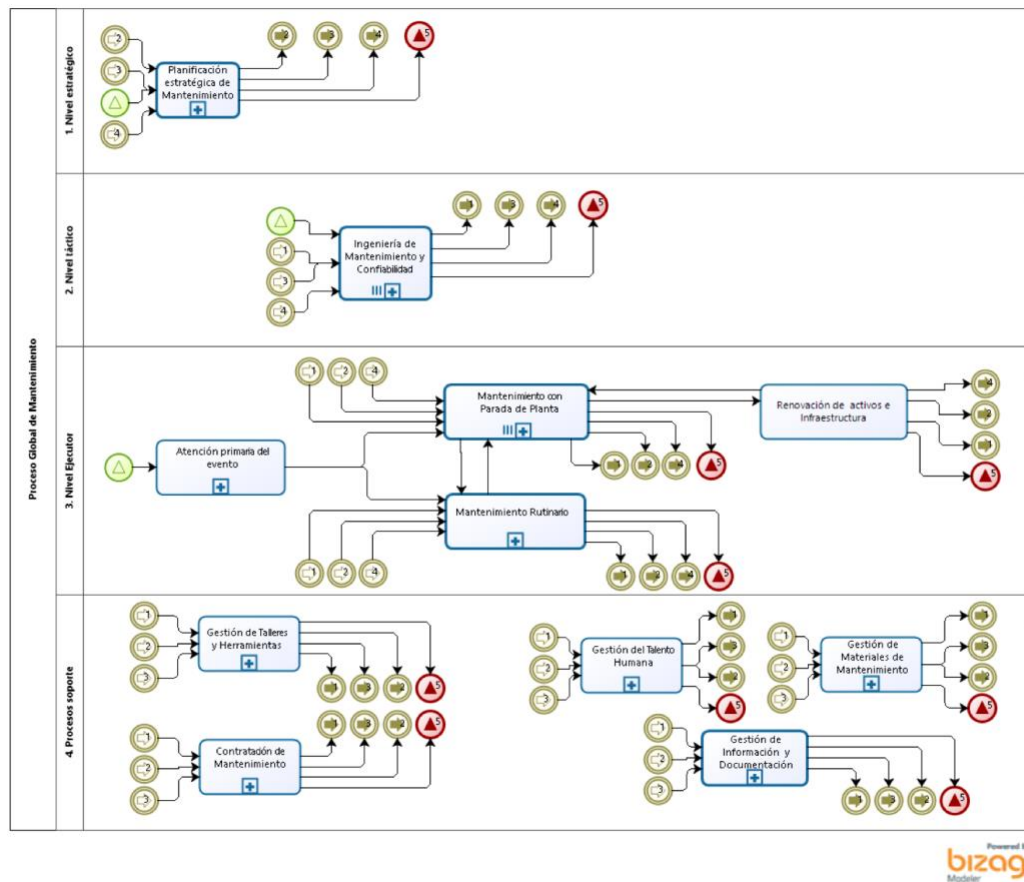


Figura 14. Modelo de procesos de mantenimiento



Fuente: Ortiz Ruiz Consultores SAS

4 PROCESOS DE MANTENIMIENTO

4.3 VISIÓN GENERAL

Bajo la metodología de procesos, el orden para estructurar los procesos de una empresa generalmente se realiza de arriba hacia abajo, de lo general hacia lo específico, o iniciando por lo estratégico, pasando por lo táctico y terminando por lo operativo. Para efectos del trabajo, se aplicarán estos tres conceptos a mantenimiento, sin entrar en el análisis de en cuál de estos tres tipos de proceso se encasilla a mantenimiento.

En la concepción moderna de mantenimiento se identifica la necesidad de tener sus áreas estratégicas y tácticas, adicionales a los procesos o sub-procesos tradicionales del nivel operativo de mantenimiento, entiéndase por Planear, Programar y Ejecutar los trabajos sobre los equipos.

Las concepciones empresariales que se puedan dar a cada uno de los procesos en esos niveles dependerán del grado de conocimiento o entendimiento que los diseñadores dispongan, del modelo de gestión implementado en la empresa (por ejemplo, si por decisión de la alta gerencia se define que toda planeación estratégica debe estar en un solo proceso) y de la complejidad que se tenga en el mantenimiento de los equipos y sistemas.

Dado que el ámbito sobre el cual se define el proceso IMC es el de las empresas del sector eléctrico en Colombia, todas ellas intensivas en activos, se identifica como necesario revisar tal definición. Es así que para el diseño del proceso se utiliza la propuesta de “empresa intensiva en activos” dada en la especificación BSI-PAS 55-2008:

Cualquier empresa intensiva en activos es aquella donde los costos, recursos, desempeño y/o riesgos son significativos y están asociados con la adquisición, utilización, mantenimiento y renovación o disposición final de los activos.

En esta definición entran aquellas empresas cuyas características operativas son:

- Proceso continuo,

- Activos distribuidos en diferentes instalaciones, incluso en diferentes áreas geográficas
- La disponibilidad de los activos es uno de los indicadores más importante para la generación del producto o servicio.
- Los costos tanto de adquisición como de operación y mantenimiento son significativos.

Con estas condiciones dadas, la mayoría de las empresas podrán tener los procesos o subprocesos de mantenimiento que se describen en los subcapítulos a continuación y en la Figura 14. Es preciso indicar que los nombres asignados pueden ser diferentes a los utilizados en algunas empresas o países, sin embargo, el concepto que está detrás de cada uno de ellos debería ser el mismo. También, es posible que, según el tipo de industria, algunas no consideren necesario especificar uno u otro proceso, pero su objetivo y/o sus condiciones los tienen incluidos en los restantes.

4.4 PROCESOS ESTRATÉGICOS Y TÁCTICOS

4.4.1 Planeación estratégica de mantenimiento. Antes de presentar la definición de los procesos a estos niveles, estratégico y táctico, se identifica como necesario tener claras sus diferencias conceptuales. Recurriendo a la definición dada por la real academia de la lengua española⁵⁶ y a lo planteado en la revista especializada de internet “Gerencie.com”⁵⁷, tenemos que:

- Estrategia:

⁵⁶ REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, Consulta palabra estrategia [En línea]. Diccionario de la lengua española. Disponible en <https://dle.rae.es/?id=GxPofZ8>

⁵⁷ GERENCIA.COM, diferencia entre estrategia y táctica, 2 mayo 2018 [En línea]. Disponible en <https://www.gerencie.com/diferencia-entre-tactica-y-estrategia.html>

- “Arte, traza para dirigir un asunto” (RAE).
- Es el planteamiento global, completo, integral y que abarca el todo del fin perseguido
- La estrategia se ocupa de cómo ordenar y tener bajo control todo el proyecto
- Táctica:
 - “Método o sistema para ejecutar o conseguir algo” (RAE).
 - Es la forma en que se va a desarrollar o ejecutar un algo para conseguir el objetivo.
 - Corresponde a las partes o sub partes del conjunto de acciones trazadas en la estrategia o en el plan estratégico.
 - La táctica se encarga de aspectos puntuales y concretos que forman parte del plan maestro.

Estas definiciones son la base para el planteamiento indicado en la Figura 14., donde se incluye un proceso específico que defina su estrategia (la de mantenimiento) y otro que defina la táctica.

Objetivo / Definición:

Coordinación de las actividades que permitan:

- Actualizar los objetivos del proceso de mantenimiento
- Realizar análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas, Amenazas) del proceso y establecer planes de acción alineados con los objetivos
- Definir lineamientos y marco de acción a los subprocesos de mantenimiento
- Establecer indicadores claves de desempeño del proceso y alinearlos con los del negocio
- Establecer los mecanismos de seguimiento al cumplimiento del plan estratégico
- Realizar evaluación global del desempeño del proceso

Herramientas de trabajo:

Algunas de las herramientas de trabajo son:

- DOFA
- Tablero balanceado de gestión,

- Matriz RASCI (Responsible, Accountable, Support, Consulted, Informed)
- Políticas y lineamientos
- Gestión por procesos
- Matriz de valoración de riesgos

Integración con IMC: Este proceso entrega a IMC las directrices sobre las cuales se debe trabajar y las metas de los indicadores que se deben obtener.

4.4.2 Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad. Corresponde al nivel de proceso táctico. Se incluye esta sección en este subcapítulo para hacer referencia a su pertenencia dentro del macro-proceso. Sin embargo, por ser el objeto principal de este trabajo, no se hará la referencia de la misma manera que se hace a los demás.

4.5 PROCESOS CENTRALES O EJECUTORES

4.5.1 Atención primaria del evento

Objetivo / Definición: Coordinación de las actividades que se realizan para establecer el grado de riesgo del evento al proceso operativo o productivo y establecer las acciones de atención inmediata (operativas y de mantenimiento). Dependiendo del nivel de riesgo del evento y de la complejidad del activo, puede presentarse que:

- la atención inmediata operativa puede ser suficiente, o
- la atención inmediata de mantenimiento sea dada por el personal de operación o producción.

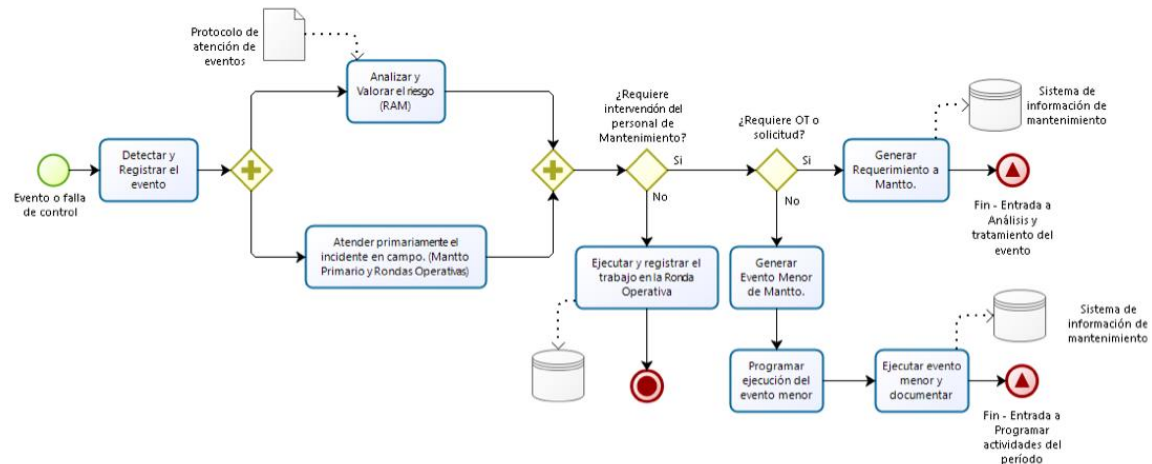
Herramientas de trabajo: Algunas de las herramientas de trabajo son:

- Sistema de información de mantenimiento

- Modelos de definición de mantenimiento primario o cuidado básico de equipos
- Matriz de valoración de riesgos
- Análisis operativo
- Procedimiento para la atención de emergencias
- Procedimiento de contingencias

Diagrama de flujo: El diagrama de actividades en su siguiente nivel de detalle se puede representar como se ilustra en la secuencia de la Figura 15.

Figura 15 Modelo general del proceso Atención Primaria del Evento



Fuente: Ortiz Ruiz Consultores SAS

4.5.2 Mantenimiento Rutinario o del día a día

Objetivo / Definición: Coordinación de las actividades que se realizan con intervención directa o de verificación de la condición sobre los equipos del proceso productivo sin que ello implique la interrupción total del sistema o planta. La coordinación se basa en el desarrollo de las fases de planeación detallada, programación, alistamiento, ejecución, entrega, retroalimentación y cierre.

Herramientas de trabajo: Algunas de las herramientas de trabajo son:

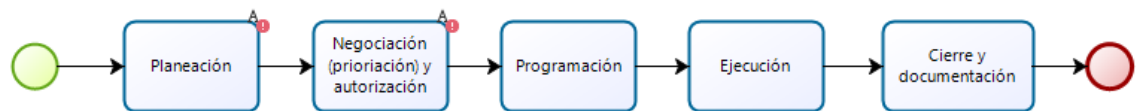
- Sistema de información de mantenimiento

- Modelos de planeación y programación
- Herramientas de programación
- Matriz de valoración de riesgos

Integración con IMC: Este proceso recibe como entrada principal el plan de mantenimiento proactivo para su ejecución con la planta o los sistemas en operación. Su retroalimentación es importante para la obtención del objetivo relacionado con mejorar la mantenibilidad.

Diagrama de flujo: El diagrama de actividades en su siguiente nivel de detalle se puede representar como se ilustra en la secuencia de la Figura 16.

Figura 16 Modelo general del proceso Mantenimiento Rutinario



Fuente: Ortiz Ruiz Consultores SAS

4.5.3 Mantenimiento con Parada de Planta

Objetivo / Definición: Coordinación de las actividades que se realizan directamente (intervención y verificación de la condición) sobre los equipos del proceso productivo que implican necesariamente la interrupción total del sistema o planta. La coordinación se basa en el desarrollo de las fases de planeación, programación, alistamiento, ejecución, entrega, retroalimentación y cierre.

Herramientas de trabajo: Algunas de las herramientas de trabajo son:

- Sistema de información de mantenimiento
- Modelos de planeación y programación
- Herramientas de programación

- Matriz de valoración de riesgos
- Gestión de reuniones efectivas

Integración con IMC: Este proceso recibe como entrada principal el plan de mantenimiento proactivo para su ejecución con la planta o los sistemas fuera de servicio. Su retroalimentación es importante para la obtención del objetivo relacionado con mejorar la mantenibilidad.

Diagrama de flujo: El diagrama de actividades en su siguiente nivel de detalle se puede representar como se ilustra en la secuencia de la Figura 17.

Figura 17 Modelo general del proceso Mantenimiento con Parada de Planta



Fuente: Ortiz Ruiz Consultores SAS

4.5.4 Renovación de Infraestructura/activos

Objetivo / Definición: Coordinación de las actividades que se deben realizar para la renovación de activos e infraestructura propuesta para la mejora de la confiabilidad, de la mantenibilidad y/o el cumplimiento de las regulaciones socio-ambientales. La coordinación se basa en el desarrollo de las fases de un proyecto, continua con el diseño detallado, adquisición e instalación, y debe al final entregarlo a la operación. Una de las diferencias con la mayoría de los proyectos donde se instalan equipos por primera vez es que en este caso hay que desarrollar la fase de desincorporación de los activos reemplazados.

Herramientas de trabajo: Algunas de las herramientas de trabajo son:

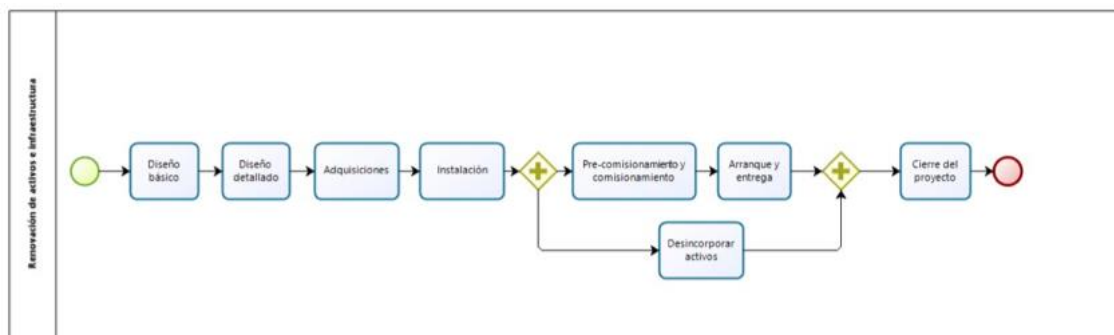
- Sistema de información de mantenimiento
- Costo de ciclo de vida

- Herramientas de programación
- Matriz de valoración de riesgos

Integración con IMC: Este proceso recibe como entrada principal el análisis del ciclo de vida de los activos y la decisión de iniciar el proceso con diseño conceptual propuesto.

Diagrama de flujo: El diagrama de actividades en su siguiente nivel de detalle se puede representar como se ilustra en la secuencia de la Figura 18.

Figura 18. Modelo general del proceso Renovación de activos e infraestructura



Fuente: Ortiz Ruiz Consultores SAS

4.6 PROCESOS SOPORTE O TRANSVERSALES:

4.6.1 Gestión de Talleres y Herramientas

Objetivo / Definición: Coordinar las actividades que permitan el suministro y control de las herramientas y de los talleres propios de trabajo para mantenimiento con la oportunidad, costo, calidad y cantidad requerida por los procesos ejecutores. Tal requerimiento debe estar basado en las definiciones de mantenibilidad y confiabilidad establecidas en IMC

Integración con IMC: Dado que IMC trabaja sobre los equipos desde el mismo momento de su incorporación, una de las principales entradas para este proceso debe venir de IMC.

Herramientas de trabajo: La herramienta principal de trabajo es el sistema de información de mantenimiento.

4.6.2 Gestión de Talento Humano

Objetivo / Definición: Coordinar las actividades que permitan obtener la disponibilidad y el control de las personas con los talentos para ejecutar las labores de mantenimiento, con la debida oportunidad, actitud, aptitud, cantidad y costo requeridos por cualquiera de los procesos.

Integración con IMC: Dado que IMC trabaja sobre los equipos y no sobre los requerimientos de talentos, por tal motivo, los requerimientos de personal no se trabajarán. Por esta misma razón, aunque existe el concepto de Confiabilidad Humana, este no está, por el momento, incluido en IMC.

Herramientas de trabajo: La principal herramienta de trabajo son los manuales de procesos, procedimientos e instructivos con los que se construye el plan de competencias para el personal.

4.6.3 Gestión de Materiales de Mantenimiento

Objetivo / Definición: Coordinar las actividades para que los procesos de mantenimiento reciban con la adecuada oportunidad, calidad y cantidad los repuestos y materiales en general que requieren, dentro del alcance que cada empresa se le asigne al proceso de mantenimiento.

Integración con IMC: Dado que IMC trabaja sobre los equipos desde el mismo momento de su incorporación, una de las principales entradas para este proceso debe venir de IMC.

Herramientas de trabajo: La principal herramienta de trabajo debe ser el sistema de información que integre a mantenimiento con materiales y contratación.

4.6.4 Gestión de Información y Documentación

Objetivo / Definición: Coordinar las actividades que permitan disponer de datos y documentos con la oportunidad, cantidad y calidad (confiabilidad) que se requiere para la toma de decisiones y análisis de los procesos de mantenimiento.

Integración con IMC: El aseguramiento de los datos y documentos es clave para el desarrollo de todas las actividades de IMC, por lo tanto, este debe recibir los requerimientos y a su vez asegurar que estén disponibles con las características señaladas.

Herramientas de trabajo: Las herramientas de trabajo principales son:

- Sistema de información de activos
- Sistema de información documental

4.6.5 Gestión de Contratación de Mantenimiento

Objetivo / Definición: Coordinar las actividades que permitan disponer de recursos externos con la oportunidad, cantidad y calidad que se requiere para la ejecución de los trabajos de mantenimiento sobre los equipos o demás procesos que lo requieran.

Integración con IMC: Las especificaciones de varios contratos se generarán con base en los productos de IMC y a su vez se deberá retroalimentarle para su evaluación correspondiente.

Herramientas de trabajo: Las herramientas de trabajo principales son:

- Sistema de información de mantenimiento
- Sistema de información de contratación, cadena de abastecimiento o similar
- Sistema de información documental

5 MÉTODOS DEL PROCESO

5.1 PRODUCTOS ESPERADOS DEL PROCESO Y SUS CLIENTES

Para iniciar la construcción del modelo de proceso de ingeniería de mantenimiento y confiabilidad se observa conveniente remitirse a un estado del arte de mantenimiento primario, donde el mantenimiento sea reactivo, esperando a que la falla se presente. Bajo esta condición, los indicadores que midan el desempeño de la empresa y de los equipos tendrán un valor poco aceptable por buena parte de los grupos de interés de la empresa.

Esta situación generalmente lleva a la administración o a la gerencia a plantear la necesidad de mejorar “lo que se hace en mantenimiento” para que el negocio sea rentable, seguro y sostenible. Muchas empresas están llenas de historias relacionadas con acciones de mejora que se han desarrollado para aumentar la disponibilidad de los sistemas y equipos, para disminuir los costos de mantenimiento y para establecer un ambiente de trabajo seguro y ambientalmente sostenible. Es aquí donde comienza la construcción del proceso IMC, el cual debe, desde la ingeniería de mantenimiento, trabajar con el objetivo de construir planes para minimizar los tiempos de ejecución (como se representó en la Figura 7) y, desde la ingeniería de confiabilidad, trabajar por la construcción de planes para disminuir las paradas no programadas, esto es, a aumentar los tiempos medio entre fallas ejecución (como se representó en la Figura 8).

Si se analiza el macro-proceso de mantenimiento desde lo que correspondería realizarse directamente sobre el equipo, al proceso IMC se le define entonces la responsabilidad de emitir o definir lo que se debe hacer en términos proactivos, entregándoselo a sus procesos clientes (ejecutores) principales, llámense Mantenimiento Rutinario (MR), Mantenimiento con Parada de Planta (MPP) y Renovación de Activos-Infraestructura (RAI), para que allí se realicen los siguientes pasos como son la planeación detallada, la programación específica y la ejecución de los trabajos sobre el equipo o la infraestructura. Es de indicar que los procesos

cliente mencionados, esto es, MR, MPP y RAI, no son los únicos procesos cliente, también los procesos soporte recibirán productos de IMC ya que son necesarios para obtener el resultado esperado de todo el mantenimiento.

En línea con lo anterior, se identifican dos tipos de planes de acción para llegar a los niveles de desempeño deseado:

- un plan de mantenimiento
- un plan de mejoramiento

El primero de ellos es el que define las actividades que con cierta periodicidad deben realizarse sobre los equipos y el segundo se construye para actuar puntualmente sobre alguna condición que debe modificarse (léase también como mejorarse).

Tomando como referencia los productos que las metodologías RCM y RBI entregan, la estructura del primero de estos planes debe contener, como mínimo, lo siguiente:

- Lista de actividades con sus tiempos e instructivos de trabajo
- Herramientas y materiales con las que se ejecutaría cada actividad
- Personal o talentos requeridos según el tipo de intervención, definido también en términos de competencias de quienes deben realizar el trabajo, también expresado como tipos o roles de técnicos y supervisores
- Condiciones de seguridad
- Documentos técnicos del equipo

Haciendo el cruce entre los componentes del plan y las dos áreas de trabajo (mantenibilidad y confiabilidad), el proceso IMC debería generar lo siguiente (ver Tabla 2):

Tabla 3 Identificación inicial de los productos básicos del proceso

Componente del plan	Ing. de Mantenimiento	Ing. de Confiabilidad

Actividades	Definir la lista de actividades detalladas para la intervención de los equipos, ya sea por proactivo o reactivo	Definir la lista de actividades detalladas para la prevención de fallas (inspecciones, mediciones, intervenciones proactivas) y pruebas funcionales de verificación del estado operativo
Duración	Establecer los tiempos óptimos para la ejecución de las actividades	
Periodicidad	No aplica	Definición del valor del lapso de tiempo o intervalos de una variable específica en la cual se debe programar la o las actividades
Talleres y Herramientas	Definición de cada herramienta por: Tipo, característica, especificación, nivel de calidad de la herramienta, cantidad y cualquier otro concepto relacionado con la herramienta para minimizar los tiempos de ejecución y maximizar la seguridad y calidad del trabajo.	Definición de cada herramienta por: Tipo, característica, especificación, nivel de calidad de la herramienta, cantidad y cualquier otro concepto relacionado con la herramienta para asegurar la calidad y manejo de los datos de condición del equipo, de tal forma que permita analizarlo y tomar decisiones
Repuestos e insumos	Identificación de los repuestos con: especificación (criterios de catalogación), calidad, cantidad y oportunidad de su disponibilidad, asociado al (a los) equipo(s) donde aplica.	

Competencias	Definición de los conocimientos, destrezas, habilidades, capacidades y cantidad de personal con esos requisitos para que la actividad se realice según lo planeado.
Condiciones de seguridad	Definir los requisitos para una ejecución del trabajo en forma segura tal que elimine o minimice los riesgos hacia el personal, las instalaciones y el medio ambiente. Entre estos se encuentran: permisos de trabajo, elementos como andamios, bloqueos, candados, elementos de protección personal, elementos de contención de fluidos peligrosos, etc.
Documentación	Gestionar los planos, manuales, catálogos, informes, protocolos de pruebas, historia y lecciones aprendidas de intervenciones anteriores.

Retomando la clasificación de los planes, las acciones de mejora, por ser muy particulares a la condición por identificar en cada equipo y en cada empresa, tendrán un análisis posterior dentro de este modelo (ver numeral 5.3.2). Sin embargo, anticipando un poco el concepto por plantear, la ingeniería de mantenimiento y confiabilidad debe entregar las propuestas de acción para mejorar las condiciones actuales de los equipos. Esto significa que se deben construir o presentar las acciones para mejorar cada uno de los componentes del plan, en la medida que el deterioro de los equipos se vaya acrecentando o los procesos y procedimientos requieran actualizarse para responder a las exigencias del mercado, de la competencia y de la tecnología aplicable.

Otro producto esperado es el análisis y tratamiento de los eventos – correctivos – que se presentan a diario. Este producto es el que permite posteriormente hacer la clasificación y análisis de los costos, de los tiempos de mantenimiento y demás datos a registrar en la orden de trabajo, para que se traduzcan en indicadores de desempeño. Podría estar asociado a algún proceso ejecutor, como sería Mantenimiento Rutinario, pero por corresponder a la “compuerta” que define el

rumbo que tendrán los diferentes datos a registrar en las órdenes de trabajo, tal análisis se asocia a la ingeniería de mantenimiento y confiabilidad, así en la práctica sea una organización diferente la que ejecute el método y entregue el producto.

La suma de todos los costos de los planes plantados representará el presupuesto de mantenimiento, tanto en el largo como en el mediano plazo. Este será al final el último producto que se entregue por parte del proceso

5.2 OBJETIVOS DEL PROCESO

5.2.1 Objetivo general Resumiendo, a partir de todas las definiciones encontradas y los productos planteados se plantea el siguiente objetivo general para el proceso Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad:

“Generar acciones y propuestas para actualizar y buscar la mejora continua en los equipos, procesos, métodos, y presupuestos para asegurar que los activos objeto de mantenimiento operen bajo un estándar definido, en el contexto del negocio, durante un período de tiempo y bajo unas condiciones predefinidas”

Con base en esto se construirá en adelante toda la propuesta del proceso.

5.2.2 Objetivos específicos En línea con el objetivo general y los productos definidos, los siguientes serían los objetivos específicos que debería tener el proceso:

- “Optimizar de manera sistemática y sistémica el Plan de mantenimiento para los activos operativos buscando la mejora continua de la confiabilidad.”
- “Proponer acciones para mejorar las condiciones de los activos y de ejecución de los trabajos, para optimizar la mantenibilidad.”
- “Identificar la mejor oportunidad para la renovación de los activos y/o infraestructura productiva y proponer los planes de acción correspondientes con

el fin de mantener el proceso productivo en condiciones de confiabilidad y mantenibilidad acorde con las exigencias del mercado y los avances tecnológicos.”

- “Generar las alertas tempranas sobre las condiciones de los activos y de los trabajos de mantenimiento a través de reportes, indicadores e informes sobre el desempeño de los mismos.”

5.3 IDENTIFICACIÓN DE MÉTODOS CLAVES PARA OBTENER LOS PRODUCTOS ESPERADOS

La construcción de los planes enunciados en la anterior sección implica la identificación, selección e implementación de métodos de trabajo, en lo posible probados y normalizados, que respondan a cada necesidad. Bajo esta premisa, cada empresa selecciona las que, en su modelo de selección, con las características de sus activos y con su mejor criterio, cumplan unos requisitos mínimos y entreguen el producto esperado.

5.3.1 Métodos para el Análisis y Tratamiento de Eventos El objetivo de este método es determinar, desde el mismo momento en que los eventos se generan, qué proceso ejecutor ha de realizarlo, qué clasificación tiene respecto al tipo de trabajo de mantenimiento (proactivo/reactivo, preventivo/correctivo, ver modelo de clasificación planteado en la Figura 9), qué riesgo para el negocio ha generado o puede llegar a generar, qué prioridad se ha de dar a los trabajos, cuál es la real condición del activo respecto a los estándares de funcionamiento y cuál es el alcance específico del trabajo.

Es importante indicar que en este modelo se incluye el “análisis y tratamiento de eventos” como parte del proceso IMC, independiente del área ejecutora a quien se le asigne tal responsabilidad. Esta alusión se hace porque en algunas empresas se

ejecutan estos métodos desde el área ejecutora del mantenimiento, responsables, por ejemplo, del proceso MR.

Los principales métodos utilizados son los siguientes:

- Modelo de análisis de riesgos,
- Modelo de definición de criticidad de activos,
- Modelo de clasificación de trabajos de mantenimiento,
- Análisis de procesos productivos,
- Seguridad de procesos

5.3.2 Métodos para actualizar el plan de mantenimiento Siguiendo la misma estructura de la Tabla 2, en la Tabla 3 se incluyen la mayoría de los métodos que hoy en día se tienen disponibles y se han asociado a cada necesidad según la especificación u orientación (objetivo) de cada uno de ellos.

A cada método deberá hacerse el respectivo análisis de su aplicación e integrarse para conformar el proceso ya que de no hacerse se estará continuando con la práctica identificada hasta ahora en la mayoría de las empresas la cual, en concepto de quien presenta este trabajo, ha correspondido a una integración intuitiva, no sistémica y en muchos casos no sistemática al no estar documentada y justificada. El conjunto de las decisiones que se tome para la conformación / actualización del plan de mantenimiento deberá estar integrado a un análisis de costos el cual puede tener su inicio con base en la metodología Costo de Ciclo de Vida (conocido como LCC, por sus siglas en inglés). Este método, o cualquiera similar que se adopte, no necesariamente hace parte del conjunto de métodos para construir el plan, pero si es clave para la toma de decisión de incluir o no los trabajos de mantenimiento seleccionados.

Casi todos los métodos incluidos en la tabla 3 son aplicables a los equipos eléctricos que se instalan en las empresas de transmisión y distribución. Su inclusión formal

en el diagrama del proceso se hará de acuerdo con las entradas particulares de cada negocio y las características técnicas de los equipos.

Tabla 4 Métodos aplicables en IMC

Componente del plan	Ing. de Mantenimiento	Ing. de Confiabilidad
Actividades Duración Periodicidad Herramientas Competencias Documentación	- RCA Eliminación de defectos FTA Árbol Causa-Efecto - Protocolos de Calidad y Recibo de trabajos (Protocolos de pruebas)	
	- TPM 8 pilares Poka Yoke 5S - Tiempos y movimientos - Ruta crítica - FRACAS (failure reporting, analysis, and corrective action system)	- RCM - FMCA - RBI - Técnicas RAM: Diagrama de bloques de confiabilidad Modelos de Markov Simulación de Montecarlo Análisis Weibul - PMO - Técnicas predictivas (Predictivo o CBM): Vibraciones Tribología Termografía - Preventivo Reacondicionamiento programado Cambio programado - SIL - ABR (Age Based Replacement)

Repuestos	• RARC • RCS
Condiciones de seguridad	• Análisis de Riesgos • PHA, HAZOP • Seguridad de Procesos • Análisis de trabajo seguro • 3 Qué

5.3.3 Métodos para identificar acciones de mejor Los métodos que se tienen identificados para establecer planes de mejora son los siguientes:

- **Indicadores de Salud de Activos:** método que contempla la definición y medición de estadística del desempeño de los activos. Se deben definir indicadores específicos por tipo de activos con los cuales se establece que, al llegar a cierta condición, el activo debe ser renovado. Por el momento no se conoce una norma internacional específica.
- **Análisis de Causa Raíz:** tal vez el más utilizado en la industria para definir planes de mejora de procesos, activos, etc. Sin embargo, su aplicación no es proactiva y, por lo general, se aplica ante la presencia de un evento no deseado de alto impacto.
- **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad:** aunque su gran aporte está en la construcción del plan de mantenimiento, en aquellos casos donde el riesgo por la presentación de un modo de falla sea alto, o no aceptable, y no se puedan identificar actividades de mantenimiento proactivas que disminuyan el riesgo, entonces la decisión es de modificar el equipo llevándolo a una característica diferente que si pueda reducir el riesgo.
- **Costo de Ciclo de Vida⁵⁸:** metodología aplicable desde el comienzo de la vida del activo. Se debe establecer un modelo con el cual, al cumplirse ciertos valores

⁵⁸ IEC, IEC-60300-3-3, Dependability management - Part 3-3: Application guide - Life cycle costing, International Electrotechnical Commission, Third Ed., Geneve, 2017. 44p. ISBN 978-2-8322-3886-8

de costos, la decisión debe ser la renovación del equipo. Este podrá estarse complementando con el de Indicadores de Salud del Activo.

- **Fitness-for-Service⁵⁹ o Análisis de Vida Residual:** método utilizado principalmente en equipo mecánico del tipo “estático”, en procesos continuos de la industria del petróleo, con el cual se define si un equipo aún está apto para una capacidad operativa. De forma breve, el método consiste en la medición de ciertas características del material del activo y con ellas se recalculan las capacidades de operación a las cuales podría trabajar. Para el negocio de transmisión y distribución de energía eléctrica no ha aplicado hasta el momento.

Dependiendo de las características de los equipos, podrán existir otras metodologías con las cuales, sumadas a las anteriores, se puede conformar la estrategia para determinar el momento del retiro, renovación o mejora del activo.

Adicionalmente, cada uno de estos métodos se alimenta del producto entregado por la Evaluación del Desempeño (ver sección 5.4.4) en un ciclo de análisis iterativo y sistémico.

5.4 IDENTIFICACIÓN DE MÉTODOS SOPORTE

Los métodos incluidos en la sección anterior son los que están directamente relacionados con los productos que debe generar el proceso. Sin embargo, estos requieren de otros métodos para poderse aplicar adecuadamente.

5.4.1 Actualización del registro de activos El primer método de soporte para IMC se puede denominar Actualización del registro de activos. Este método o procedimiento debe entregar los datos de los activos debidamente registrados en

⁵⁹ API, API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service, American Petroleum Institute, Washington, D.C., 2007. 1320p.

un sistema de información de activos o de mantenimiento, previo análisis de los datos de entrada provenientes de los proyectos y de los cambios operativos. Se deben identificar, entonces, los tipos de campos donde estarán registrados, si es un campo específico (particular), si es un campo abierto tipo texto, o si es un documento vinculado o enlazado con el activo registrado.

A continuación, se destacan algunos de los productos más importantes en el registro de activos junto con los métodos que podrían aplicarse para su generación:

- Código jerárquico que identifique al equipo dentro de la estructura, aplicando Analytical Hierarchy Process, AHP. Este código podría estarse creando durante la fase de diseño del sistema, esto es, durante el proyecto de incorporación de activos.
- Nivel de criticidad del activo dentro del proceso productivo, aplicando Criticality Assessment, CA. Al igual que el anterior dato, este podría trabajarse durante el proyecto, pero también se puede requerir un cambio durante la operación en caso tal que las condiciones operativas, ambientales o regulatorias cambien.
- Registros de datos y documentos de los activos, aplicando un procedimiento de gestión documental y lo propuesto por el fabricante del sistema de información de mantenimiento.

5.4.2 Gestión del cambio El segundo método que se contempla como soporte es el denominado Gestión del Cambio⁶⁰. Este método, conocido en algunos ambientes como “MoC” por su nombre en inglés, Management of Change, se utiliza en diferentes áreas de la organización.

Este método ha sido impulsado, principalmente, por la industria petroquímica a partir de los accidentes ocurridos en las décadas pasadas. Dentro de las organizaciones que ha trabajado este método se destaca el U.S. Chemical Safety and Hazard

⁶⁰ ICONTEC, NTC-ISO 55001-2015, Gestión de Activos - Sistema de Gestión – Requisitos, Bogotá, 2015. p.10.

Investigation Board (CSB)⁶¹. Inició con el control a los cambios realizados en los procesos productivos y luego se extendió a todos los ámbitos de la organización, entre ellos, los procesos de empresa. En la norma ISO 55001 está incluido en el capítulo 8.2, se destaca como uno de los métodos claves para la gestión de activos junto con el análisis de riesgos, por lo tanto, debe ser parte de la gestión de mantenimiento para controlar los cambios que se realicen sobre los equipos y sobre los mismos procesos de mantenimiento.

Las actividades que se incluyen en este método son:

- Definir un modelo para el control de cambios, procedimiento formal para el registro y seguimiento de cada cambio de planta (trabajar en el método).
- Divulgar y generar conciencia (trabajar en la aptitud y actitud).
- Definir un responsable (un departamento y/o una persona) para su control y seguimiento (trabajar en la organización responsable por el proceso).
- Definir la base de datos con la que se han de registrar todos los cambios (trabajar en la tecnología).
- Definir los datos que se deben registrar para cada caso: equipo, fecha, causas que motivan el cambio, solicitante, orden de trabajo, entre otros (trabajar en los datos del proceso).
- Definir las acciones de corto y mediano plazo para el retorno a la condición original o la aprobación técnica de su permanencia (trabajar en la identificación de planes, indicadores y reuniones de seguimiento).
- Gestionar – asegurar – la actualización de los documentos: planos, procedimientos, listas de partes, catálogo de materiales, etc., que corresponda (Trabajar en la tecnología, datos y métodos que soportan los cambios).

Las actividades descritas son aplicables en cualquier proceso, por lo tanto, bien pueden estar incluidas en todos los procesos de empresa. El método en sí no es

⁶¹ CSB, Safety Bulletin No. 2001-04-SB, August 2001 [En línea]. Management of Change (Recuperado en 20 diciembre 2018) Disponible en <https://www.csb.gov/assets/1/20/moc082801.pdf>

que produzca un producto específico, está definido como un método que busca asegurar la calidad de los datos y de la coherencia entre ellos y el estado real de los equipos. En el diseño del proceso IMC se plantea, en consecuencia, la inclusión de varias actividades que, sin tener el rótulo o el producto específico de gestión del cambio, permita el control de aquello que la gente pretenda o requiera hacer para modificar los equipos o el mismo proceso.

5.4.3 Evaluación del desempeño de los activos El término “Evaluación del desempeño” es bastante amplio, cubre muchos tópicos y debe estar en todos los procesos. Tanto en la norma ISO 9001 como en la norma ISO 55001, el contienen el capítulo 9 Evaluación del desempeño y da bastante relevancia a la necesidad de que la empresa determine los métodos a aplicar en la medición, monitoreo, seguimiento, análisis e informes. A diferencia de la gestión del cambio, método con actividades más generales, en este caso, se incluyen los métodos relacionados con la Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad que están orientados hacia la evaluación del desempeño de los activos y de la efectividad de los planes definidos. Los métodos para la evaluación del desempeño global del proceso de mantenimiento, sus componentes y de sus interrelaciones con los demás procesos de empresa, como serían las estrategias de contratación, de selección de personal, del registro contable o de la selección y utilización del sistema de información, están incluidos el proceso Planeación Estratégica de Mantenimiento.

Para esta evaluación específica se han identificado los siguientes métodos:

- Desempeño de los parámetros operativos de los activos (que deben ser definidos particularmente para cada tipo de negocio y cada empresa)
- Desempeño de los costos de mantenimiento
- Desempeño de la ejecución de trabajos de mantenimiento (proactivos y reactivos)
- Disponibilidad de los activos

- Mantenibilidad de los activos
- Indicadores de salud de activos

5.4.4 Métodos no considerados como parte de IMC Ya se hizo mención a algunos métodos que se asociaron a la Planeación Estratégica de Mantenimiento. El autor considera conveniente hacer mención de aquellos que por su relación directa con la confiabilidad podrían estar, pero que por su objetivo principal pertenecen o se asocian a otro de los procesos de mantenimiento. A continuación, se presentan los métodos no considerados como parte de IMC:

- Evaluación de la calidad (confiabilidad) de la información registrada en el sistema de información: relacionado con la necesidad de verificar / asegurar el uso, la calidad y la oportunidad de los datos que de los demás procesos de mantenimiento deben registrar en el sistema de información. Se considera asociado al proceso soporte Gestión de Información y Documentación.
- Evaluación del desempeño y de las competencias del personal de mantenimiento. Se considera asociado al proceso soporte Gestión del Talento Humano.
- Gestión del riesgo: Este método es transversal a todas las organizaciones y está definido para que se aplique en cada una de las actividades, por lo tanto, se define su inclusión a través de los diferentes métodos de IMC, como son RCA, RCM, RBI, entre otros, pero no como un método específico y propio.

5.5 IDENTIFICACIÓN DE ENTRADAS

Para la identificación de las entradas requeridas, el trabajo se realiza a partir de lo que cada producto definido requiere.

5.5.1 Entradas por producto identificado Plan de mantenimiento proactivo:

- Manuales de los equipos operativos,
- Catálogos de los equipos operativos con sus características técnicas,
- Condiciones particulares de seguridad por equipo,
- Lista y registros de las variables operativas de los equipos,
- Condiciones operativas y ambientales,
- Características técnicas de los equipos de medición de condición,
- Características técnicas de las herramientas para intervención,
- Modos de falla de los equipos,
- Listas de partes e insumos,
- Planos de los equipos, infraestructura y accesos
- Modelo de costos de la empresa
- Costos estimados en el caso de negocio para cada sistema
- Planes de mantenimiento del fabricante
- Historia del mantenimiento del equipo y/o de equipos similares instalados en la empresa
- Referencias de fallas de equipos en la industria
- Históricos del mantenimiento del equipo, si no ha sido objeto del análisis de confiabilidad
- Históricos de Tiempos estimados y reales de ejecución del mantenimiento (intervenciones) bajo las condiciones operativas y ambientales y con las herramientas disponibles.
- Proyección del negocio
- Plan estratégico de mantenimiento
- Proyectos en curso
- Matriz de riesgos del negocio y matriz de valoración de riesgos
- Regulaciones gubernamentales
- Normas de obligatorio cumplimiento
- Normas sobre mejores prácticas empresariales

Plan de renovación de equipos:

- Manuales de los equipos operativos,
- Condiciones particulares de seguridad por equipo,
- Catálogos de los equipos operativos con sus características técnicas,
- Requerimientos operativos actualizados,
- Históricos de las condiciones operativas y ambientales,
- Lista y registros de las variables operativas de los equipos,
- Características técnicas de las herramientas para intervención,
- Modos de falla de los equipos,
- Listas de partes e insumos,
- Tiempos de aprovisionamiento y reportes de fabricantes,
- Planos de los equipos, infraestructura y accesos
- Costos estimados en el caso de negocio para cada sistema
- Históricos de los costos de mantenimiento
- Historia del mantenimiento del equipo y/o de equipos similares instalados en la empresa
- Históricos del mantenimiento del equipo, si no ha sido objeto del análisis de confiabilidad
- Históricos de Tiempos estimados y reales de ejecución del mantenimiento (intervenciones) bajo las condiciones operativas y ambientales y con las herramientas disponibles.
- Referencias de fallas de equipos en la industria
- Indicadores de Salud de Activos
- Resultados de Análisis de Causa Raíz
- Plan actual de Mantenimiento.
- Proyección del negocio
- Plan estratégico de mantenimiento
- Proyectos en curso
- Matriz de riesgos del negocio y matriz de valoración de riesgos

- Regulaciones gubernamentales
- Normas de obligatorio cumplimiento
- Normas sobre mejores prácticas empresariales

Actualización del registro de activos:

- Proyectos en curso
- Dossier del proyecto terminado (conjunto de documentos)
- Ingeniería del sistema (conjunto de documentos)
- Matriz de riesgos del negocio y matriz de valoración de riesgos
- Modelo jerárquico de equipos
- Modelo para valoración de criticidad de equipos
- Modelo de costos de la empresa
- Estrategia documental de la empresa
- Modelo de datos del sistema de información de activos
- Estructura organizacional
- Modelo de activos fijos

Gestión del cambio

- Órdenes de trabajo con registro de cambios en activos
- Solicitudes de cambios de procesos o configuración del sistema
- Matriz de riesgos del negocio y matriz de valoración de riesgos
- Tiempos de aprovisionamiento y reportes de fabricantes,
- Cambios de parámetros operacionales
- Cambio de proveedores de repuestos

Análisis y tratamiento de eventos

- Matriz de riesgos del negocio y matriz de valoración de riesgos
- Registro de eventos
- Registros de criticidad de activos
- Plan de producción / operación
- Requerimientos operativos actualizados,

- Históricos de las condiciones operativas y ambientales,
- Lista y registros de las variables operativas de los equipos,
- Historia del mantenimiento del equipo y/o de equipos similares instalados en la empresa
- Indicadores de Salud de Activos
- Resultados de Análisis de Causa Raíz
- Plan actual de Mantenimiento.
- Planos de los equipos, infraestructura y accesos
- Modos de falla de los equipos

Evaluación de desempeño

- Históricos de las condiciones operativas y ambientales,
- Lista y registros de las variables operativas de los equipos,
- Historia del mantenimiento del equipo y/o de equipos similares instalados en la empresa
- Históricos del mantenimiento del equipo, si no ha sido objeto del análisis de confiabilidad
- Indicadores de Salud de Activos
- Registro de eventos
- Modos de falla de los equipos
- Históricos de Tiempos estimados y reales de ejecución del mantenimiento (intervenciones) bajo las condiciones operativas y ambientales y con las herramientas disponibles.

5.5.2 Matriz de entradas por producto Dado que hay una apreciable cantidad de entradas que se comparten por producto, se presenta en la Tabla 5 una matriz para consolidarlas e identificar el efecto que cada una de ellas tiene sobre el proceso.

Tabla 5 Matriz de entradas

P1. Plan proactivo, P2. Renovación, P3. Registro, P4. Gestión del Cambio, P5. Análisis de Eventos, P6. Evaluación de Desempeño

Entrada	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Cambio de proveedores de repuestos				x		
Cambios de parámetros operacionales				x		
Características técnicas de las herramientas para intervención	x	x				
Características técnicas de equipos de medición de condición	x					
Catálogos de equipos con sus características técnicas	x	x				
Condiciones operativas y ambientales	x					
Condiciones particulares de seguridad por equipo	x	x				
Costos estimados en el caso de negocio para cada sistema	x	x				
Dossier del proyecto terminado (conjunto de documentos)			x			
Estrategia documental de la empresa			x			
Estructura organizacional			x			
Historia del mantenimiento del equipo y/o de equipos similares instalados en la empresa	x				x	x
Históricos del mantenimiento del equipo, si no ha sido objeto del análisis de confiabilidad	x	x				x
Históricos de las condiciones operativas y ambientales,		x			x	x
Históricos de los costos de mantenimiento		x				

Históricos de Tiempos estimados y reales de ejecución del mantenimiento (intervenciones) bajo las condiciones operativas y ambientales y con las herramientas disponibles.	x	x				x
Indicadores de Salud de Activos		x			x	x
Ingeniería del sistema (conjunto de documentos)			x			
Lista y registros de las variables operativas de los equipos	x	x			x	x
Listas de partes e insumos	x	x				
Manuales de los equipos operativos	x	x				
Matriz de riesgos del negocio y matriz de valoración de riesgos	x	x	x	x	x	
Modelo de activos fijos			x			
Modelo de costos de la empresa	x		x			
Modelo de datos del sistema de información de activos			x			
Modelo jerárquico de equipos			x			
Modelo para valoración de criticidad de equipos			x			
Modos de falla de los equipos	x	x			x	x
Normas de obligatorio cumplimiento	x	x				
Normas sobre mejores prácticas empresariales	x	x				
Órdenes de trabajo con registro de cambios en activos				x		
Plan actual de Mantenimiento.		x			x	
Plan de producción / operación					x	
Plan estratégico de mantenimiento	x	x				
Planes de mantenimiento del fabricante	x					
Planos de los equipos, infraestructura y accesos	x	x			x	
Proyección del negocio	x	x				

Proyectos en curso	x	x	x			
Referencias de fallas de equipos en la industria	x	x				
Registro de eventos					x	x
Registros de criticidad de activos					x	
Regulaciones gubernamentales	x	x				
Requerimientos operativos actualizados		x			x	
Resultados de Análisis de Causa Raíz		x			x	
Solicitud de cambio de proceso o configuración del sistema				x		
Tiempos de aprovisionamiento y reportes de fabricantes		x		x		

6 MODELAMIENTO DEL PROCESO

6.1 DISEÑO EN BIZAGI

El modelamiento del proceso se realiza con la herramienta BIZAGI®, versión 3.3.076, (ver Anexo 2) la cual está diseñada para este propósito. Se han incluido los aspectos presentados en los capítulos 4 y 5, obteniendo el resultado que se muestra en la Figura 19. Para un mejor entendimiento del diagrama, en el anexo 3 se describen los diferentes símbolos utilizados.

Como aspectos claves e importantes del modelamiento, se destacan los siguientes:

- Se trabajó la diagramación sobre la base de los productos definidos, para los cuales se identificaron 75 actividades distribuidas en los productos de la siguiente forma:
- Análisis y tratamiento de eventos: 9
- Plan de mantenimiento: 16
- Renovación de activos: 13
- Registro de activos: 16
- Mejoramiento de la mantenibilidad: 8
- Evaluación del desempeño: 13
- Se identificaron tres fases comunes para obtener los productos, así:
- Evaluación de datos
- Actividades centrales del proceso
- Aprobación

A manera de resumen, por fase y producto, el resultado se puede representar en la matriz de la Tabla 6.

Tabla 6. Matriz de actividades del proceso

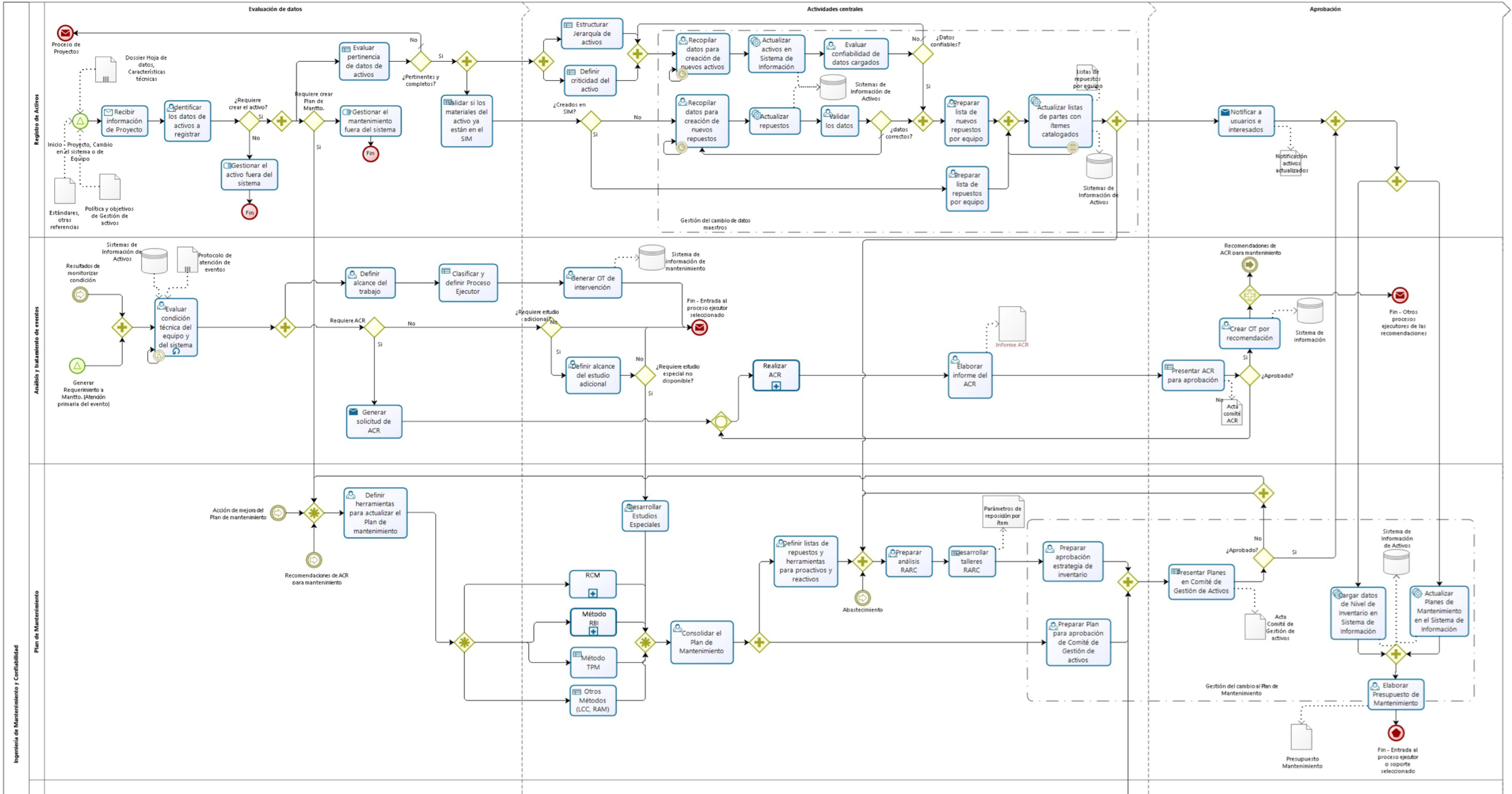
Producto \ Fase	Evaluación	Core	Aprobación
Análisis y tratamiento de eventos	4	4	2
Plan de mantenimiento	1	11	5
Mejoramiento de la mantenibilidad	1	7	
Registro de activos	6	11	
Renovación de activos	8	4	1
Evaluación del desempeño	5	7	1

En la Figura 20 se muestra el resultado de la validación del proceso. El significado de este mensaje es:

- No hay actividades sin conexión, todas tienen al menos una conexión de entrada y una de salida
- Hay terminaciones e inicios correctos
- No hay conectores sueltos
- Los eventos de enlace son los apropiados

Otras validaciones o simulaciones se pueden realizar con esta herramienta, pero por no ser objeto de este estudio no se han aplicado o podido realizar. Este es el caso de la simulación de tiempos y recursos que solo sería aplicable cuando se trabaje en una específica empresa y se tengan todos los datos de entrada para la simulación.

Figura 19. Diagrama de flujo del proceso IMC



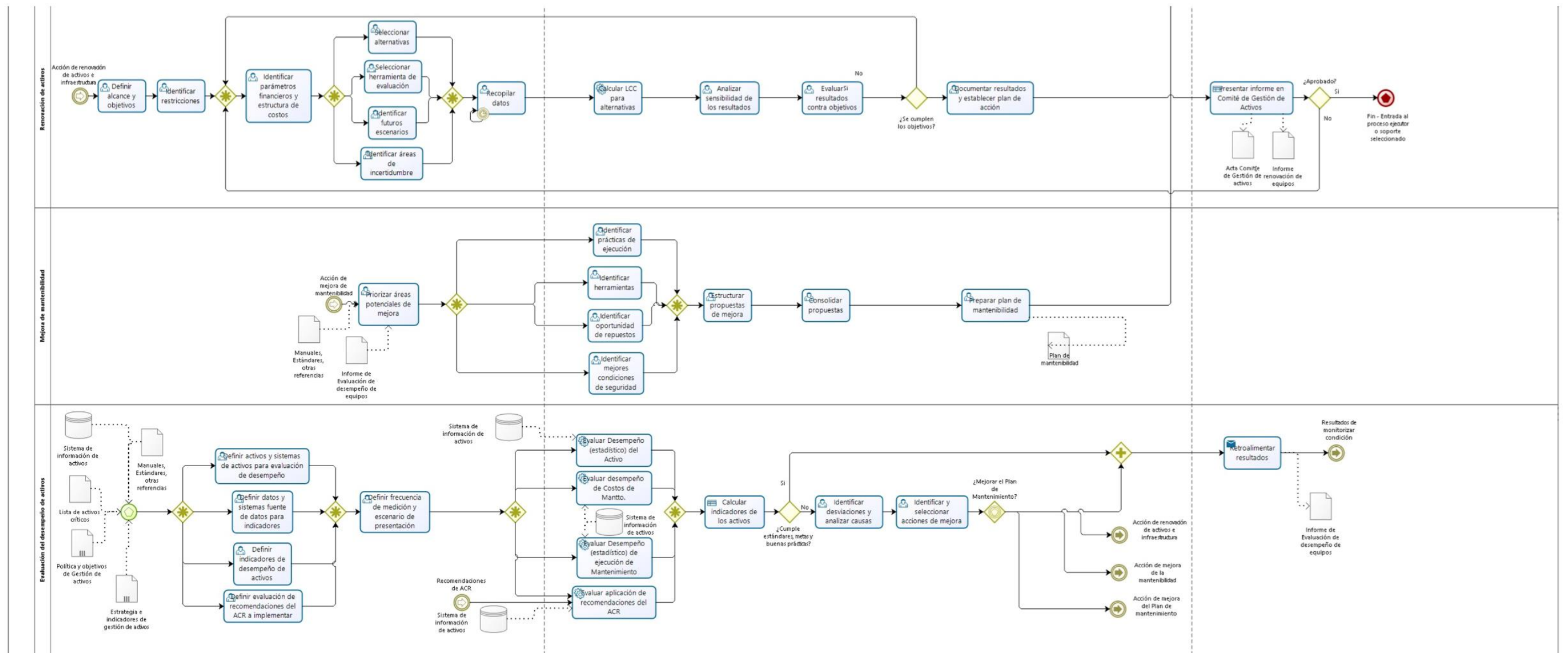
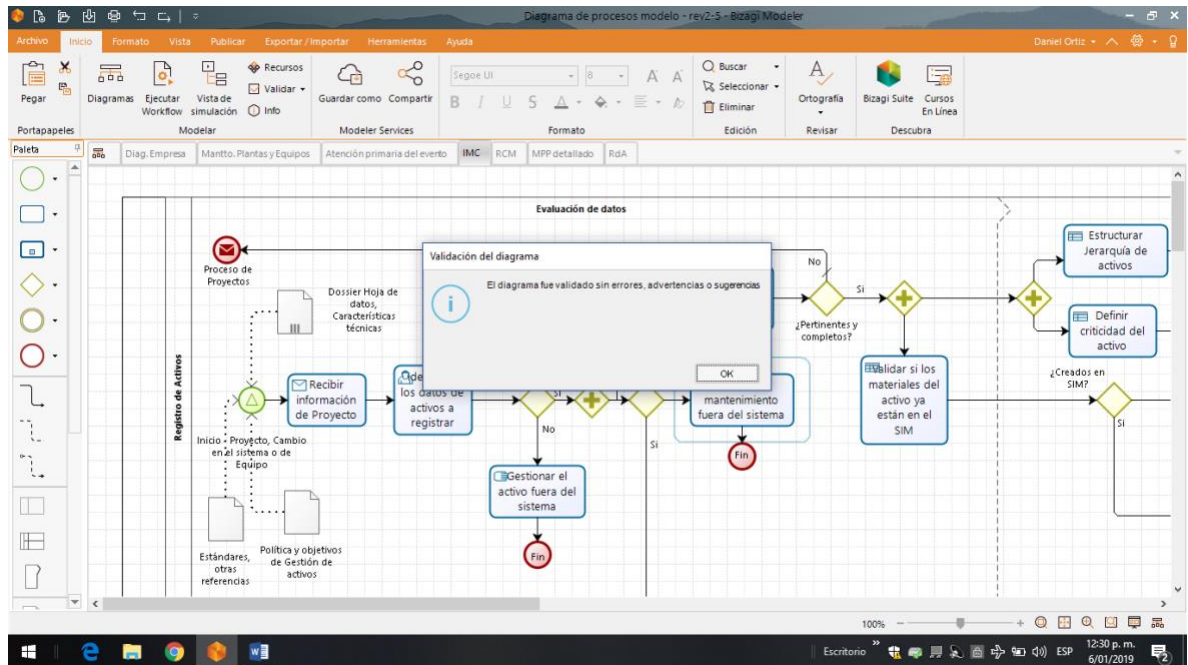


Figura 20 Validación de errores, advertencias y sugerencias de Bizagi



6.2 REVISIÓN DEL MODELO POR PARTE DE ESPECIALISTAS

Se realizó una sesión de revisión de la propuesta con tres personas, así:

- Dos especialistas en Gerencia de mantenimiento y a la vez funcionarios de una empresa del sector eléctrico colombiano
- Un funcionario del área de mantenimiento de una empresa del sector eléctrico colombiano

En general, hubo receptividad a la propuesta y no se hicieron observaciones a la lógica ni a la organización de las actividades. Hubo tres comentarios específicos sobre tres actividades más un comentario general sobre la relativa aplicabilidad en su empresa. Las observaciones son las siguientes:

- En donde se hace referencia al inicio del proceso para un trabajo reactivo, Análisis y tratamiento de eventos, actividad Generar OT de intervención, se

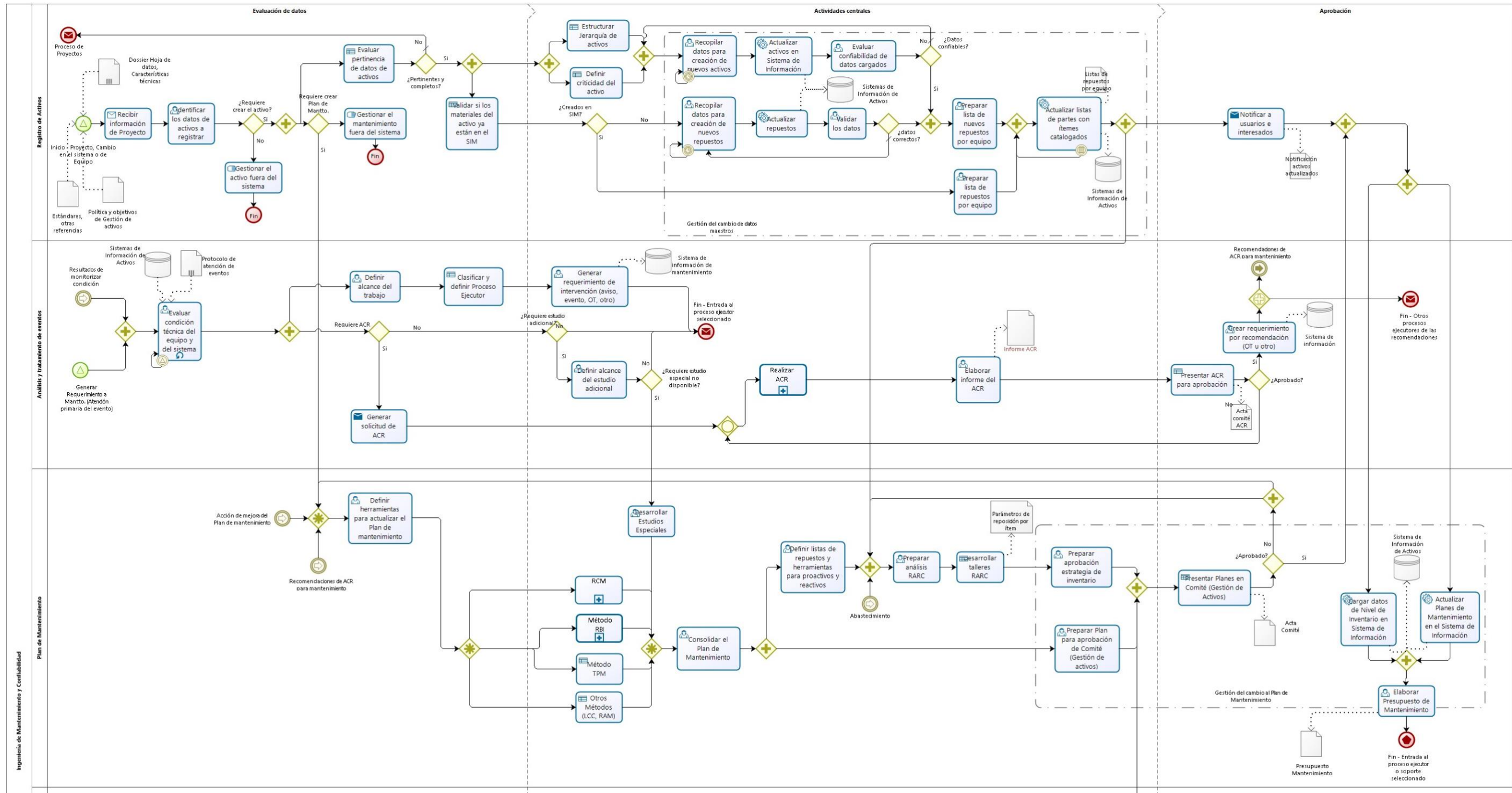
sugiere cambiar el término OT y dejarlo más genérico ya que algunas empresas vienen usando la herramienta SAP y en ella lo que se genera primero es un aviso de mantenimiento. Las que utilicen otro sistema, podrán iniciar con otro nombre de documento o la misma OT. Se propuso llamarlo requerimiento a mantenimiento. Esta observación es válida y se realiza el ajuste en el diagrama.

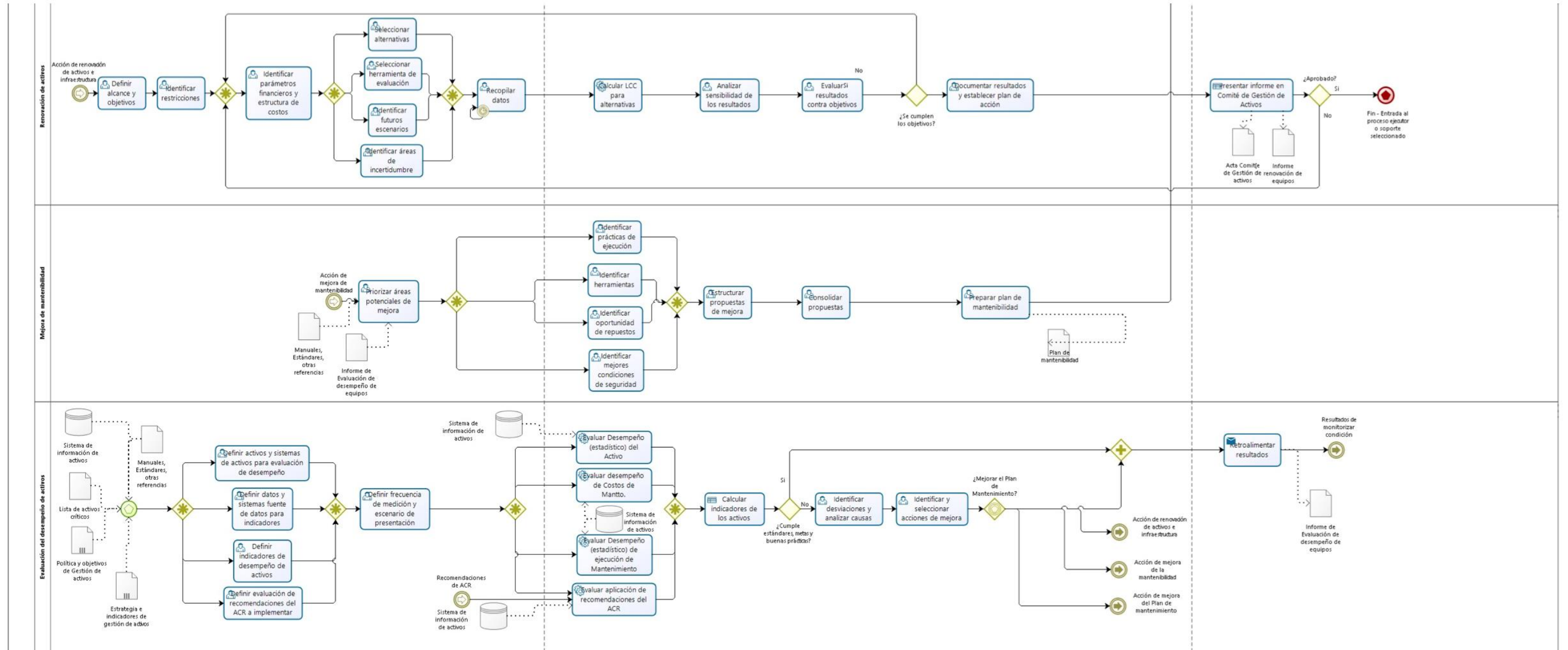
- En donde se hace referencia al “Comité de Gestión de Activos” para la aprobación del plan de mantenimiento, sugieren cambiar el nombre del comité ya que en las empresas hasta ahora se está empezando a manejar el concepto y como tal no existe un comité que lo apruebe y menos de gestión de activos. Revisando la sugerencia, no se ve válida ya que este modelo del proceso IMC, enmarcado en la gestión de activos, busca es avanzar hacia la implementación de las buenas prácticas, una de ellas es la aprobación de estos planes en un escenario estratégico para que las demás áreas relacionadas con mantenimiento tengan presente su importancia y los impactos que puede tener su no cumplimiento.
- Como dato curioso, contrastando con el anterior punto, los especialistas aceptaron que el “plan de acción” para “renovación de equipos” si fuera a un comité denominado Gestión de Activos.
- Dos de los especialistas no estuvieron de acuerdo con incluir las cuatro primeras actividades del “Análisis y tratamiento de eventos”, aduciendo que esas actividades son del área de ejecución de mantenimiento. Al respecto, se hizo mención a la necesidad de diferenciar “áreas organizativas” y “procesos”. Tal como se indicó en la sección 5.3.1, ha sido una práctica considerar esas actividades - de análisis y clasificación de los eventos - como parte de la ejecución. La razón de incluirse en la Ingeniería de Confiabilidad es establecer las bases para que los registros y análisis de eventos de falla sean lo suficientemente claros y precisos, para que tanto la mantenibilidad como el análisis de la confiabilidad sean los adecuados. No hubo un consenso al respecto y el autor continúa con su propuesta.

- En la empresa donde trabajan los especialistas, se realizó meses atrás la definición de los procesos de mantenimiento hasta el nivel de nombrar los subprocesos, pero no el detalle planteado por el modelo. Los nombres dados a los subprocesos de mantenimiento son parecidos, no iguales, contienen alcances y productos similares, aunque distribuidos en más de un subproceso. Esto no se vio como inconveniente en la medida que los mismos productos se tuvieran establecidos.

En consecuencia, en la Figura 21 se incluyen los ajustes aceptados y acordados. Estos solo aplican para la primera página de la figura.

Figura 21. Diagrama de flujo del proceso IMC ajustado según comentarios





7 APLICACIÓN DEL MODELO GESPRESS EN IMC

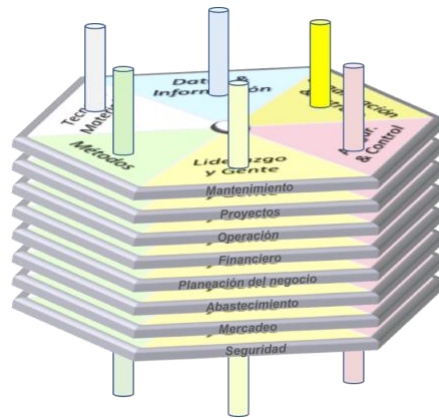
Como se comentó en la sección 3.2.4 y en la representación del modelo en la Figura 10., son seis elementos los que se deben trabajar para realizar una adecuada gestión sistémica de procesos. Estos seis elementos son:

- Liderazgo y Gente
- Métodos
- Tecnología
- Datos
- Organización
- Aseguramiento y Control

El diseño tradicional de los procesos generalmente apunta a la identificación de los métodos, las herramientas con las que se ha de trabajar y la asignación de roles y responsabilidades. Con base en estas definiciones, el siguiente paso es la estructuración de la organización (estructura organizacional). No obstante, hay algunos componentes de estos elementos y otros más que se ha visto necesario trabajar para una más completa gestión de los procesos. En las siguientes secciones del capítulo se presentan los aspectos identificados a tener en cuenta dentro de la metodología GESPRESS.

La alineación de los seis elementos de todos los procesos, no solo de mantenimiento sino de toda la empresa, ver Figura 22, permite trabajar en sinergia en cada uno de los temas. Esto se ve particularmente identificado en la gestión del talento humano, de las tecnologías de información y en el aseguramiento y control de la gestión.

Figura 22 Alineación de los seis elementos GESPARE de todos los procesos



Fuente: Ortiz Ruiz Consultores SAS

7.1 LIDERAZGO Y GENTE

Los componentes de este elemento que se debe trabajar son:

- Actitud
- Aptitud

Se considera que la actitud es muy propia de cada empresa y de lo que la alta dirección o alto liderazgo deseen o estén interesados en conseguir.

Para la aptitud si es posible establecer las competencias que debe tener las personas a las cuales se les asigne la responsabilidad por el proceso, tanto en el liderazgo como por la ejecución en sí de cada actividad. En tal sentido, hay dos tipos principales de aptitudes que deben considerarse:

- Aptitudes generales: relacionado con las competencias y conocimientos de la ciencia a la que pertenecen los equipos instalados (ingeniería eléctrica, ingeniería civil, ingeniería mecánica), competencias y conocimientos generales para el manejo del sistema de información adquirido por la empresa para la gestión de los procesos, competencias y conocimientos generales de las normas internas y protocolos de trabajo (aplicables, por ejemplo, a la documentación),

competencias y conocimientos generales en las herramientas informáticas de oficina (procesador de textos, hojas electrónicas, correo electrónico, etc.)

- Aptitudes específicas: relacionado con las competencias y el conocimiento que deben tener las personas a las que se les asigne un método específico. Deberá, entonces, haber personas con las mínimas competencias en métodos como RCM, RCA, RARC, Estadística, planeación, identificación y análisis de riesgos, protocolos de calidad, técnicas RAM, gestión del cambio y todas las competencias y conocimientos técnicos específicos relacionados con los equipos instalados (torres de transmisión, subestaciones eléctricas).

Podría considerarse una tercera aptitud, la física, pero para este proceso no se identifican requerimientos particulares diferentes a los normales de una persona con sus cinco sentidos y ninguna discapacidad física que le impida desplazarse a las áreas operativas.

Una vez establecidas las competencias requeridas por las personas responsables del proceso, se debe construir una matriz definida por las (competencias) requeridas por el proceso y las actuales del personal. Las diferencias encontradas son las que permiten construir el plan de cierre de brechas a desarrollar en los siguientes meses o años, teniendo así la base para el primero de los indicadores del proceso: Cumplimiento del plan de cierre de brechas. Este indicador es el recomendado sobre otros como horas de capacitación o entrenamiento, o como porcentaje de tiempo dedicado a entrenamiento o capacitación. El seguimiento al plan se deberá actualizar, no solo por el cumplimiento de las actividades, sino por los cambios que la empresa tiene de personal y tecnologías el cual debe conllevar a replantear el plan, bajo el esquema de la mejora continua.

Como se comentó en la introducción de este capítulo, el plan de cierre de brechas no solo sería para mantenimiento. Si la empresa trabaja toda por procesos, define del mismo modo las competencias para cada responsable, se obtiene el plan general de cierre de brechas. Este es uno de los productos que, por lo general, en

las empresas se maneja desde las organizaciones de personal o talento humano, lo que representa un buen ejemplo de la sinergia.

Otra acción consecuente de la definición de competencias es la aplicación de las técnicas para gestión del conocimiento dentro de las cuales se encuentran lecciones aprendidas, documentación, páginas amarillas, redes de trabajo, entre otras. La aplicación de estas herramientas debe considerarse como parte del plan de cierre de brechas y actualización tecnológica.

Lo anterior está alineado con lo definido en la ISO 55001 en las secciones 5.1. Liderazgo y compromiso, 7.2. Competencia, 7.4 Comunicación – cómo comunicar y 10.3. Mejora continua.

Si no se tiene la gente adecuada, con la aptitud y la actitud, el proceso, por muy bien diseñado que esté, no funcionará.

7.2 HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS PARA EL PROCESO

Las herramientas tecnológicas son piezas clave para el desarrollo de un proceso, más en esta época donde la tecnología está liderando muchos procesos.

En la definición de las herramientas, hay que empezar por la definición de la que se conoce como Sistema de Información (de activos o de mantenimiento). Desde hace varios años se viene analizando en el mundo de la tecnología de información (TI) la conveniencia o no de tener una sola herramienta informática que abarque a todos los procesos de la empresa. Los artículos consultados, como el de UltraConsultants⁶² y Gartner⁶³, dejan entrever una inclinación, pero la mejor práctica sugerida es que cada empresa debe hacer la evaluación de sus procesos y el análisis de las opciones que su mercado le ofrece y así evitar el interés que por un

⁶² ULTRA CONSULTANT, Best of Breed vs Best in Class ERP: What are the pros and the Cons [En línea]. Technology Evaluation. (Recuperado en 23 diciembre 2019) Disponible en <https://ultraconsultants.com/best-of-breed-vs-best-in-class-erp/>

⁶³ GARTNER, IT Infrastructure Monitoring Tools: Select a Suite Over Best of Breed [En línea]. Gartner Research. (Recuperado en 23 diciembre 2019) Disponible en <https://www.gartner.com/doc/3789563?ref=mrktg-srch>

ERP o viceversa pueda existir. Por esto, no es fácil tener una definición generalizada ni unificada.

La identificación de las demás aplicaciones o herramientas dependerá de las metodologías que se defina aplicar, como sería el caso de RCM para el cual se puede utilizar desde una hoja electrónica hasta soluciones integradas de RCM con otras metodologías como RCA, RAM, etc.

Muy utilizadas, pero también cuestionadas, son las herramientas ofimáticas como el correo electrónico. Dentro de las descripciones de las actividades del proceso se debe especificar dónde se ha de utilizar, para qué y cómo, esto con el fin de evitar caer en la costumbre de hacer “gestión” solamente a través de correos electrónicos, abandonando la idea de la integralidad y la sinergia; la mayoría de las herramientas no son excluyentes y deben manejarse integradas.

En conclusión, en cada actividad que se requiera una herramienta de este tipo, debe indicarse y elaborarse un documento específico y complementario para exponer el paso a paso de su utilización.

De manera similar a lo indicado en la sección anterior, la suma, o la integración, de todas las necesidades en TI es lo que permite a las organizaciones responsables por el tema entregar sus productos, elaborar las estrategias y cumplir las políticas respectivas. Esto es otro ejemplo por la cual la gestión de los procesos se debe hacer de manera sinérgica.

En la ISO 55001, se indica específicamente que debe haber un adecuado manejo de la información y que “la organización debe determinar cómo y cuándo recopilar, analizar y evaluar la información, la organización debe especificar, implementar y mantener procesos para gestionar su información”⁶⁴. Adicionalmente, se indica que la organización debe incluir consideraciones sobre el intercambio de información con sus partes interesadas. Esto confirma la necesidad de incluir el tema de la

⁶⁴ ICONTEC, NTC-ISO 55001-2015, Gestión de Activos - Sistema de Gestión – Requisitos, Bogotá, 2015. p.8

tecnología dentro del modelo de gestión de cualquier proceso, en particular si está relacionado con los activos productivos.

Si no se tiene las herramientas adecuadas, ningún proceso funciona, es como si en una fábrica se quisiera obtener los productos diseñados, pero con los equipos productivos incorrectos.

7.3 DATOS

Sin datos, un proceso de empresa es como una fábrica sin materia prima.

Se requiere definir los datos que cada actividad debe manejar. Tal definición puede hacerse de forma explícita en la descripción de la actividad, a través del detalle de la herramienta tecnológica que se utilice o a través de un instructivo que detalle el paso a paso de la actividad. Para el caso de la ingeniería de mantenimiento y confiabilidad, cada empresa, por su particularidad operativa, de activos y del negocio en sí, debe definir los requerimientos de datos para los eventos, la conformación de los planes proactivos, los reportes de análisis de causa raíz, las órdenes de trabajo, los resultados de los análisis de costo de ciclo de vida, los datos para construir los indicadores de salud de los activos, etc.

Hay que diferenciar las colecciones de datos que se representan en un informe, o en un reporte, con lo que representa un dato o unos pocos datos. Si se trata de procesar unos datos para generar el o los productos de la actividad, hay que ser muy específicos sobre cada uno y no caer en el facilismo de indicar el nombre del informe o del reporte sin identificarlos.

Se identifican tres clasificaciones de datos según su utilización: datos de entrada, datos de salida y datos de procesamiento o de medio. En cualquiera de los casos se requiere definir, su procedencia o almacenamiento (base de datos), el medio por el cual se han de encontrar o registrar (reportes o scripts), la cantidad (por ejemplo, para analizar una tendencia se requieren al menos los últimos 12 datos), la calidad, y la oportunidad.

En la gran mayoría de los casos, los datos estarán asociados con alguna tecnología o sistema de información, por ello, estos serán parte de la especificación del mismo sistema, de tal forma que la suma de los datos que requieran los procesos serán parte de la especificación del ERP, EAM o CMMS, además de las transacciones, los procesamientos que se deseen realizar allí y otras especificaciones.

En la ISO 55001, la indicación sobre este tema está en la sección 7.6, incluyendo algunas notas sobre la forma de controlar y la diversidad en la magnitud de información que puede existir de una empresa a otra.

7.4 ORGANIZACIÓN

En el elemento organización, son cuatro componentes los que distinguen:

- Organigrama o estructura administrativa que gobierne el proceso
- Roles y responsabilidades
- Equipos de trabajo (tipos, cantidades)
- Comunicaciones (dato, medio, emisor, receptor)

El primero de ellos es muy particular a cada empresa y se interpreta como la forma en que se diseña para salir a “sobrevivir o a luchar en el medio ambiente”. La mejor forma de representarlo es a través del símil con la constitución de los diferentes animales y cómo han evolucionado para sobrevivir en cada uno de los ambientes. Así también son las empresas. A manera de ejemplo, utilizando la representación del cuerpo humano como la empresa, los órganos son las dependencias; su ubicación dentro del cuerpo, como un todo, dependerá del medio donde viva y se desarrolle; asimismo, los órganos del cuerpo humano no representan exactamente los procesos internos y se suele confundir la organización con los procesos. Por ejemplo, el proceso digestivo lo ejecutan los órganos como el estómago, los intestinos y otros más, pero esos órganos no son exactamente el proceso y pueden ejecutar también partes de otros procesos. Bajo este concepto, en las empresas no debería haber dependencias más importantes que otras y, menos, procesos más

importantes que otros, esto es, ningún órgano y ningún proceso se debe establecer como el más importante ya que si alguno dejara de funcionar ya no podría competir en su medio y la consecuencia última sería “la muerte”.

A pesar de la importancia de las dependencias, el principio que debe regir para la construcción de la organización es que primero sea la definición de los procesos, luego la “asignación de responsabilidades por procesos” por dependencias, en un ciclo evolutivo sin perder de vista la base de la empresa: los procesos. Sin embargo, muchas empresas construyen primero su organigrama y luego definen los procesos y viven de cambio en cambio, muchas veces en ciclos decenales repetitivos.

El segundo componente corresponde a la definición de los Roles y responsabilidades. Los roles se caracterizan por corresponder a la agrupación de ciertas actividades comunes y que requieren de un perfil específico del talento humano. Por ejemplo, se habla del rol del “planificador” y del rol del “programador”, para representar la agrupación de ciertas actividades que se deben realizar y que entregan un producto específico. Para este proceso, hoy se está hablando del “ingeniero de confiabilidad” como rol de quien al interior de una empresa define o lidera la definición del plan proactivo y analiza los resultados de confiabilidad de los activos a través de indicadores como “salud de los equipos”, mantenibilidad y confiabilidad.

Complementario a lo planteado en los tres párrafos anteriores, el proceso de ingeniería de mantenimiento y confiabilidad no debería estar asignado exclusivamente a una dependencia que lleve su mismo nombre, así en algunas empresas grandes ya se tenga definida de esta manera, puede estar dentro de la misma denominada Gerencia o Departamento de Mantenimiento. También puede estar distribuido en varias dependencias, según sean las condiciones de la empresa. El concepto que debe regir es que la asignación de los roles y responsabilidades, de las comunicaciones y de los indicadores no conlleve a la ruptura del proceso, a la imposibilidad por la generación de los productos con la calidad y oportunidad esperados, a la incomunicación entre dependencias, a la

dilución de las mejores prácticas con el tiempo y a la pérdida del conocimiento empresarial.

La asignación de roles y responsabilidades suele mal entenderse y llevar a que las personas trabajen de forma aislada, no en equipo. En el libro *La Quinta Disciplina*, Peter Senge plantea el trabajo en equipo como una de las cinco disciplinas que deben regir en las empresas. Al exponer su argumento, comenta que los equipos de trabajo alineados, “tienen una dirección y las energías individuales se armonizan. Hay menos desperdicio de energía. Surge una resonancia o sinergia [...]”⁶⁵. Así como se plantea la gestión de los procesos de forma sistémica, la quinta disciplina de Senge como, la definición de la forma de trabajar, por ser algo estructural de la empresa, condicionará a las personas para el logro o no de los objetivos. Y el proceso IMC no escapa a esta necesidad de trabajo en equipo. Aplicar las metodologías como RCM, RBI, RCA, TPM, LCC, no son de una sola persona, requieren de un alto grado de liderazgo y trabajo en equipo.

El cuarto y último componente del elemento organización se refiere a la “Comunicación al interior de las organizaciones” la cual debe estar basada en lo definido en los procesos, en los productos que entrega y en las interrelaciones requeridas para trabajar cada metodología de los procesos. Para que esto sea posible, las características de las comunicaciones sobre las cuales hay que trabajar, son:

- claridad,
- oportunidad,
- especificidad,
- asertividad,
- idioma o lenguaje,
- identificación del emisor y del receptor,
- medio de transmisión

⁶⁵ SENGE, Peter, Op. cit. p.294

De este elemento, la norma ISO 55001 solo hace referencia dos de los cuatro componentes, en la sección 5.3 a los roles y responsabilidades y en la sección 7.4 a la comunicación.

7.5 ASEGURAMIENTO Y CONTROL

La aplicación de cada uno de los métodos requiere de planeación y la suma de todas estas será la planeación del proceso. Este elemento busca que los resultados deseados puedan darse y que se expresen sus resultados a través de indicadores. Los componentes identificados son tres: Planeación del trabajo (de largo, mediano y corto plazo), indicadores de desempeño o resultados (alineados con el tablero balanceado de gestión de la empresa) y las reuniones sistemáticas de planeación y seguimiento (reuniones efectivas)

7.5.1 Planeación y planes de trabajo Trabajar basados en planes de largo, mediano y corto plazo, con sus indicadores y respectivo seguimiento sistemáticos, definiendo un modelo de mejora continua que permite tener los datos que revelen el avance o retroceso. El aseguramiento se realiza en la medida que estos planes y estos indicadores se estén planteando y revisando sistemáticamente en reuniones de trabajo establecidas y concertadas para tal fin.

Se han identificado algunas empresas que hoy en día plantean una debilidad en su plan de mantenimiento. Al consultarles sobre las causas, varios coinciden en indicar que se aplicó la metodología RCM 10 años atrás pero no se ha revisado ni se ha evaluado si amerita ajustes.⁶⁶ Esto es un reflejo de la carencia de este elemento en el modelo de gestión del proceso. Tomando este ejemplo para representar lo que se debe hacer, cada uno de los métodos requiere de planificaciones en las tres

⁶⁶ ORTIZ, Daniel, ¡Ya no me hable más de RCM!, XIX Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos, ACIEM, Bogotá, 2017.

dimensiones de tiempo señaladas en el anterior párrafo, en especial si se quiere tener un modelo sostenible, pero sin menospreciar también los planes de implementación de corto plazo.

Este componente está claramente definido en la ISO9001 bajo el esquema conocido como PHVA, por Planear, Hacer, Verificar, Actuar. En la norma ISO 55001 está incluido como parte de la implementación del modelo de gestión de activo sin hacer específica alusión a la planeación de los procesos que deban implementarse. El autor, por ello, considera como una debilidad de esta última norma frente a la 9001 y frente a otros modelos de gestión.

7.5.2 Indicadores de gestión Con respecto a los indicadores de gestión, en la sección 5.4.3 se trabajó la evaluación del desempeño, pero únicamente orientada hacia los activos, hacia la esencia de los productos. En este elemento se busca trabajar los indicadores de desempeño del proceso, como complemento a los primeros, para buscar en consecuencia, si los objetivos del proceso y los resultados de los planes definidos se han obtenido. Basados en el objetivo general y en los objetivos específicos del proceso, establecidos en la sección 5.2.1, se proponen los siguientes indicadores para evaluar su efectividad:

- Indicadores para el Objetivo general: Los siguientes indicadores se han propuesto normalmente⁶⁷ para la gestión de mantenimiento y son utilizados en varias empresas del sector eléctrico, aunque con variaciones en los conceptos a incluir en el cálculo. Los siguientes indicadores, adaptados para este esquema general, se han tomado de la literatura actual y de los utilizados en algunas empresas del sector eléctrico:
 - Disponibilidad acumulada de equipos: Medición de la disponibilidad de todas las “Unidades Constructivas” (concepto del sector eléctrico colombiano), según regulación vigente, medida bajo la siguiente fórmula: $[8760 - (\text{Suma}$

⁶⁷ SMRP. Best practices, Maintenance & Reliability Body of Knowledge. 5th edition, 2017. p.1.

de todas las horas de Indisponibilidad netas de los eventos ocurridos en todos los activos) en los últimos 12 meses) / (8760 horas por año)]

- Mantenibilidad global de equipos: medición promedio de los Tiempo medio para reparar, según lo esperado por plan de mantenimiento [Suma de todos los tiempos medio para reparar de las intervenciones realizadas en los últimos doce meses dividido por la suma de todos los tiempos medios para reparar de los mismos eventos]
- Relación Proactivo – Reactivo, definido en términos de la suma de las horas-hombre de mantenimiento ejecutado en órdenes de trabajo proactivo dividido en la suma total de las horas hombre de mantenimiento ejecutadas en órdenes de trabajo (reactivo más proactivo)
- Indicadores por objetivo específico:
- De mismo modo con respecto a lo planteado para los indicadores generales, se incluyen a continuación los indicadores que podrían utilizarse para medir los objetivos específicos.
 - Cumplimiento del plan de actualización del plan de mantenimiento, medido en porcentaje.
 - Acciones de mantenibilidad: cantidad de acciones ejecutadas / cantidad de activos identificados para acciones de mejora de la mantenibilidad
 - Cumplimiento de los planes de renovación de activos, medido en porcentaje del cumplimiento de los planes aprobados.

No obstante, la viabilidad y aplicabilidad de los anteriores indicadores para evaluar el desempeño del proceso con base en indicadores tradicionales, se propone un nuevo indicador que permitiría guiar a los gerentes de mantenimiento en la búsqueda de soluciones alineadas con el negocio. Es de destacar que hasta el momento no se ha encontrado el indicador en ningún documento público ni privado relacionado con mantenimiento:

- Costo de la disponibilidad, calculado con la relación entre el costo total del mantenimiento y el total de horas disponibles de los activos. [\$/hr disp.)

Con relación a su aplicación en el modelo de gestión de activos, el concepto de evaluación del desempeño de procesos y de cualquier sistema de gestión está explícito en todas las normas de gestión, tal como se aprecia en la 9001 y la 55001. Cada empresa que desee aplicar este proceso, deberá realizar su propio y específico análisis de inclusión de los indicadores dentro del modelo de “Tablero Balanceado de Gestión (TBG)” o “Balanced Score Card”.

7.5.3 Reuniones El tercer componente del elemento Aseguramiento y Control está relacionado con la forma en que se realice el seguimiento, tanto de los planes como de los indicadores de desempeño.

En las empresas, y en general como en cualquier otra actividad comercial, científica, o educativa, el trabajo en equipo se realiza en muchas ocasiones bajo el esquema de “reuniones”. Por definición, las reuniones son sesiones de trabajo donde se intercambian ideas, se resuelven problemas o situaciones y se toman decisiones. Sin embargo, son efectivas cuando se realizan bajo esquemas de trabajo en equipo y donde los asistentes tienen claridad sobre los siguientes aspectos:

- Un reglamento predefinido para la reunión
- Una propuesta de agenda y solicitud a los participantes para que se preparen
- Establecidos los tiempos adecuados para la preparación de las entradas
- Una asignación de roles para el control de tiempo y disciplina, control de la Agenda, concretar acciones, elaborar minuta o acta de la reunión
- Apertura hacia una comunicación asertiva, de tal forma que se pueda hablar de forma constructiva
- Aportes con base en hechos y datos bien documentados y disponibles, no en conjeturas
- Realización del seguimiento y retroalimentación
- Publicación de los resultados

Esto se debe traducir en un documento formal para cada reunión, con el siguiente contenido:

- Objetivo de la reunión
- Tiempos:
 - Periodicidad
 - Hora de comienzo
 - Hora de finalización
- Lugar
- Participantes
- Roles y responsabilidades
- Agenda
- Entradas
- Salidas
- Reglas de comportamiento
- Requerimientos adicionales
- Relación de cambios
- Anexos:
 - Habilidades
 - Distribución
 - Cálculo de Indicadores de desempeño
 - Herramientas

Así como se han incluido varias actividades que implican su realización bajo el esquema de reuniones de trabajo, las reuniones para la evaluación del desempeño del proceso deberán estar ajustadas a las necesidades de la empresa y del negocio donde se muevan. En el caso del sector eléctrico colombiano, existen requerimientos por parte de las entidades regulatorias que obligan a las empresas a entregar la planeación y programación de los mantenimientos de forma semestral, mensual y semanal, lo que conlleva que las empresas realicen sus seguimientos en estos mismos períodos de tiempo. Igualmente, los eventos por salidas forzadas son

registrados y deben ser atendidos en la medida que superen cierto tiempo el cual está definido también en la regulación. El proceso IMC, entonces, deberá ajustarse a tales condiciones para establecer sus reuniones efectivas de seguimiento (aseguramiento).

Por último, este componente no se incluye en lo planteado por la ISO 55001, dejándolo abierto para la selección de la empresa.

8 MODELO DE MANUAL DEL PROCESO

Dentro de los sistemas de gestión, que hoy en día se están manejando en las empresas, existe el componente documental con el cual se deben mantener controlados ciertos documentos de los procesos. Muchas, o casi todas, se han basado en lo indicado en la sección 7.5 de la ISO 9001-2015⁶⁸, en particular si están certificados.

En la revisión bibliográfica de la norma, se identifica que el requerimiento documental viene, al menos, desde la versión del año 2000, en la sección 4.2.1. De igual forma, uno de los documentos requeridos por norma 9001 versión 2000 era el manual de la calidad. En las revisiones posteriores fue eliminado e incluido el siguiente texto:

“El sistema de gestión de la calidad de la organización debe incluir:

- a) la información documentada requerida por esta Norma Internacional,
- b) la información documentada **que la organización determina como necesaria para la eficacia del sistema** de gestión de la calidad.”

(nota: el texto resaltado ha sido incluido por el autor)

Al establecer la ISO una Estructura de alto nivel para sus normas de gestión, como se comentó en la sección 3.1.1 de este trabajo, la ISO 55001 adoptó estos mismos conceptos, al punto que están descritos casi iguales, cambiando solamente lo relacionado con el objetivo de la norma. Así, esta última norma también tiene en la sección 7.5.1 el requerimiento sobre la necesidad de documentar lo que la organización considere “como necesaria para la eficacia del sistema de gestión de activos [...]”.

En este contexto, el autor también quiere destacar lo presentado en la nota de la sección 7.5.1, donde dice que:

⁶⁸ ICONTEC, ISO 9001:2015, Sistemas de Gestión de la Calidad, Requisitos, Bogotá, 2015. p.10

“La extensión de la información documentada para un sistema de gestión de la calidad puede variar de una organización a otra, debido a:

- el tamaño de la organización y su tipo de actividades, procesos, productos y servicios;
- la complejidad de los procesos y sus interacciones; y
- la competencia de las personas.

Un aspecto clave en la documentación es que tal necesidad no debería ser o hacerse “porque la norma lo exija”. A lo largo de la organización debe tenerse muy claro que la mejora continua debe estar basada sobre hechos y datos, sobre documentos. De lo contrario, optimizar sin tener una base, puede caerse en la repetición de errores anteriores, de allí que la documentación no debe ser solo de la referencia a la última versión, sino de la historia del documento.

Teniendo en cuenta estos requerimientos, la inclusión de un manual de proceso no necesariamente debe estar definido por las empresas como un documento único. Al consultar un par de empresas del sector eléctrico, han señalado que tienen documentados “procedimientos administrativos” (en una visión jerárquica de procesos, sería un desglose o despliegue) en las áreas de mantenimiento, donde manejan el nivel de detalle de las actividades a realizar, según su consideración.

El modelo de manual de proceso que se propone a continuación pretende cubrir los temas que en mayor detalle deben incluirse para cada actividad y no en la estructura del documento en sí. También, es importante anotar que el término “manual” está referido para indicar algo general y práctico, mas no una definición dentro de una estructura jerárquica de documentos empresariales.

Se despliegan a continuación las referencias de contenido que, como mínimo, el documento explicativo del proceso debe contener:

- Referencias generales del proceso
 - Objetivo
 - Alcance
 - Productos

- Roles y responsabilidades o matriz RACI (se incluye esta referencia aunque se debe establecer posterior al proceso, cuando se esté definiendo el área o dependencia que debe ejecutarlo)
- Fecha de aprobación
- Control de actualizaciones
- Referencias del detalle por actividad
 - Nombre de la actividad
 - Detalle de las actividades
 - Riesgos y Controles
 - Entradas y salidas
 - Indicadores de la actividad
- Referencias según la característica de la actividad
 - Herramientas de trabajo
 - Formatos físicos y electrónicos
 - Datos y transacciones en los Sistemas de Información
 - Registro documental (instructivos o procedimientos)

9 CONCLUSIONES

La mejora continua de cualquier proceso debe basarse, según la ISO 9001 y la ISO 55001, en modelos PHVA donde se tengan claros los objetivos, los procesos (o métodos) que se han de aplicar y los indicadores de desempeño. Mantenimiento, como un macro-proceso en empresas intensivas en activos, debe contemplar estas prácticas y definir sus objetivos, las metodologías y sus indicadores, entre otros. La propuesta con este proceso, definido como Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad, hace parte de las fases o etapas del PHVA de planeación y verificación al incorporar los métodos para establecer el plan proactivo, las clasificaciones de los eventos y los análisis estadísticos de desempeño basado en los datos resultantes de los mantenimientos.

El nombre dado al proceso está basado en los productos que el macro-proceso de mantenimiento debe entregar: disponibilidad y costos. Una mejor disponibilidad se da en la medida que se estudien los modos y mecanismos que no hacen a un equipo confiable. Igualmente, un mejor costo para la organización se obtiene revisando todos los elementos que implica la ejecución de un trabajo. En consecuencia, el autor ve aplicable 100% su nombre de acuerdo con las definiciones de los mismos conceptos y el objetivo que se persigue.

Con base en el análisis realizado, la construcción de las propuestas de mejora del mantenimiento, producto del IMC, se constituye este en el pilar de sus entregas, ya que aporta la búsqueda de una mejor mantenibilidad (reducción de los tiempos de ejecución de los trabajos) y de una mejor disponibilidad a partir de una mejor confiabilidad (disminución de los eventos que generan indisponibilidad no programada).

La propuesta ha logrado plantear la integración de los múltiples métodos citados o incluidos dentro de IMC, no solo como un flujo de actividades donde se permita ver el relacionamiento entre sí, sino la identificación con los resultados esperados y las relaciones con otros procesos, entre otros. Este modelo de proceso se debe

adicionar al trabajado que se hace en todas las empresas, donde se incluyen la planeación, programación, ejecución y documentación de las solicitudes a mantenimiento, ya sea con los activos operando (mantenimiento rutinario) o con la planta fuera de servicio (Mantenimiento con Parada de Planta).

Definido el modelo del proceso, son varios los aspectos o elementos que se deben trabajar para que las metodologías sean efectivas. Al aplicar el modelo de gestión sistémica de procesos de empresa a IMC se identifican muchos elementos que al interior de una empresa se deben manejar. El definir el modelo del proceso, por sí mismo, no asegura el mejor resultado tras su aplicación o ejecución. Con la inclusión de los seis elementos de GESPRES, con todos sus detalles planeados, el autor considera que se podrá llegar, en cualquier empresa, a tener un proceso sostenible. Sin embargo, no es una receta que, como “una lista de ingredientes, con sus cantidades y secuencias”, aplique exactamente igual para todos; cada empresa, dentro de su contexto, deberá establecer “qué necesita, con las cantidades precisas y la forma como debe aplicarlos o utilizarlos”.

El sector de transmisión y distribución de energía eléctrica en Colombia tiene una característica que lo hace diferente a muchos otros negocios ya que los operadores de red y los operadores de transmisión reciben ingresos por la disponibilidad de los activos y no por lo que transporten. Teniendo en cuenta que (1) al ser este un producto del proceso de mantenimiento en todas las empresas industriales, (2) que se ha incluido la gestión de activos en la nueva regulación del sector eléctrico y (3) la gestión por procesos no solo es una de las mejores prácticas para las empresas sino que está definido en las normas de gestión como una obligación, las empresas operadoras del sector eléctrico deberán en los próximos años aumentar u optimizar sus esfuerzos y conocimientos en el manejo de métodos que resulten en mejorar la disponibilidad a costo razonable para cada uno. Es aquí donde esta propuesta podrá contribuir en reducir tiempos y esfuerzos, en la medida que la gestión comercial sea exitosa.

Basados en los comentarios recibidos por los especialistas consultados, hay conciencia de que este modelo si podría aplicar en todas las áreas de

mantenimiento del sector, pero requerirá, para su implementación, hacer ajustes de acuerdo con las concepciones o los contextos culturales, organizacionales y técnicos en cada empresa. La gestión del cambio (desde la misma propuesta) será un elemento vital para enfrentar los rechazos automáticos que los seres humanos tenemos ante nuevas visiones del mundo. Muy seguramente, los paradigmas que se tengan incorporados en mantenimiento podrán generar comentarios contrarios e impedir su implementación. Para ello, habrá que construir una estrategia de venta del modelo y de entrada a las empresas.

Se visualiza, también, que este modelo es aplicable en cualquier tipo de empresa intensiva en activos físicos productivos, ya que, por su definición, la confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad son claves para la entrega de los productos de la empresa. Al igual que para las empresas de transmisión y distribución del sector eléctrico colombiano, por ser empresas intensivas en activos físicos productivos a la viabilidad en su implementación deberá incorporársele la gestión del cambio.

Se observa que trabajar con herramientas como BIZAGI® permite ganar tiempo, desde su diagramación hasta la generación del manual del proceso, producto final que debe incluir cada actividad con sus datos destacados o definidos en el modelo interno de la empresa.

Por último, a partir del análisis realizado en este caso a los indicadores tradicionales y teniendo en cuenta que el producto que entregan la mayoría de las empresas del sector eléctrico colombiano es la disponibilidad de sistemas o unidades constructivas, la inclusión de un indicador que relacione ambas variables puede ayudar a mejorar la identificación del cumplimiento de las metas. Así, conocer el “Costo de la hora de disponibilidad” aporta a los modelos de medición de la efectividad del mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

AENOR, ISO 9001-2000, Sistemas de Gestión de la Calidad, Requisitos, Madrid, 2000. 40 p.

ALBARRACÍN, Denis Adrián; Roa, Luis Fernando, “Eficiencia de Empresas de Distribución de Energía en Latinoamérica ante Diferentes Esquemas Regulatorios”. Tesis de Maestría en Regulación. Universidad de los Andes, Bogotá, 2010.

API, API 579-1/ASME FFS-1 2007 Fitness-For-Service, American Petroleum Institute, Washington, D.C., 2016. 1320 p.

BIZAGI BPM, BPMN Guide Quick Start, 2017. 24 p.

BSI, PAS-55 Asset Management, Part 1: Specification for the optimized management of physical assets, 2008. 24 p. ISBN 978-0-580-50975-9

CREG, Resolución 015-2018, Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional, Bogotá, 2018. 239p.

GLOBAL FORUM OF MAINTENANCE AND ASSET MANAGEMENT. The Asset Management Landscape. 2nd Ed., 2014. 57p. ISBN 978-0-9871799-2-0

GLOBAL FORUM OF MAINTENANCE AND ASSET MANAGEMENT. The maintenance framework, 1st Ed., 2016. 24p. ISBN 978-0-9870602-5-9

HAMMER, Michael, CHAMPY, James, Reingeniería Olvide lo que usted sabe sobre cómo debe funcionar una empresa. ¡Casi todo está errado!, Bogotá, Editorial Norma, 2005. 224p. ISBN 958-04-2650-3

HARRINGTON, H.J., Mejoramiento de los procesos de la empresa, McGrawHill, Bogotá, 1993. 309p.

ICONTEC, ISO 9001-2015, Sistemas de Gestión de la Calidad, Requisitos, Bogotá, 2015. 33p.

ICONTEC, NTC-ISO 55001-2015, Gestión de Activos - Sistema de Gestión – Requisitos, Bogotá, 2015. 17p.

IEC, IEC-60300-3-3, Dependability management - Part 3-3: Application guide - Life cycle costing, International Electrotechnical Commission, Third Ed., Geneve, 2017. 44p. ISBN 978-2-8322-3886-8

ISO, ISO14224:2016, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment, 2016. 272p. ISBN 978-0-580-90387-8

MOBLEY, R. Keith, MBB, CMRP, Maintenance Engineering Handbook, Eighth Edition, New York, McGrawHill Education, 2014. 704p. ISBN 978-0-07-182661-7

ORTIZ PLATA, Daniel, ¡Ya no me hable más de RCM!, XIX Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos, ACIEM, Bogotá, 2017.

ORTIZ PLATA, Daniel. Gestión del Inventario de Repuestos. Bogotá: Ortiz Ruiz Consultores, 2016. 172p. ISBN 978-958-46-8902-3

ORTIZ PLATA, Daniel. Mantenimiento con parada de planta, Bogotá, Ortiz Ruiz Consultores, 2016. 179p. ISBN 978-958-48-1602-3

OSPINA DUQUE, Rodrigo. La reingeniería de procesos: una herramienta gerencial para la innovación y mejora de la calidad en las organizaciones. En: Cuadernos Latinoamericanos de Administración, Universidad El Bosque, enero-junio, Bogotá, 2006, vol. II, no.2., 100p.

PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto, CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo, Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad en la gestión de activos¹, Edit. INGEMAN, Sevilla, España, 2012, 166p.

SENGE, Peter, La Quinta Disciplina, Barcelona, Ediciones Juan Granica, 1992. 498p. ISBN84-7577-351-6

SHELL GLOBAL SOLUTIONS INTERNATIONAL B.V., Presentación PowerPoint Proceso de solución de problemas con base en los hechos, Cartagena, 2003.

SMRP. Best practices, Maintenance & Reliability Body of Knowledge. 5th edition, 2017. 379p.

SMRP, Glossary, Maintenance & Reliability Body of Knowledge, 2017, 50p.

WRIGHT, Paul H. Introducción a la ingeniería, 3a Ed. México, Limusa Wiley, 2015. 310p. ISBN 978-968-18-6418-7

ANEXOS

Anexo A. Programa académico curso de ingeniería de confiabilidad ofrecido por ACIEM

Curso Taller: 28 al 30 de noviembre "Ingeniería de Confiabilidad"

Para mayor información [dar clic aquí](#)
Para inscribirse ahora mismo [dar clic aquí](#)

ACIEM Educación Continuada – aciemeducon@cable.net.co 57 + (1) 2367713 – 2367714



CURSO TALLER

INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD

NOTA: Los participantes que decidan presentar el examen de Certificación como Gestor de Mantenimiento y Confiabilidad (CGMC) de ACIEM Cundinamarca al finalizar la capacitación, obtendrán un 50% de descuento sobre el valor de la prueba

PROGRAMA ACADÉMICO

1. Introducción a la confiabilidad
2. Confiabilidad en el diseño
3. Administración del riesgo
4. Gestión de la información de mantenimiento y confiabilidad
5. Conceptos básicos de probabilidad y estadística
6. Confiabilidad de componentes
7. Confiabilidad de equipos y sistemas
8. Análisis de Modos y Efectos de Fallas (FMEA)
9. Monitoreo basado en condición
10. Análisis de causa Raíz (RCA)
11. Cultura y cambio cultural en la implementación de los procesos de la Ingeniería de Confiabilidad
12. Resumen y conclusiones

PROGRAMA COMPLETO INSCRÍBETE PAGAR ONLINE

NOV.
28
29
30



Anexo B. Versión de BIZAGI utilizada para la diagramación



Anexo C. Símbolos utilizados en el diagrama⁶⁹



Inicio Simple: Inicio de un proceso particular si secuencia de flujos predecesores



Inicio de señal: La llegada de una señal desde otro proceso hace que se dé inicio al proceso.



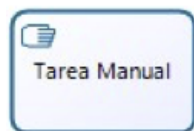
Inicio múltiple: Desde múltiples caminos se puede generar el inicio. Se requiere solo uno de ellos para su inicio.



Tarea de Usuario: Tarea desarrollada por una persona con la asistencia de una aplicación de software y está programada a través de un manejador de listas de tareas.



Tarea de Servicio: tarea que utiliza algún tipo de servicio el cual podría ser vía web o una aplicación automatizada.

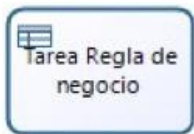


Tarea Manual: tarea que se desarrolla sin la ayuda de ningún tipo de aplicación o proceso de negocio

⁶⁹ OMG, Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0.2, 2013



Tarea de Envío: diseñada para enviar un mensaje a un participante externo



Tarea Regla de negocio: Una tarea de reglas de negocios proporciona un mecanismo para que el proceso proporcione información a un motor de reglas de negocios y obtenga el resultado de los cálculos que el motor de reglas de negocios podría proporcionar.



Subproceso: conjunto desglosado de sub-actividades con mayor nivel de detalle que conforman un proceso.



Compuerta exclusiva: usada para crear caminos alternativos. Representa un flujo donde no es posible tomar los dos caminos



Compuerta paralela: usada para indicar que los dos caminos se deben seguir, no son opcionales ni excluyentes.



Compuerta inclusiva: usada para indicar que cualquiera de los caminos puede seguirse, inclusive en paralelo.



Compuerta basada en Eventos: utilizada para indicar que un camino u otro se inicia ante la presencia de un evento.



Compuerta paralela basada en Eventos: utilizada para indicar que los caminos se deberán activar en paralelo ante la presencia de un evento.



Compuerta compleja: usada para indicar que las decisiones por los caminos son complejas, diferentes a las demás compuertas.



Evento de enlace – entrada: mecanismo para indicar la conexión entre dos secciones del proceso. Este caso, indica la entrada y requiere que exista una salida.



Evento de enlace – salida: mecanismo para indicar la conexión entre dos secciones del proceso. Este caso, indica la salida y requiere que exista una entrada.



Fin simple: terminación del proceso sin conexión a ningún otro



Fin de señal: terminación del proceso que genera una señal para que otro proceso inicie



Fin múltiple: terminación del proceso que implica que otros procesos deben iniciar



Fin de mensaje: terminación del proceso que implica el envío de un mensaje a otro proceso



Documento(s) – objeto de datos: conjunto de valores posibles, tanto de entrada como de salida.



Almacenamiento o depósito de datos: mecanismo que suministra datos almacenados o recibe datos para ser almacenados y que perduran más allá del alcance del proceso.