

ESTRUCTURACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
METODOLOGÍA RCM Y EN EL APLICATIVO ERP CeniSiiC
CENIPALMA/FEDEPALMA PARA EL MEJORAMIENTO DE INDICADORES KPI
DE PRODUCTIVIDAD Y CONFIABILIDAD DEL MANTENIMIENTO EN PLANTAS
EXTRACTORAS DE ACEITE DE PALMA DEL GREMIO PALMERO
COLOMBIANO

JONATHAN BUENAHORA PÁEZ
CESAR AUGUSTO DÍAZ RANGEL

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2012

ESTRUCTURACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
METODOLOGÍA RCM Y EN EL APLICATIVO ERP CeniSiiC
CENIPALMA/FEDEPALMA PARA EL MEJORAMIENTO DE INDICADORES KPI
DE PRODUCTIVIDAD Y CONFIABILIDAD DEL MANTENIMIENTO EN PLANTAS
EXTRACTORAS DE ACEITE DE PALMA DEL GREMIO PALMERO
COLOMBIANO

JONATHAN BUENAHORA PÁEZ
CESAR AUGUSTO DÍAZ RANGEL

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

Director: JOSÉ CARLOS MONTERO VEGA
Ingeniero Mecánico
Especialista en Gerencia

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2012

AGRADECIMIENTOS

A José Carlos Montero Vega, ingeniero mecánico investigador asistente asociado al Área de Ingeniería en el Centro de Investigación e Innovación Tecnológica en Palma de Aceite Cenipalma, por su colaboración y guía oportuna durante el desarrollo de esta monografía.

A los directores de las diversas plantas de beneficio ubicadas en Santander y en el Sur del César.

A mis compañeros de trabajo en Cenipalma.

A mis familiares y allegados que han impulsado desde el inicio del programa todo mi desarrollo en este posgrado.

Jonathan Buenahora Páez

Cesar Augusto Díaz Rangel

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1 CONTEXTO OPERACIONAL	17
1.1 PALMA DE ACEITE Y SUS PROPIEDADES	17
1.1.1 <i>Historia</i>	17
1.1.2 <i>La planta</i>	20
1.1.3 <i>Proceso Agroindustrial</i>	21
1.1.4 <i>Múltiples Usos</i>	22
1.1.5 <i>La palma de aceite un cultivo ecológico</i>	23
1.1.6 <i>La palma social</i>	24
1.1.7 <i>El aceite de palma en la salud humana</i>	26
1.2 EL AGRONEGOCIO DE LA CADENA PRODUCTIVA.....	27
1.2.1 <i>Demanda de aceite de palma en el mundo</i>	27
1.2.2 <i>Descripción de la cadena productiva</i>	29
1.3 ETAPAS Y PRODUCTOS DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA PALMA DE ACEITE.....	31
1.4 PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DEL FRUTO DE PALMA DE ACEITE: PLANTAS DE BENEFICIO	32
1.4.1 <i>Localización geográfica de las diversas plantas de beneficio en Colombia</i>	33
1.4.2 <i>Etapas y productos en la cadena productiva derivadas del proceso de extracción del aceite de palma</i> 35	
1.4.3 <i>Proceso de extracción de aceite de palma en plantas de beneficio</i>	36
1.4.4 <i>Módulos de producción y de procesos en paralelo</i>	54
1.5 PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO GREMIAL	57
1.5.1 <i>Función y relación de Cenipalma con el gremio palmero</i>	63
1.5.2 <i>Función y relación de Fedepalma con el gremio palmero</i>	65

1.5.3	<i>Función y relación de C. I. Acepalma S.A. con el gremio palmero</i>	69
1.6	PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	71
1.7	OBJETIVOS	73
1.7.1	<i>Objetivo General</i>	73
1.7.2	<i>Objetivos Específicos</i>	73
1.8	JUSTIFICACIÓN	73
2	MARCO TEÓRICO	75
2.1	TEORÍA DEL MANTENIMIENTO	75
2.1.1	<i>Mantenimiento correctivo</i>	77
2.1.2	<i>Mantenimiento preventivo</i>	79
2.1.3	<i>Mantenimiento predictivo</i>	84
2.2	MANTENIMIENTO PROACTIVO	95
2.3	MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD	98
2.4	SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN MANTENIMIENTO	106
2.4.1	<i>CMMS</i>	109
2.4.2	<i>EAM</i>	114
2.4.3	<i>ERP</i>	116
2.4.4	<i>Sistemas de información existentes</i>	119
2.5	INDICADORES DE GESTIÓN EN MANTENIMIENTO	122
2.5.1	<i>Disponibilidad de equipos</i>	124
2.5.2	<i>Confiabilidad</i>	125
2.5.3	<i>Costos de mantenimiento</i>	125
2.5.4	<i>Tiempo medio entre fallas</i>	126
3	ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN	128
3.1	SISTEMA DE INTEGRADO DE INFORMACIÓN COMPUTARIZADA CENISIIC	128

3.1.1	<i>Estructura funcional y operacional del aplicativo.....</i>	<i>131</i>
3.1.2	<i>Disposición de indicadores de clase mundial en CeniSiiC</i>	<i>132</i>
3.1.3	<i>Evolución de aplicativo CeniSiiC</i>	<i>133</i>
3.1.4	<i>Directrices y futuros desarrollos alrededor de CeniSiiC</i>	<i>135</i>
4	IMPORTANCIA DEL ERP CENISIIC PARA EL GREMIO PALMERO EN COLOMBIA.....	136
4.1	DIAGNÓSTICO INICIAL PARA IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA	136
4.2	IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO Y APLICATIVO ERP CENISIIC.....	140
4.3	GESTIÓN DEL DESEMPEÑO DE LAS PLANTAS EXTRACTORAS MEDIANTE INDICADORES GENERADOS POR CENISIIC	142
5	FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA.....	149
5.1	ESTRUCTURA METODOLÓGICA PROPUESTA BASADA EN RCM	149
5.1.1	<i>Estructura base para formación del Plan de Mantenimiento.....</i>	<i>150</i>
5.1.2	<i>Establecer la interacción entre el sistema de información y el plan de mantenimiento basado en la metodología RCM</i>	<i>153</i>
5.2	GUÍA DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CREACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM USANDO EL ERP CENISIIC.....	155
6	CONCLUSIONES	160
	BIBLIOGRAFÍA	162

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE CULTIVOS DE PALMA DE ACEITE EN COLOMBIA	18
FIGURA 2. ÁREA SEMBRADA EN PALMA DE ACEITE EN COLOMBIA 1999-2007	19
FIGURA 3. PALMAS DE LA ESPECIE ELAIS GUINEENSIS. JACQ	20
FIGURA 4. PARTES DEL FRUTO DE LA PALMA.....	22
FIGURA 5. ACEITE DE PALMA Y SUS FRACCIONES	23
FIGURA 6. MODELO DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA OLEÍNA ROJA.	30
FIGURA 7. ETAPAS Y PRODUCTOS EN LA CADENA PRODUCTIVA DE LA PALMA DE ACEITE.	31
FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DE ACEITE DE PALMA EN COLOMBIA.	33
FIGURA 9. DIAGRAMA DE PROCESAMIENTO DE LA PALMA DE ACEITE	35
FIGURA 10. PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA EN PLANTAS DE BENEFICIO	36
FIGURA 11. DIAGRAMA DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA.....	37
FIGURA 12. RECOLECCIÓN DE RFF (IZQUIERDA) Y TRANSPORTE HACIA PLANTA DE BENEFICIO (DERECHA)	37
FIGURA 13. ESTERILIZADORES HORIZONTALES.....	38
FIGURA 14. DIAGRAMA DE ESTERILIZADOR HORIZONTAL (DISEÑO DE MAYOR USO EN LAS PLANTAS DE BENEFICIO EN COLOMBIA). 41	41
FIGURA 15. DIAGRAMA DE ESTERILIZADOR HORIZONTAL (DISEÑO DE MAYOR USO EN LAS PLANTAS DE BENEFICIO EN COLOMBIA). 42	42
FIGURA 16. DIGESTOR	43
FIGURA 17. PRENSA DE ACEITE ROJO DE PALMA.....	43
FIGURA 18. CLARIFICADOR CONTINUÓ DE ACEITE ROJO DE PALMA.....	47
FIGURA 19. CENTRÍFUGAS DE LODOS.....	48
FIGURA 20. TANQUES PARA ALMACENAMIENTO DE ACEITE ROJO DE PALMA Y ACEITE DE PALMISTE	50
FIGURA 21. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCESO DE PALMISTERÍA	51
FIGURA 22. TAMBOR GIRATORIO DESFIBRADOR DE NUEZ.....	51
FIGURA 23. ROMPEDOR DE NUEZ (NOMBRE COMERCIAL RIPPLER)	52
FIGURA 24. PRENSA DE ALMENDRA (NOMBRE COMERCIAL EXPELLER)	53
FIGURA 25. ORGANIZACIÓN DE MÓDULOS Y SECTORES CON ENTRADAS Y SALIDAS.....	54
FIGURA 26. MAPA ESTRATÉGICO FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA	61
FIGURA 27. MAPA DE PROCESOS DE LA FEDERACIÓN	61
FIGURA 28. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE FEDEPALMA	62
FIGURA 29. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE CENIPALMA	62
FIGURA 30. LOGO DE CENIPALMA	63
FIGURA 31. LOGO DE FEDEPALMA	65

FIGURA 32. LOGO DE ACEPALMA	69
FIGURA 33. TIPOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	78
FIGURA 34. CICLO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	81
FIGURA 35. BALANZA DE BENEFICIOS Y CONTRAS MP.....	82
FIGURA 36. COMPAÑÍAS CON MP Y SIN MP	83
FIGURA 37. VARIABLES DE MONITOREO.....	84
FIGURA 38. METODOLOGÍA MPD.	85
FIGURA 39. FENÓMENOS FÍSICOS QUE INTERVIENEN EN LA MEDICIÓN.....	88
FIGURA 40. CAMPOS DE APLICABILIDAD TERMOGRAFÍA.	89
FIGURA 41. ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN MPD.....	91
FIGURA 42. PROBLEMAS DETECTADOS CON ANÁLISIS DE VIBRACIONES.	92
FIGURA 43. ESTRUCTURA PROACTIVA EMPRESARIAL	97
FIGURA 44. LAS SIETE PREGUNTAS BÁSICAS.	100
FIGURA 45. TÍPICO GRUPO DE REVISIÓN RCM.....	101
FIGURA 46. DESARROLLO DE LOS TALLERES, ROLES	105
FIGURA 47. NIVELES DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN.	107
FIGURA 48. ACTIVIDADES DE LA ORGANIZACIÓN.....	108
FIGURA 49. CMMS EN LA ORGANIZACIÓN.....	110
FIGURA 50. MEDIOS DE RELACIÓN ENTRE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO.	111
FIGURA 51. TRATAMIENTO Y EJECUCIÓN DE ÓRDENES DE TRABAJO.....	112
FIGURA 52. PROCEDIMIENTO CMMS.....	113
FIGURA 53. MAPA EAM.....	114
FIGURA 54. SISTEMA DE GESTIÓN ERP; SAP.....	116
FIGURA 55. RELACIÓN PROVEEDOR – EMPRESA - CLIENTE.	118
FIGURA 56. TIPOS DE INDICADORES.	123
FIGURA 57. ESQUEMA DEL ENFOQUE ESTRATÉGICO GUÍA DE CENISIIIC.	128
FIGURA 58. ESQUEMA DE FORMULACIÓN DE CENISIIIC.	130
FIGURA 59. ESQUEMA FUNCIONAL DE CENISIIIC.	131
FIGURA 60. INDICADORES GESTIONADOS EN CENISIIIC.	132
FIGURA 61. VERSIÓN VBA EXCEL CENISIIIC.	133
FIGURA 62. VERSIÓN WEB-BASED CENISIIIC.	134
FIGURA 63. VISIÓN PROSPECTIVA ESTABLECIDA PARA CENISIIIC.	135
FIGURA 64. ESQUEMA PARA ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.	137

FIGURA 65. EQUILIBRIO PLANTEADO PARA LAS PB DEL GREMIO PALMERO.	138
FIGURA 66. RESUMEN DE METODOLOGÍA PLANTEADA.	139
FIGURA 67. COBERTURA NACIONAL DE CENISII C.....	140
FIGURA 68. TIEMPOS BASES PARA EL CONTROL DE GESTIÓN DE INDICADORES EN PLANTAS DE BENEFICIO DEL GREMIO PALMERO.	142
FIGURA 69. EFICIENCIA OEE POR MODULO.	145
FIGURA 70. DISPONIBILIDAD DE PLANTA POR MODULO.....	145
FIGURA 71. RENDIMIENTO DE PLANTA POR MODULO.	146
FIGURA 72. DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS POR MODULO.	146
FIGURA 73. MTB PM POR MODULO.	146
FIGURA 74. MTBF POR MODULO.	147
FIGURA 75. MTTR POR MODULO.	147
FIGURA 76. DISTRIBUCIÓN COSTOS DE MANTENIMIENTO.	147
FIGURA 77. COSTO HORA HOMBRE DE MANTENIMIENTO.	148
FIGURA 78. PARTENÓN DE LA EXCELENCIA GLOBAL HACIA LA COMPETITIVIDAD CLASE MUNDIAL.....	149
FIGURA 79. ESQUEMA DE ETAPAS PARA FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	150
FIGURA 80. DIAGRAMA DE FASES DE INTEGRACIÓN ENTRE RCM Y CENISII C.	153
FIGURA 81. ESQUEMA DE PASOS METODOLOGÍA RCM.....	154

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. ÁREA EN PRODUCCIÓN DE PALMA DE ACEITE EN EL MUNDO (EN MILES DE HECTÁREAS)	20
TABLA 2. DEMANDA DE ACEITES VEGETALES A NIVEL MUNDIAL SEGÚN USO. 2000-2020 (MILLONES DE TONELADAS).....	28
TABLA 3. PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE ACEITES VEGETALES PARA CONSUMO HUMANO A NIVEL MUNDIAL (MILLONES DE TONELADAS)	29
TABLA 4. CAPACIDAD INSTALADA DE PLANTAS EXTRACTORAS POR ZONAS (EN TONELADAS DE RFF/HORA)	34
TABLA 5. DISTRIBUCIÓN POR TAMAÑO DE LAS PLANTAS DE BENEFICIO DE FRUTO DE PALMA DE ACEITE.....	34
TABLA 6. NOMENCLATURA DE ESTANDARIZACIÓN USADA EN LAS PLANTAS DE BENEFICIO.	55
TABLA 7. BENEFICIOS DEL RCM	102
TABLA 8. PASOS DEL PROCEDIMIENTO INDIVIDUAL RCM.....	103
TABLA 9. ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL RCM.	104
TABLA 10. CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN.....	120
TABLA 11. GESTIÓN DE INDICADORES GREMIO PALMERO EN PLANTAS DE BENEFICIO.	144
TABLA 12. MATRIZ DE AVANCE Y EJECUCIÓN PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO.	157

GLOSARIO DE TÉRMINOS

United Fruit Company: firma comercial multinacional estadounidense, fundada en 1899 que producía y comercializaba frutas tropicales (principalmente plátanos) cultivados en América Central y que se convirtió en una fuerza política y económica determinante en muchos países de dicha región durante el siglo XX.

Mesocarpio: es la parte carnosa del fruto que aloja la fuente de aceite crudo de palma, éste envuelve el endocarpio (cuesco) que a su vez protege a la nuez (que contiene a la almendra de donde se extrae aceite de palmiste).

Oleína: es una fracción líquida del proceso de refinación de aceite crudo de palma. Se puede mezclar con cualquier aceite vegetal.

Estearina: es una fracción más sólida del proceso de refinación de aceite crudo de palma y sirve para producir grasas, principalmente margarinas y jabones.

Commodities: (en español, mercancías) en economía es cualquier producto destinado a uso comercial.

IDEAM: siglas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

Ibíd.: Ibídem (del latín ibídem, abreviado ib. o ibíd.). Significa en el mismo lugar y se usa en las citas o notas de un texto para referir a una fuente que ya fue declarada en la cita previa.

5W-2H: abreviatura de una metodología para Análisis de Causa Raíz (RCA), que consiste en realizar diversas preguntas hasta llegar a la causa raíz del problema.

GAP: brecha o no conformidad detectada luego de realizar una auditoría o revisión.

CAP: (en inglés, capabilities assessment process). Proceso de capacitación y entrenamiento de personal en las organizaciones.

RESUMEN

TITULO: ESTRUCTURACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA RCM Y EN EL APLICATIVO ERP CeniSiiC CENIPALMA/FEDEPALMA PARA EL MEJORAMIENTO DE INDICADORES KPI DE PRODUCTIVIDAD Y CONFIABILIDAD DEL MANTENIMIENTO EN PLANTAS EXTRACTORAS DE ACEITE DE PALMA DEL GREMIO PALMERO COLOMBIANO.*

AUTOR (ES): JONATHAN BUENAHORA PÁEZ, CESAR AUGUSTO DÍAZ RANGEL**

PALABRAS CLAVES: ERP, CeniSiiC, Cenipalma, Fedepalma, plan de mantenimiento, plantas extractoras

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: La siguiente monografía consiste en la estructuración del plan de mantenimiento a nivel global para las plantas extractoras de aceite de palma en el país. La información necesaria para estructurar el proyecto será suministrada por Cenipalma desde el aplicativo ERP CeniSiiC desarrollado por Cenipalma/Fedepalma. Éste aplicativo está siendo implementado por ésta entidad en las diversas plantas palmeras de beneficio ubicadas en diferentes zonas del país. CeniSiiC ERP está constituido por bases de datos que recopilan información sobre gestión de activos, gestión del mantenimiento y productividad en procesamiento; igualmente está conformado por interfaces para recolección de datos, análisis detallados consolidados, reportes, entre otras funcionalidades útiles para el proyecto en curso. La estructuración del plan de mantenimiento a nivel global integrando la metodología RCM, es la fase anterior a la creación del plan de mantenimiento; fase que será desarrollada exclusivamente por Cenipalma.

El alcance de esta monografía está delimitado hasta la formulación de la estructura sobre la cual se establecerá posteriormente el plan de mantenimiento desarrollado por Cenipalma; esta estructura integrará los diversos indicadores de mantenimiento, producción y confiabilidad en una misma plataforma para gestión, control y mejora continua. El proceso de recolección de información a partir del ERP CeniSiiC se realizará mediante la consolidación y análisis de la información.

Finalmente se diseña una estrategia de implementación del plan de mantenimiento basado en la estructura descrita en este documento; esta estrategia permitirá visualizar las variables presentes en el entorno de mantenimiento para luego analizarlas e integrarlas a la estructura presentada.

* Monografía

** Escuela de ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: José Carlos Montero Vega, Ingeniero Mecánico.

SUMMARY

TITLE: CREATION OF STRUCTURE FOR THE MAINTENANCE PLAN CENTERED ON THE RCM METHODOLOGY AND ON THE ERP CeniSiiC CENIPALMA/FEDEPALMA APPLICATION FOR THE IMPROVEMENT OF THE PRODUCTIVITY AND MAINTENANCE RELIABILITY KPI INDICATORS IN THE OIL PALM EXTRACTION PLANTS OF THE COLOMBIAN PALM TRADE UNION.

AUTHORS: JONATHAN BUENAHORA PAEZ, CESAR AUGUSTO DIAZ RANGEL**

KEYWORDS: ERP, CeniSiiC, Cenipalma, Fedepalma, maintenance plan, extraction plants

SUBJECT OR DESCRIPTION: The following monograph is the structuring of the global maintenance plan for the oil palm extraction plants in the country. The information needed to structure the project will be provided by Cenipalma from the CeniSiiC ERP application developed by Cenipalma / Fedepalma. This application is being implemented by this organization in each plant of benefit located in different parts of the country. CeniSiiC ERP consists of databases that collect information on asset management, maintenance management and productivity in processing process, also consists of interfaces for data collection, detailed analysis, reports, and other useful features for the current project. The structuring of the maintenance global plan integrating the RCM methodology is the stage prior to the creation of the maintenance plan that will be developed exclusively by Cenipalma.

The main focus of this monograph is centered to the formulation of the structure that will supports the maintenance plan developed by Cenipalma, this structure will integrate indicators of maintenance, production and reliability in a single platform for management (KPI indicators), control and continuous improvement . The process of collecting information from ERP CeniSiiC will be developed by consolidating and analyzing information.

Finally, a strategic deployment design will be created to complement the structure of the maintenance plan described in this document. This strategy will display the variables detected in the maintenance environment and then analyze them to integrate the structure presented.

* Monograph

**Mechanical Engineering School. Maintenance Management Specialization. Team leader: José Carlos Montero Vega, Mechanical Engineer.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los sistemas de información para mantenimiento están expandiendo su funcionalidad alineados a las nacientes necesidades diarias de los usuarios, para consolidarse en franjas de mercado diferentes entre sí. En el gremio palmero-industrial a nivel mundial, los sistemas de información para mantenimiento han tenido que ser adoptados de otras franjas productivas (alimentos y bebidas, caña de azúcar, entre otros), generando una visión desalineada y poco flexible respecto a la trascendencia del mantenimiento dentro del proceso productivo del aceite de palma.

Mediante el aplicativo ERP creado por Cenipalma, CeniSiiC (Sistema Integrado de Información Computarizada), se ha cambiado progresivamente la visión del mantenimiento por parte de las plantas extractoras en Colombia. Usando como base de información este ERP e integrando la metodología RCM, se diseñará la estructura base para la posterior formación del plan de mantenimiento por parte de Cenipalma, quien será el encargado de desarrollar el plan nacional de transferencia de nueva tecnología, implementación y seguimiento.

Finalmente se plantea generar diversos escenarios para el desarrollo de eventos asociados a la gestión de mantenimiento luego de haber implementado el plan de mantenimiento cuya base de información es el ERP CeniSiiC. Éstos escenarios podrán ser usados como referente a los demás departamentos de mantenimiento en plantas palmeras de beneficio, con el fin distinguir el ERP CeniSiiC como una base propicia para la generación de un plan de mantenimiento adecuado al contexto de cada planta.

1 CONTEXTO OPERACIONAL

1.1 PALMA DE ACEITE Y SUS PROPIEDADES

1.1.1 Historia

La palma de aceite es una planta tropical propia de climas cálidos que crece en tierras por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar. Su origen se ubica en el golfo de Guinea en el África occidental. De ahí su nombre científico, *Elaeis guineensis* Jacq., y su denominación popular: palma africana de aceite. Es un vegetal perenne que para propósitos comerciales, tiene una vida útil que oscila entre 24 y 28 años de acuerdo con el material plantado. Durante este lapso, cada hectárea de palma emite racimos de frutos oleaginosos, con un peso de alrededor 500 toneladas. Si las condiciones son óptimas en términos de suelo, clima, nutrición, mantenimiento, sanidad y administración, la producción puede llegar a 800 toneladas por hectárea en 25 años.

Su introducción a la América tropical se atribuye a los colonizadores y comerciantes esclavos portugueses, que la usaban como parte de la dieta alimentaria de sus esclavos en el Brasil.

En 1932, Florentino Claes fue quien introdujo la palma africana de aceite en Colombia y fueron sembradas con fines ornamentales en la Estación Agrícola de Palmira (Valle del Cauca). Pero el cultivo comercial sólo comenzó en 1945 cuando la United Fruit Company estableció una plantación en la zona bananera del departamento del Magdalena. La expansión del cultivo en Colombia ha mantenido un crecimiento sostenido. A mediados de la década de 1960 existían 18.000 hectáreas en producción y hoy existen más de de 360.000 hectáreas (a 2010) en 73 municipios del país distribuidos en cuatro zonas productivas.

- Norte - Magdalena, Norte del Cesar, Atlántico, Guajira
- Central - Santander, Norte de Santander, sur del Cesar, Bolívar
- Oriental - Meta, Cundinamarca, Casanare, Caquetá
- Occidental - Nariño

Los departamentos que poseen más área sembrada en palma de aceite son en su orden: Meta (1), Cesar (2), Santander (3), Magdalena (4), Nariño (5), Casanare (6), Bolívar (7), Cundinamarca (8) y Norte de Santander (9).

Figura 1. Distribución de cultivos de palma de aceite en Colombia



Fuente: Anuario estadístico 2011 Fedepalma

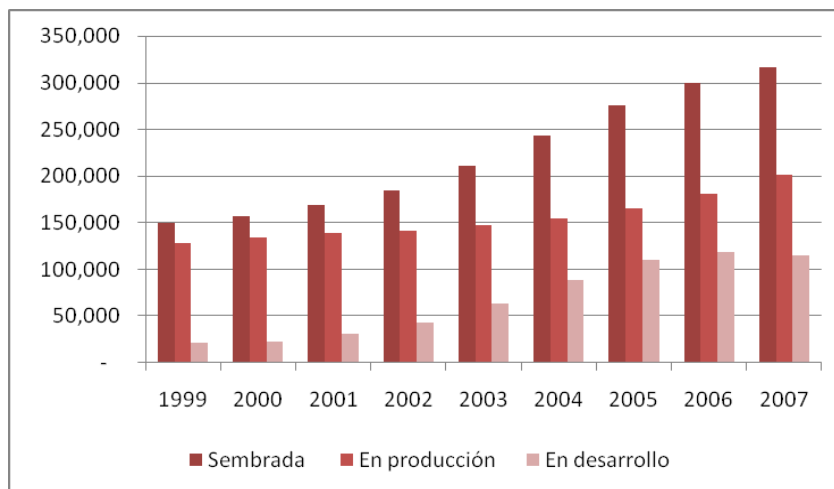
El cultivo de la palma de aceite se ha desarrollado con mayor intensidad en Indonesia y Malasia, países que poseían aproximadamente el 77% del área sembrada en palma de aceite del planeta. En segundo plano, siguiendo en orden de importancia, se encuentran Tailandia, Nigeria, Colombia y Costa de Marfil, y otros países que en conjunto representan el 23% del área sembrada mundial.

En 2007, la Zona Central concentraba la mayor área sembrada de las regiones palmeras colombianas con 30,5%, seguida por la Zona Norte con 30,2%, la Zona Oriental con 29,4% y la Zona Occidental con 9,9%. Debe destacarse que el país aún tiene la posibilidad de aumentar el cultivo de palma de aceite.

La superficie cultivada con palma de aceite en Colombia ha crecido a una tasa anual del 10,5%, para el periodo 1999-2007 (Fedepalma, 2004 y Fedepalma, 2008). Según estimaciones preliminares, el área sembrada en 2007 alcanzó 316.033 distribuidas en 76 municipios del país. Un rasgo sobresaliente del cultivo de la palma en Colombia es el aumento en la participación de los pequeños

productores. Lo anterior es resultado del incremento de siembras bajo el esquema de alianzas estratégicas, en el cual priman los pequeños y medianos productores. Una cifra que ilustra este hecho es que de las 150.000 en las que ha crecido el cultivo de palma en el periodo 2001-2007, 62.000 hectáreas se han desarrollado bajo el esquema de alianzas.

Figura 2. Área sembrada en palma de aceite en Colombia 1999-2007



Fuente: anuario estadístico Fedepalma, 2007

La producción de aceite de palma en Colombia para el periodo 2001-2007 ha crecido a una tasa del 6% anual, pasando de 547.500 toneladas a 732.500

Todas las zonas muestran una tendencia creciente en su producción, con excepción de la Zona

Occidental, la cual a partir de 2005 exhibe una caída en la cantidad producida de aceite. Ello obedece al ataque de una enfermedad letal (Pudrición del Cogollo, PC), que a la fecha ha representado pérdidas por más de 200.000 millones de pesos y que ha atacado más de 28.000 ha.

Finalmente, las proyecciones de crecimiento del cultivo en Colombia están basadas sobre el hecho de que se cuenta con la oferta de tierras disponible. Uno de los aspectos que es necesario enfatizar es que en Colombia no se presentaría el trade-off entre suelos dedicados a cultivos para la alimentación y aquellos dedicados a la producción de biocombustibles. En otras palabras, ese es un debate que aplica a otras latitudes.

Tabla 1. Área en producción de palma de aceite en el mundo (en miles de hectáreas)

País / Country	2006	2007	2008	2009	2010	Part. 2010 (%)
Indonesia	4.110	4.540	4.980	5.370	5.740	44,8
Malasia / Malaysia	3.678	3.741	3.900	4.010	4.130	32,2
Tailandia / Thailand	340	410	470	545	590	4,6
Nigeria	378	390	405	418	430	3,4
Colombia*	178	200	221	236	251	2,0
Costa de Marfil / Ivory Coast	219	203	215	220	225	1,8
Ecuador	198	203	207	214	225	1,8
Papúa Nueva Guinea	96	100	117	121	135	1,1
Brasil / Brazil	61	66	73	82	74	0,6
Costa Rica	43	48	50	53	50	0,4
Otros	765	786	807	911	974	7,6
Total	10.066	10.687	11.445	12.180	12.824	100
Variación / Growth Rate %	7,2	6,2	7,1	6,4	5,3	

Fuente: anuario estadístico Fedepalma 2011.

Colombia es el primer productor de palma de aceite en América Latina y el quinto en el mundo. Tiene como fortaleza un gremio que cuenta con sólidas instituciones, ya que desde 1962 fue creada la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite.

1.1.2 La planta

En una palma de aceite se contonean alegres flores masculinas y femeninas, de las que nacen frutos por millares, esféricos, ovoides o alargados, para conformar racimos compactos de entre 10 y 40 kilogramos de peso. Antes de adquirir el alegre y vistoso color anaranjado rojizo del sol tropical que les brinda la madurez, los frutos son de color violeta oscuro, casi negro. En su interior guardan una única semilla, la almendra o palmiste, que protegen con el cuesco, un endocarpio leñoso rodeado, a su vez, por una pulpa carnososa.

Figura 3. Palmas de la especie *Elais guineensis*. Jacq



Fuente: Archivo Cenipalma

Ambas, almendra y pulpa, proveen aceite con generosidad. La primera, el de palmiste, y el segundo, el de palma propiamente dicho.

El tallo o estípite de la reina de las oleaginosas es erecto y tiene la forma de un cono invertido. Antes de envejecer es áspero, por las bases peciolares que lo revisten. Pero cuando llega a la vejez, aunque liso, se muestra segmentado por las cicatrices que le imprimen sus cerca de cuarenta hojas al marchitarse y caer.

En su edad mediana las hojas se extienden de manera casi paralela al suelo, entre tres y siete metros. Cada una está compuesta de unos 250 folíolos lineales, insertos a uno y otro lado del pecíolo, pero de manera irregular. La apariencia desordenada de la hoja es uno de los rasgos característicos de la especie.

La vida productiva de la palma de aceite puede durar más de cincuenta años, pero desde los veinte o veinticinco su tallo alcanza una altura que dificulta las labores de cosecha y marca el comienzo de la renovación en las plantaciones comerciales.

1.1.3 Proceso Agroindustrial

La palma de aceite es un cultivo perenne y de tardío y largo rendimiento ya que la vida productiva puede durar más de 50 años, pero desde los 25 se dificulta su cosecha por la altura del tallo.

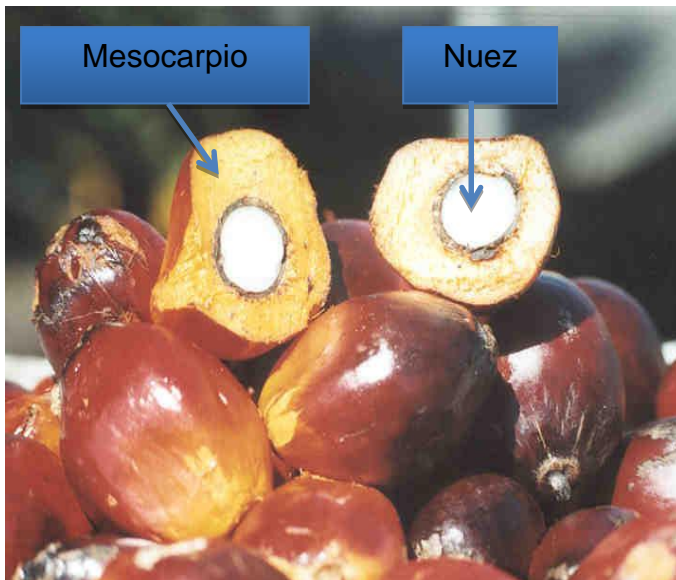
El procesamiento de los frutos de la palma de aceite se lleva a cabo en la planta de beneficio o planta extractora. En ella se desarrolla el proceso de extracción del aceite crudo de palma y de las almendras o del palmiste.

El proceso consiste en esterilizar los frutos, desgranarlos, macerarlos, extraer el aceite de la pulpa, clarificarlo y recuperar las almendras del bagazo resultante.

De las almendras se obtienen dos productos: el aceite de palmiste y la torta de palmiste que sirve para alimentos animal.

Es posible encontrar el aceite crudo de palma, proveniente del mesocarpio y el aceite de palmiste proveniente de la nuez. Estos aceites se caracterizan por tener dos fracciones: una sólida o estearina y una líquida u oleína.

Figura 4. Partes del fruto de la palma



Fuente: Archivo Cenipalma

consumo humano como aceites comestibles, grasas vegetales (margarinas y mantecas industriales), panadería, confitería, galletería, emulsificantes, entre otros. Cabe destacar que el 56% del total de las grasas y aceites que se consumen en Colombia como alimento humano proviene de derivados de la palma.

1.1.4 Múltiples Usos

Por su composición física, el aceite de palma puede usarse en diversas preparaciones sin necesidad de hidrogenarse, proceso mediante el cual se forman los trans, indeseables ácidos grasos precursores de enfermedades como la diabetes y los cardiovasculares, entre otras.

La oleína y la estearina de palma: la primera es líquida en climas cálidos y se puede mezclar con cualquier aceite vegetal. La otra es la fracción más sólida y sirve para producir grasas, principalmente margarinas y jabones. Las propiedades de cada una de las porciones del aceite de palma explican su versatilidad, así como sus numerosas aplicaciones.

Tales fracciones se utilizan para la elaboración de bienes de

Figura 5. Aceite de palma y sus fracciones



Fuente: archivo Cenipalma

Actualmente, es el segundo aceite más consumido en el mundo y se emplea como aceite de cocina, para elaborar productos de panadería, pastelería, confitería, heladería, sopas instantáneas, salsas, diversos platos congelados y deshidratados, cremas no lácteas para mezclar con el café.

Otros usos muy importantes del aceite de palma se dan

por la vía de la oleoquímica, proceso por el cual, a partir de los ácidos grasos, los ésteres metílicos, compuestos de nitrógeno graso y glicerol, provenientes de la transformación química primaria del aceite de palma, se pueden ofrecer materias primas para otras industrias dedicadas a la fabricación de surfactantes, lubricantes, combustibles, detergentes, productos fitosanitarios, betunes, velas, jabones, cosméticos, tintas, biodiesel, entre otras.

En los últimos tiempos ha venido tomando fuerza su utilización como biocombustible. El biodiesel en la actualidad es una nueva alternativa para la utilización del aceite de palma como materia prima de otros productos.

1.1.5 La palma de aceite un cultivo ecológico

Las palmas de aceite adultas conforman verdaderos paisajes forestales donde cohabitan numerosas especies de flora y fauna. Crean microclimas y ambientes favorables para la sostenibilidad de los cultivos y el bienestar de las poblaciones que habitan alrededor de ellas. Por fijar cantidades considerables de gas

carbónico mediante la fotosíntesis, esta planta contribuye a mitigar el calentamiento global. Todas las partes de la palma se utilizan, por lo tanto no hay desperdicios que contaminen. Dentro de los cultivos de semillas oleaginosas, la palma de aceite es la más eficiente en la conversión de energía y su siembra previene la erosión.

En Colombia la palma de aceite se establece sin necesidad de talar bosques nativos, pues ocupa territorios que antes eran utilizados para otras actividades agropecuarias. Para evitar el uso de plaguicidas químicos, se han implementado diversas técnicas de control biológico. A partir de ahí, los palmicultores colombianos se comprometen con el medio ambiente, adoptando una gestión de buenas prácticas que les permitan asegurar la competitividad frente a los estándares internacionales y estar atentos a la sostenibilidad del planeta.

1.1.6 La palma social

La palma de aceite ha ido ocupando en forma pacífica y sostenible el territorio nacional.

Hoy se eleva orgullosa en setenta y tres municipios de la mitad de los departamentos de Colombia, donde genera alrededor de ochenta mil empleos que benefician a miles de familias y contribuye al desarrollo regional.

La agroindustria palmera agrupa a pequeños cultivadores, trabajadores agrícolas, personal administrativo, técnicos y profesionales de diferentes disciplinas, empresarios del campo e industriales. Un variado equipo humano, cohesionado por su indeclinable vocación trabajadora y empresarial.

En las regiones palmeras de Colombia se unen los medianos y grandes empresarios con los pequeños productores en alianzas estratégicas, en las que confluyen los saberes, las culturas y las energías en mutua disposición para el progreso.

Según el documento Visión Colombia 2019 del Departamento Nacional de Planeación (DNP), dentro de la categoría de productos con alto potencial exportador se encuentra la palma de aceite, además de otros productos ya consolidados (café, flores, caña de azúcar, banano). Estos productos, como lo afirma el documento, “cuentan, por una parte, con una clara oportunidad en los mercados internacionales, teniendo en cuenta el tamaño, el crecimiento previsto y el nivel de competencia observado en su abastecimiento y, por otra, con los niveles de competitividad respecto a esos mercados” (DNP, 2007).

En 2007, el sector de la palma de aceite participaba con 7,6% del PIB de cultivos permanentes; 4,2% del PIB agrícola y con 2,3% del PIB Agropecuario¹. Es muy importante destacar que la tendencia de la participación de la producción de palma de aceite en el PIB es creciente.

Las razones anteriormente expuestas crean la necesidad de tener un sector altamente competitivo que retribuya a sus actores y a quienes dependen del mismo. A su vez, un nivel de competitividad sobresaliente se logra por medio de una disminución considerable de costos de producción, a través de la implementación de buenas prácticas y la producción a escala, y la introducción de productos con mayor valor agregado de la cadena que le permitan al sector abandonar en buena parte su categoría como agroexportador de “commodities” como el Aceite Crudo de Palma (APC).

Innumerables son las opciones que tiene la cadena de la palma colombiana para diversificarse en productos que lleguen al consumidor final; esto gracias a la versatilidad del APC. De aquí que sea necesario definir los productos que mayor potencial tienen para llegar a los mercados internacionales. En este sentido, coincidieron los intereses generales de la cadena con los del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), entidad que propuso a cadenas

¹ FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE. Anuario Estadístico 2011. Bogotá: Fedepalma, 2011.

previamente seleccionadas por su impacto social, capacidad exportadora y generación ingresos; que realizaran estudios con el fin de estructurar agendas tecnológicas de investigación para productos promisorios de cada una de éstas, que sirviesen de referente para la aprobación de propuestas de investigación a ser financiadas por el Estado colombiano y para el trabajo de los Acuerdos de Competitividad.

El Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma) y la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma), respondieron al llamado del MADR y se comprometieron con el desarrollo del estudio para la cadena de la palma de aceite. La metodología empleada fue la sugerida por el (MADR), la cual busca determinar una agenda de investigación con enfoque prospectivo para un producto promisorio de la cadena.

1.1.7 El aceite de palma en la salud humana

El aceite de palma contiene una relación 1:1 entre ácidos grasos saturados e insaturados, además es fuente importante de antioxidantes naturales como los tocoferoles, los tocotrienoles, y los carotenos. Se han realizado múltiples estudios sobre los efectos del consumo de aceite de palma en la salud humana, principalmente relacionados con el perfil lipídico, el retinol sérico (vitamina A), la trombosis arterial y el cáncer los cuales indican que:

- Tiene una alta concentración de grasa monoinsaturada, en forma de ácido oléico.
- Las dietas ricas en ácidos grasos monoinsaturados ayudan a reducir el colesterol sanguíneo, disminuyendo uno de los principales factores de riesgo en enfermedades coronarias.
- Algunos estudios han demostrado que el efecto del ácido palmítico sobre el colesterol sanguíneo es comparable con el del ácido esteárico, considerado como neutro.

- Es fuente natural de vitamina E, en forma de tocoferoles y tocotrienoles. Estos últimos actúan como protectores contra el envejecimiento de las células, la arteriosclerosis, el cáncer y algunas enfermedades neurodegenerativas como el alzheimer.
- Sin refinar, el aceite de palma es la fuente natural más rica de beta-caroteno (provitamina A). Su consumo ha resultado de gran utilidad para prevenir y tratar la deficiencia de vitamina A en poblaciones a riesgo.

En modelos humanos y animales se ha observado que el consumo de oleína de palma no altera significativamente los niveles de colesterol sanguíneo, reduce la oxidación de las LDL y la incidencia de tumores malignos, aumenta los niveles de retinol sanguíneo y previene la formación de trombos.

1.2 EL AGRONEGOCIO DE LA CADENA PRODUCTIVA

1.2.1 Demanda de aceite de palma en el mundo

De acuerdo con información de Lans and Mill Corporation (LMC), las expectativas del comportamiento de la demanda de aceites vegetales para el periodo 2000 - 2020 a nivel mundial, indican que ésta crecerá a una tasa de 5% anual. En este escenario es muy importante considerar el uso que se dará a los aceites vegetales en el mundo, ya sea consumo humano, biocombustibles ó como materia prima para la industria oleoquímica.

El renglón de uso que genera la mayor expectativa en términos de demanda, es el de materia prima para la producción de biocombustibles. En efecto, se espera que la tendencia de crecimiento de las cantidades de aceites vegetales, dedicadas a la generación de energías renovables, sea del orden de 13,5% anual para el periodo en cuestión. De esta manera, si en 2008 se utilizaron 11,2 millones de toneladas para este fin, en 2020 se llegará a 37,5 millones de toneladas.

En lo que concierne a aceites para consumo humano, la tasa de crecimiento anual, se concibe que será del orden de 4,2%, muy similar a la del uso de aceites vegetales en la industria oleoquímica

Tabla 2. Demanda de aceites vegetales a nivel mundial según uso. 2000-2020 (millones de toneladas)

Variable/año	2000	2005	2008	2009	2010	2012	2015	2020
Alimentación humana	75,4	92,1	105,7	109,7	112,2	124,2	140,2	172,3
Biocombustibles	0,0	4,7	11,2	12,7	14,1	16,7	21,8	37,5
Oleoquímica	6,2	8,3	9,7	9,3	9,6	10,4	11,5	13,1
Total	81,6	105,1	126,6	131,6	136,5	151,1	174,0	222,9

Fuente: LMC, 2008.

En cuanto a la cantidad de aceites vegetales destinados a la alimentación humana a nivel mundial crecerá en 63% en el periodo comprendido entre 2008-2020, pasando de 105,7 a 172,2 millones de toneladas (LMC, 2008). Los países que muestran mayores niveles de consumo de aceites vegetales son China, India, Estados Unidos y la Unión Europea, los cuales consumen el 48% de los aceites vegetales que se producen a nivel mundial. Para el periodo 2000-2020, se espera que China e India, incrementen sus niveles de consumo a tasas anuales del 5,9% y del 5,6% respectivamente. Otro país en el cual se espera crecimiento importante del consumo de aceites vegetales es Indonesia con un crecimiento anual del 4,9%.

Tabla 3. Proyecciones de la demanda de aceites vegetales para consumo humano a nivel mundial (millones de toneladas)

País/Año	2000	2005	2008	2009	2010	2012	2015	2020
China	9,14	14,96	18,11	18,95	19,67	21,85	25,09	30,37
India	9,44	10,77	11,87	12,64	13,32	15,58	19,37	27,67
US	8,29	9,12	10,68	10,94	11,08	11,78	12,7	14,31
UE	9,25	10,42	10,8	10,99	11,11	11,73	12,55	14,1
Indonesia	3,04	3,64	4,29	4,48	4,63	5,18	5,98	7,47
Brasil	3,13	3,21	3,35	3,47	3,55	3,87	4,33	5,22
Rusia	1,33	2,04	2,22	2,27	2,29	2,4	2,51	2,65
Irán	1	1,25	1,45	1,51	1,55	1,72	1,96	2,35
Turquía	1,06	1,24	1,47	1,53	1,57	1,72	1,93	2,3
México	1,5	1,41	1,62	1,67	1,71	1,83	2	2,28
Japón	1,9	2,04	1,99	2,01	2,02	2,1	2,15	2,23
Malasia	0,48	0,77	1,08	1,13	1,18	1,33	1,57	2
Argentina	0,8	0,74	0,78	0,79	0,81	0,87	0,96	1,12
Tailandia	0,49	0,62	0,64	0,66	0,68	0,76	0,87	1,09
Canadá	0,83	0,83	0,78	0,79	0,8	0,85	0,92	1,05
Australia	0,4	0,43	0,49	0,5	0,5	0,54	0,59	0,68
Filipinas	0,18	0,29	0,34	0,36	0,38	0,43	0,51	0,68
Ucrania	0,42	0,39	0,55	0,56	0,56	0,58	0,61	0,65
Resto M.	22,76	27,93	33,22	34,38	35,36	38,89	44,14	54,03
Total	75,44	92,1	105,73	109,63	112,77	124,01	140,74	172,25

Fuente: LMC, 2008.

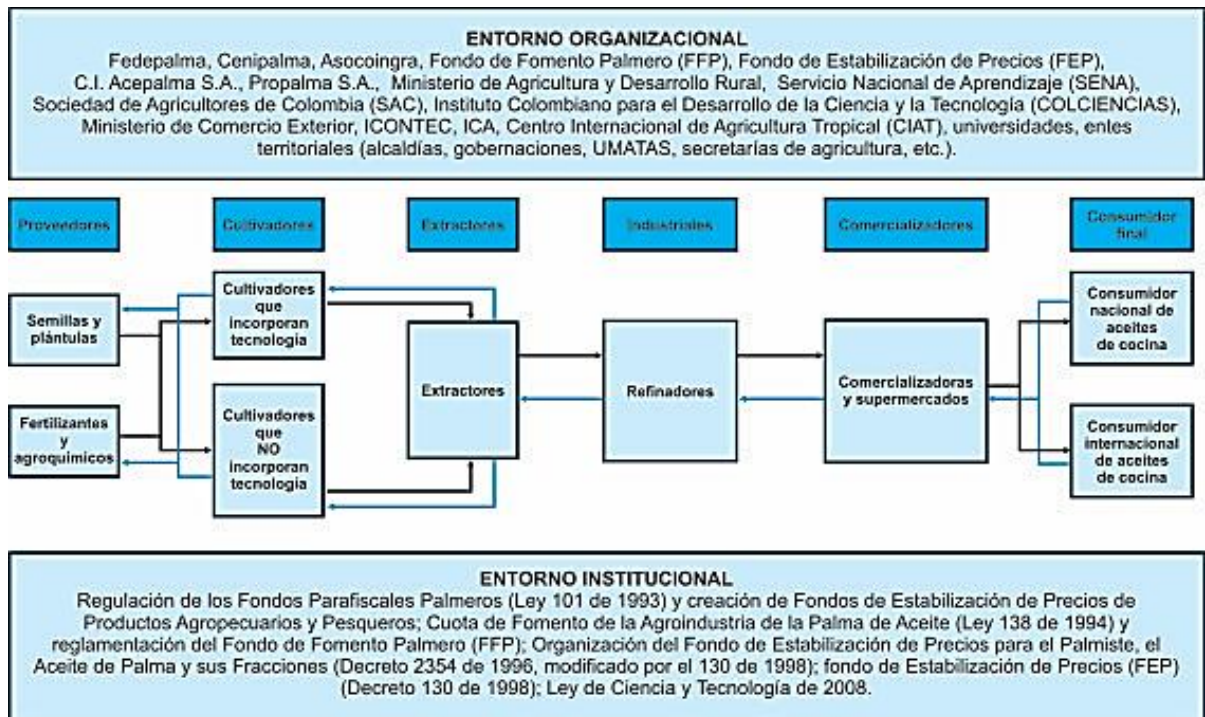
1.2.2 Descripción de la cadena productiva

La fase agrícola de la agroindustria tiene como producto final los racimos cosechados de las palmas, frutos que necesariamente deben ser entregados o vendidos en una planta de beneficio cercana al cultivo para ser procesados tan frescos como sea posible (el fruto de la palma de aceite es altamente perecedero y después de ser cosechado se requiere la extracción del aceite antes de 12 horas). De aquí se obtienen dos productos principales: aceite crudo y almendra.

Una vez se obtienen los aceites de palma crudo y de palmiste en las plantas de beneficio, se inicia la fase industrial propiamente dicha, donde se refinan y se fraccionan estos aceites para producir oleínas y estearinas de palma y palmiste

que sirven en la fabricación de productos comestibles y no comestibles. Asimismo, la torta de palmiste obtenida al extraer el aceite de la almendra se aprovecha para la alimentación animal.

Figura 6. Modelo de la cadena productiva de la oleína roja.

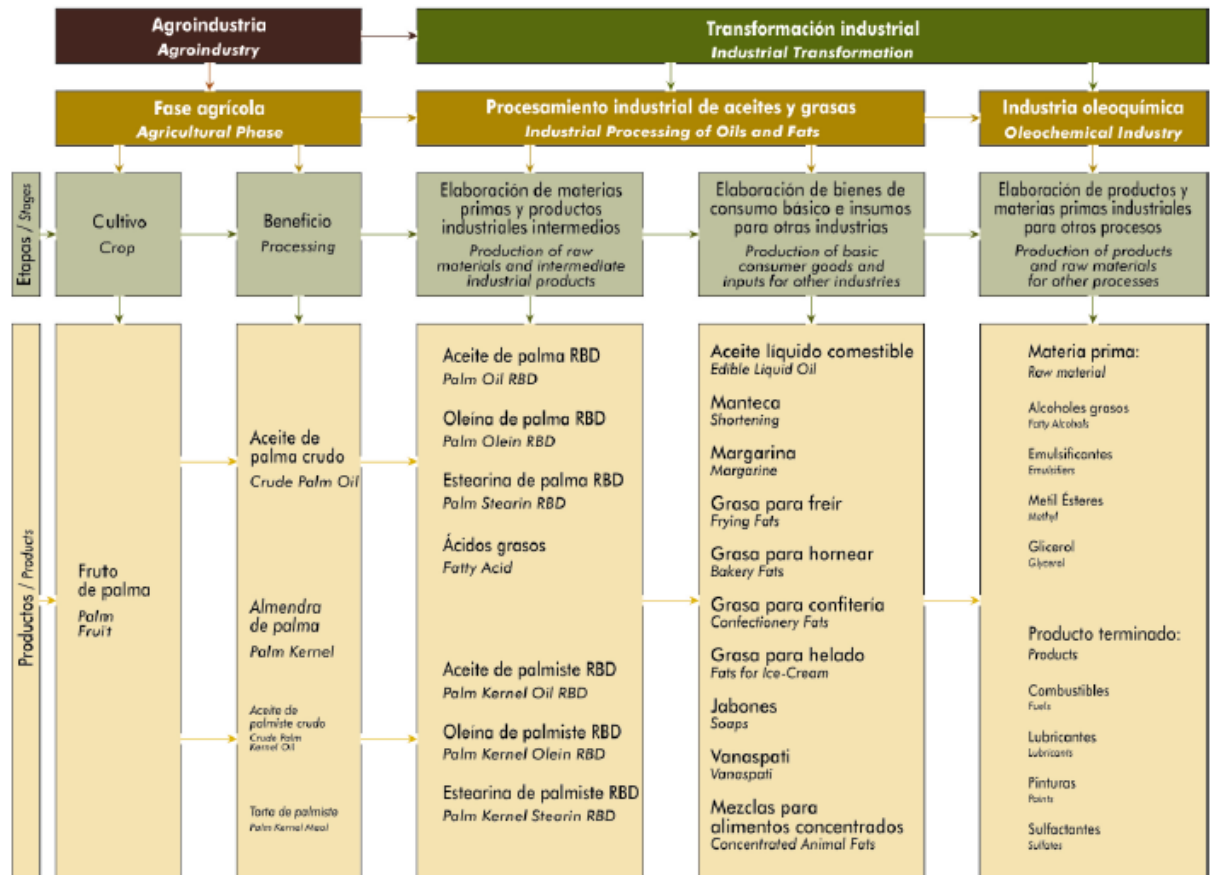


Fuente: agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena de oleaginosas, grasas y aceites en Colombia con énfasis en oleína roja.

1.3 ETAPAS Y PRODUCTOS DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA PALMA DE ACEITE

Dentro del proceso de transformación del aceite de palma están comprometidos diversos sectores productivos que aprovechan las diversas cualidades del producto extraído; dentro de la cadena productiva se pueden identificar dos fases cruciales: agroindustria, correspondiente a todo el proceso y logística agrícola en campo, y la transformación industrial correspondiente al procesamiento industrial de extracción, transformación básica y oleoquímica avanzada.

Figura 7. Etapas y productos en la cadena productiva de la palma de aceite.



Fuente: Anuario Estadístico Fedepalma 2011.

1.4 PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DEL FRUTO DE PALMA DE ACEITE: PLANTAS DE BENEFICIO

En Colombia existen 57 plantas de beneficio². La capacidad de procesamiento promedio es de 22 ton RFF/hora³ y con un bajo índice de variación. Ello implica altos costos unitarios para este eslabón. Los resultados del benchmarking con respecto a la cadena de referencia indicaron que la escala de procesamiento es uno de los factores que más amenaza la competitividad en el mundo.

Si se considera que esta actividad es susceptible a la escala de producción y que en los países líderes el promedio de la capacidad de procesamiento de una planta es del orden de 70 ton RFF/hora, se tiene que este es uno de los factores que mayor influencia tiene sobre la diferencia en el costo de la extracción entre nuestro país, Malasia e Indonesia. Según reportes de LMC (2004), se evidencia que mientras el costo del proceso de extracción por tonelada de aceite en Colombia era de US\$109, en Malasia e Indonesia era de US\$56 y US\$44, respectivamente. De otra parte, en Malasia ya se está generalizando el uso de esterilización continua, mediante la cual los requerimientos energéticos disminuyen y con ello los costos de producción, rubro que participa con cerca del 30% del costo variable de la extracción.

² FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE. Anuario Estadístico 2011. Bogotá: Fedepalma, 2011.

³ RFF/hora, es la unidad de medida de capacidad que indica la cantidad de Racimos de Fruta Fresca procesada por hora. Es una medida estándar a nivel internacional para comparación entre plantas.

1.4.1 Localización geográfica de las diversas plantas de beneficio en Colombia

Las 57 plantas de beneficio alrededor del país se han establecido entre las plantaciones distribuidas en zonas en el territorio nacional, con el fin de optimizar la logística de transporte y distribución de RFF y productos (aceite de palma crudo, nueces, torta de palmiste, chocolatina⁴, tusa, entre otros): 15 PB Norte (Magdalena, Norte del Cesar, Atlántico, Guajira), 10 PB Central (Santander, Norte de Santander, sur del Cesar, Bolívar), 24 PB Oriental (Meta, Cundinamarca, Casanare, Caquetá) y 8 PB Occidental (Nariño)⁵.

El parámetro de capacidad instalada de procesamiento RFF es una medida que se usa a nivel mundial para hacer benchmarking de forma rápida, pero no definitiva, entre plantas extractoras. A continuación se visualizan los datos correspondientes a las medidas de capacidad instalada y la forma como se han organizado de acuerdo a rangos de capacidad. Estos rangos y diferenciaciones han servido de base de estudio para los diversos programas de mejoramiento e innovación tecnológica formulados

Figura 8. Distribución de las zonas productoras de aceite de palma en Colombia.



Fuente: Autores, imágenes editadas desde Anuario Estadístico Fedepalma 2011

⁴ Este subproducto es el resultante de procesar las tusas restantes a alta temperatura, formando una sustancia de color, textura y olor similar al chocolate, con alto contenido nutricional para concentrado de alimento animal.

⁵ FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE. Anuario Estadístico 2011. Bogotá: Fedepalma, 2011. P 41 - 45

y ejecutados en gran parte por Cenipalma (también se realizan acuerdos de ejecución con otros entes gubernamentales tales como el ICA⁶ y el SENA⁷).

Tabla 4. Capacidad instalada de plantas extractoras por zonas (en toneladas de RFF/hora)

Zonas / Zones	2006	2007	2008	2009	2010	Part. 2010 (%)
Oriental / East	339	349	405	420	464	37,1
Norte / North	275	298	298	361	372	29,8
Central / Central	244	260	280	294	294	23,5
Sur-Occidental / South-West	104	123	127	115	119	9,5
Total	962	1.030	1.109	1.190	1.249	100,0
Variación / Growth Rate %	3,3	7,0	7,7	7,3	5,0	

Fuente: Anuario Estadístico Fedepalma 2011.

Entre las zonas más representativas debido a la cantidad de plantas extractoras existentes se encuentran Zona Oriental y Zona Norte. Estas zonas se han caracterizado por su gran expansión en términos de logística de planta y cultivos. La zona Central debe su posición en parte a la influencia de la plaga PC que ha estado en proceso de erradicación, lo cual implica un proceso lento de recuperación de plantaciones y por lo tanto recuperación progresiva para las plantas de beneficio de la zona.

Tabla 5. Distribución por tamaño de las plantas de beneficio de fruto de palma de aceite

Rango de tamaño Size range 1	Número de plantas de beneficio Number of mills		Capacidad instalada agregada Aggregate installed capacity 2		Distribución capacidad instalada Distribution of the installed capacity	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 - 5	4	3	10	7	0,8	0,6
Más de 5 a 10 / More than 5 - 10	10	11	87	146	7,3	11,7
Más de 10 a 15 / More than 10 - 15	12	13	160	262	13,4	21,0
Más de 15 a 25 / More than 15 - 25	12	11	241	94	20,2	7,5
Mayor de 25 / More than 25	19	20	693	740	58,2	59,2
Total	57	58	1.190	1.249	100	100

Fuente: Anuario Estadístico Fedepalma 2011.

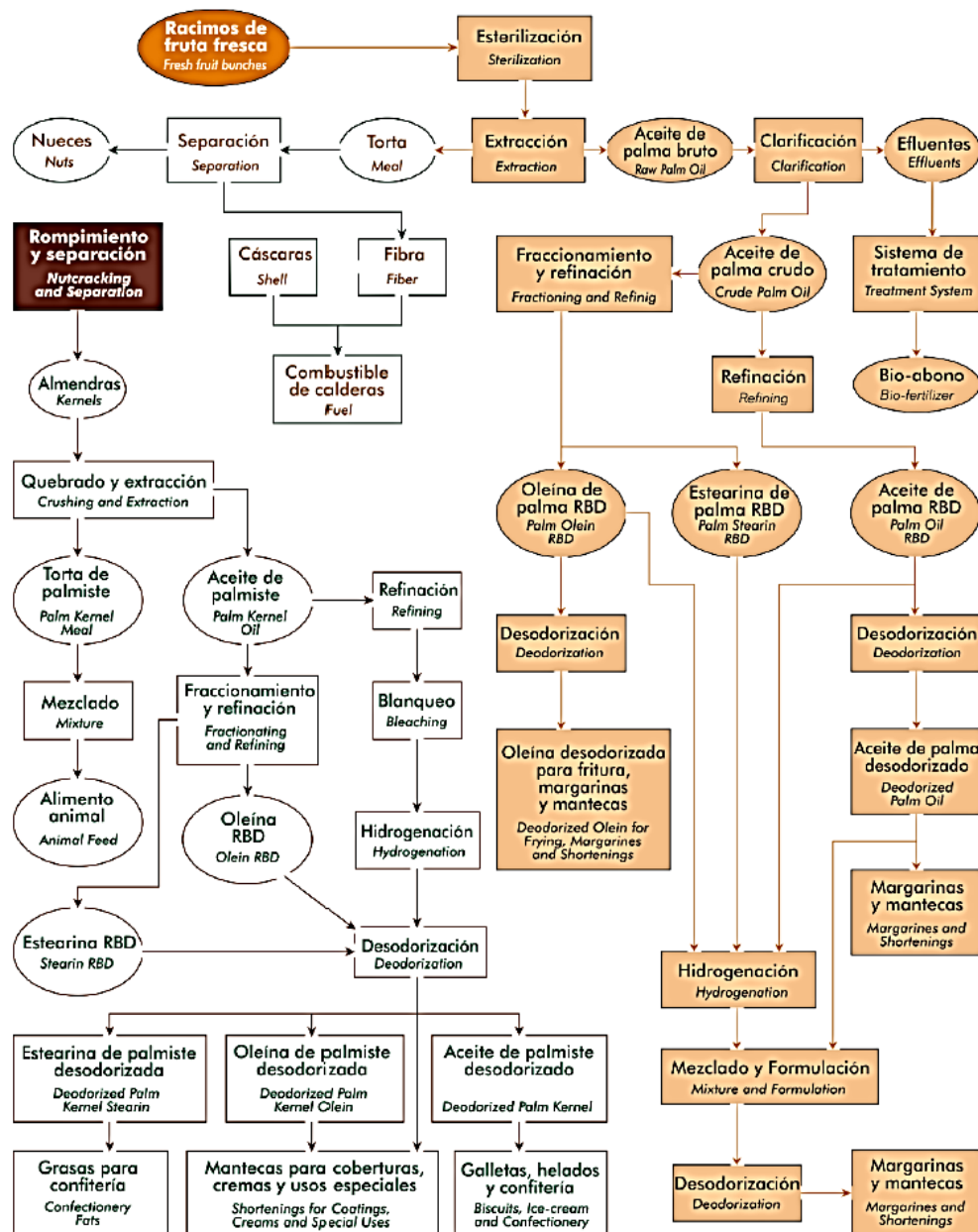
⁶ ICA Instituto Colombiano Agropecuario, organismo gubernamental que contribuye al desarrollo sostenido del sector agropecuario.

⁷ SENA Servicio Nacional de Aprendizaje, organismo gubernamental encargado de apoyar a nivel técnico y a nivel asistencial programas de fortalecimiento educativo en toda franja

1.4.2 Etapas y productos en la cadena productiva derivadas del proceso de extracción del aceite de palma

El siguiente diagrama describe las diversas etapas de procesamiento:

Figura 9. Diagrama de procesamiento de la palma de aceite

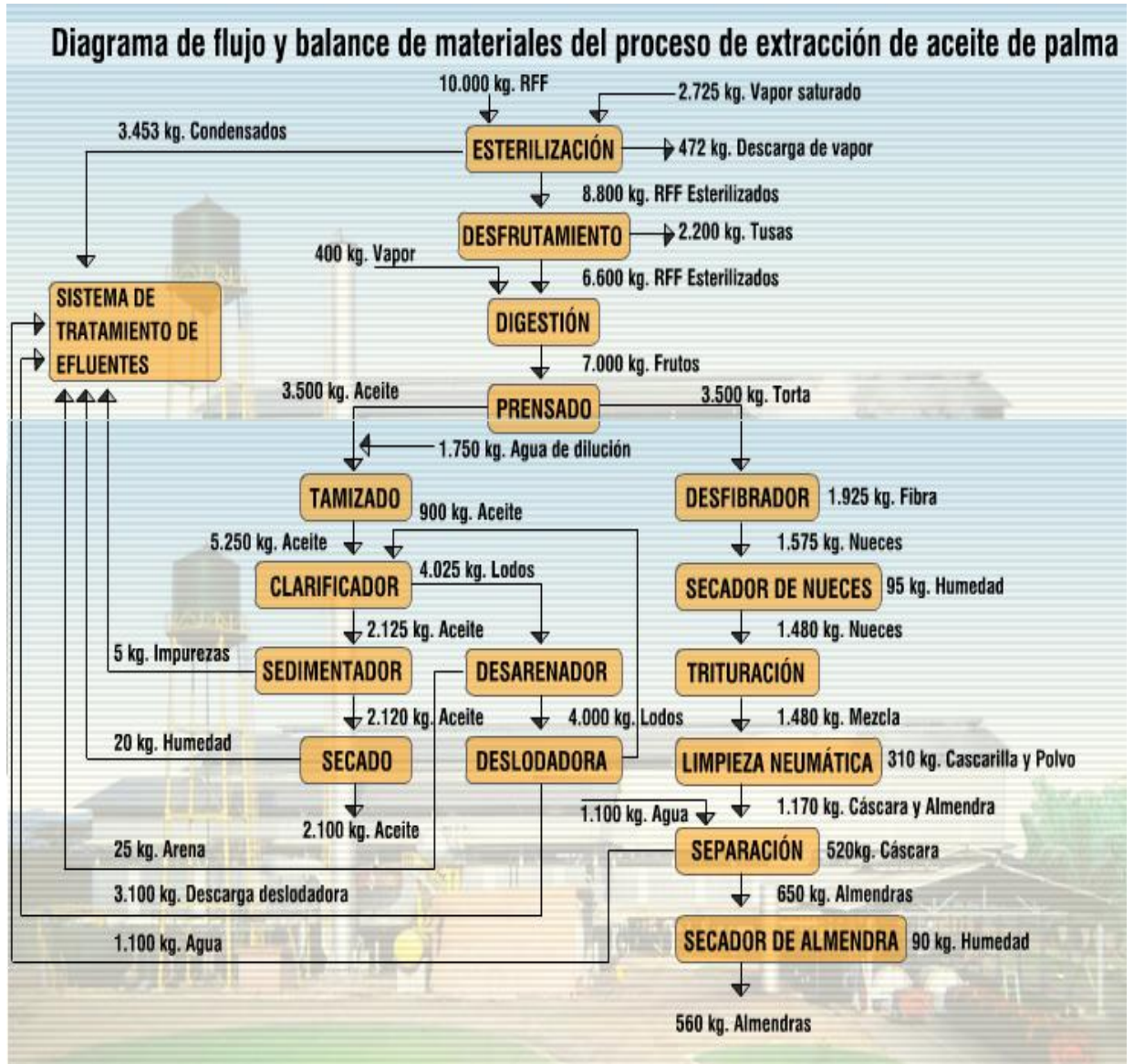


Fuente: Anuario Estadístico Fedepalma 2011.

1.4.3 Proceso de extracción de aceite de palma en plantas de beneficio

A continuación se describirá el proceso de extracción de aceite de palma, indicando los diversos subprocesos y balance de materiales obtenido durante el proceso de extracción:

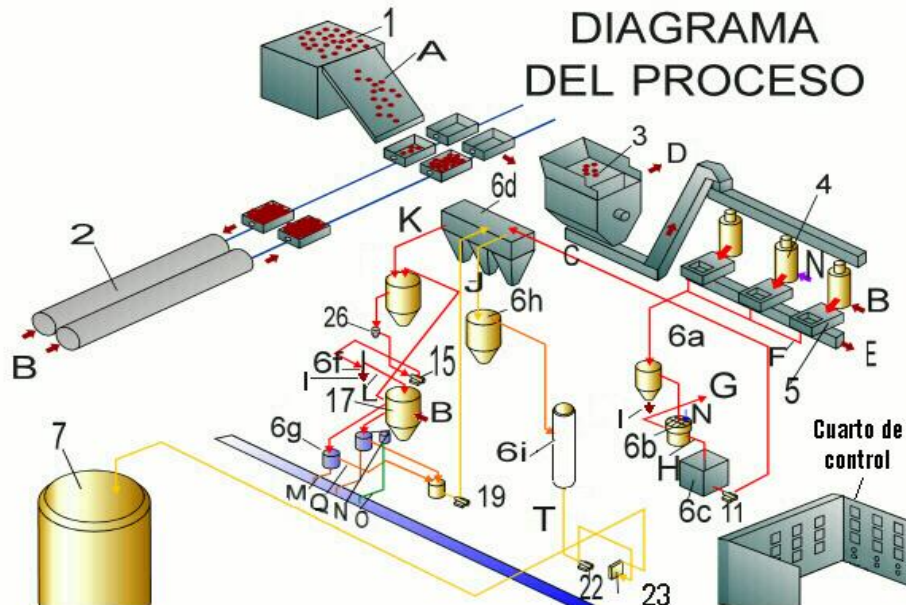
Figura 10. Proceso de extracción de aceite de palma en plantas de beneficio



Fuente: Anuario Estadístico Fedepalma 2011

Para la extracción del aceite de palma es necesario desarrollar diversas etapas de intervenciones físico-químicas con el fin de obtener el aceite de mejor calidad, al igual que sus subproductos que son el objetivo de diversos mercados productivos a nivel nacional e internacional.

Figura 11. Diagrama del proceso de extracción de Aceite de Palma



Fuente: IDEAM, Documento sobre Tecnologías Limpias.

▪ **Etapas 1. Recepción y Almacenamiento.**

El fruto designado (A) en es traído del campo donde ha sido cortado bajo unos criterios específicos de maduración.

Figura 12. Recolección de RFF (izquierda) y transporte hacia Planta de Beneficio (derecha)



Fuente: Archivo Cenipalma.

Equipos:

Báscula: se pesa la fruta para registro de cuadrillas (grupo de trabajadores encargados del corte de los racimos), número de racimos por volqueta, peso de la fruta, registro de la salida de producto terminado y subproductos; basura etc. La báscula puede ser manual o electrónica, su capacidad depende del tamaño de la planta.

Tolva de recibo: se descarga la fruta que viene del campo a unas tolvas y de allí a las vagonetas; la capacidad de una vagoneta puede oscilar desde 0.8 y 5.0 ton RFF.

Almacenamiento de Fruta: consiste en llenar las vagonetas y almacenarlas en el patio de recibo para asegurar el flujo de fruta en el día y garantizar que quede fruta para procesar durante la noche. Debe procesarse primero la fruta con mayor tiempo de almacenamiento para evitar el proceso de acidificación.

Etapa 2. Esterilización.

Figura 13. Esterilizadores horizontales



Fuente: Archivo Cenipalma

Mediante el uso de autoclaves horizontales presurizados con vapor de agua (B), el fruto alojado en las vagonetas es sometido a un proceso de esterilización en donde los principales factores a tener en cuenta en esta etapa son el tiempo de cocción y la temperatura, dependiendo del tamaño de los racimos y del grado de madurez de los mismos.

El proceso se realiza en dos o tres picos de presión que oscilan entre 20 y 45 psi (1.4 y 3.2 Kgf/cm²) previa desaireación del autoclave y descarga de vapor condensado entre pico y pico, para un tiempo total de esterilización entre 70 y 110 minutos. Este vapor es evacuado del autoclave en parte como vapor a la atmósfera y en parte como condensado aceitoso a los canales que conducen a la trampa de grasas. Este primer efluente que contiene aceite, sólidos en diferentes formas, materia orgánica y metales que arrastran de la estructura del esterilizador, entre otros, puede ser hasta el 10% del peso de la fruta procesada y hasta el 15% del total de los efluentes.

La esterilización es la etapa más importante del proceso y tiene como objetivos:

- Detener la formación de ácidos grasos libres, es decir, la acidificación en los frutos por descomposición de los glicéridos (la enzima lipasa presente en los frutos, provoca esta descomposición, pero puede inactivarse aproximadamente a 55°C).
- Coagulación de los albuminoides constituidos en su mayor parte por globulinas, cuyo efecto emulsificante del aceite en agua, genera molestias en la clarificación y pérdidas considerables en las aguas de desecho. La coagulación de los albuminoides requiere una temperatura de por lo menos 100°C.
- Debilitamiento de los tejidos de la pulpa con el fin de disminuir su resistencia a ser macerados por las paletas de los digestores. Este efecto se consigue con poco tiempo de esterilización y una temperatura relativamente baja.
- Acelerar el ablandamiento de la unión de los frutos a su soporte natural o raquis, es decir, acelerar el proceso de maduración natural.

- Deshidratar parcialmente las almendras contenidas en la nuez, para facilitar el rompimiento del cuesco y la recuperación de la almendra.

El vapor suministrado debe ser saturado con el fin de facilitar la hidrólisis (actúa en los puntos de unión de los frutos al raquis, causando su desprendimiento) y la mayor transferencia de vapor. Se debe permitir que los racimos permanezcan en calentamiento suficiente tiempo para cocinar. Con una esterilización satisfactoria, la temperatura alcanzada en el fruto es de aproximadamente 120°C y en el centro del tallo 100°C, dependiendo del tamaño de los racimos (para racimos entre 3 y 6 Kg, 25 a 30 minutos a presión constante es suficiente, llegando hasta 50 o más minutos para racimos mayores de 20 Kg).

Para una esterilización adecuada se deben seguir los siguientes pasos:

- Desaireación. Busca eliminar el aire contenido en el autoclave para evitar la formación de bolsas que impiden la esterilización completa de los racimos (si no se realiza la desaireación y primera expansión, la temperatura no alcanza un valor superior de 90°C). Se efectúa inyectando vapor a baja presión 0.5 kg/cm² durante 5 minutos aproximadamente.
- Picos de Presión. La forma más recomendada de esterilización es de tres picos pero es muy común la práctica de sólo dos. Los picos son de 2.5-3.0 kg/cm², con expansiones hasta 0.5-0.2 kg/cm², para garantizar completa desaireación y eliminación de condensados. En esta etapa se inicia el intercambio de calor entre los racimos frescos y el vapor saturado, generando la mayor cantidad de condensados de todo el proceso. Esta etapa puede durar entre 10-15 minutos. dependiendo la cantidad de vapor generado por la caldera.
- Picos de Cocción. Es el tiempo destinado para la cocción de la fruta, se determina dependiendo de su calidad; si el racimo esta verde varía entre 55-65 minutos; si esta maduro varía entre 45-50 minutos. y si está sobremaduro se dará entre 20-35 minutos. En esta etapa la generación de condensados es menor gracias a que ya se ha alcanzado el equilibrio térmico.

- Purga continua. Se realiza para eliminar condensados durante el proceso de cocción.

Equipos.

Esterilizadores o Autoclaves. Los esterilizadores pueden ser verticales u horizontales. Los primeros, resultan convenientes en fábricas de pequeña capacidad y en los cuales los racimos se cargan por la parte superior y se descargan por una compuerta inferior. Los más usados son los horizontales de una o dos puertas, que consisten en un cilindro provisto de un par de rieles internos, sobre los cuales se desplazan las vagonetas o canastas. La capacidad del esterilizador varía según el diámetro y el número de canastas o vagonetas que oscilan entre 0.8 y 5.0 toneladas de capacidad cada una. El número de canastas por esterilizador varía entre 4 y 12.

La siguiente figura muestra un esterilizador horizontal con entrada de vapor por la parte superior. Los arreglos de tuberías, válvulas y demás accesorios son relativamente simples al tener solamente una entrada y una descarga de vapor y varias salidas inferiores para condensados conectadas a un tubo principal. Algunos esterilizadores cuentan con válvula de venteo que va colocada arriba o abajo según la ubicación de la entrada de vapor.

Figura 14. Diagrama de esterilizador horizontal (diseño de mayor uso en las plantas de beneficio en Colombia).



Fuente: IDEAM, Documento sobre Tecnologías Limpias.

Etapa 3. Desfrutación.

Figura 15. Diagrama de esterilizador horizontal (diseño de mayor uso en las plantas de beneficio en Colombia).



Fuente: Archivo Cenipalma.

Los racimos de palma esterilizados se transportan con la ayuda de una grúa monorraíl hacia una tolva de alimentación que las deja caer en el tambor desfrutador. Este es un tambor horizontal rotatorio donde se separan los frutos de las tusas al golpearse con los barrotes que el tambor posee en su interior. Las tusas o racimos libres de frutos son acomodadas en zorras y llevadas a los lotes, donde son esparcidas como abono. Las tusas que aún llevan frutos al salir del tambor desfrutador son recicladas al proceso y vuelven a esterilizarse sin sus frutos verdes o simplemente se vuelven a desfrutar si son frutos adheridos fácilmente desprendibles.

Equipos.

Desfrutadores. Se emplean dos tipos principales de aparatos : unos para plantas de menor tamaño en los que se separan los frutos por golpeo de los racimos con una especie de garfios, y otros para plantas de mayor capacidad compuesto por un tambor de barrotes rotatorio.

Etapa 4. Digestión.

Figura 16. Digestor



Fuente: Archivo Cenipalma.

Luego del desfrutador un transportador distribuidor introduce los frutos a los digestores. Estos son tanques cilíndricos verticales provistos de paletas rotativas e inyección directa de vapor, en donde el fruto es macerado para extraer su aceite. Dentro del digestor se afecta en alto grado la estructura del mesocarpio, hasta el grado de romper vasos lipógenos y liberar cierta cantidad de aceite. Esto se consigue a temperatura entre 90 y 95° C durante 20 minutos.

Equipos.

Digestores. La digestión se realiza en recipientes cilíndricos calentados por una camisa de vapor y conteniendo en su interior un eje central cuadrangular al cual se ajustan cuatro o cinco pares de paletas. Los frutos dentro del digestor permanecen alrededor de 60 minutos a una temperatura de 90-95°C. La Temperatura es importante para facilitar la extracción, pues el líquido aceitoso con menor viscosidad fluye más fácilmente a través de las cavidades capilares de la torta.

Etapa 5. Prensado.

Figura 17. Prensa de aceite rojo de palma



Fuente: Archivo Cenipalma.

Durante la extracción, es necesario controlar la presión de prensado para evitar el rompimiento exagerado de nueces, asimismo es conveniente trabajar con dos o más prensas en el proceso. La capacidad instalada de las prensas doble tornillo varía entre 4, 9 y 15 ton RFF/h.

El fruto digerido alimenta por gravedad a un conjunto de prensas. Para facilitar este proceso se usa agua caliente, aunque se ha demostrado que es mejor no utilizar agua en esta etapa, sino agregar la necesaria después del prensado. El aceite extraído o aceite crudo (F) contiene entonces agua e impurezas orgánicas e inorgánicas, el cual es enviado al proceso de clarificación. La masa del mesocarpio y nueces, es decir, la torta (E) abandona la prensa hacia la etapa de beneficio de almendras, llamada palmistería.

Equipos.

Prensas. El fruto digerido, alimenta por gravedad a un conjunto de prensas que trabajan entre 90 y 100 bares contra la presión de unos conos ubicados a la salida, que ejercen la acción de prensado extrayendo el aceite del mesocarpio. Los tipos de prensas utilizadas en las plantas extractoras, y su eficiencia en términos de capacidad y pérdida de aceite en fibras son:

- Prensas monotornillo: Capacidad promedio 4.15 Ton RFF/hora. Aceite promedio en fibras base húmeda 5.83 %

- Prensas doble tornillo: Capacidad promedio 7.30 Ton RFF/hora. Aceite promedio en fibras base húmeda 4.56 %

Etapa 6. Clarificación.

A la mayoría de aceites y grasas en su estado crudo, ya sea que se obtengan mediante prensado, extracción por solventes, o por fusión (grasas animales), se les da un tratamiento preliminar de limpieza y clarificación, para hacerlos más resistentes a la descomposición durante su almacenaje.

La clarificación es una etapa de purificación del aceite crudo extraído de las prensas, con el fin de eliminar agua, lodo y materia celular. El aceite crudo de palma que entra a clarificación, teóricamente debe contener 35% aceite, 5% lodos ligeros, 35% agua y 25% lodos pesados. El proceso de clarificación se lleva a cabo en varias etapas, donde predomina el consumo de vapor como fuente calórica.

El recorrido del aceite en el proceso de clarificación mencionando los equipos es el siguiente:

- 6a. Tanque Desarenador Estático. Es un tanque con conos de drenaje en donde se sedimentan los volúmenes de arena (l) presentes en el crudo para evitar la colmatación del separador primario y optimizar su funcionamiento. Antes de llegar el aceite al desarenador, se adiciona agua a 90-95°C para diluir el lodo en el volumen requerido, facilitando su separación.
- 6b. Tamiz. Recibe el aceite proveniente del desarenador, lo pasa por mallas para retirarle el material celular (G), para evitar la colmatación del separador primario y la obstrucción de las centrífugas deslodadoras y demás tuberías. La mayoría de las plantas cuentan con uno o dos tamices vibratorios 30 o 40 mesh⁸.

⁸ Mesh: unidad de medida que representa la cantidad de orificios que tiene una unidad de superficie. Se aplica generalmente para tamices y mallas tipo filtro.

- 6c. Tanque de aceite bruto. Se encarga de recolectar el aceite de prensas ya tamizado, el aceite de recuperación de los florentinos y la recuperación de las centrífugas para bombearlo al separador primario. Columna Precalentadora: Tiene la función de precalentar el crudo entre 90-95°C, esto se logra inyectando vapor directo. La oxidación del aceite comienza más o menos a los 110°C y por esto la temperatura ideal es de 90-95°C.
- 6d. Separador Primario ó Clarificador Horizontal Continuo. En este equipo ocurre la separación por decantación del aceite, gracias a la diferencia de densidades que existe en los componentes (aceite < lodos ligeros < agua < lodos pesados) y a la temperatura que disminuye la viscosidad del aceite para facilitar su separación de los lodos. El aceite recuperado (J) contiene algo de humedad y lodos livianos que es necesario eliminar. Cuando se inicia el proceso después de una interrupción (generalmente no se trabaja el fin de semana), se inyecta vapor por serpentín para mantener la temperatura adecuada para fluidizar el aceite (90-95°C). Los lodos pesados (K) pasan al tanque de lodos.
- 6e. Tanque de lodos. Almacena los lodos separados en la etapa primaria. Teóricamente los lodos contienen un 10% de aceite, por lo que debe someterse a un proceso de separación mecánico que son las centrífugas deslodadoras, con capacidad para procesar hasta 6000 litros de lodo por hora. El tanque de lodos tiene dos compartimientos, el inferior se encarga de almacenar el lodo y por medio de bombas se pasa al ciclón desarenador para posteriormente pasarlo a las centrífugas.
- 6f. Ciclón desarenador. Elimina la arena (I) que contienen los lodos antes de que pasen por las centrífugas para evitar su efecto abrasivo. Los lodos sin arena pasan a las centrífugas deslodadoras. Filtros Cepillos (opcional): Retienen la materia orgánica y fibras para evitar que obstruyan las boquillas de las centrífugas.
- 6g. Centrífugas deslodadoras. Se encargan de recuperar el aceite presente en los lodos. Su recuperación se envía nuevamente al separador primario para su

purificación. El efluente (M) de las centrífugas desludadoras es conducido a las trampas de grasas o florentinos, para posteriormente ser llevadas al sistema de tratamiento, convirtiéndose en el mayor efluente de la planta extractora. El aceite recuperado (Q) en el tratamiento de los efluentes es recirculado al tanque de aceite bruto. No todas las plantas poseen centrífugas, lo que afecta notablemente la eficiencia de extracción.

- 6h. Tanque Sedimentador. Se encarga de sedimentar las partículas livianas contenidas en el aceite resultante del separador primario, y de disminuir el porcentaje de humedad. El aceite sale del separador primario con 0.4-0.5 % de humedad.
- 6i. Secador de Vacío. Baja la humedad del aceite hasta 0.1% para evitar que el aceite (T) se oxide por la formación de peróxidos . El vacío es creado por un sistema de eyectores con la ayuda de vapor de agua.

Equipos.

Clarificadores.

Figura 18. Clarificador continuo de aceite rojo de palma



Fuente: Archivo Cenipalma.

Existen dos tipos de clarificadores: estático y continuo. El clarificador continuo es un tanque cilíndrico de operación permanente, donde se forman dos fases líquidas: aceite crudo arriba y agua con la mayor parte de impurezas, abajo. El clarificador continuo vertical posee un tubo sumergido dentro del tanque, que es

utilizado para descargar el aceite por rebose. Este tubo se encuentra a la salida del tanque, después de haberle dado un tiempo de residencia (recorrido dentro del tanque), al aceite.

El Clarificador continuo horizontal es un tanque de forma cuadrangular más largo que ancho, con dos troncopirámides en el fondo y con aislamiento térmico para conservación de la temperatura. Provisto de un colector de alimentación en el extremo anterior y de otro colector de descarga de las aguas lodosas en el extremo posterior, así como de un dispositivo de altura ajustable para la salida del aceite.

La mezcla de aceite, agua y lodos entra suavemente por el colector de alimentación y durante el recorrido, a lo largo del equipo, el aceite va separándose de la mayor parte de los sólidos en suspensión, los cuales permanecen en el agua. El aceite con humedad y lodos livianos sale por medio del dispositivo especial de altura ajustable, que lo recoge en la parte más alta de la capa superior. Las aguas lodosas con algún contenido de aceite (6 a 10%), en cambio, se evacúan mediante un colector en el extremo final que las toma del fondo. La cantidad de líquido bruto alimentado al sistema y el tamaño de la capa de aceite determinan el tiempo de retención del aceite en el separador estático.

En la clarificación estática, el rendimiento depende básicamente del tiempo de residencia, es decir, se requiere que tengan buena capacidad.

Centrífugas Desludadoras.

Figura 19. Centrífugas de lodos



Fuente: Archivo Cenipalma.

Este proceso se denomina purificación porque la proporción de las impurezas y humedad es grande. Los lodos y el agua dentro de la centrífuga, se descargan continuamente a través de un canal que se localiza en la capa periférica, mientras que el aceite purificado, que se mueve hacia el centro de la canasta, se descarga por otra salida. Para aceites que contienen proporciones grandes de lodos se usan centrífugas especialmente construidas con boquillas que descargan estos lodos. Las centrífugas son usadas extensivamente para aceites comestibles. Se usan asimismo en las plantas refinadoras de aceites comestibles con los mismos principios, pero con un diseño un poco diferente.

Las centrífugas desludadoras más comúnmente usadas en las Plantas Extractoras son la Alfa-Laval 4-101, la Stork 3000 y 6000 y Westfalia. El principio de funcionamiento es el mismo para todas. Las principales variables que afectan el centrifugado son:

- Temperatura: afecta la viscosidad. El rango de 95-98°C es óptimo.
- Dilución: afecta la viscosidad

- Diámetro de boquilla: afecta la capacidad y las pérdidas. Las más comunes son de 2 mm.
- La cabeza del aceite que entra a la centrífuga.

Etapas 7. Almacenamiento.

Figura 20. Tanques para almacenamiento de aceite rojo de palma y aceite de palmiste



Fuente: Archivo Cenipalma.

De clarificación el aceite es calentado (23) y bombeado (22) a almacenamiento. La industria del aceite de palma, y en general todas las industrias aceiteras, deben poseer buena capacidad de almacenamiento, porque la producción de aceite tiene temporadas altas y bajas, dependiendo de la época del año. Los tanques deben estar protegidos por separadores de concreto para evitar el derrame de aceite en caso de cualquier falla.

Etapas 8. Palmistería.

Figura 21. Diagrama de flujo para el proceso de Palmistería



Fuente: IDEAM, Documento sobre Tecnologías Limpias.

La torta que sale de la prensa, en el proceso de la palma, está compuesta por fibras aceitosas y nueces que contienen la almendra. La torta se conduce a través de un transportador tipo paletas al desfibrador, con el fin de separar la nuez de la fibra y secarla al final del transportador; en su descarga se encuentra una columna neumática que arrastra ascendentemente la fibra que es conducida hasta la caldera como combustible.

Figura 22. Tambor giratorio desfibrador de nuez



Fuente: Archivo Cenipalma.

En el desfibrador, la nuez, por su propio peso, cae libremente a un tambor pulidor que separa las impurezas o polvos. Las nueces pulidas son conducidas mediante un elevador de cangilones hasta un silo de secado provisto de circulación forzada de aire caliente, en el cual, después de un día de reposo, se obtienen las condiciones de humedad, elasticidad y grado de separación cáscara / almendra, para ser trituradas. Las nueces acondicionadas se hacen pasar a través de un clasificador de nueces y luego al triturador o rompedor de nueces, en el cual se consigue la rotura de las nueces produciendo una mezcla de almendras enteras, almendras partidas, cáscaras libres, nueces enteras y algunas cáscaras con almendras adheridas.

Figura 23. Rompedor de nuez (nombre comercial Rippler)



Fuente: Archivo Cenipalma

Cuando la separación de las almendras se lleva a cabo en hidrociclones se genera otro vertimiento de aguas residuales. Este vertimiento contiene mucho menos

materia orgánica que los condensados de esterilización y las aguas residuales de clarificación. Las almendras son enviadas a un silo de almendras para secado y luego son empacadas para la venta (se empaca en costales de 45 kg. en promedio). Últimamente se están usando equipos de separación en seco que no generan efluentes en este punto.

La almendra triturada pasa a una prensa de palmiste o expeller, es un molino a menor escala, con el fin de extraer el aceite para luego ser decantado y enviado a almacenamiento. El residuo de la torta de palmiste tiene un 8% de grasa. El porcentaje de grasas en la torta de palmiste depende del prensado.

Figura 24. Prensa de Almendra (nombre comercial Expeller)



Fuente: Archivo Cenipalma

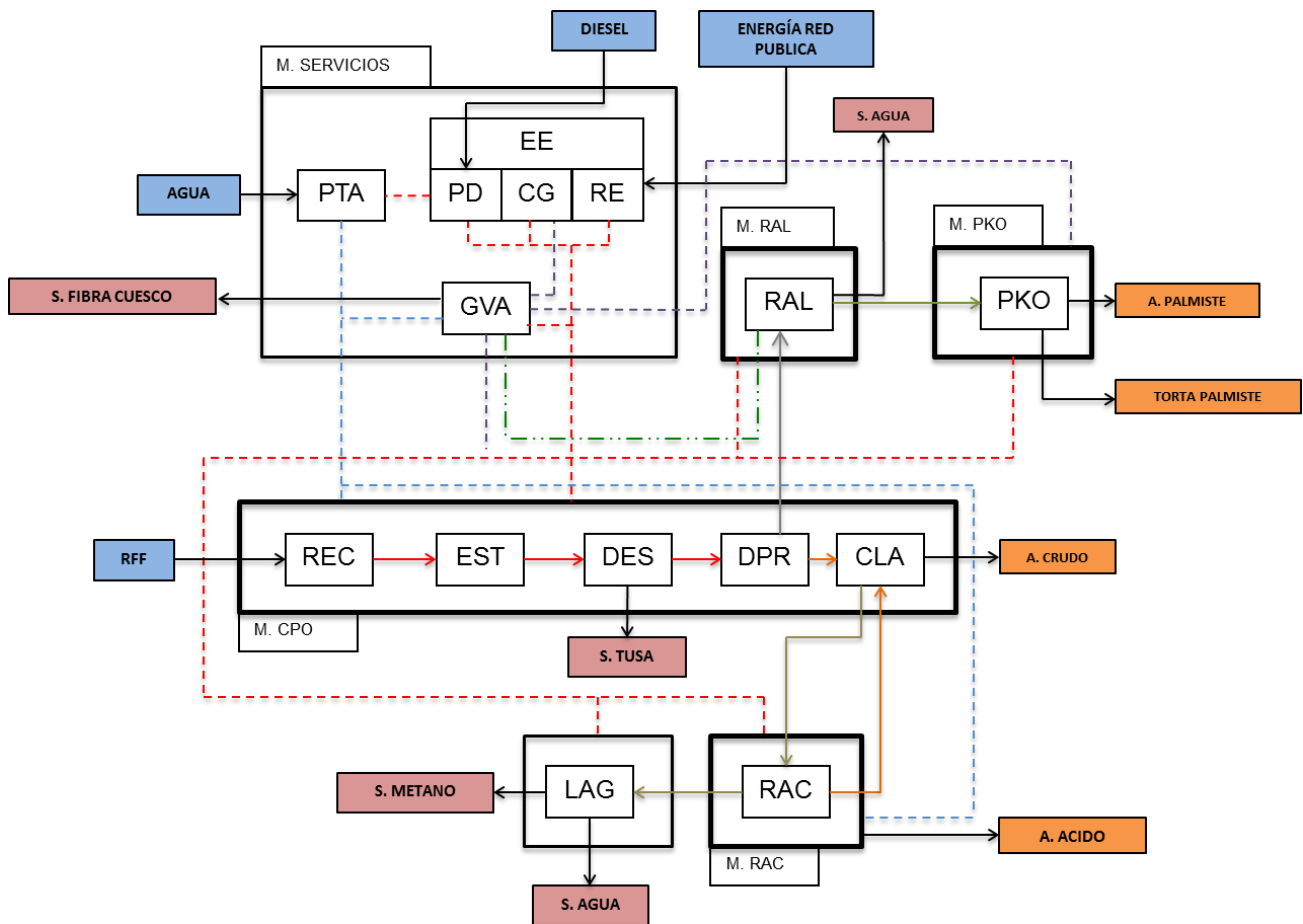
El aceite prensado contiene residuos de almendra e impurezas que deben ser decantadas en un tanque, de esta forma estos residuos quedan en el fondo. Luego el aceite debe pasar por un filtro prensa, que contiene al menos 8 lonas de filtro consecutivas, con el fin de filtrar completamente el aceite.

Palmistería es la única etapa, a excepción de la combustión, donde se consume aire en el proceso. La descarga térmica y el ruido generados en los silos son también significativos.

1.4.4 Módulos de producción y de procesos en paralelo

Para la fase de estandarización de procesos, procedimientos y tareas vinculadas a la extracción de aceite de palma, se ha diseñado el siguiente esquema con el fin de representar el flujo de recursos, productos y dependencias. La estructuración del plan de mantenimiento a presentar, requiere fundar sus lineamientos en el esquema a continuación, con el fin de generar el espacio y características adecuadas para desarrollar el plan de mantenimiento.


Figura 25. Organización de módulos y sectores con entradas y salidas



Fuente: Área de Ingeniería, Programa de Procesamiento Cenipalma 2012.

Cenipalma, mediante años de estudio para estandarización de procesos, productos y actividades de mantenimiento ha establecido en conjunto con los asesores de plantas del gremio palmero en cada región del país, la siguiente nomenclatura en la cual intervienen parámetros de producción con mantenimiento.

Tabla 6. Nomenclatura de estandarización usada en las plantas de beneficio.

TABLA NOMENCLATURAS ESTANDARIZADAS				 Programa de procesamiento	
REFERENCIAS DE PARADAS					
TIPO	NOMBRE	CÓDIGO	DEFINICIÓN DE PARADA		
PARADAS PROCESO	Arranque extractora	AE	Arranque inicial de la planta de beneficio		
	Parada operativa	PO	Cuando ocurren fallas en el normal funcionamiento del proceso y que no implica avería o falla en un equipo.		
	Parada por calibración	PCL	Cuando se para los equipos para hacerle calibración durante el proceso		
	Parada por capacidad	POC	Cuando la capacidad del equipo no es suficiente para la cantidad de material que debe procesar o para la cual fue diseñada		
	Falta de materia prima	FMAP	Cuando no hay fruto para procesar en la fabrica o cuando no hay fruto esterilizado		
	Parada extractora	PE	Parada total de la extractora, culminación de labores.		
	Limpieza de fabrica	LP	Cuando la planta deben ser limpiada para el proceso		
PARADAS MANTENIMIENTO	Mantenimiento programado	MP	Mantenimiento programado en los equipos		
	MTTO no programado por equipos modulo aceite rojo	MNP ECPO	Cuando se presentan falla en algún equipo de el modulo de aceite rojo, recuperación de aceite, almendra o extracción de aceite de palmiste (CPO, RAC, RAL, KPO)		
	MTTO no programado por equipos modulo generación de vapor	MNP EGVA	Cuando se presentan fallas en los equipos del modulo de generación de vapor, ósea calderas y equipos secundarios (GVA)		
	MTTO no programado por equipos modulo generación de energía.	MNP EGEE	Cuando se presentan fallas en los equipos del modulo de generación de energía eléctrica, ósea plantas eléctricas, turbinas y equipos secundarios (GEE)		
	MTTO no programado por equipos modulo planta tratamiento de agua	MNP EPTA	Cuando se presentan fallas en los equipos del modulo de tratamiento de agua		
REFERENCIAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN					
MÓDULOS DE PRODUCCIÓN	CÓDIGO	DEFINICIÓN MODULO	INICIA	TERMINA	
MODULO EXTRACCIÓN ACEITE CRUDO DE PALMA	CPO	Modulo de producción que comprende la extracción de aceite rojo.	Inicia en el área de Recepción (REC) desde la tolva.	Hasta la clarificación del licor de prensa, la llegada de la torta a la columna de separación y la entrada de la Tusa al presado de Tusa.	
MODULO RECUPERACIÓN DE ACEITE	RAC	Modulo de producción que comprende la recuperación de aceite crudo de palma de los lodos a través de los decanter, centrifugas o prensado de Tusas.	Este modulo inicia en el área de Clarificación (CLA) desde el tanque pulmón de lodos para el caso del prensado de Tusa desde la tolva de la prensa.	Hasta la entrada del aceite recuperado al clarificador y los lodos a las lagunas. Para el caso del presado de Tusa hasta la entrada del aceite recuperado al clarificador y la tusa prensada al acopio.	
MODULO RECUPERACIÓN DE ALMENDRA	RAL	Modulo de producción que comprende la recuperación de almendra que queda en la torta.	Inicia en el área de Recuperación de almendra (RAL) desde la columna de separación de fibra.	Hasta la llegada de la almendra a los tanques de almendra limpia y seca y la llegada de la fibra a la caldera o acopio.	

MODULO EXTRACCIÓN ACEITE DE PALMISTE		KPO	Modulo de producción que comprende la extracción de aceite de palmiste de la almendra procesada.	Inicia en el área de extracción de aceite de palmiste (KPO) desde la entrada de la almendra a la tolva de los expeller.	Hasta la clarificación del aceite de palmiste y la llegada de la torta de palmiste al acopio.
MODULO SERVICIOS INDUSTRIALES		SIN	Modulo que comprende las áreas de servicios de Vapor, energía y Tratamiento de agua.	Comprende las áreas de generación de vapor, generación de energía y tratamiento de agua.	
REFERENCIA ÁREAS PLANTA DE BENEFICIO ESTANDARIZADAS					
ÁREAS ESTANDARIZADAS		CÓDIGO	DEFINICIÓN ÁREA	INICIA	TERMINA
1	RECEPCIÓN	REC	Área que comprende la recepción de la fruta (RFF).	Inicia desde la tolva.	Hasta la entrega de la fruta a las vagonetas o en el caso de esterilización continúa hasta la banda transportadora.
2	ESTERILIZACIÓN	EST	Área encargada de esterilizar la fruta.	Inicia desde las vagonetas cargadas.	Hasta la entrega de la fruta esterilizada en las vagonetas a los redler del área de desfrutado o al puente grúa.
3	DESFRUTADO	DES	Área encargada de desprender los frutos de la Tusa.	Inicia desde el redler o puente grúa para subir la fruta a la desgranadora.	Hasta la entrega del fruto por el transportador a los digestores de las prensas.
4	DIGESTIÓN Y PRENSADO	DPR	Área encargada de digerir y prensar el fruto esterilizado para extraer el aceite crudo de palma.	Inicia desde el digestor de la prensa.	Hasta el transportador de torta a la columna de separación y el licor de prensa al tanque.
5	CLARIFICACIÓN	CLA	Área encargada de clarificar el licor de prensa.	Inicia desde el tanque de recepción del licor de prensa.	Hasta la llegada del aceite clarificado a los tanques, los lodos al tanque de lodos.
6	RECUPERACIÓN DE ACEITE	RAC	Área encargada de recuperar el aceite crudo de palma de los lodos y Tusa.	Inicia desde el tanque de lodos.	Hasta la entrega del aceite recuperado al clarificador y los lodos a las lagunas. para el caso de la tusa, desde la tusa en tolva de la prensa, hasta la entrega de la tusa prensada al acopio y el aceite al tanque.
7	RECUPERACIÓN DE ALMENDRA	RAL	Área encargada de recuperar la almendra que queda en la torta.	Inicia en la columna de desfibración.	Hasta la llegada de la almendra limpieza y seca a los tanques de almacenamiento y la fibra llega a la caldera o acopio.
8	EXTRACCIÓN ACEITE DE PALMISTE	KPO	Área encargada de la extracción del aceite de palmiste.	Inicia desde la tolva del expeller.	Hasta la clarificación del aceite de palmiste y llegada de la torta de palmiste al acopio.
9	PLANTA GENERACIÓN DE VAPOR	P-GVA	Área encargada de la generación de vapor para el proceso y la cogeneración.	Inicia desde la entrada de la fibra a las calderas.	Hasta la entrega del vapor al proceso.
10	PLANTA GENERACIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA	P-GEE	Área encargada de la generación de energía eléctrica para el proceso.	Inicia desde la entrada de vapor o entrada del diesel a la planta o turbina.	Hasta la entrega de la energía eléctrica a la red de la planta.
11	PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA	P-PTA	Área encargada del tratamiento de las aguas requeridas en el proceso y la caldera.	Inicia desde la captación del agua.	Hasta la entrega de esta tratada al proceso y a la caldera.

CENIPALMA 2012 - PROYECTO MANTENIMIENTO

Fuente: Área de Ingeniería. Programa de Procesamiento. Cenipalma 2012

1.5 Planteamiento Estratégico Gremial

El sector palmicultor colombiano definió su visión de futuro al 2020, para lo cual Fedepalma ha iniciado su proceso de direccionamiento estratégico, en el marco de una alianza corporativa con Cenipalma, C. I. Acepalma S.A. y Propalma S.A., para adecuarse institucionalmente.

El proceso del direccionamiento estratégico gremial en su primera fase comprende el planteamiento estratégico. La segunda fase trata las políticas corporativas, sus objetivos y estrategias; la tercera fase, la alineación de estructura y cultura, así como el análisis de su viabilidad. La última fase contempla el despliegue, la ejecución y el monitoreo, así como el cierre de brechas y la auditoría de alta gerencia.

Visión de la Federación

La Federación es una organización gremial reconocida a nivel internacional, nacional y regional por su impacto en la competitividad y en la sostenibilidad ambiental y social del sector palmero, en el bienestar de los palmicultores colombianos y sus familias, y por su contribución, a través de ellos, al desarrollo económico y social de Colombia.

Misión de la Federación

Congregar a los palmicultores colombianos, grandes, medianos y pequeños, generando un espacio de discusión e intercambio de experiencias, capacidad colectiva de gestión y un frente único y representativo de interlocución; representar y defender sus intereses; traducir las políticas y directrices definidas por el Congreso Nacional de Palmicultores y por los afiliados, tanto en la Asamblea General de Fedepalma como en la Sala General de Cenipalma, en planes

estratégicos y soluciones empresariales y tecnológicas integrales; lograr que dichas soluciones se extiendan a los palmicultores de forma adecuada, oportuna y efectiva, respondiendo a sus necesidades de corto, mediano y largo plazo, a través de una agremiación competente, eficiente, innovadora, cercana e incluyente.

Valores Gremiales

- Fedepalma preserva su legitimidad garantizando en todo momento una representatividad amplia y activa, lo que conlleva un compromiso compartido para ejercer plenamente su misión.
- Actúa de manera ética, con transparencia, rectitud y equilibrio en el manejo de todas sus relaciones.
- Tiene una cultura empresarial de liderazgo, de innovación, de servicio y de respeto a las personas.
- El mejoramiento continuo es una actitud permanente hacia la búsqueda de la excelencia y la creación de valor.
- Inculca la responsabilidad social entre los palmicultores con especial énfasis hacia sus comunidades inmediatas.
- Vela por el cumplimiento y reconocimiento de la Constitución y las leyes de la República, así como de los estatutos y de las decisiones que le generen mandato.

Valores Institucionales

- Respetar la dignidad humana, los principios e ideas de los demás.
- Buscar valores colectivos y el bien común.
- Tener una visión global que permita anticiparnos a los cambios del entorno para asegurar una permanencia exitosa.
- Desarrollar prácticas sanas en los negocios y cumplir los compromisos.

- Participar de manera entusiasta en las actividades del gremio.
- Trabajar dentro de una cultura de calidad, prontitud y diligencia.
- Recoger el sentir de los afiliados y ofrecerles retroalimentación permanente.

Oferta de Valor (1/2)

La Federación ofrece a los palmicultores colombianos:

- Representación e influencia del sector ante las instancias decisorias, públicas y privadas, y las entidades nacionales e internacionales que sean de su interés.
- Defensa de sus intereses colectivos.
- Orientación y diseño de políticas, estrategias e instrumentos para el desarrollo y crecimiento sostenible del sector.
- Espacio de interacción permanente para la reflexión y el aprendizaje sectorial
- Información y análisis de las variables que afectan el comportamiento del sector y los usos de sus productos.
- Referenciación competitiva para la adopción de las mejores prácticas de gestión empresarial.
- Generación, adaptación y transferencia de tecnología, y extensión para el mejoramiento del cultivo y el beneficio de la palma de aceite y para el desarrollo de nuevos productos de interés estratégico para la agroindustria.
- Mecanismos e instrumentos de origen gremial, para la organización de la comercialización que contribuyan a optimizar el ingreso palmero.
- Identificación, diseño y gestión de la oferta de capacitación para atender las necesidades del sector.
- Orientación y coordinación del desarrollo de la gestión ambiental, con criterio sectorial

Capacidades distintivas:

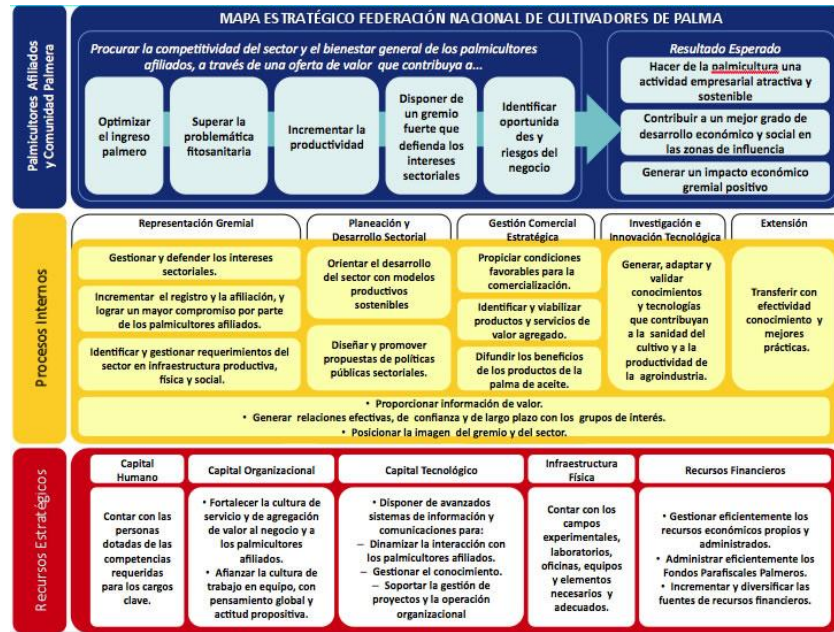
- Capacidad de convocar y representar.

- Capacidad de gestión para actuar y responder oportunamente ante los retos del sector.
- Capacidad de influir sobre instancias decisorias con el respaldo de sus miembros y con un equipo humano de alto nivel.
- Capacidad de comunicar efectivamente los aspectos de interés para el sector.
- Capacidad de identificar, recopilar, generar, analizar, interpretar y transferir información.
- Capacidad para realizar referenciación competitiva.
- Capacidad de investigación, innovación y creatividad efectivas, en los temas de interés para el sector.
- Capacidad para generar soluciones institucionales y administrarlas corporativamente.

Activos estratégicos:

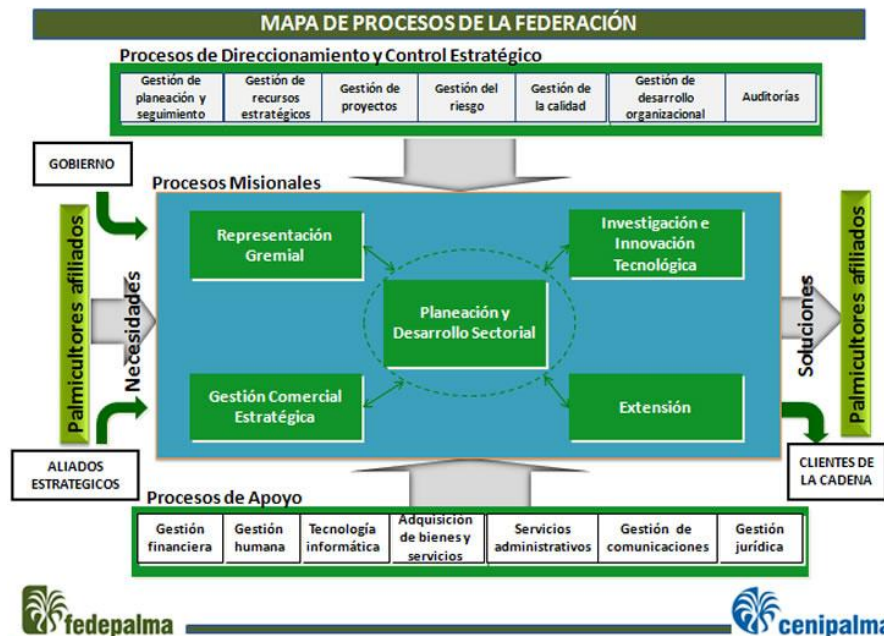
- Reputación, credibilidad y reconocimiento.
- Representación amplia del sector, con miembros de altas calidades humanas y empresariales.
- Gente comprometida y conocedora de la palmicultura.
- Red institucional gremial efectiva.
- Conjunto de instrumentos para apropiar y canalizar de manera estable y a largo plazo los recursos que garantizan su viabilidad y focalización.
- Información confiable y oportuna sobre las variables de interés del sector

Figura 26. Mapa estratégico Federación Nacional de Cultivadores de Palma



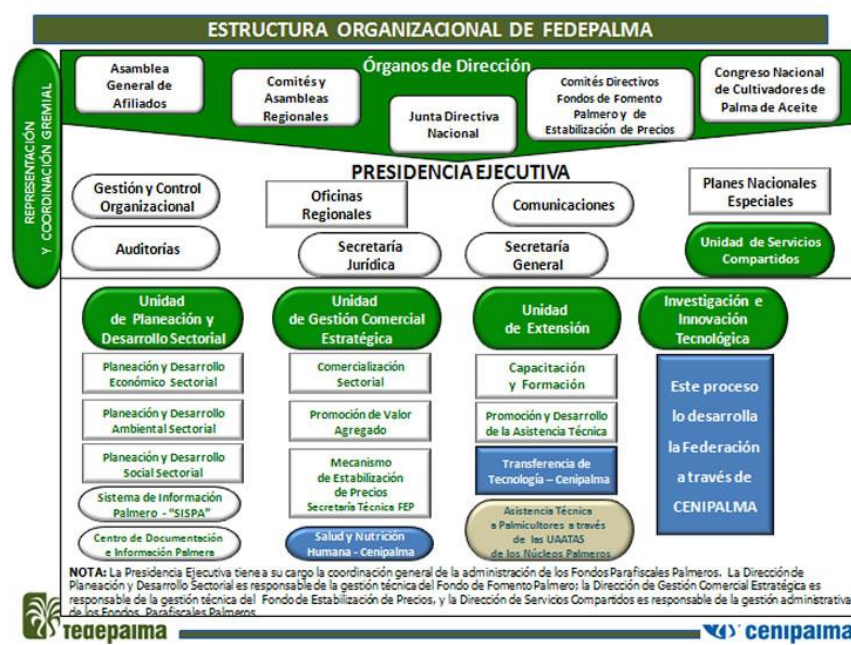
Fuente: Archivo Fedepalma.

Figura 27. Mapa de procesos de la federación



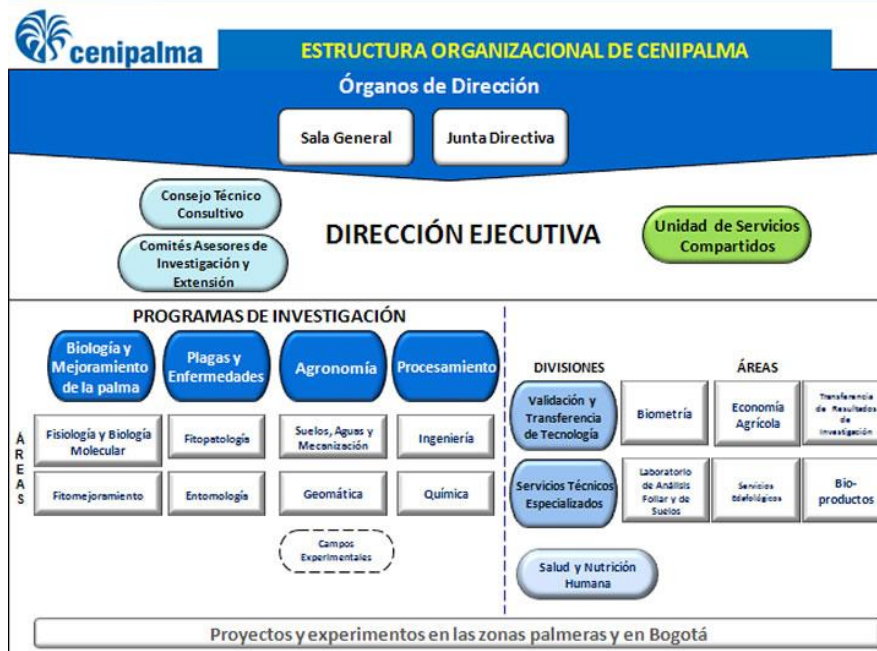
Fuente: Archivo Fedepalma

Figura 28. Estructura organizacional de Fedepalma



Fuente: Archivo Fedepalma

Figura 29. Estructura organizacional de Cenipalma



Fuente: Archivo Fedepalma

1.5.1 Función y relación de Cenipalma con el gremio palmero

Figura 30. Logo de Cenipalma



Fuente: Archivo Cenipalma.

La Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, creada por Fedepalma en 1991, es responsable de la investigación y transferencia de tecnología en el sector palmero en los temas relacionados con el cultivo, la extracción y los usos del aceite de palma.

Objetivos:

- Actualización permanente del inventario de problemas tecnológicos. Adaptación a las tecnologías desarrolladas dentro y fuera de Colombia. Generación de tecnologías para la solución de problemas que afecten económicamente el cultivo o la extracción del aceite.
- Difusión de dichas tecnologías mediante instrumentos como días de campo, cursos, mesas redondas y publicaciones.

Estrategias:

Coordinación con las plantaciones: Se desarrollan trabajos conjuntos y se asesora a sus profesionales.

Convenios nacionales: Se utiliza infraestructura humana y física de entidades como el ICA o universidades con facultades de agronomía o similares.

Convenios internacionales: Se estimula el trabajo con instituciones como el el CIAT y el MPOB, cuya experiencia investigadora facilita la solución de problemas.

Consultores: Consultoría periódica de profesionales altamente capacitados.

Proyectos

Programa de Sanidad de la Palma de Aceite: Identificar las plagas y enfermedades de la palma de aceite en Colombia y establecer estrategias para el manejo integrado de ellas, para promover la sostenibilidad del cultivo.

Programa de Biología de la Palma de Aceite: Estudiar la fisiología de la palma de aceite bajo diferentes condiciones agronómicas, edáficas y climáticas para establecer las condiciones más adecuadas del cultivo que permitan obtener los mayores rendimientos posibles.

Programa de Agronomía de la Palma de Aceite: Investigar en problemas básicos de la relación suelo-agua-planta e integrar prácticas manuales y mecanizadas en las labores de adecuación de tierras para la siembra y la renovación, fertilización y sistemas de riego y drenaje, y utilización de biomasa del cultivo y procesamiento de la palma de aceite, como medio para mejorar la competitividad y sostenibilidad de la producción de

Programa de Mejoramiento Genético de la Palma de Aceite: Generar materiales de palma de aceite de alta producción y calidad de aceite, tolerantes a plagas y enfermedades y adaptados a las condiciones agroclimáticas colombianas.

Programa de Procesos y Usos del Aceite y Subproductos: Generar, evaluar, adaptar y transferir tecnologías económicamente viables y ambientalmente apropiadas que mejoren la productividad del cultivo de la palma de aceite y del proceso de extracción del mismo, reduzcan los costos de producción, sean sostenibles (técnica, económica, social y ambientalmente) y/o generen valor agregado tanto al aceite como a los subproductos de la agroindustria y así contribuyan a la competitividad del sector.

Programa de Transferencia de Resultados de Investigación: Orientar las políticas de transferencia y de información sobre las innovaciones generadas en Cenipalma y sus socios, que permitan cerrar las brechas de competitividad de los

palmicultores Colombianos, para alcanzar el nivel internacional con los líderes del mercado. Igualmente fortalecer enlaces entre investigación, palmicultores experimentadores y las Unidades de Asistencia y Auditoría Técnica (UAAT).

1.5.2 Función y relación de Fedepalma con el gremio palmero

Figura 31. Logo de Fedepalma



Fuente: Archivo de Fedepalma

La Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma, agrupa y representa a cultivadores y productores de aceite de palma desde su fundación en 1962 y lidera la estructura gremial y de servicios de apoyo al sector palmicultor.

¿QUIÉNES SOMOS?:

La Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma, es una agremiación sólida que hace suyos los intereses, necesidades y proyecciones del sector palmero colombiano, y construye futuro a partir de la defensa y promoción de una actividad que impregna progreso y bienestar al país, sus regiones y comunidades.

La entidad fue creada en 1962 y desde ese entonces su accionar ha sido decisivo para consolidar la agroindustria de la palma de aceite en nuestro medio. Está conformada por pequeños, medianos y grandes cultivadores de palma de aceite, quienes operan a escala empresarial, asociativa incluyendo Alianzas Estratégicas, o individual, al igual que por extractores de aceite de palma.

Como organización que agrupa y representa a la mayoría de la palmicultura colombiana, Fedepalma brinda interesantes oportunidades de interacción gremial, información económica y comercial actualizada, gestión ambiental y social, promoción de proyectos de valor agregado, fomento de la asistencia técnica para sus afiliados, dueños de las empresas, sus funcionarios y empleados. Para adelantar de manera oportuna y eficaz tales actividades, la Federación está estructurada en 5 procesos misionales, a saber: Representación Gremial, Planeación y Desarrollo Sectorial, Investigación e Innovación Tecnológica, Extensión, y Gestión Comercial Estratégica.

Aparte de trabajar por la competitividad y sostenibilidad del sector palmero colombiano, Fedepalma promueve el desarrollo económico y social en las zonas de influencia y promociona la imagen del sector. Fruto de todo ello ha sido el destacado posicionamiento alcanzado por la agroindustria en el concierto productivo y empresarial de nuestro país, acompasado con un especial interés gubernamental por impulsar y apoyar su desarrollo.

De manera importante, Fedepalma administra los Fondos Parafiscales Palmeros – Fondo de Fomento Palmero y Fondo de Estabilización de Precios para el Palmiste, el Aceite de Palma y sus Fracciones.

SU VISIÓN:

La Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma, es una organización gremial reconocida a nivel internacional, nacional y regional por su impacto en la competitividad y la sostenibilidad ambiental y social del sector palmero, en el bienestar de los palmicultores colombianos y sus familias, y por su contribución, a través de ellos, al desarrollo económico y social de Colombia.

SU MISIÓN:

Congregar a los palmicultores colombianos, grandes, medianos y pequeños, generando un espacio de discusión e intercambio de experiencias, capacidad colectiva de gestión y un frente único y representativo de interlocución; representar y defender sus intereses; traducir las políticas y directrices definidas por el Congreso Nacional de Palmicultores y por los afiliados, tanto en la Asamblea General de la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma como en la Sala General del Centro de Investigación en Palma, Cenipalma, en planes estratégicos y soluciones empresariales y tecnológicas integrales; lograr que dichas soluciones se extiendan a los palmicultores de forma adecuada, oportuna y efectiva, respondiendo a sus necesidades de corto, mediano y largo plazo, a través de una agremiación competente, eficiente, innovadora, cercana e incluyente.

OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

Conforme al Mapa Estratégico, en función del cliente, la Federación tiene los siguientes objetivos estratégicos:

- Optimizar el ingreso palmero
- Superar la problemática sanitaria
- Incrementar la productividad
- Disponer de un gremio fuerte que defienda los intereses sectoriales
- Identificar oportunidades y riesgos del negocio

Todo ello tendiente a hacer de la palmicultura una actividad empresarial atractiva y sostenible, y a alcanzar un mejor grado del desarrollo económico y social en las zonas de influencia.

Fedepalma ofrece a los palmicultores colombianos

- Representación e influencia del sector ante las instancias decisorias, públicas y privadas, y las entidades nacionales e internacionales que sean de su interés.
- Defensa de sus intereses colectivos.
- Orientación y diseño de políticas, estrategias e instrumentos para el desarrollo y crecimiento del sector.
- Espacio de interacción permanente para la reflexión y el aprendizaje sectorial.
- Información y análisis de las variables que afectan el comportamiento del sector y los usos de sus productos.
- Referenciación competitiva para la adopción de las mejores prácticas de gestión empresarial.
- Generación, adaptación y transferencia de tecnología para el mejoramiento del cultivo y el beneficio de la palma de aceite y para el desarrollo de nuevos productos de interés estratégico para la agroindustria.
- Mecanismos e instrumentos de origen gremial, para la organización de la comercialización que contribuyan a optimizar el ingreso palmero.
- Identificación, diseño y gestión de la oferta de capacitación para atender las necesidades del sector. Orientación y coordinación del desarrollo de la gestión ambiental, con criterio sectorial.

Servicios gremiales

Fedepalma brinda a sus miembros interesantes oportunidades de interacción gremial y de actualización:

- El afiliado incide en las políticas de desarrollo que determinan las condiciones en que opera la agroindustria en el país.
- Dispone oportunamente de información amplia y pertinente, a la vez que accede a los estudios y análisis de los asuntos sectoriales elaborados por el equipo ejecutivo de la Federación.

- Participa en actividades diversas –congresos, seminarios, cursos, tertulias, días de campo-, que además de capacitarlo, le brindan un espacio de intercambio de experiencias y opiniones.
- El afiliado a Fedepalma es miembro de Cenipalma por derecho propio y tiene opción de adquirir acciones de C.I. Acepalma S.A.

1.5.3 Función y relación de C. I. Acepalma S.A. con el gremio palmero

Figura 32. Logo de Acepalma



Fuente: Archivo Fedepalma

La comercializadora internacional C.I. Acepalma S.A., promovida por Fedepalma y creada en 1991 con aportes de sus afiliados, se especializa en la comercialización de aceite palma, palmiste y sus derivados, así como de insumos para el cultivo de la palma de aceite. Es líder en la oferta exportable del país ya que más del 80% de las exportaciones de aceite de palma y palmiste se realizan a través de Acepalma.

Productos que comercializa:

Aceites y derivados:

- Aceite crudo de palma
- Aceite de palmiste
- Aceite de palmiste blanqueado
- Oleína de palma
- Estearina de palma

Insumos:

- Fertilizantes
- Enmiendas o correctores
- Agroquímicos
- Herramientas agrícolas

- Elementos de dotación
- Beneficios
- Respaldo del sector palmero
- Pureza y calidad de aceites
- Conocimiento y experiencia
- Capacidad para exportar
- Credibilidad en el mercado internacional
- Soluciones financieras y logísticas
- Visión largo plazo
- Cumplimiento
- Competencia en el recurso humano
- Negociaciones directas
- Alianzas comerciales
- Cruce de obligaciones

1.6 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

La organización a la cual se pretende ofrecer el desarrollo de investigación fue conformada en sus inicios hace 21 años, como un ente sin ánimo de lucro encargado de desarrollar procesos de investigación encaminados a generar soluciones a los principales problemas técnicos que han venido afrontando tanto las plantaciones de palma de aceite como las plantas de beneficio del país. Cenipalma y Fedepalma⁹ ejercen sus funciones de investigación, asistencia especializada y desarrollo a través de las zonas productivas de palma de aceite alrededor del país; dentro de éstas zonas se encuentran diversas plantas de beneficio distribuidas así: 14 PB¹⁰ Norte (Magdalena, Norte del Cesar, Atlántico, Guajira), 10 PB Central (Santander, Norte de Santander, sur del Cesar, Bolívar), 22 PB Oriental (Meta, Cundinamarca, Casanare, Caquetá) y 8 PB Occidental (Nariño)¹¹.

Actualmente el costo de extraer una tonelada de aceite en las plantas de beneficio del país es de US\$109, frente al costo de extracción de US\$56 de Malasia¹². Estos altos costos se deben en gran parte a la no estandarización de las actividades de mantenimiento mediante planes de mantenimiento integrales, ni de los indicadores para gestión del mismo, conllevando a la generación de sobrecostos en insumos, repuestos, mano de obra y pérdida de capacidad de procesamiento por eventos de paradas no programadas.

⁹ Fedepalma: Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite.

¹⁰ PB: abreviatura de Planta de Beneficio. Son plantas industriales concebidas para el procesamiento del fruto de la palma de aceite y extracción de los diversos productos y servicios derivados.

¹¹ FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE. Anuario Estadístico 2011. Bogotá: Fedepalma, 2011. P 41 - 45.

¹² INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN PALMA DE ACEITE, CENIPALMA. FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE, FEDEPALMA. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de palma de aceite en Colombia con énfasis en oleína roja. Bogotá: Cenipalma, 2009. P 230 - 278.

En cuanto a la gestión de activos y mantenimiento, las plantas de beneficio en Colombia se caracterizan por una gran diferenciación en lo que concierne a programas de mantenimiento. Se pueden encontrar plantas que tienen programas de mantenimiento efectivos usando técnicas y procedimientos preventivos y correctivos planeados, sustentados en aplicaciones ERP y considerando los costos de sus programas e intervenciones de mantenimiento. Sin embargo, también se pueden encontrar plantas en las cuales el mantenimiento está entendido como actividades correctivas, no existe estandarización de los indicadores de gestión del mantenimiento ni trazabilidad de los mismos con el fin de realizar seguimiento; esta ausencia del concepto integral de la gestión de activos y de mantenimiento, al igual que la no existencia de índices estandarizados representa actualmente 30% del costo variable de la extracción de aceite de palma¹³ en aquellas plantas de beneficio, en donde no existe un plan de mantenimiento que logre integrar la gestión de indicadores mediante un ERP y las actividades junto con los procedimientos preventivos y correctivos planeados.

¹³ Ibid.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 Objetivo General

Diseñar la estructura del plan de mantenimiento para las plantas extractoras de aceite de palma en el país, basado en la metodología RCM y en el aplicativo ERP CeniSiiC Cenipalma/Fedepalma.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Analizar los resultados en gestión de mantenimiento y productividad en procesamiento obtenidos luego de implementar el aplicativo ERP CeniSiiC en las plantas extractoras.
- Diseñar la estructura del plan de mantenimiento usando la metodología RCM y sustentada en los resultados obtenidos luego de la implementación del aplicativo ERP CeniSiiC.
- Formular los procedimientos y directivas de creación del plan de mantenimiento por parte de Cenipalma como fase posterior a la estructuración del plan.

1.8 JUSTIFICACIÓN

La información necesaria para el desarrollo de los ítems estipulados en el proyecto será suministrada por Cenipalma desde el aplicativo ERP CeniSiiC desarrollado por Cenipalma/Fedepalma. Éste aplicativo está siendo implementado por ésta entidad en las diversas plantas palmeras de beneficio ubicadas en diferentes zonas del país. CeniSiiC ERP está constituido por bases de datos que recopilan información sobre gestión de activos, gestión del mantenimiento y productividad en procesamiento; igualmente está conformado por interfaces para recolección de datos, análisis detallados consolidados, reportes, entre otras funcionalidades útiles para el proyecto en curso.

El proceso de recolección de información a partir del ERP CeniSiiC se realizará a partir de la consolidación y análisis de la información mediante reportes detallados; éstos reportes serán facilitados por el investigador de Cenipalma/Fedepalma a cargo del desarrollo del aplicativo bajo expresa autorización de la organización Cenipalma/Fedepalma y respetando los respectivos derechos de autor y confidencialidad de la información. Partiendo de la información recopilada de los reportes obtenidos, se diseñará la estructura del plan de mantenimiento, usando la metodología RCM. La información de CeniSiiC conformará la base de información necesaria para formular el plan que integra desde las diversas etapas requeridas para establecer el RCM, hasta el plan de auditorias y mejoramiento continuo que el plan de mantenimiento demanda. La implementación de un plan de mantenimiento integral en las plantas extractoras, compuesto por información actualizada y detallada, estructurada con la metodología RCM y bajo mejora continua, es el resultado posterior a esta monografía que se espera generar a 2014 por parte del Programa de Procesamiento de Cenipalma. Los beneficios obtenidos luego de la implementación del plan para el gremio palmero-industrial, van desde aumento en la tasa interna de retorno (TIR) por inversión en sus plantas extractoras, hasta la generación de conocimiento y tecnologías propias, derivadas de la efectividad del plan de mantenimiento.

Finalmente se plantea formular los procedimientos y directivas de creación del plan de mantenimiento; creación que será ejecutada exclusivamente por parte del Programa de Procesamiento de Cenipalma, como fase posterior a la estructuración del plan, centro de desarrollo de este proyecto.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 TEORÍA DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento nace en el principio de los tiempos de la necesidad que tiene el hombre de mantener su equipos, herramientas de caza y equipos rudimentarios, la mayoría de las fallas que se experimentaban en ese entonces era el resultado del uso excesivo y el abuso de los mismos. La palabra mantenimiento se emplea para designar las técnicas utilizadas para asegurar el correcto y continuo uso de equipos, maquinaria, instalaciones y servicios. Para los hombres primitivos, el hecho de afilar herramientas y armas, coser y remendar las pieles de las tiendas y vestidos, cuidar la estanqueidad de sus piraguas, entre otros.

A finales del siglo 18 y comienzos del 19 en pleno desarrollo de la revolución industrial con las primeras maquinas se iniciaron los trabajos de reparación, el inicio de conceptos de competitividad de costos, planteo en las grandes empresas, preocupaciones hacia las fallas o perdidas de producción por paros inesperados.

En esta etapa el mantenimiento era totalmente correctivo, es decir de urgencia “reparar cuando se rompe”, en otras palabras se consideraba que lo correcto era operar un equipo hasta que su funcionamiento fuera completamente defectuoso y perdiera toda posibilidad de prestar algún servicio, lo que ocasionaba grandes perdidas al no tomar en cuenta los costos de producción generados por el paro imprevisto del equipo.

Poco después, durante la segunda guerra mundial a partir de 1925 se hace patente en la industria americana la necesidad de organizar el mantenimiento con una base científica, se empieza a pensar en la conveniencia de reparar antes de que se produzca el desgaste o la rotura, para evitar interrupciones en el proceso productivo, con lo que surge el concepto de mantenimiento preventivo. El costo del mantenimiento comenzó a crecer rápidamente con relación a otros costos

operacionales lo que lleva al desarrollo de sistemas de planeación y control del mantenimiento.¹⁴ Aun cuando ayudo a reducir perdidas de tiempo, el mantenimiento preventivo era una alternativa costosa; la razón estaba en que muchas partes se remplazaban basándose en el tiempo de operación, mientras podían haber durado mas tiempo y a esta circunstancia se le suma el hecho que se aplicaba demasiadas horas de labor innecesariamente. De manera tal que la suma de capital ligado a activos fijos junto con un elevado incremento en el costo de ese capital, llevo al mantenimiento a buscar el camino de maximizar la vida útil de estos activos o bienes.

Poco tiempo después se empieza a aplicar técnicas y herramientas de monitores de parámetros físicos para predecir el momento en el que los equipos o elementos dejan de trabajar en condiciones óptimas. Durante los años 60 se inician técnicas de verificación mecánica a través del análisis de vibraciones y ruidos con los primeros equipos analizadores de espectro de vibraciones mediante la Transformada rápida de Fourier, conceptos como termografía y tribología, entonces se hablaba de un mantenimiento predictivo. La ventaja más relevante era que obligaba al personal a dominar el proceso y a tener datos técnicos que estuvieran directamente relacionados a un método científico de trabajo objetivo y riguroso, pero en el otro extremo esta la desventaja que la implementación de un sistema como estos implicaba una inversión inicial jugosa en cuanto a la adquisición de tecnología y la capacitación del personal.

Fue a partir de 1960 que nuevas necesidades hacen que se establezcan nuevos conceptos; mantenimiento productivo, una nueva tendencia que implicaba una perspectiva mas profesional, con lo que se asignaron mas altas responsabilidades a la gente relacionada con el mantenimiento y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad, el diseño del equipo y de la planta.

¹⁴ John Moubray. Reliability – Centered maintenance (RCM). Asheville, USA: p.2.

Diez años después tomo lugar la globalización del mercado creando nuevas necesidades de excelencia en todas las actividades los estándares de manufactura de clase mundial en términos de mantenimiento de equipo se comprendieron y toma lugar un nuevo sistema dinámico refiriéndose así a TPM, concepto de mejoramiento continuo que ha probado ser efectivo. Se trata de participación e involucramiento de todos y cada uno de los miembros de la organización hacia la optimización de cada maquina, filosofía completamente nueva con un planteamiento diferente y que se mantiene constantemente al día por su esencia, se le denominó Mantenimiento Productivo Total.

El mantenimiento es una profesión que se dedica a la conservación de equipo de producción para asegurar que se encuentre en óptimas condiciones de confiabilidad y que sea seguro de operar. A lo largo de la historia el mantenimiento ha sido considerado como un costo necesario en los negocios, sin embargo se esta colocando como una parte integral de la productividad total en los mismos. Tal y como engranes finamente integrados en una pieza de maquinaria, producción, seguridad, ingeniería, mantenimiento y otros miembros de las organizaciones deben trabajar en conjunto para alcanzar la excelencia.

2.1.1 Mantenimiento correctivo

Consiste en permitir que un equipo funcione hasta el punto en que no puede desempeñar normalmente su función. Se somete a reparación hasta corregir el defecto y se desatiende hasta que vuelva a tener una falla¹⁵. Es evidente que este tipo de mantenimiento se aplique exclusivamente en aquellas ocasiones donde los elementos sean de bajo coste y sean de baja criticidad dentro del contexto de funcionamiento en el proceso donde se encuentren instalados. En caso que la restitución o explotación llevada a cabo por la compañía resulte menos rentable que una práctica correctiva, seria ideal la implementación de esta clase de

¹⁵ Carlos Borrás Pinilla. Principios de mantenimiento. Bucaramanga, Colombia: p.54.

mantenimiento, pero por lo contrario si el equipo que se desea intervenir tiene un alto nivel de criticidad dentro del proceso en que se desarrolla, se aconseja aplicar otro mantenimiento.

Otras razones para que se justifique la aplicación del mantenimiento correctivo son cuando se tiene un equipo en estado de desuso u obsolescencia, cuando el equipo tiene gemelo o redundancia y cuando es fácilmente costeable un nuevo equipo. Sin embargo el mantenimiento correctivo no es puramente esperar que un equipo llegue a su punto de falla para repararlo, es mas, el mantenimiento, cualquiera que sea el tipo de gestión siempre termina en mantenimiento correctivo. En síntesis puede decirse que el mantenimiento correctivo puede ser: planificado y no planificado.

Figura 33. Tipos de mantenimiento Correctivo.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
PLANIFICADO	NO PLANIFICADO
El mantenimiento correctivo planificado consiste la reparación de un equipo o máquina cuando se dispone del personal, respuestos, y documentos tecnicos necesario para efectuarlo.	Corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan, y no planificadamente, impide el diagnostico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, entre otros.

Fuente: Autores.

Los principales inconvenientes están relacionados con la imprevisibilidad de las averías y fallos que resultan inoportunas, debido a que las tareas no están programadas es de esperar que cuando ocurra la falla se demore mas y se necesite mas mano de obra para corregir el problema que en el caso de tener un programa de mantenimiento que planee esta situación. Otro problema que se evidencia con el correctivo es que el problema que ha causado el fallo no se resuelve inmediatamente por lo que existe la posibilidad de que se pueda repetir en situaciones posteriores en la misma máquina sin aumentar su fiabilidad.

2.1.2 Mantenimiento preventivo

Prevenir es evitar, mantener es conservar, proteger o entretener¹⁶. Se denomina mantenimiento preventivo planificado (MPP) a la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido.

La característica principal de esta clase de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial para corregirlas en el momento oportuno. La aplicación del preventivo debe estar basado en un esquema de aseguramiento y control de calidad para mantener operando correctamente los equipos y componentes de las estaciones, con la finalidad de reducir perdida de información, previniendo reparaciones, deterioro de equipos y por ultimo evitando gastos innecesarios.

Importante mencionar que es un proceso dinámico que debe actualizarse cuando se adquiere nueva tecnología, en resumen cuando se realizan cambios ya sea en los métodos de prueba o en el sistema de adquisición de datos. Además se debe

¹⁶ Carlos Borrás Pinilla. Principios de mantenimiento. Bucaramanga, Colombia: p.58.

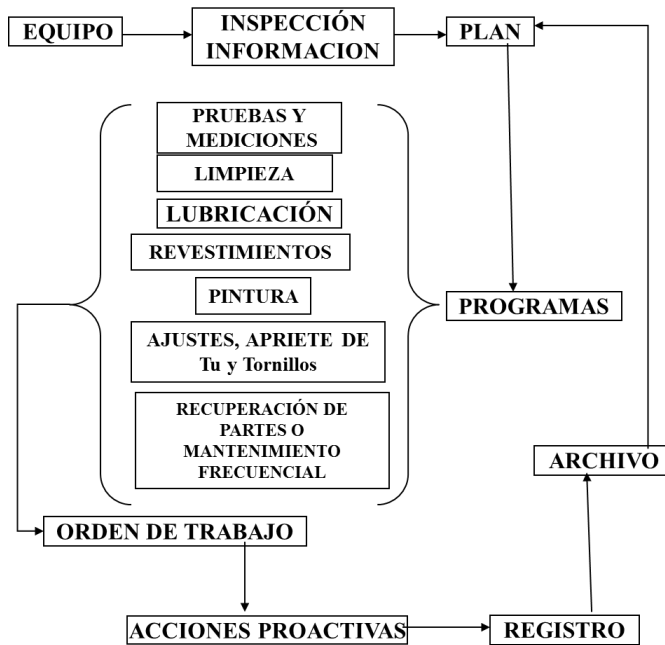
incorporar en la base de datos todos los registros documentados de las actividades de rutina, así como de las acciones correctivas realizadas debido a fallas o eventualidades no previstas.

Dentro del mantenimiento preventivo se encuentra los siguientes elementos:

- Inventarios de equipo por organización o estación.
- Listas de partes y refacciones por equipo, incluyendo datos de los proveedores.
- Frecuencia de inspección / mantenimiento por equipo.
- Programas de calibración.
- Programas de sustitución de equipos.
- Lugares y responsables de reparación de equipos.
- Contratos de servicios.
- Registros mensuales de las actividades de prueba, inspección y mantenimiento.
- Formatos de verificación y recepción de consumibles, refacciones y equipos.
- Requisiciones y/o órdenes de compra.
- Registros sobre movimiento o cambio de ubicación de equipos.

En la siguiente figura se observa en si el ciclo del mantenimiento preventivo en los equipos, se empieza con la programación de rutinas de inspección con el fin de recoger información del mismo, estas rutinas deben hacer parte de un plan de mantenimiento establecido en la empresa las cuales pueden surgir de pruebas y mediciones, limpieza con significado, lubricación, revestimientos, ajuste y apriete de tornillos o recuperación de partes o mantenimiento frecuencial. Para el mayor control de todas estas actividades se deben utilizar codificación con órdenes de trabajo (OT) para que el mismo personal que la ejecuta notifique los hallazgos y el estado en que se encuentra el equipo, con el fin de registrar esta información en un archivo y sirva posteriormente para la siguiente planeación de órdenes de trabajo.

Figura 34. Ciclo del mantenimiento preventivo



Fuente: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

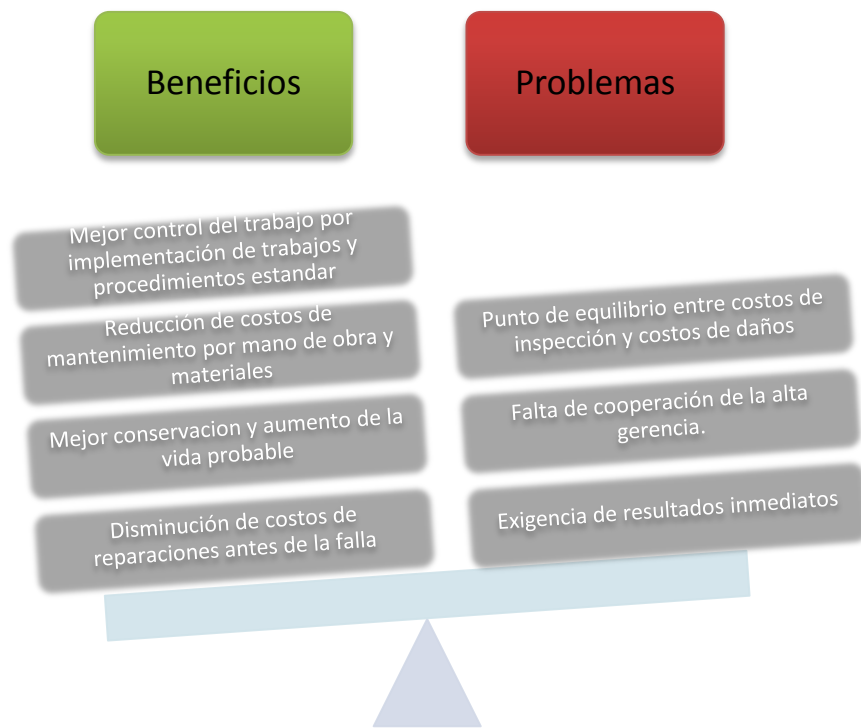
Más que otra técnica específica, el mantenimiento preventivo es una filosofía o estado de ánimo que principia desde el momento del diseño del equipo y que determina su contabilidad y mantenibilidad hasta su replazo que se establece cuando sus altos costos de mantenimiento lo justifiquen económicamente.

Se considera a la empresa como una corporación, por lo tanto, la tarea de los mantenimientos no es exclusiva del personal de mantenimiento sino que también es responsabilidad de todo el personal de la empresa, los operadores de las máquinas juegan un papel muy importante ya que son ellos mismos los que están la mayoría del tiempo junto con los equipos, por ende la experiencia que poseen es de mucha importancia para los diagnósticos que se realizan de cada activo.

Los casos reales han demostrado que más y más empresarios, gerentes, propietarios e ingenieros de producción ven los grandes beneficios técnicos y económicos que trae la aplicación de un buen plan de mantenimiento preventivo.

Algunos de sus justificaciones se enfocan en evitar que una pequeña avería se convierta en un daño mucho mayor, brinda garantía para el trabajadores y la empresa, no se puede llevar a que un equipo tenga una alta eficiencia si se mantiene indebidamente, por ultimo se previenen accidentes o daños irreparables que pueden surgir de una simple falla.

Figura 35. Balanza de beneficios y contras MP.



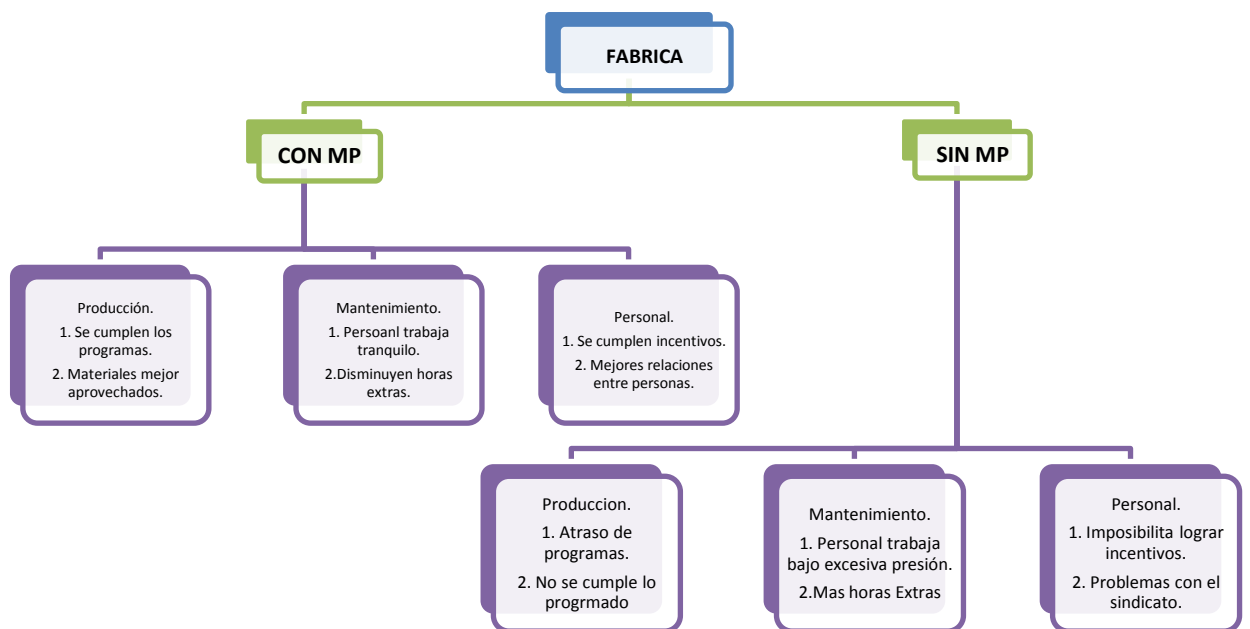
Fuente: Autores.

En términos generales todo sistema, mecanismo, maquina, motor o instalación mecánica, neumática, hidráulica, eléctrica, obras civiles y construcciones locativas

debe ser sometido al análisis de prevenciones con un buen programa que debe incluir la mayor parte de activos o bienes físicos de la planta.¹⁷

Con un buen mantenimiento preventivo se obtienen utilidades en la compañía, ya que es una forma de conservar los equipos y las plantas en el más alto nivel de productividad y eficiencia, haciendo que la vida útil se alargue incurriendo en ahorros a la hora de adquirir nuevos bienes, obviamente sin dejar la posibilidad de la utilización de nuevas tecnologías mas eficaces y rentables.

Figura 36. Compañías con MP y sin MP



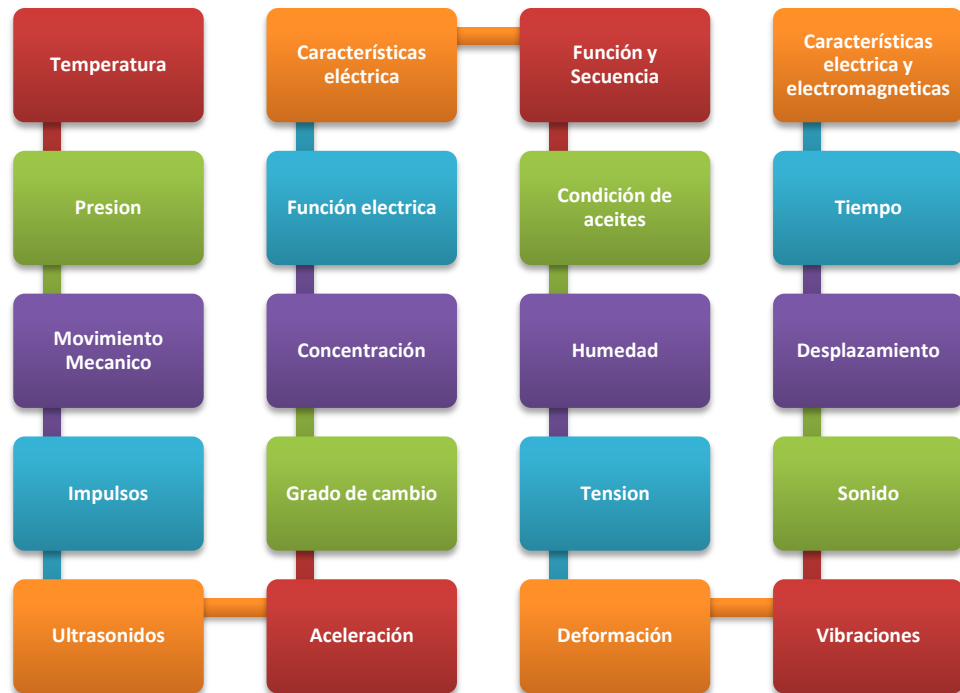
Fuente: Autores.

¹⁷ Carlos Borrás Pinilla. Principios de mantenimiento. Niveles de mantenimiento. Bucaramanga, Colombia: p.65.

2.1.3 Mantenimiento predictivo

Técnica que busca minimizar el tiempo muerto del equipo y maximizar su tiempo de vida, pronosticando el punto futuro de falla de un componente de una maquina, de tal manera que dicho elemento puede remplazarse, con base en un plan, justo antes que presente la falla. Esta técnica se determina mediante el monitoreo de variables, dichas variables pueden ser:

Figura 37. Variables de monitoreo.



Fuente: Autor

Para monitorear estas variables se necesita el uso de instrumentos de diagnósticos, aparatos y pruebas no destructivas, como lo son el análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctrico, entre otros métodos y tecnologías que le cuesta a la compañía inicialmente una gran inversión pero que al final terminal siendo más económico.

El mantenimiento predictivo (MPd) busca detectar condiciones del equipo en operación, sin tener perdida de tiempo, reduciendo los paros por mantenimiento,

esto llevado a cabo mediante riguroso monitoreo y seguimiento al comportamiento y la tendencia del equipo en operación normal. Además busca reducir costos debido al uso máximo de los componentes, que son diseñados para el desgaste y no a un cambio en una fecha determinada, de tal manera que si el fabricante aconseja cambiar el componentes cierta fecha con el mantenimiento predictivo se puede realizar su propia base de frecuencias de cambio según el entorno y el contexto donde se encuentra funcionando el equipo. Sin embargo todo se resume a mejorar la confiabilidad y disponibilidad del equipo. La metodología usada para la implementación de esta técnica de mantenimiento se observa en el siguiente esquema:

Figura 38. Metodología MPd.



Fuente: Sinais. Tendencias Actuales del mantenimiento industrial. p.3

Cuando un programa de mantenimiento predictivo es incorporado a la industria, es imprescindible conocer y evaluar la rentabilidad de dicho programa, para poder justificar su existencia y garantizar su continuidad dentro de la empresa, el éxito del mismo depende directamente de la implicación de la organización en su conjunto. Se debe tener en cuenta que no es suficiente tomar las mediciones, es necesario estar seguros de que hayan sido adquiridos correctamente y disponer de un personal capacitado para analizar dicha información, con el fin que la información que se esté tomando sea en tiempo real y de esta manera se puedan tomar decisiones oportunas y acertadas.

2.1.3.1 Ultrasonido

La inspección por Ultrasonido Industrial (UT) se define como un procedimiento de inspección no destructiva de tipo mecánico, que se basa en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido entre la densidad de un material. Este análisis se basa en el estudio de ondas de sonido de alta frecuencia producidas por las maquinas cuando presentan algún tipo de problema, sonidos que el oído humano no es capaz de captar ya que el umbral supera los 20 Khz, limite máximo del oído humano.

Los principales fenómenos físicos que intervienen en los ensayos son: velocidad de propagación, atenuación, reflexión y refracción. Las ondas ultrasónicas son generadas por un cristal o un cerámico piezoeléctrico dentro del transductor; estas vibraciones son transmitidas al material que se desea inspeccionar. Durante el trayecto en el material, la intensidad de la energía sónica sufre una atenuación, que es proporcional a la distancia del recorrido, cuando el haz sónico alcance el limite del material es reflejado y es recibo por el mismo material piezoeléctrico donde se filtra la señal e incrementa para ser enviada al osciloscopio de rayos catódicos o directamente a una computadora para el análisis matemáticos de la información lograda.

El análisis de ultrasonido permite al usuario:

- Detectar fricción en maquinas rotativas.
- Detectar fallas o fugas en válvulas.
- Detectar fugas en fluidos.
- Detectar perdidas en vacío.
- Detectar arco eléctrico.
- Detectar la integridad de juntas de recintos estancos.

Sin embargo la técnica de ultrasonido se encuentra limitada por la geometría, estructura interna, espesor y acabado superficial de los elementos sujetos a inspección, por ejemplo las partes pequeñas y delgadas son difíciles de inspeccionar por este método, en cuanto a la dirección de captación trabaja mejor con las discontinuidades que son perpendiculares al haz de sonido.

Por ultimo hay otro aspecto que depende como se le vea y es el relacionado con la inversión y capacitación del personal. Los equipos que permiten hacer estas mediciones son pueden tener un costo elevado dependiendo del nivel de sensibilidad y de sofisticación requerido, a demás no cualquiera puede tomar esta información y analizarla por lo que se requiere un personal calificado y generalmente con mucho entrenamiento y experiencia para la toma, interpretación y análisis de la información captada. Generalmente esto ocurre con todos los métodos de inspección descritos en el mantenimiento predictivo.

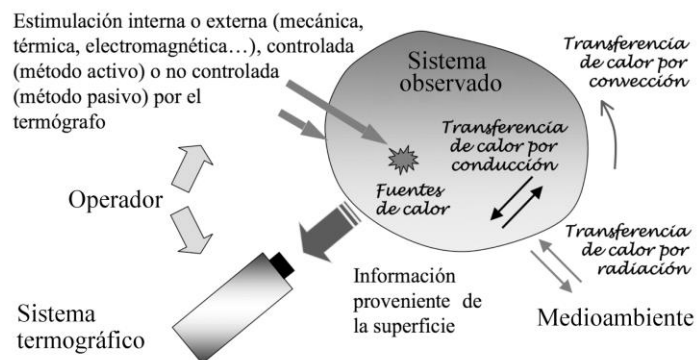
2.1.3.2 Termografía

La termografía se define como una técnica que posibilita la medición de temperaturas sin contacto físico con las superficies formando imágenes térmicas (termo gramas). La física permite convertir las mediciones de la radiación infrarroja en medición de temperatura, esto se logra midiendo la radiación emitida en la porción infrarroja del espectro electromagnético desde la superficie del objeto, convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas.

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial, ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación, están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura. Utilizando la termografía como técnica de inspección es posible minimizar el riesgo de una falla de equipo y sus consecuencias, con esta técnica se puede visualizar temperaturas de -40°C a 1500°C con una precisión de 0.2°C a 40°C por otra parte hace posible dirigir las inspecciones de mantenimiento sin el problema y costos de la parada de producción y desmantelamiento de equipos.

La importancia de la medición termográfica es la interferencia y relación entre tres factores: la primera es el operador mismo, en ensayo pasivo o activo, con su sistema para realizar; el segundo es el sistema observado y por ultimo se tiene medio ambiente o entorno. Resulta que no es posible realizar un diagnostico termográfico de calidad sin tener información acerca de la cámara y sus características metrológicas, información acerca de la constitución del sistema observado y del medioambiente y un mínimo de conocimientos en cuanto a transferencia de calor se refiere.

Figura 39. Fenómenos físicos que intervienen en la medición.



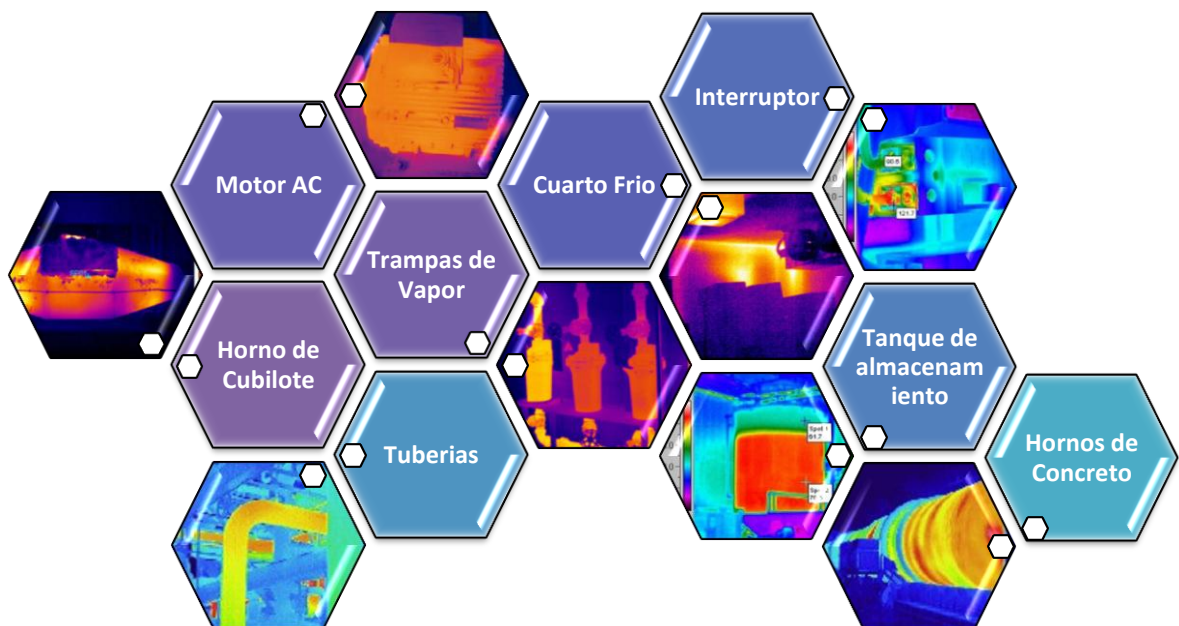
Fuente: Daniel L. Balegas. Termografía Infrarroja. Buenos Aires – Octubre 2007.

Algunas de las razones del porque se debe implementar un estudio termográfico en los programas de mantenimiento es la reducción de tiempo en la revisión de equipos y componentes que estén en buenas condiciones; por medio de la termografía infrarroja se determina cuales elementos son los que se deben revisar o reparar. Siendo una técnica predictiva los problemas que verdaderamente existen, serán identificados, dando la oportunidad de hacer las reparaciones, antes de que estos fallen.

En cuanto a seguridad se refiere las fallas de los componentes eléctricos pueden ser catastróficos teniendo una gran probabilidad que se puedan dañar otros equipos, el encontrar los problemas antes de que produzcan una falla, reduce grandemente paros no programados, asociados a equipos productivos.

En la siguiente figura se muestra algunas de las aplicaciones o campos en donde la termografía tiene aplicabilidad:

Figura 40. Campos de aplicabilidad termografía.



Fuente: Autores

El análisis termográfico, puede utilizarse como un instrumento de análisis previo de equipo e instalaciones y hace parte del programa de mantenimiento predictivo, que puede mejorar tanto la confiabilidad de las instalaciones y equipos, así como los tiempos de producción, con mas tiempo productivo la rentabilidad es maximizada y por otra parte se reducen costos en mantenimiento.

2.1.3.3 Vibraciones

Esta técnica de mantenimiento predictivo se basa en el estudio del funcionamiento de las maquinas rotativas a través del comportamiento de sus vibraciones. Según la norma ISO 2041 en relación con la terminología en Vibraciones¹⁸ se establece que: “Vibración es toda variación en el tiempo, de una magnitud que describe el movimiento o la posición de un sistema mecánico, cuando esta magnitud es alternativamente mayor o menor que cierto valor promedio o de referencia.”

El movimiento físico de una maquina rotatoria se interpreta como una vibración cuyas frecuencias y amplitudes tiene que ser cuantificadas a través de un dispositivo que convierta estas en un producto que pueda ser medido y analizado posteriormente. La importancia de analizar las características de la vibración se debe a la información que aportan sobre el estado de una maquina, su funcionamiento y la gravedad de la vibración que se mide.

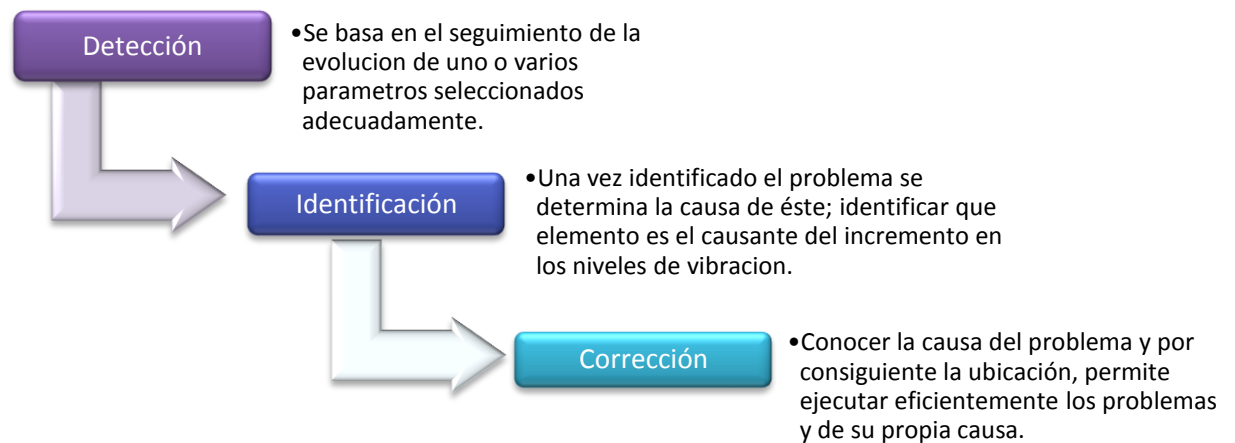
Los parámetros de la vibración habitualmente utilizados para las mediciones de las vibraciones de las maquinas son la frecuencia, la amplitud, el desplazamiento, la velocidad, la aceleración y la energía de impulsos (spike energy).

Para el análisis de vibraciones en mantenimiento predictivo se dice que contempla de modo eficaz tres etapas imprescindibles, son la detección, la identificación y la corrección. En general, el programa de mantenimiento predictivo contribuye en principio, a detectar el comienzo de una futura avería a la vez permite disponer de

¹⁸ Título Original VIBRATION AND SHOCK VOCABULARY

herramientas necesarias para analizar la causa del problema que se esta desarrollando.

Figura 41. Análisis de vibraciones en MPd.



Fuente: Autor

Para juzgar la severidad de las vibraciones causadas por defectos en las maquinas o sistemas mecánicos, existen numerosas guías o estándares dependiendo de lo que se quiera evaluar, estas guías generalmente son denominadas cartas o normas de severidad, algunos de estos son publicados por grupos industriales y organización tales como: API, AGMA, NEMA, ANSI, ISO por ultimo VDI*.

El mantenimiento predictivo utilizando esta técnica de análisis de vibraciones se fundamente en dos fundamentos básicos siguientes:

* API: American Petroleum Institute

AGMA: American Gear Manufactures Association

NEMA: National Electroc Manufactures Association

ANSI; American Natioanl Estándar Organization

VDI: Asociacion Alemanda de ingenieros

- El estado de una maquina se refleja a partir de su nivel de vibración, este principio permite saber que un equipo se esta deteriorando a medida que el nivel de vibración sube y permite comparar niveles de varios equipos similares, para establecer cuales pueden presentar problemas.
- El análisis de la vibración producida por un equipo permite conocer los problemas de la misma, así, por ejemplo el análisis de vibración en dominio de frecuencia permite conocer si la vibración es producida por desbalanceo, por desalineamiento o deterioro de rodamientos.

Figura 42. Problemas detectados con análisis de vibraciones.



Fuente: Autor.

2.1.3.4 Análisis de aceite

En análisis de aceite consiste en la realización de test físico-químicos en el aceite con el fin de determinar si el lubricante se encuentra en condiciones de ser empleado, o si debe ser cambiado, es una de las técnicas simples, que mayor información proporciona al administrador de mantenimiento, con respecto a las condiciones de operación del equipo, sus niveles de contaminación, degradación y finalmente su desgaste y vida útil.

Reportes de expertos revelan que los problemas relacionados con la lubricación conforman entre un 50 y un 80% del total de las fallas en maquinaria de tipo mecánico y electromecánico. El análisis de aceite detecta la contaminación y la degradación del lubricante antes de que esas circunstancias ocasionen el fallo del equipo. Estas fallas son consideradas crónicas, lo que significa que con las adecuadas técnicas predictivas y su adecuado seguimiento pueden ser controladas y reducidas lográndose entre otras cosas mayor productividad y menos costos en mantenimiento. El análisis de aceite es una de las técnicas predictivas más económicas y fáciles de implementar en un programa de mantenimiento.

Muchos departamentos de mantenimiento tienen actualmente programas de análisis de aceite, algunos utilizando el laboratorio de su proveedor de lubricantes o contratando los servicios de laboratorio privado. Sin embargo los análisis de laboratorio a los aceites usados se deben llevar a cabo teniendo en cuenta una programación periódica de toma de muestras para su análisis y el re-análisis cuando sea necesario. Ningún programa de muestreo tendrá éxito, si un aceite que presenta algo anormal no se vuelve a analizar un o más veces dentro del intervalo normal del muestreo para investigar más a fondo las causas de un problema que se puede presentar a mediano o a largo plazo en el equipo rotativo.¹⁹

A través de un análisis de aceite efectivo pueden obtenerse los siguientes beneficios:

- Establecer intervalos apropiados para los cambios de aceite y filtros.
- Identificar patrones anormales de desgaste.
- Determinar degradación química del aceite y aditivos.

¹⁹ Pedro Ramón Albarracín Aguilón. Mantenimiento Predictivo. Lubricación Centrada en la Confiabilidad. Niveles de mantenimiento. Bucaramanga, Colombia: p.85.

- Análisis de las características físico químicas, según las normas ASTM*, con el fin de detectar como están las propiedades del aceite, definir si se encuentra oxidado.
- Análisis de contaminantes, tales como: contenido de agua ASTM D95, dilución por gases o combustible ASTM D92, contenido de partículas solidas ISO 4406.
- Índice de acidez ASTM D664, cantidad de producto básico, expresado en mg KOH/g requeridos para neutralizar todos los componentes ácidos en 1 g de la muestra.
- Índice de alcalinidad ASTM D664, la cantidad de acido, expresada en el numero equivalente de mg KOH, requeridos para neutralizar todos los compuestos ácidos presentes en 1 g de muestra.
- Espectrometalografía ASTM D5185, cualquier de las técnicas usadas para detectar y cuantificar trazas de elementos metálicos. Se realiza para medir partículas metálicas menores a 10 micras.

Llevar a cavo con éxito un programa que incluye el análisis de aceites garantiza alta productividad, menos costos de mantenimiento, reducción de los paros imprevistos, aumento del precio de reventa de los equipos y la eliminación de grandes fallas a través de pequeñas reparaciones. Para tomar decisiones que conduzcan a la parada de un equipo con el fin de cambiarle determinadas piezas es necesario contar con suficiente información estadística basado en los análisis de desgaste por espectrofotometría de emisión atómica, conteo de partículas y ferrografía, sin esta información se pueden correr grandes riesgos que pueden conducir al cambio a destiempo del componente o a su falla catastrófica con altos costos de mantenimiento²⁰.

* American Section of the International Association for Testing Materials

²⁰ Pedro Ramón Albarracín Aguilón. Mantenimiento Predictivo. Lubricación Centrada en la Confiabilidad. Niveles de mantenimiento. Bucaramanga, Colombia: p.96.

2.2 MANTENIMIENTO PROACTIVO

Es una filosofía de mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no se debe permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, ya que de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos.

La mayor reducción en el presupuesto de mantenimiento viene de la aplicación de tres principios:

- Por cada falla hay una causa.
- Siempre hay una mejor manera de hacerlo o un mejor producto para usar.
- Si otra empresa similar puede obtener mejores resultados, esta empresa también puede (Benchmark).

Este sistema solo es viable si y solo si existe detrás una organización adecuada de los recursos disponibles, una planificación de las tareas a realizar durante un periodo de tiempo, un control exhaustivo del funcionamiento de los equipos que permita acotar sus paradas programadas y el coste a él inherente, y una motivación de los recursos humanos destinados a esta función, acordes al sostenimiento de la actividad industrial actual.

El mantenimiento proactivo utiliza técnicas especializadas para monitorear la condición de los equipos basándose fundamentalmente en el análisis de aceite para establecer el control de los parámetros de causa de falla, este tipo de mantenimiento establece a demás una técnica de detección temprana, monitoreando el cambio en la tendencia de los parámetros considerados como causas de falla, para tomar acciones que permitan al equipo regresar a las condiciones establecidas y por ende puedan desempeñarse adecuadamente por mas tiempo.

Esta técnica tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar consientes de las actividades que se llevan a acabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Aparecen lo la gestión de indicadores, desarrollo de informes hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, logros, aciertos y también errores.

Los tres pasos para la implementación de la táctica proactiva, según Tribology Data Handbook²¹ , con el fin de lograr el éxito de la aplicación y lograr sus inmensos beneficios, son:

- Fijar metas o estándares basados en el análisis de causa raíz de las fallas; ya que por definición proactivo implica constante análisis, monitoreo y control de las fallas y de su causa raíz.
- Mantener el control de la causa raíz y conservarla en el tiempo de una manera sostenible es el segundo paso.
- El tercer paso es la permanente vigilancia microscópica de los elementos de control de la causa raíz, manteniéndola dentro de las condiciones estándares y evitando de una manera disciplinada que ésta salga de ella.

A continuación se enmarca la filosofía en la táctica de mantenimiento proactivo dentro de una compañía u organización:

²¹ Tomado de la página web en internet http://www.noria.com/secure/product_detail.asp?catalogid=76 del autor E. Richard Bóxer, de la editorial CRC Press de 1997.

Figura 43. Estructura Proactiva empresarial

<i>Táctica de Mantenimiento Proactivo</i>		
Filosofía o Táctica de Mantenimiento		
Categorías del Mantenimiento	Acciones Preventivas	Correctivas
Divisiones categóricas del Mantenimiento – Acciones o Tareas	Planificado Predictivo Basado en Condición	Averías Reparaciones
Organización	Planeado	No planeado
Plan presupuestal	Normal	Gastos Extras

Fuente: Alberto Mora. Mantenimiento industrial Efectivo. p.311

SKF, enumera cuatro pasos en las aplicaciones de la táctica proactiva:

- Establecimiento de un sistema planeado de mantenimiento basado en confiabilidad y en el recurso humano, con utilización intensiva de métodos predictivos y preventivos.
- Diagnósticos y análisis de la causa raíz.
- Mejora a través de Indicadores Clave de Rendimiento (KPI).
- Proceso de medición, revisión y monitoreo integral de la gestión y operación industrial.

Los principales objetivos del mantenimiento proactivo son identificar y eliminar las causas básicas, inmediatas y raíces de las fallas. Es una táctica que trata de frenar las causas inmediatas por fallas incipientes en los sistemas o máquinas. El operario puede revisar todos los parámetros para determinar la estabilidad de la máquina e identificar si existen condiciones de falla. Es realmente una nueva dimensión dentro de la tecnología del mantenimiento. Requiere que el personal tenga un alto nivel de conocimiento y familiarización con la máquina.

El personal debe entender los principios de funcionamiento y características de la máquina, con el objeto de identificar las causas raíces de la falla. En otras palabras, el personal de mantenimiento debe estar entrenado para reconocer condiciones defectuosas de funcionamiento.

El resultado que produce la implementación de una táctica proactiva, es que crea en la empresa un cambio en la conducta y es el generador de innumerables ahorros para las empresas, con lo cual sufragará su instalación e implementación y genera situaciones positivas como: mejor imagen del cliente, mayor garantía de calidad de los equipos, superior confiabilidad en los equipos, alta seguridad y gran economía en los costos²².

2.3 MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD

En los últimos años el mantenimiento ha recibido brillantes aportes provenientes del campo de la estadística y de la teoría de la confiabilidad. El mantenimiento de aeronaves ha sido el motor que ha activado los mejores planteamientos dentro del mantenimiento. Para comprender el concepto de RCM se debe retomar al concepto de mantenimiento, se establece que cuando se dispone mantener algo, se debe responder por lo mínimo estas dos preguntas, ¿Que es lo que se desea causar que continúe?, ¿ Cual es el estado existente que se desea preservar?; la respuesta a estas preguntas está dado por el hecho que de todo activo físico es puesto en funcionamiento por que alguna persona quiere que realice algo, visto de otra manera, se espera que cumpla una función o ciertas funciones específicas. Por ende el mantener un activo, el estado que se debe preservar es aquel el que continúe haciendo aquello que los usuarios quieran que haga. Mantener es

²² Oiltech Analysis, 1995, 361-368.

asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan.²³

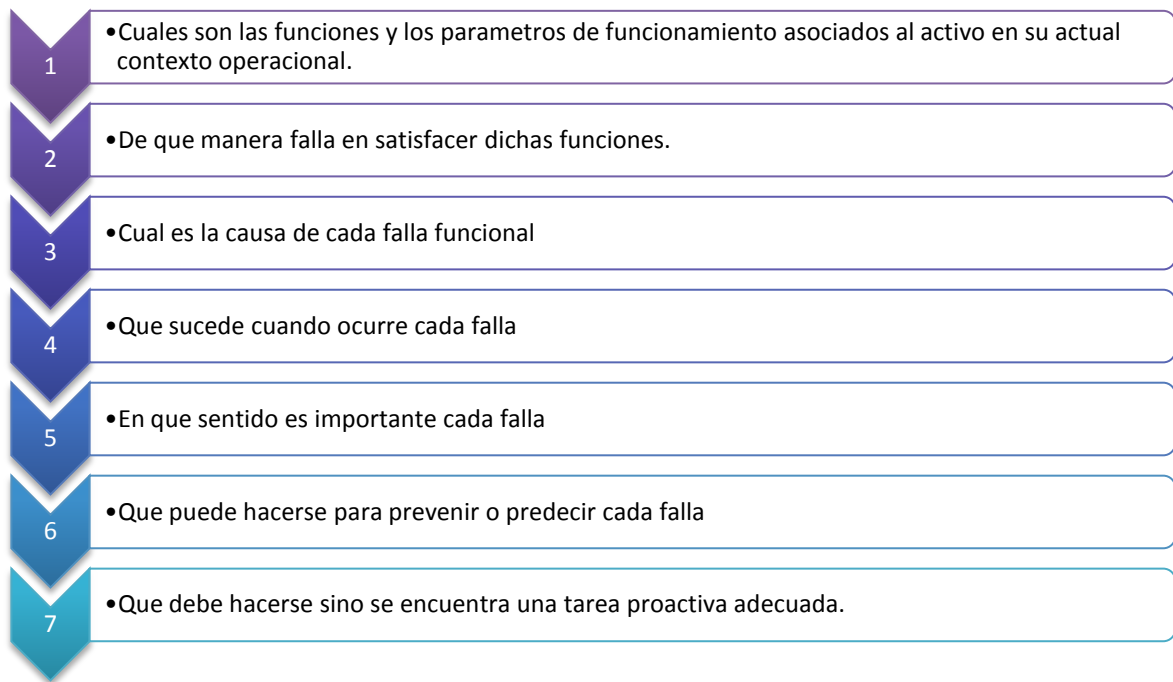
En esta técnica de mantenimiento se parte del contexto operacional en que el equipo se utilice, de esta manera se define como un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

RCM se llama mantenimiento centrado en la confiabilidad, por que reconoce que el mantenimiento no puede hacer más que asegurar que los elementos físicos continúen consiguiendo su capacidad incorporada, confiabilidad inherente, de igual manera la función del equipo depende directamente de donde y como se esté usando, es decir, su contexto operacional.

La implementación de esta técnica de mantenimiento se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen, antes de que esto suceda se debe decidir a cuales equipos se debe aplicar el RCM ya que se debe realizar un registro completo para cada activo que se elija. El RCM plantea siete preguntas acerca del sistema que se intentar revisar:

²³ John Moubray. RCM II. Principios de Mantenimiento. P.6

Figura 44. Las siete preguntas básicas.



Fuente: Autores

Si es aplicado correctamente, RCM logra mejoras en la efectividad del mantenimiento, y a menudo lo hace sorprendentemente rápido, sin embargo la aplicación exitosa de RCM depende de un meticuloso planeamiento y preparación. Los elementos centrales importantes del proceso de planeamiento son:

- Decisión acerca de los activos que se beneficiaran con el proceso.
- Evaluar los recursos requeridos para la aplicación del proceso a los activos seleccionados.
- Decidir detalladamente que persona será la encargada de realizar y auditar cada análisis cuando los beneficios justifiquen la inversión.
- Tener total certeza sobre el contexto operacional de cada activo físico.

Aun así el personal de mantenimiento no puede solo con las siete preguntas planteadas por RCM, por esta razón la revisión de los requerimientos de

mantenimiento de cualquier activo deberá ser llevado a cabo en pequeños grupos que incluyan al menos a una persona de la función de mantenimiento, y una de la función de operaciones. Se plantea realizar el siguiente equipo:

Figura 45. Típico Grupo de revisión RCM.



Fuente: John Moubray. RCM. p.17.

El uso de estos grupos no solo permite a los gerentes un acceso sistemático al conocimiento y la experiencia de cada miembro del grupo, sino que los mismos miembros del grupo incrementan marcadamente su entendimiento del activo físico en el contexto operacional.

Una buena implementación de RCM logra a la organización que la acoja mayor seguridad e integridad ambiental ya que este método le da la importancia que se merece y por ende las mismas personas de los equipos se relacionan con este tema. Por otra parte, se consigue un mejor funcionamiento operacional, disminución de un 70 % de las tareas de mantenimiento rutinarias en los equipos

bajando los costos de mantenimiento a una cifra acogedora para cualquier gerente. Logra a demás mayor vida útil de los componentes costosos debido al cuidadoso énfasis en el uso de técnicas de mantenimiento a condición. Entre otros logros se encuentra el trabajo en equipo, la motivación para el personal, control de repuestos críticos en stock etc. El resultado es un mantenimiento más costo-eficaz, más armonioso y ²⁴más exitoso.

Tabla 7. Beneficios del RCM

Calidad	Tipo de Servicio	Costo	Tiempo	Riesgo
<p>Aumenta la disponibilidad en al menos un 8%, por el sólo hecho de implementar.</p> <p>Elimina las fallas crónicas y elimina las causas raíces.</p> <p>Aumenta la flexibilidad operacional.</p> <p>La programación de mantenimiento se basa en hechos reales.</p> <p>Proporciona el completo conocimiento de las fallas reales y potenciales de las máquina, así como de sus causas.</p>	<p>Proporciona un mejor clima organizacional para el trabajo en equipo.</p> <p>Ayuda a entender mejor las necesidades y los requerimientos de los clientes.</p> <p>Disminuye las paradas imprevistas.</p> <p>Genera un ambiente de investigación y desarrollo alrededor de los análisis de fallas.</p>	<p>Reduce los niveles de mantenimiento al menos en un 40%.</p> <p>Optimiza los programa de mantenimiento.</p> <p>Reduce los costos planeados o no de mantenimiento al menos en un 40%.</p> <p>Alarga la vida de los equipos para propósitos especiales.</p> <p>Todas las actividades de mantenimiento se analizan en un contexto de costo / beneficio.</p>	<p>Mejora los tiempos medios de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad al menos en un 25%.</p> <p>Aumenta los tiempos de funcionalidad de los equipos al menos en un 150% en promedio.</p> <p>Reduce o elimina los tiempos de demora en suministros o búsqueda de recursos o repuestos.</p> <p>Jerarquiza las actividades de mantenimiento, logrando su reducción en el tiempo.</p>	<p>Brinda seguridad e integridad ambiental en todo el desarrollo del proceso, a niveles muy superiores de los que se tienen antes de implementarlo.</p> <p>Las fallas con consecuencias sobre el medio ambiente o la seguridad son las que más se atacan y eliminan.</p> <p>Reduce al mínimo la posibilidad de fallas en cadena o superpuestas.</p> <p>Su razón de calificación al riesgo la hace como una de las tácticas más seguras.</p>

Fuente: Alberto Mora. Mantenimiento industrial Efectivo. p.311.

Las siguientes son algunas acciones que se pueden diferenciar dentro del RCM:

- Acción correctiva: reparación o reemplazo sobre las fallas. El costo de control o detección de fallas excede los beneficios.
- Acción preventiva: reparación o reemplazo sobre tiempos o ciclos.
- Acción predictiva: se emplean condiciones de monitoreo para detectar fácilmente etapas de falla. Reemplazo o reparación sobre condición.
- Además de estas acciones, el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), combina algunas actividades del mantenimiento proactivo para detectar y analizar la presencia de algunas causas de falla reduciéndolas en un período determinado.

²⁴ John Moubray. RCM II. Principios de Mantenimiento. P.21

El desarrollo para la aplicación del RCM se logra al ejecutar cada una de las siguientes pasos dentro del procedimiento individual:

Tabla 8. Pasos del procedimiento individual RCM.

1 - Numere Tabla RCM
2 - Ingrese Código Activo
3 - Defina Prioridad del Activo
4 - En la Hoja 1 Funciones Primaria Secundaria introduzca todas las funciones relevantes a evaluar
5 - En la Hoja 2 - Fallas Funcionales asigne todas las Fallas funcionales a cada Función descrita
6 - En la Hoja 3 - Modos de Fallas asigne estos a cada Falla Funcional enunciada
7 - En la Hoja 4 - Cálculos asigne las calificaciones respectivas de Severidad y Ocurrencia desde la columna H hasta la O inclusive, siguiendo las tablas y opciones mostradas, en las selecciones múltiples de cada casilla, valore esto para todos los modos de falla de cada falla funcional en todas las funciones
8 - En la Columna R de la Hoja 4 - Cálculos asigne la clase de Falla según las opciones OREDA descritas en la opción múltiple dentro de la casilla
9 - Ejecute la Macro Priorizar de la columna U de la Hoja 4 - Cálculos. El resultado obtenido es el Plan de Acción jerarquizado con base en el valor del Riesgo
10 - Organice el Árbol lógico de Reparaciones y Mantenimientos a ejecutar sobre las Fallas, en la zona entre las columnas AA hasta AK de tal manera que se pueda realizar en forma lógica y coherente, acorde a los recursos disponibles
11 - Una vez ejecutadas todas las acciones de mantenimiento, se debe volver a calificar los criterios de Severidad y Ocurrencia desde la columna AN hasta AU, luego se ejecuta la Macro Priorizar de la columna BA de la Hoja 4 - Cálculos, para conocer los nuevos valores de riesgo
12 - Se asignan los valores de Costos y de CMD en las columnas BF a BM de la Hoja 4 - Cálculos para determinar los parámetros estratégicos y encontrar los beneficios obtenidos con el RCM
13 - Reinicia el proceso después de un tiempo prudencial

Fuente: Alberto Mora. Mantenimiento industrial Efectivo. p.312.

El RCM utiliza los cuatro tipos de acciones (correctivas, modificativas, predictivas, preventivas) descritas anteriormente (nivel dos de mantenimiento), utiliza la mayoría de los instrumentos avanzados específicos de orden técnico y se apoya en la mayoría de herramientas básicas y avanzadas genéricas, esta es la gran diferencia con el TPM, este último es de enfoque social humanista mientras que el

RCM es básicamente de corte técnico, el *TPM* es más humano mientras que el *RCM* es más frío y mucho más técnico.

Se resume con un enfoque mas generalizado acerca de las etapas que la compañía debe tener en cuenta en el momento que decida iniciar con la filosofía del mantenimiento centrado en confiabilidad, en el departamento de mantenimiento.

Tabla 9. Etapas de implementación del RCM.

1 - Planeación	1. Activos físicos a trabajar bajo RCM
	2. Definir recursos físicos y humanos requeridos
	3. Definir cronograma de entrenamiento, realización, análisis, fecha y lugar de las Personas
	4. Estudiar integral y específicamente cada activo
2 - Grupos de Realización y Revisión	1. Debe haber personal de operación, mantenimiento e ingeniería de fábricas y de otras dependencias que soporten el proceso.
	2. Los núcleos o grupos primarios deben al menos tener seis personas: ingeniero supervisor de mantenimiento, ingeniero supervisor de producción, operario, mantenedor, experto externo y facilitador (preferiblemente externo)
3 - Facilitadores	1. Análisis exhaustivo y excluyente con todo: funciones, fallas funcionales, modos de falla, tareas, etc. en todos los equipos críticos y elementos claves
	2. RCM entendido por todos
	3. Método del Vaticano por consenso en forma rápida y ágil, con dosis motivacional
	4. Calendario de trabajo con cumplimientos
4 - Resultados de análisis RCM	1. Planes de mantenimientos y reparaciones a ser efectuados
	2. Rediseño de procesos de operación, validados, entendidos y practicados por quienes ejecuten
	3. Involucrar los mantenimientos en el CMMS o programas manuales.
	4. Tareas descritas a cabalidad con conocimiento de causa de quienes las practican y practicarán.
	5. Modificaciones, con cálculos y estudios, responsables y fechas.
	6. Control de seguimiento de tareas y operaciones nuevas o rediseñadas en frecuencia
5 - Auditoría e implementación	1. Revisión integral de nivel gerencial por cada activo terminado
	2. Auditoría, costos, CMD
	3. Revisión a la luz de las normas internacionales SAE JA1011, SAE JA1012, OREDA, Military Standard 2173 y British Norm Standard 3188
	4. Beneficios, limitaciones, cambios y su nueva aplicación
	5. Revisión cada dos años de los activos con modificación o cambios en calidad repuestos, bajo control de la curva de Davies o de la Bañera

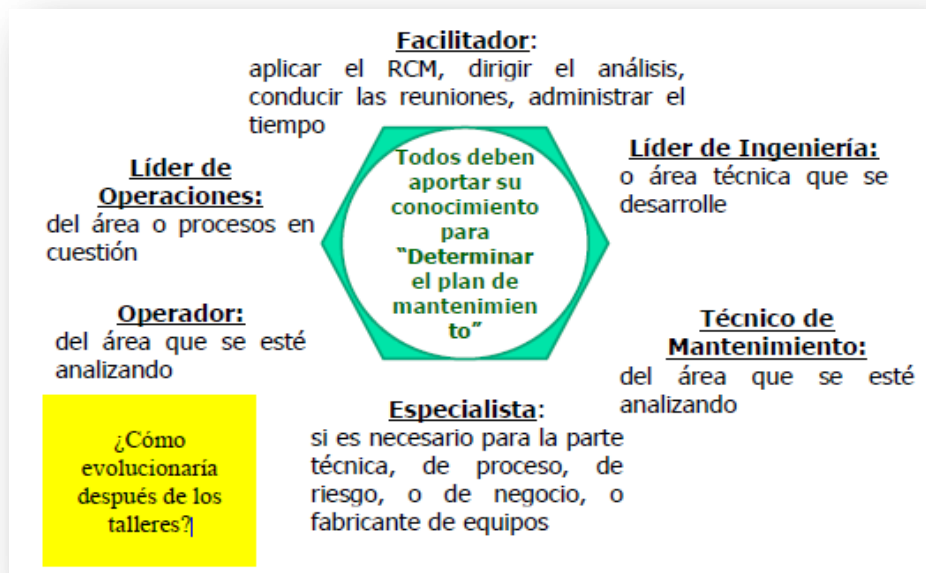
Fuente: Alberto Mora. Mantenimiento industrial Efectivo. p.314.

La aplicación del *RCM* es muy útil en empresas con un gran clima organizacional, donde el recurso humano es motivado y consciente de la importancia del trabajo en equipo de mantenimiento y producción alrededor de las máquinas. Esto hace posible aplicar el *RCM* sin tener que haber desarrollado en forma previa el *TPM*,

pero se requiere ese componente humano muy desarrollado en la empresa donde se desea aplicar el *RCM* sin el *TPM*. Es muy recomendable que la organización esté madura en los niveles uno y dos de mantenimiento con al menos unos cinco años de experiencia para luego proceder a instalar alguna táctica.

Complementando un poco el rol que debe ejercer el equipo de RCM como tal, nombrado anteriormente, se observa el siguiente diagrama donde todos deben aportar su conocimiento para “Determinar el plan de mantenimiento”.

Figura 46. Desarrollo de los talleres, Roles



Fuente: Presentación Implementación RCM, Daniel Ortiz.

Algunos resultados reales obtenidos en implementación del RCM muestra una disminución de actividades cuando el estado del arte de mantenimiento es bajo pero se tiene un programa de mantenimiento, aumento de actividades de monitoreo y preventivas con reducción adicional de las reactivas cuando el estado

del arte de mantenimiento es muy bajo (carece de programas oficiales y las fallas son continuas), optimización del programa, incluye o elimina actividades según las técnicas de monitoreo que se estén aplicando y optimización de los tiempos de los monitoreos y reacondicionamientos periódicos.

2.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN MANTENIMIENTO

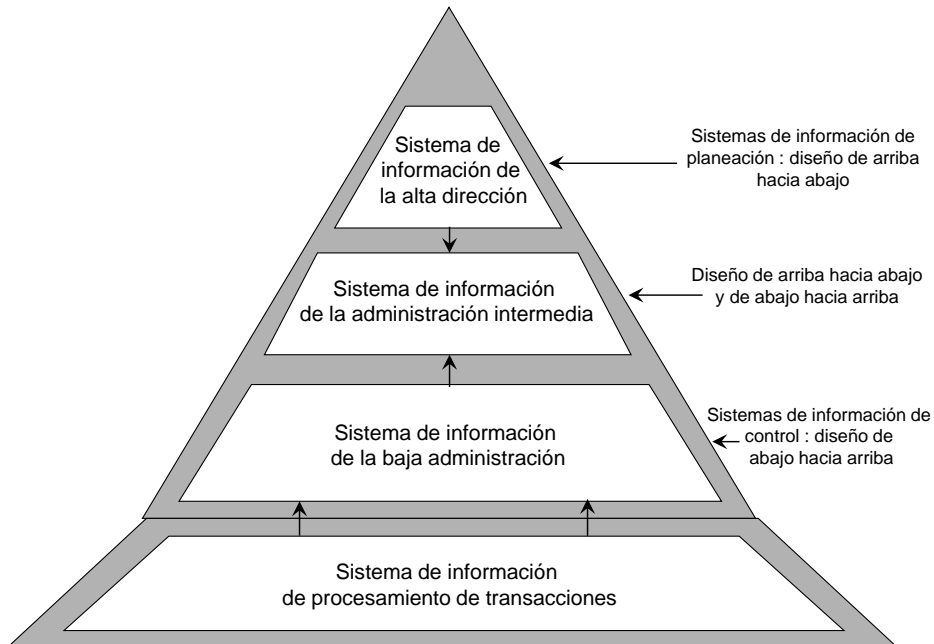
Las estrategias, técnicas, operaciones e instrumentos que se utilizan en la Gestión y Operación de Mantenimiento, requieren de una plataforma informática especializada para su adecuada administración. Los datos, la información y su análisis en tiempo real, permiten tomar mejores y más acertadas decisiones en Mantenimiento.

Un sistema de información comprende todos los procesos, procedimientos y recursos involucrados en mantener una organización en funcionamiento, con realimentación a través de su propia producción de información y a través de generación de información externa a ella, ejerciendo control de los parámetros vitales de la misma

Una excelente gestión del mantenimiento solo puede ser posible con un excelente sistema de información que lo apoye, porque, además de asegurar el dato preciso en el instante oportuno, es fuente para el análisis estadístico y obtención de los indicadores de gestión y costos del sistema de mantenimiento imperante; por otra parte contribuye al control continuo de las posibles desviaciones de los objetivos trazados en las políticas gerenciales del mantenimiento.²⁵

²⁵ Carlos Borrás Pinilla. Principios de mantenimiento. Bucaramanga, Colombia: p.94.

Figura 47. Niveles de un sistema de información.



Fuente: Pablo Pinilla. Sistema de información en mantenimiento.

Como todo sistema de organización en información, es necesario establecer el nivel al cual se piensa manejar la información. Por ejemplo: a la gerencia seguramente no le interese saber cuáles son las ordenes de trabajo para hoy, pero si le interesa cuanto se ha invertido en mantenimiento en lo que lleva el año y cual es el equipo que ha recibido mas atención en todos los sentidos. Por otra parte, para el ingeniero de mantenimiento puede ser más importante la orden de trabajo para realizar diagnósticos certeros sobre el estado de un equipo.

Dependiendo donde se encuentre el usuario en la jerarquía de la organización, va a poder tener acceso a algunos datos del sistema de información de mantenimiento, en la siguiente imagen se observa los cuatro niveles empezando en la parte del personal operativo que se compone por operaciones y oficinistas, luego administradores de niveles bajos, posteriormente administradores de nivel

intermedio y especialistas técnico y profesionales y por ultimo el nivel mas alto que alude a la alta gerencia de la compañía.

Figura 48. Actividades de la organización.



Fuente: Pablo Pinilla. Sistema de información en mantenimiento.

A nivel operativo el programa debe brindar actividades primarias de servicio, procesos de transacciones, entrada y registro de datos, análisis de transacciones aisladas. En el segundo nivel que es prácticamente el supervisor personal de operaciones, debe conocer detalladamente la operación que se realiza bajo su control, también puede ser un aportante en un equipo de desarrollo de sistemas.

En la parte media, nivel profesional, trabajan independientemente o haciendo parte de equipos de especialistas, la labor administrativa es restringida ya que son posiblemente las actividades mas criticas para el mantenimiento las que se desarrollan en esta parte de la jerarquía.

Por ultimo se encuentra la alta gerencia que se encuentra a cargo de la planeación estratégica de cumplimiento de metas a largo plazo, análisis de alternativas y buena administración de recursos, revisiones y evaluaciones generales, solución de problemas críticos y sistémicos, actividades de liderazgo, representación e imagen. Ya que por esto el sistema de información de una organización debe formalizarse y establecerse como columna vertebral de la misma, debe ser una herramienta para utilizar y estandarizar, nunca dejar que esta misma herramienta controle y retarde el desarrollo de actividades de cualquier índole, es decir trabajar con la herramienta, mas no trabajar para la herramienta.

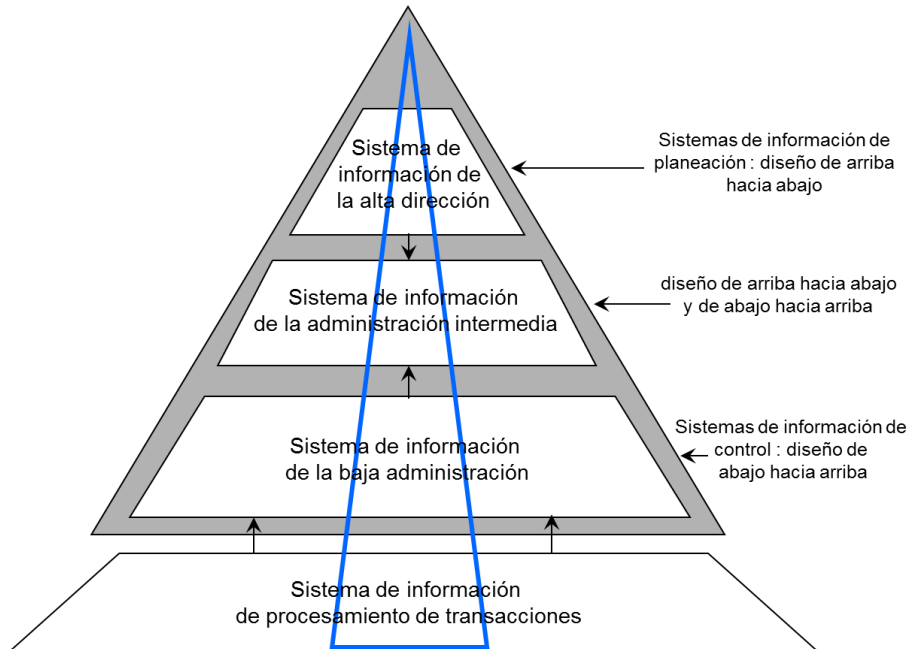
Toda empresa tiene un mínimo de información sobre sus equipos y son los manuales de operación y catálogos y servicio suministrados por los proveedores o vendedores, estos son la base para iniciar un sistema de información. Un buen inicio para un sistema de información es la creación de una pequeña biblioteca, organizada por compartimientos, por equipos, secciones, líneas de producción o cualquier otro sistema según el tipo de planta a su dedicación.

2.4.1 CMMS

El departamento de mantenimiento de las compañías hoy en día observan seriamente sus presupuestos y costos de sus equipos, partes y mano de obra en un esfuerzo por encontrar nuevas vías de ahorro.

Los nuevos sistemas computarizados de administración de mantenimiento (CMMS, por sus siglas en ingles) convierten las operaciones de mantenimiento en una unidad de negocio rentable, siendo más eficientes en sus actividades, maximizando la productividad y reduciendo costos. La siguiente figura muestra la ubicación del CMMS en el contexto corporativo de información relaciones los distintos niveles jerárquicos que existen en las compañías:

Figura 49. CMMS en la organización.



Fuente: Pablo Pinilla. Sistema de información en mantenimiento.

Beneficios como pasar de las ordenes de trabajo en papel, a las electrónicas trae un CMMS, las tareas de mantenimiento están mejor organizadas, los técnicos de mantenimiento tienen mayores responsabilidades, posibilita la aplicación del mantenimiento preventivo. Los nuevos sistemas ofrecen un mejor manejo de activos, partes y mano de obra de forma que los administradores puedan tomar decisiones sobre reparaciones, compras y las contrataciones del personal, además la administración de flotillas es también una novedad de algunos CMMS. En cuanto a las ordenes de trabajo ofrecen una mejor automatización y algunos permiten hacer peticiones vía intranet o internet.

Algunos CMMS ofrecen al usuario completar órdenes de trabajo e inspecciones con computadores portátiles, por lo que los trabajos son de campo abierto como en el caso del sector petrolero. Los sistemas ligados a códigos de barra, permiten

a los usuarios llevar registro de inventarios y la localización de activos electrónicamente con computadoras portátiles con escáner de códigos de barras integrados.

El uso de un CMMS obliga la buena interacción entre el departamento de mantenimiento y su cliente producción, se establecen relaciones de las cuales el personal de producción brinda toda información acerca de averías y daños potenciales en los equipos, información que es tratada y analizada por el departamento de mantenimiento para realizar una buena programación de actividades con el fin de mejorar el funcionamiento fluido del activo. A continuación se observa medios de relación que existe entre mantenimiento, solicitudes de servicio y producción.

Figura 50. Medios de relación entre producción y Mantenimiento.

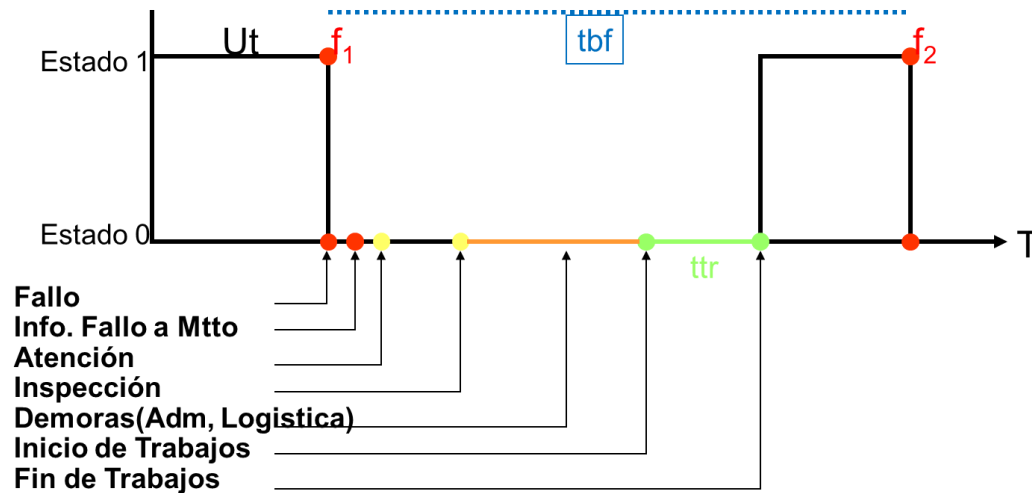
	<u>Ordenes de Trabajo</u>	<u>Solicitudes de Servicio</u>	<u>Paros / Averías</u>
<u>Quien genera</u>	Mantenimiento	Todo usuario	Producción
<u>Urgente?</u>	SI/NO	NO	SI
<u>Siempre se ejecuta?</u>	NO	NO	SI
<u>Inspección Previa?</u>	SI/NO	SI	NO
<u>Análisis Insp. Previa</u>		Razonabilidad, Factibilidad, Presupuesto	
<u>Características</u>	Alto, Bajo\$, Alto bajot, >=1p	Bajo\$, Bajot, =1p	Bajo\$, Bajot, =1p
<u>Cierre</u>	CE, KA	CE, CO, NE	CE, CO

Fuente: Pablo Pinilla. Sistema de información en mantenimiento.

El siguiente grafico muestra el procedimiento que actualmente en la mayoría de todos los CMMS se observa en cuanto son las paradas funcionales y las

actividades que se ejecutan hasta que vuelva a suceder el siguiente evento de avería.

Figura 51. Tratamiento y ejecución de órdenes de trabajo.



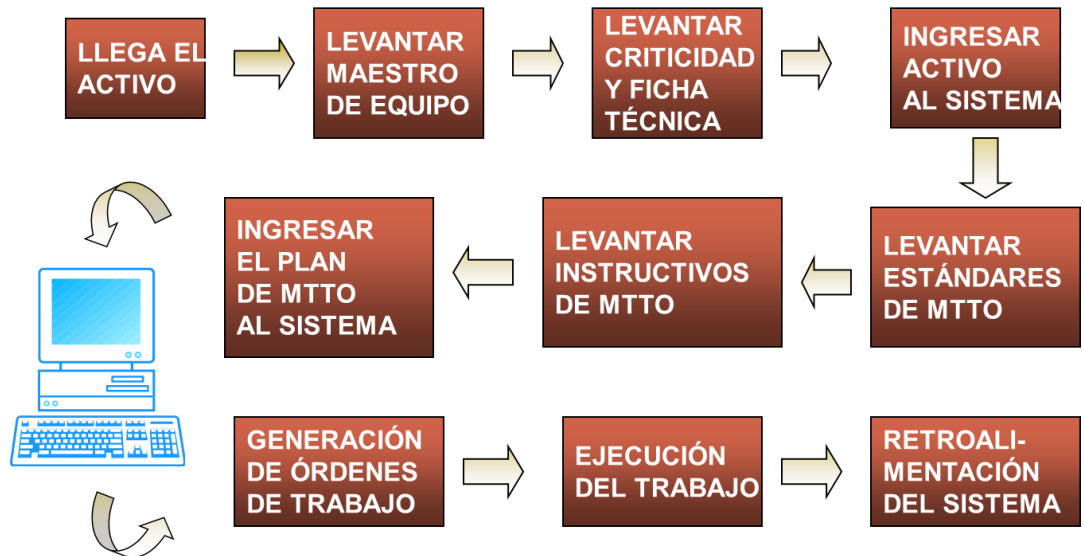
Fuente: Pablo Pinilla. Sistema de información en mantenimiento.

El mantenimiento preventivo es más sencillo con los nuevos sistemas, un programa calendariza el trabajo para ser realizado en intervalos regulares siguiendo un plan, de esta forma los pequeños problemas no crecerán, independiente de su causa. Junto con el CMMS, el preventivo maximiza la capacidad del equipo y al trabajar a su máxima capacidad aumenta la productividad, por otro lado incrementa la tasa interna de retorno de la inversión y se alarga la vida útil del equipo²⁶.

Los procedimientos desarrollados en los CMMS se observan en la siguiente figura, se encuentra desde la llegada de los activos, el proceso de recolección de información y el mismo cierre de órdenes de mantenimiento.

²⁶ Joe Brummer. El ABC de CMMS. Micro Main Corporation

Figura 52. Procedimiento CMMS.



Fuente: Pablo Pinilla. Sistema de información en mantenimiento.

El CMMS debe utilizarse plenamente si se espera de él información útil, de caso contrario, en las compañías existen razones que impiden que el CMMS sea una herramienta efectiva, que en vez de traer todas las ventajas nombradas anteriormente, retarda y entorpece las metodologías del mantenimiento. Las razones principales se aluden a la falta de dedicación al mantenimiento (Roles y responsabilidades no claras), implementación deficiente o incompleta de la herramienta (Se requiere de mucha capacitación), ausencia de recursos, información inexacta, información que no se usa, misma configuración deficiente del CMMS y por ultimo deficiente aceptación por la organización. En cualquiera de los casos lo más importante es vender la idea que el “Mantenimiento requiere un software de gestión o CMMS”.

En la realidad la mayoría de las organización que tiene y utilizan un CMMS solo lo emplean hasta en un 50% o 60 % de su capacidad, a demás de esto se considera que cerca del 50% de todos los CMMS instalados, han fracasado después de menos de dos años de funcionamiento.

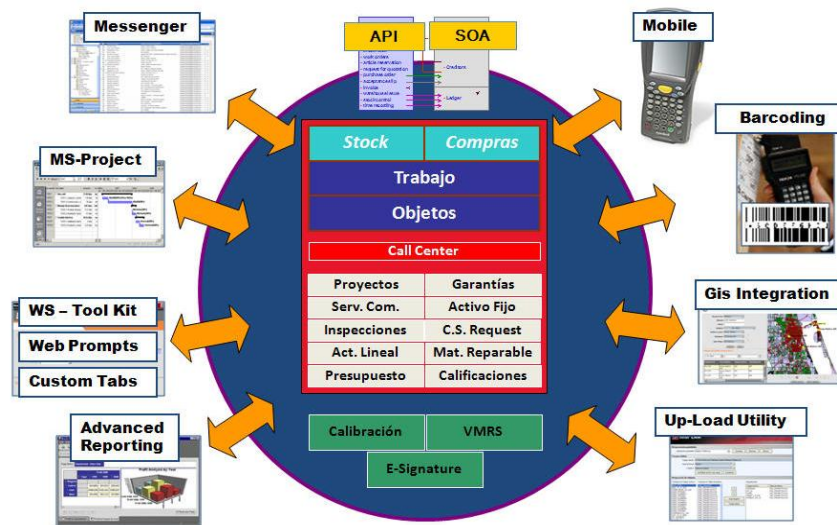
2.4.2 EAM

Los sistemas conocidos como EAM (Enterprise Asset Management – Gestión de Activos Empresariales) han derivado de los primeros sistemas de Mantenimiento Industrial Preventivo y Correctivo y posteriormente de los sistemas TPM. Hoy en día cubren todas las necesidades de gestión de activos de una empresa moderna con una inversión significativa en instalaciones, maquinarias y/o equipos. No importa la naturaleza de la empresa, si tiene activos valiosos que deben cuidarse y mantenerse, una solución EAM resulta indispensable. El EAM permite a los fabricantes, distribuidores y organizaciones de servicios:

- Ahorrar tiempo y dinero al optimizar los recursos de mantenimiento.
- Mejorar la productividad del equipo y del personal.
- Incrementar la eficiencia del inventario.
- Reforzar su capacidad para cobrar reclamaciones

Las herramientas del EAM para generar informes permiten tomar mejores decisiones a futuro para ayudar a mejorar la rentabilidad y gestionar el rendimiento de los activos.

Figura 53. Mapa EAM.



Fuente: Cimatic. EAM – Enterprise Asset Management. Disponible en internet.

Se observa en la figura anterior el sistema centralizado de información y sus respectivas interfaces, como los son los mensajes, la planeación y programación, el control de KPI's, el uso de reportes avanzados, control de inventarios por código de barras, log in desde dispositivos móviles entre otros aspectos útiles en el momento de gestionar el mantenimiento en una organización y que son de gran utilidad dependiendo del uso y resultados obtenidos.

La solución de EAM de gestión del rendimiento de activos empresariales permite que las compañías emprendedoras creen una visión más integral al capturar y consolidar métricas desde una variedad de sistemas financieros y operativos. El resultado es una visibilidad mejorada no sólo en el rendimiento actual sino también en el rendimiento futuro. Las soluciones atienden lo siguiente:

- **Mantenimiento:** implemente programas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo para lograr la máxima efectividad de sus equipos e instalaciones;
- **Inventario/Garantía:** optimice el inventario y las compras de refacciones para ahorrar dinero;
- **Uptime (Tiempo de Producción):** prediga los posibles puntos de falla y sus causas para mejorar el tiempo total de producción;
- **Reliability/Risk Management (Confiabilidad/Gestión de riesgos):** prevea y emprenda acciones en respuesta a los problemas de confiabilidad para evitar imprevistos.

A diferencia de muchos otros factores que pueden limitar la rentabilidad de una compañía, la gestión del rendimiento de activos normalmente no es algo que los ejecutivos tengan en mente. Esto es porque la respuesta a la presión ejercida sobre los márgenes se ha enfocado en oportunidades de crecimiento de alto nivel como pueden ser el aumento de las ventas. Las compañías emprendedoras reconocen que mejorar el rendimiento de sus activos no sólo reducirá los costos sino que también mejorará su capacidad de crecimiento de alto nivel.

2.4.3 ERP

Planeación de recursos corporativos, por sus siglas en inglés, son sistemas de gestión de información que integran y automatizan muchas de las prácticas de negocio asociadas con los aspectos operativos o productivos de una empresa.

Al mismo tiempo busca satisfacer la demanda de soluciones de gestión empresarial, basado en el concepto de una solución completa que permita a las empresas unificar las diferentes áreas de productividad de la misma.

Los sistemas ERP unen y sincronizan todas las operaciones de la compañía incluyendo: recursos humanos, finanzas manufactura y distribución, así como también debe permitir conectar a la empresa con sus clientes y proveedores. También ofrecen una interfaz con el usuario para ejecutar las transacciones de la empresa y bases de datos centralizada para almacenar toda la información. Se posiciona como la integración de los diferentes sistemas de información en todas las áreas de las empresas.

Figura 54. Sistema de gestión ERP; SAP.



Fuente: Pablo Pinilla. Sistema de información en mantenimiento.

Se observa en la figura anterior las áreas de trabajo que se logra relacionar con la aplicación de una ERP en una compañía, este ejemplo es específico ya que esta estructura proviene de un ERP actualmente muy utilizado como centro de negocios, denominado SAP.

En la actualidad, la implementación de sistemas de gestión, que sirve como soporte para la administración eficiente, ha adquirido un auge significativo en el mercado empresarial, y es utilidad de estos sistemas, brindar el soporte necesario para alcanzar los objetivos deseados.

Las principales tareas de apoyo que un ERP cualquier ofrece, son:

- Control, gestión y planeación de los recursos financieros.
- Planeación de productos.
- Planeación de productos.
- Aprovisionamiento de materiales.
- Manejo de inventarios.
- Interacción con proveedores.
- Proveen servicio a clientes.
- Seguimiento de órdenes de trabajo, (útil para el departamento de mantenimiento).
- Manejo de recursos humanos.
- Gestión de costos y distribución y manufactura.
- Control de desperdicios, mermas y re trabajos.
- Optimización de la inversión de inventarios
- Manejo de productos sustitutos y a costo óptimo.

Existen dos factores externos a la empresa y que también se ve beneficiado con la organización y centralización de toda la información, aquellos entes aluden a los clientes y proveedores. De manera tal que se encuentran dentro de la solución propuesta que brinda los sistemas de planeación de recursos empresariales. A continuación se muestra una figura donde se ilustra lo dicho anteriormente:

Figura 55. Relación proveedor – empresa - cliente.



Fuente: Miguel Becerra. MIND. Enterprise Resource Planning.

Algunos de los proveedores de ERP más importantes son: SAP desarrollado por J.D. Edwards, Baan desarrollado por Microsoft, Oracle desarrollado por IBM y por último una pequeña pero muy buena aplicación People – Soft. No todos los ERPs son iguales pero todos pueden intentar hacer lo mismo.

La implantación de estos sistemas requiere cambios organizacionales en las empresas, reingeniería y nuevas formas de trabajo, así que es importante romper con los viejos paradigmas, lo cual a veces es muy difícil en los negocios siendo una razón para la cual algunas empresas fracasan al implantar sistemas ERP, para que esto no ocurra se aconseja realizar un estudio previo para identificar si la implementación de un ERP sería rentable para la empresa.

La tecnología ha ocupado un lugar muy importante en las organización ya que ha permitido que sus procesos sean mas eficientes y efectivos, el contar con tecnología que se adapte a los cambios que se generan es una ventaja competitiva que hace que las organizaciones sigan teniendo presencia en el mercado. Con la aparición de esta herramienta ERP, que permite la integración de la información, las empresas se han visto bastante beneficiadas, lo que no quiere decir que hay un factor de riesgo grande a que sea un fracaso pero que es decisión de la misma organización que quiera implementarla llevarla al éxito y continuar en el mercado siendo competitivos en el mercado global, aquellas empresas se vuelven lideres por su temple e innovación y a sus competidores no les queda mas opción que imitarla.

2.4.4 Sistemas de información existentes

En el campo del mantenimiento hoy en día existe una gran variedad de paquetes informáticos para la gestión asistido por computador. Las prestaciones pueden variar mucho, tanto como el software como en el hardware en donde se instalan, pensados a trabajar desde un pc monopuesto hasta distintos puntos de red.

La selección de cual sistema de información comprar depende de las necesidades especificas de la empresa, sin olvidar que el sistema debe ser una ayuda a la mejor gestión del mantenimiento, pero nunca un fin en si mismo, que se convierta en una penosa incertidumbre. Debe servir para la mejora en la gestión de los limitados recursos de mantenimiento, obteniendo más servicio de las instalaciones, que es en definitiva de lo que se trata²⁷.

A continuación se muestra un estudio realizado con 10 sistemas de información que permite realizar una comparación rápida para encontrar los paquetes que

²⁷ Estudio comparativo de diez paquetes informáticos para la gestión del mantenimiento asistido por ordenador, Pedro Moreu de Leon, Carlos Mohedano P.

incluyen determinadas funciones. Se han agrupado en funciones genéricas, a la vista de las prestaciones de los distintos paquetes con el fin de poderlos comparar.

La siguiente tabla pone además de manifiesto los niveles de ayuda a la gestión del mantenimiento que se pueden encontrar en el software disponible.

Tabla 10. Características de sistemas de información.

EMPRESA		D-MANI	GIM	MAXIMO	Max&Maint	micro-MANI	Windows	P-MANI	PRISMA II	ROSMIMAN	WinMaint
C.P.U.	Servicio:	PC 486 a 66 MHz, 8 MB de RAM	PC 486 a 66 MHz, 8 MB de RAM	Pentium a 300 MHz, 128 MB de RAM	Pentium II a 200 MHz, 64 MB de RAM	Pentium a 133 MHz, 16 MB de RAM	Ghesa	PC 486 a 40 MHz, 8 MB de RAM	SISTEPLANT	Ingeniería de Aplicaciones	Pentium a 133 MHz, 16 MB de RAM
	Puesto:	PC 486 a 66 MHz, 8 MB de RAM	PC 486 a 66 MHz, 8 MB de RAM	Pentium a 200 MHz, 64 MB de RAM	Pentium a 166 MHz, 32 MB de RAM	Pentium a 133 MHz, 16 MB de RAM	Pentium a 166 MHz, 32 MB de RAM	PC 486 a 40 MHz, 8 MB de RAM	Pentium a 166 MHz, 32 MB de RAM	PC 486 a 66 MHz, 16 MB de RAM	Pentium a 133 MHz, 16 MB de RAM
SISTEMA OPERATIVO		Windows 95 / 98 / NT	Windows 3.xx / 95 / 98 / NT, Novell, LAN Manager, LANtastic, VFW 3.11	Windows 95 / 98 / NT, Novell, UNIX	Windows 95 / 98 / NT	Windows 3.11 / 95 / 98	Windows 3.11 / 95 / 98 / NT	Windows 3.1 / 95 / 98 / NT	Windows 95 / 98 / NT, Novell, UNIX	Windows 3.11 / 95 / 98 / NT, Novell, UNIX, OS/2, Windows Trabajo en Grupo	Windows 95 / 98 / NT, Novell, LAN Manager, LAN Server, Banyan Vines, LANtastic, UNIX, Windows Trabajo Grupo
BASE DE DATOS		dBASE	dBASE, MDB, ORACLE, Informix, SyBase, SQL Server	ORACLE, SQL Base, SyBase, SQL Server	ORACLE, SyBase, Informix, SQL Base, SQL Server	Paradox	ORACLE, Access, SQL Server	Access	ORACLE, SQL Base, SQL Server	ORACLE, SQL Base, SQL Server	FoxPro
EQUIPOS/ INSTALACIONES											
Estructura jerarquizada		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Información de carácter económico		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Control de garantías				•	•		•		•	•	•
Control de útiles para el mantenimiento			•	•	•				•	•	•
Control de repuestos		•	•		•	•	•		•	•	•
ORDENES DE TRABAJO											
Planificación		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Presupuestos		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Medidas de seguridad		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Continúa la siguiente tabla.

	D-MANT	GIM	MAXIMO	Max&Maint	micro-MANT	MP2 para Windows	P-MANT	PRISMA II	ROSMIMAN	WinMaint
MANTENIMIENTO PREVENTIVO										
Programación de tareas	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Gamas de Preventivo asociadas a una Principal			•	•		•		•	•	•
Estudio de la rentabilidad de la acción preventiva			•	•		•		•	•	•
Tratamiento de riesgos de fallo. Criticidad.			•	•		•		•	•	•
Lanzamiento de OT en función del % d MTBF transcurrido			•	•					•	•
MANTENIMIENTO CORRECTIVO										
Generación de OT's correctivos	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Diagnóstico de averías		•	•	•		•	•	•	•	•
Codificación de Sintoma / Causa / Solución	•		•	•		•		•	•	•
MANTENIMIENTO PREDICTIVO										
Introducción manual de valores de variables			•	•		•		•	•	•
Monitorización			•	•		•		•	•	•
Análisis de las lecturas			•	•		•		•	•	•
INVENTARIO										
Información sobre cada artículo	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Funciones de control de inventario especializadas	•		•	•		•		•	•	•
Asistencia en el ajuste del inventario	•	•	•	•	•	•		•	•	•

Continúa la siguiente tabla.

	D-MANT	GIM	MAXIMO	Max&Maint	micro-MANT	MP2 para Windows	P-MANT	PRISMA II	ROSMIMAN	WinMaint
Impresión de etiquetas para cada artículo			•	•		•		•	•	•
Reserva de existencias para OT's		•	•	•		•		•	•	•
COMPRAS										
Información sobre proveedores	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Control de artículos con stock por debajo del requerido	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Gestión de albaranes										
Peticiones de precios a los proveedores			•	•		•		•	•	•
Envío de órdenes de compra por fax		•	•	•		•		•	•	•
Gestión a través de Internet		•	•	•		•			•	•
Tipos de cambio, Problemática Euro			•	•		•		•	•	•
MANO DE OBRA										
Control de personal, trabajos, tiempos y costes	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Tratamiento de contratos		•	•	•		•		•	•	•
ANÁLISIS										
Informes	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Gráficos		•	•	•	•	•		•	•	•
Indicadores		•	•	•	•			•	•	•
Funciones de Auditoría			•	•		•		•	•	•
OTRAS										
FUNCIONES										
Aplicación del T.P.M.		•	•	•				•	•	•
Gestión gráfica y documental		•	•	•		•	•	•	•	•

Continúa la siguiente tabla.

	D-MANT	GIM	MAXIMO	Max&Maint	micro-MANT	MP2 para Windows	P-MANT	PRISMA II	ROSMIMAN	WinMaint
Códigos de barras			•	•		•		•	•	•
Correo electrónico		•	•	•		•			•	•
Terminales móviles			•	•		•		•	•	•
Escáner		•	•	•		•		•	•	•
FUNCIONES DE LA ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA										
Seguridad respecto al acceso al sistema	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Seguridad respecto a la utilización del sistema	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Borrado de información del disco duro	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Copias de seguridad	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Fuente: Estudio comparativo de diez paquetes informáticos para la gestión del mantenimiento asistido por ordenador, Pedro Moreu de Leon, Carlos Mohedano P.

En lo relativo a las Funciones de gestión del mantenimiento y a las Funciones para la administración, que se acaban de citar, se han marcado las casillas que corresponden a las funciones que, de alguna manera, están cubiertas o son tratadas por cada paquete. Cuando la casilla aparece en blanco, indica que no se tiene constancia de que sea tratada por el paquete correspondiente, tomando como base el material a que se ha tenido acceso, y la comunicación directa del propio suministrador.

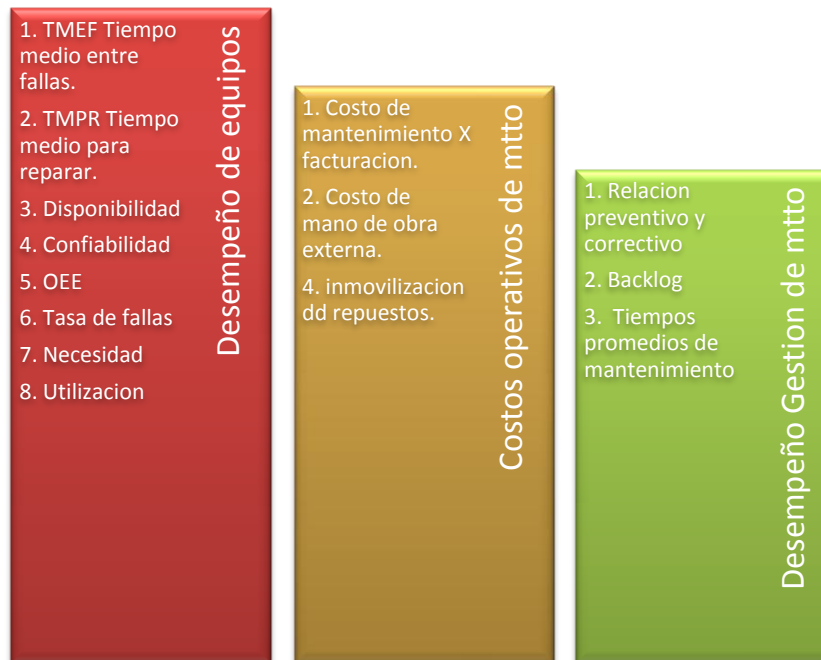
2.5 INDICADORES DE GESTIÓN EN MANTENIMIENTO

Antes que todo el mantenimiento debe ser eficaz y demostrar calidad en sus procesos, en teoría se escucha muy bien pero en la realidad no siempre lo que se espera es lo obtenido, la evaluación de un sistema consiste en determinar la ecuación de la diferencia que existe entre lo real y lo programado. Por esta misma razón se prefiere caracterizar la eficiencia del mantenimiento con indicadores de gestión, ya que determinan la calidad, eficiencia y operatividad de la organización²⁸.

Los indicadores de gestión de mantenimiento se implementan para proveer evidencia tangible a la dirección sobre el seguimiento de los procesos de mejora y el alcance de objetivos, permitir el establecimiento de estrategias para alcanzar un alto desempeño, facilitar la toma de decisiones, permitir la realización del benchmarking y hacer públicos los resultados. Existen tres clases de indicadores que hoy en día los departamentos de mantenimiento de las organizaciones están implementando, el primer grupo se encuentra demarcado el desempeño operativo de equipos, indicadores indirectos. La segunda clase refiere a costos operativos de mantenimiento, estos son directos. Por ultimo se encuentra los indicadores que aluden al desempeño de la gestión misma de mantenimiento.

²⁸ Carlos Borrás Pinilla. Principios de mantenimiento. Bucaramanga, Colombia: p.117.

Figura 56. Tipos de indicadores.



Fuente: Autores.

Para alinear los objetivos de mantenimiento con los de la compañía, es necesario delinear y ejecutar un plan de mejora específico, los indicadores permitirán determinar periódicamente las brechas existentes entre los objetivos planificados y los niveles alcanzados. Así mismo son imprescindibles para realizar el seguimiento y realimentación necesarios para el avance de una mejora continua.

Para realizar Benchmarking se debe usar los indicadores de clase mundial, son lo que toda compañía con un buen departamento de mantenimiento debe tener, con el fin de estar comparándose entre ellas, los indicadores son tiempo medio entre fallas (TMEF), tiempo medio para reparar (Tmpr), tiempo medio para fallas (TMPF), disponibilidad, confiabilidad, costo de mantenimiento por facturación y costos de mantenimiento por valor de reposición.

2.5.1 Disponibilidad de equipos

La disponibilidad de un equipo es el tiempo total durante el cual un equipo está operando satisfactoriamente, mas el tiempo es estando en receso, puede trabajar sin contratiempos durante un periodo.

El índice de disponibilidad operacional, puede determinarse en función de:

$$\text{—————} \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

TPEF: Tiempo promedio entre fallas.

TPPR: Tiempo promedio para reparar

El objetivo más grande del mantenimiento científico es lograr la máxima disponibilidad de todos los equipos. La disponibilidad se define en términos matemáticos, como la probabilidad de que un equipo o sistema sea operable satisfactoriamente a lo largo de un periodo de tiempo dado. La disponibilidad depende de la confiabilidad y la mantenibilidad. Tener como objetivo una alta disponibilidad, significa reducir al máximo el numero de paradas para obtener una operación exitosa, económica y rentable.

La indisponibilidad por otra parte, se refiere al tiempo que el equipo ha esta fuera de servicio por averías, solamente se tiene en cuenta el tiempo perdido por fallas del equipo y no por factores exógenos, como por ejemplo falta de energía y otros.

Algunos factores que pueden hacer que el equipo se encuentre indisponible es el enfriamiento, reposo y acondicionamiento del ambiente, la detección de la falla y establecimiento de diagnostico, reparación, tiempo de espera en repuestos, materiales y equipos, tramites administrativos, calentamiento y prueba, otros e imprevistos.

2.5.2 Confiabilidad

La confiabilidad puede definirse como la probabilidad de que un equipo no falle en servicio durante un periodo de tiempo dado, el tiempo promedio entre fallas es un indicativo de la confiabilidad; entre mas alto sea mayor es la confiabilidad. También se puede entender como la confianza que se tiene de un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un periodo de tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación.

La confiabilidad se puede determinar mediante el tiempo promedio entre fallas (TPEF) , ya que es una medida de confiabilidad en términos de tiempo,

(Ec. 2)

También puede ser expresada a través de la siguiente ecuación

(Ec. 3)

Donde:

$R(t)$ = Confiabilidad de un equipo en un tiempo t dado.

μ = Tasa de fallas (numero total de fallas por periodo de operación)

t = tiempo

Cuando la tasa de fallos es constante, la distribución del tiempo entre fallos es exponencial, entonces es posible predecir la confiabilidad con base en la función exponencial. Cuando esto sucede se debe aplicar la función de Weibull y otros métodos.

2.5.3 Costos de mantenimiento

Aunque los costes no parecen en principio un indicador habitual para mantenimiento, nada está más alejado de esa realidad. El coste, junto con la

disponibilidad, son los dos parámetros que el responsable de mantenimiento maneja constantemente, y eso es porque la información que le aportan es determinante en su gestión.

La cantidad de índices que hacen referencia a los costes del departamento de mantenimiento es inmensa. Aquí se exponen algunos que pueden resultar prácticos.

- **Coste de la mano de obra por secciones:** Si la empresa se divide en zonas o secciones, es conveniente desglosar este coste para cada una de las zonas o secciones. Si éstas tienen personal de mantenimiento permanente, el coste será el del personal adscrito a cada una de ellas. Si se trata de un departamento central, el coste por secciones se calculará a partir de las horas empleadas en cada una de las intervenciones.

El cociente de dividir el n° total de obras empleadas en mantenimiento entre el coste total de la mano de obra.

(Ec. 4)

- **Coste de materiales:** Se pueden hacer tantas subdivisiones como se crea conveniente: por secciones, por tipo (eléctrico, mecánico, consumibles, repuestos genéricos, repuestos específicos, etc.)
- **Coste de subcontratos:** También pueden hacerse las subdivisiones que se considere oportunas. Algunas subdivisiones comunes suelen ser: subcontrato a fabricante y especialistas, subcontratos de inspecciones de carácter genéricas.

2.5.4 Tiempo medio entre fallas

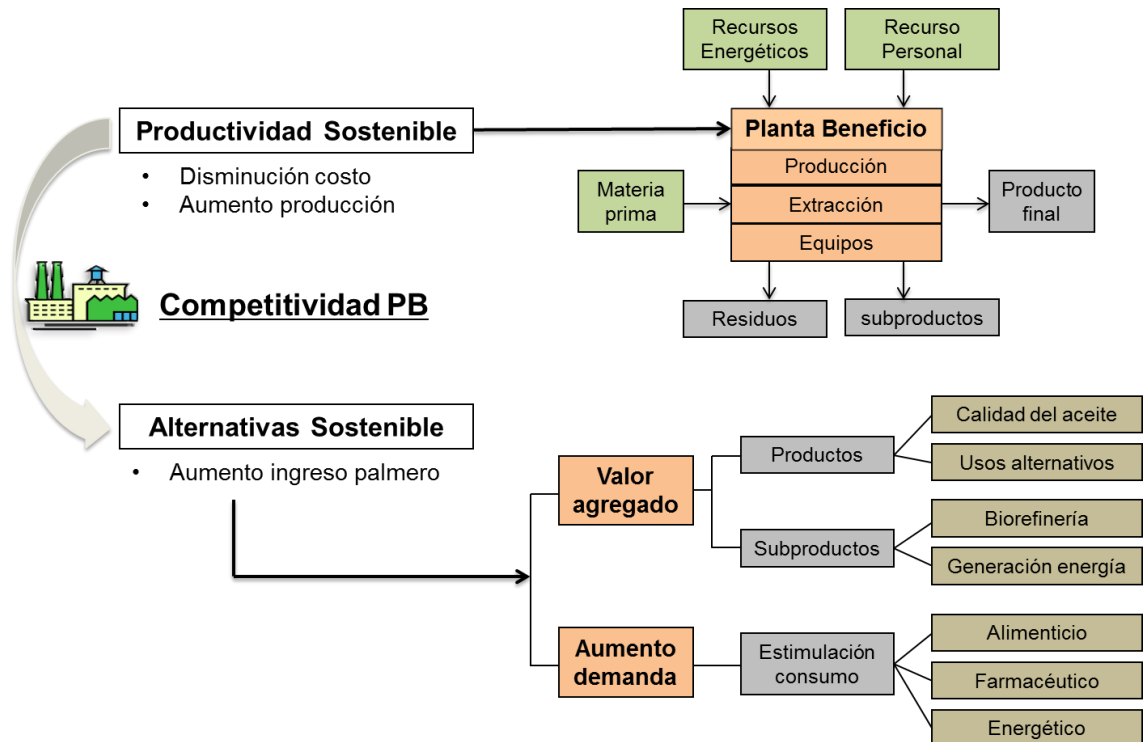
El tiempo promedio entre fallas indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque de equipos y la aparición de un fallo; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada de la falla. Mientras mayor sea su valor, mayor es la

confiabilidad del componente o equipo. Uno de los parámetros más importantes utilizados en el estudio de la confiabilidad construye TMEF, es por esta razón que debe ser tomado como indicador más que represente de alguna manera el comportamiento de un equipo específico. Así mismo, para determinar el valor de este indicador se deberá utilizar la data primaria histórica almacenada en los sistemas de información.

3 ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

3.1 SISTEMA DE INTEGRADO DE INFORMACIÓN COMPUTARIZADA CeniSiiC

Figura 57. Esquema del enfoque estratégico guía de CeniSiiC.



Fuente: Área de Ingeniería. Programa de Procesamiento. Cenipalma 2012

Actualmente el Área de Ingeniería de Cenipalma, específicamente el Programa de Procesamiento centra su investigación e innovación a las plantas de beneficio del país. La productividad sostenible y las alternativas sostenibles, conforman dos pilares que apuntan a los objetivos del gremio palmero-industrial y de la federación en Colombia; sobre estas guías institucionales se han desarrollado diversos tipos de herramientas, aplicativos, dispositivos, procedimientos, entre otros, con el fin de mejorar la competitividad del sector palmero-industrial, reducir costos de procesamiento y generar aumento del ingreso palmero, mediante el uso racional

de recursos, el incremento de la confiabilidad y de las diferentes eficiencias en las plantas de beneficio.

Este aplicativo ERP nació como una herramienta a la medida del sector palmero-industrial para contribuir a la toma de decisiones a nivel de mantenimiento, gestión de activos, producción, gerencia, calidad, análisis energético URE, gestión usuarios, directivas de seguridad y almacenamiento de la información; en las plantas de beneficio del país. CeniSiiC es un aplicativo que se encuentra en constante desarrollo y expansión, con el fin de estar siempre a la vanguardia de las necesidades de la industria palmera, apuntando a estándares de clase mundial. Su desarrollo se ha dado en torno a integración de buenas prácticas e identificación de funcionalidades externas al sector palmero (caña de azúcar, petróleo, gas, carbón, manufactura entre otros). Este aplicativo es un proyecto en ejecución y mejora continua, desarrollado por Cenipalma, supervisado y financiado por Fedepalma y el SENA²⁹. Inicialmente se consideró como un CMMS para el gremio palmero-industrial colombiano, sin embargo debido a las necesidades identificadas y manifestadas por el gremio, se ha decidido convertir a CeniSiiC en un aplicativo tipo ERP, con la visión a 2013 de conformar una base de datos nacional de las plantas de beneficio con información representada en indicadores en cada uno de los módulos del aplicativo.

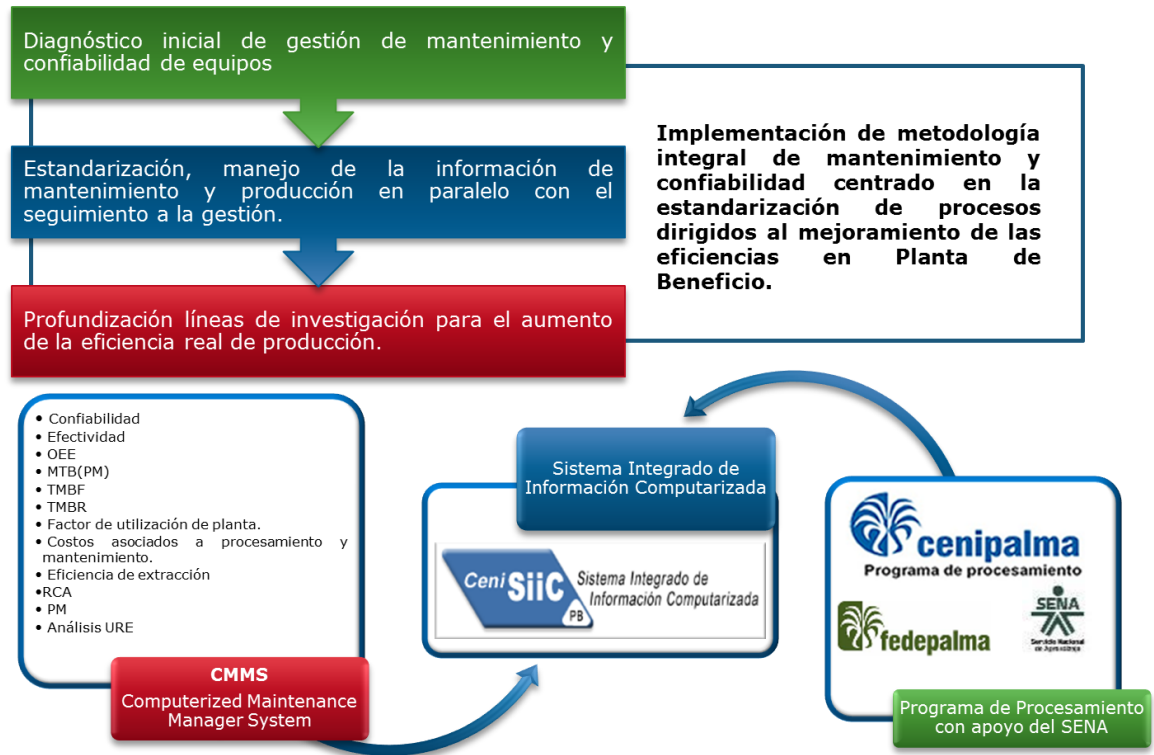
Respecto a las versiones que se manejan del aplicativo, se ha implementado una primera versión desarrollada en codificación VBA Excel, integrando en un mismo archivo bases de datos, recopilación de información, cálculos de ingeniería y estadística. De forma paralela a la implementación, se está desarrollando la segunda versión de este aplicativo tipo Web-Based³⁰, con el fin de agilizar el proceso de actualización constante de nuevas versiones a las plantas extractoras

²⁹ SENA: Servicio Nacional de Aprendizaje en Colombia.

³⁰ Web-based: denota aquellas aplicaciones o sistemas de información que basan su desarrollo de programación y funcionamiento en navegadores de internet para diversas plataformas de sistemas operativos. Dependiendo del tipo de aplicativo, puede requerir acceso a servicio de internet.

del país. Esta versión, a cargo de Cenipalma, tendrá mayor capacidad en cuando a almacenamiento de datos, velocidad en operaciones de cálculo, directivas de seguridad, entre otras funcionalidades.

Figura 58. Esquema de formulación de CeniSiiC.



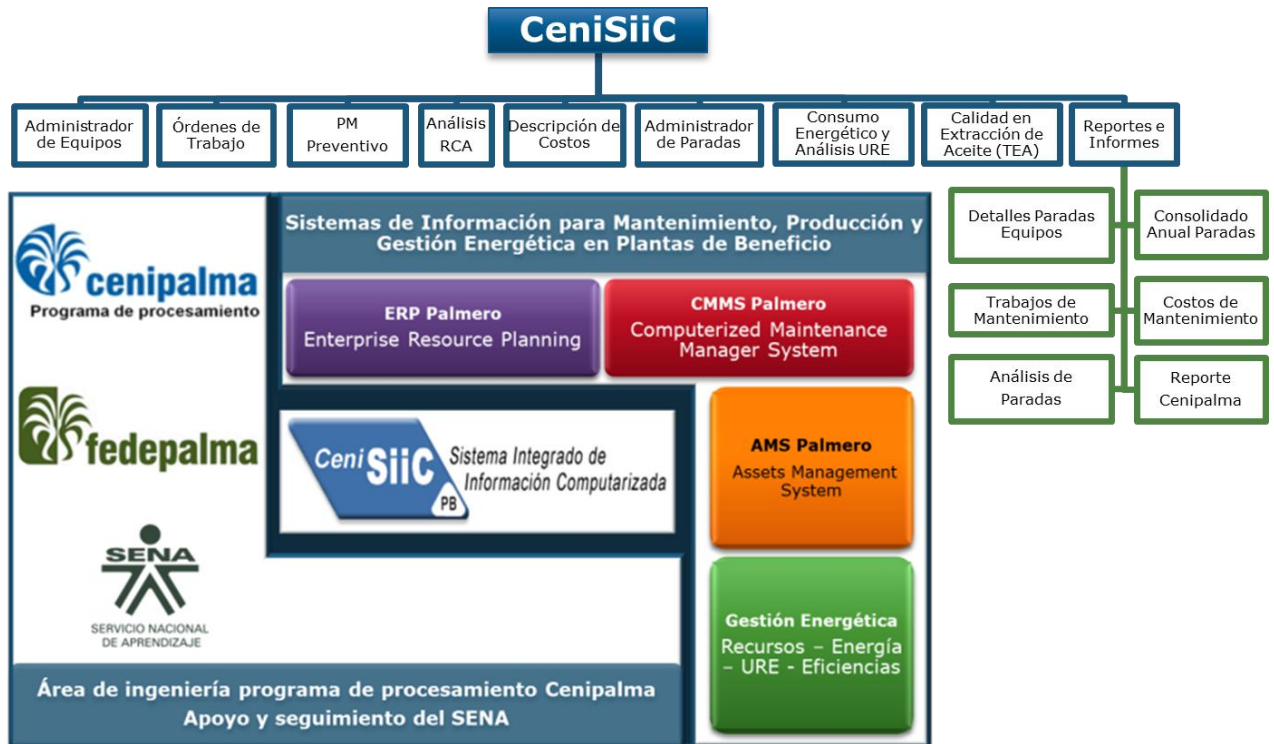
Fuente: Área de Ingeniería. Programa de Procesamiento. Cenipalma 2012

Actualmente se está desarrollando la fase consolidado nacional de CeniSiiC, esta fase consiste en recopilar la información procedente de todas las plantas de beneficio en donde se encuentra instalado CeniSiiC; consolidación realizada por Cenipalma con el fin de desarrollar benchmarking, identificación de problemas por causa raíz, escalafón de las plantas a nivel nacional de acuerdo a diversos indicadores de clase mundial, identificación de las mejores prácticas en mantenimiento y procesamiento, entre otras funcionalidades que permitirán establecer estándares de comparación a nivel nacional e internacional.

3.1.1 Estructura funcional y operacional del aplicativo

Este ERP está compuesto por diversos módulos que interactúan entre sí, de acuerdo a la información que requieran para desarrollar los diversos cálculos y presentar los respectivos reportes a modo de tabla (indicadores) y gráficos (tendencias anuales, datos puntuales, diagramas de Pareto, entre otros). Este aplicativo logra integrar funcionalidades de diversos tipos de sistemas de información, sin embargo, es un sistema en constante mejora y desarrollo con el fin de adaptarse mejor a las condiciones reales en las plantas de beneficio. A continuación se muestra la conformación del sistema en módulos, de forma paralela a la concepción y estructuración en cuanto a metodologías de sistemas de información.

Figura 59. Esquema funcional de CeniSiic.

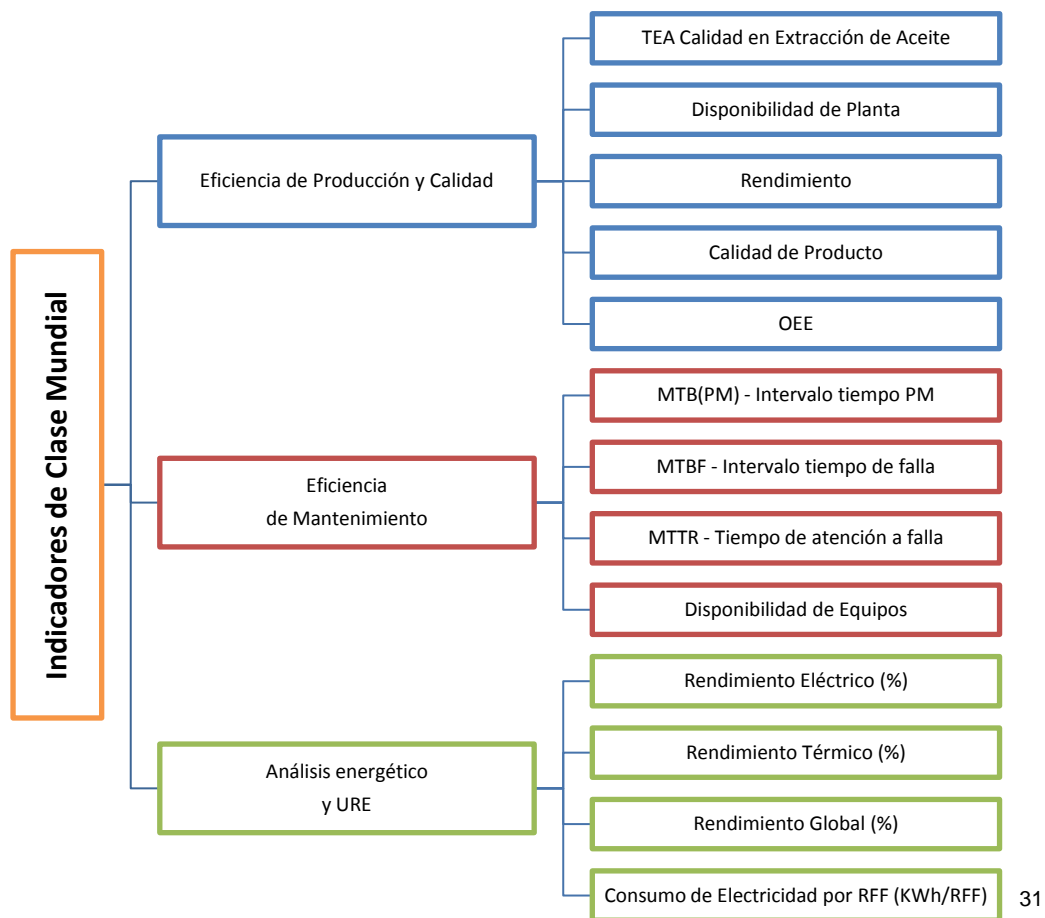


Fuente: Área de Ingeniería. Programa de Procesamiento. Cenipalma 2012

3.1.2 Disposición de indicadores de clase mundial en CeniSiiC

A continuación se diagrama la organización de los indicadores de clase mundial que son manejados a través del aplicativo. Estos la referenciación de éstos indicadores a nivel nacional ha permitido focalizar las diversas acciones de mejoramiento en zonas específicas, áreas detalladas, sistemas y equipos determinados en cada planta extractora dentro del gremio palmero-industrial en Colombia.

Figura 60. Indicadores gestionados en CeniSiiC.



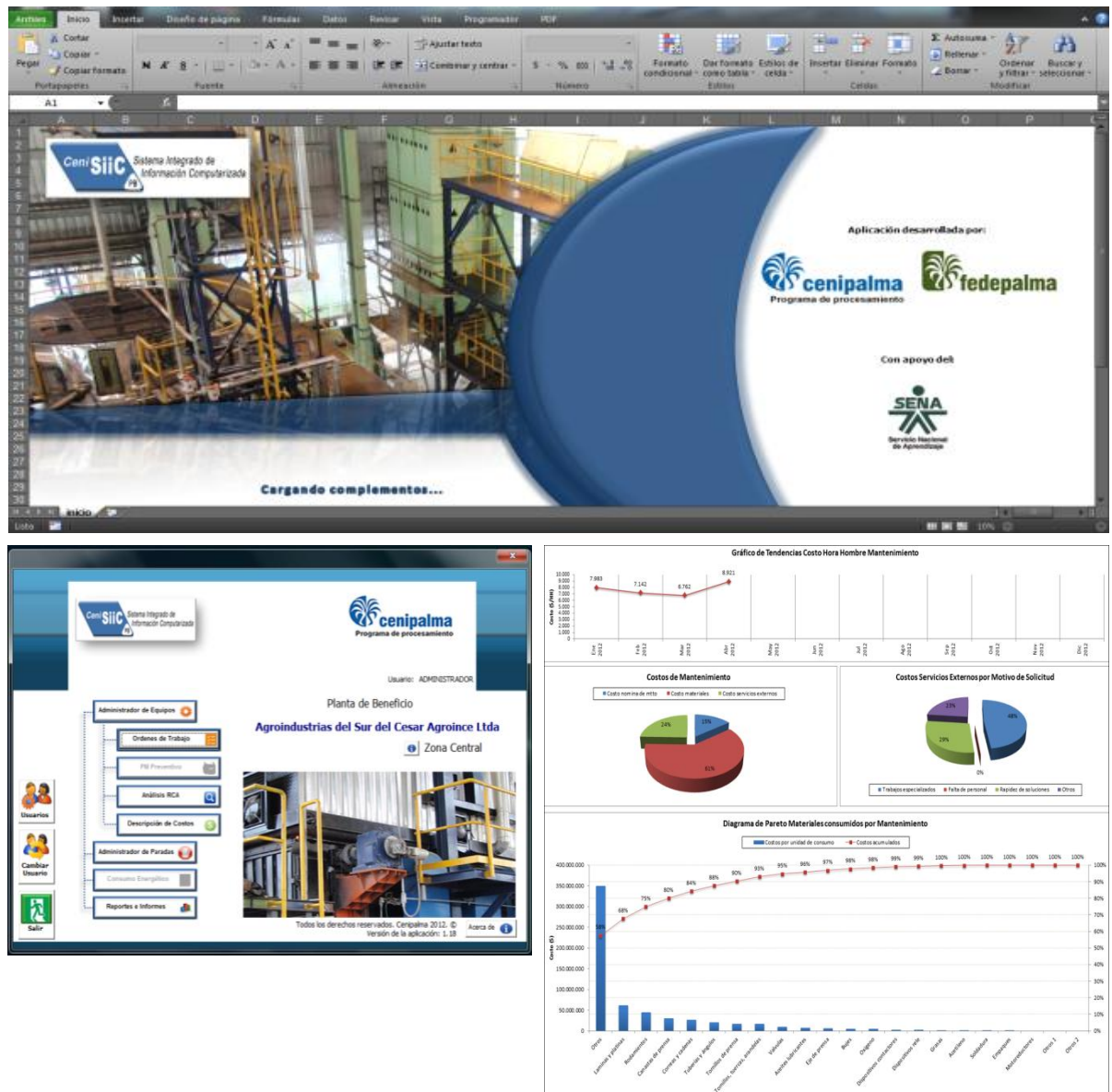
Fuente: Autores.

³¹ Indicador TEA: Tasa de Extracción de Aceite de Palma/Palmiste. Su fórmula de cálculo es $TEA = \frac{\text{Ton aceite}}{\text{ton RFF}} \%$

3.1.3 Evolución de aplicativo CeniSiiC

Actualmente, la versión que ha sido implementada en las plantas de beneficio a la fecha, ha sido la versión realizada bajo código VBA Excel, bajo entorno Excel, el cual ha permitido manejar en un mismo archivo, bases de datos y procesamiento en cálculo de información.

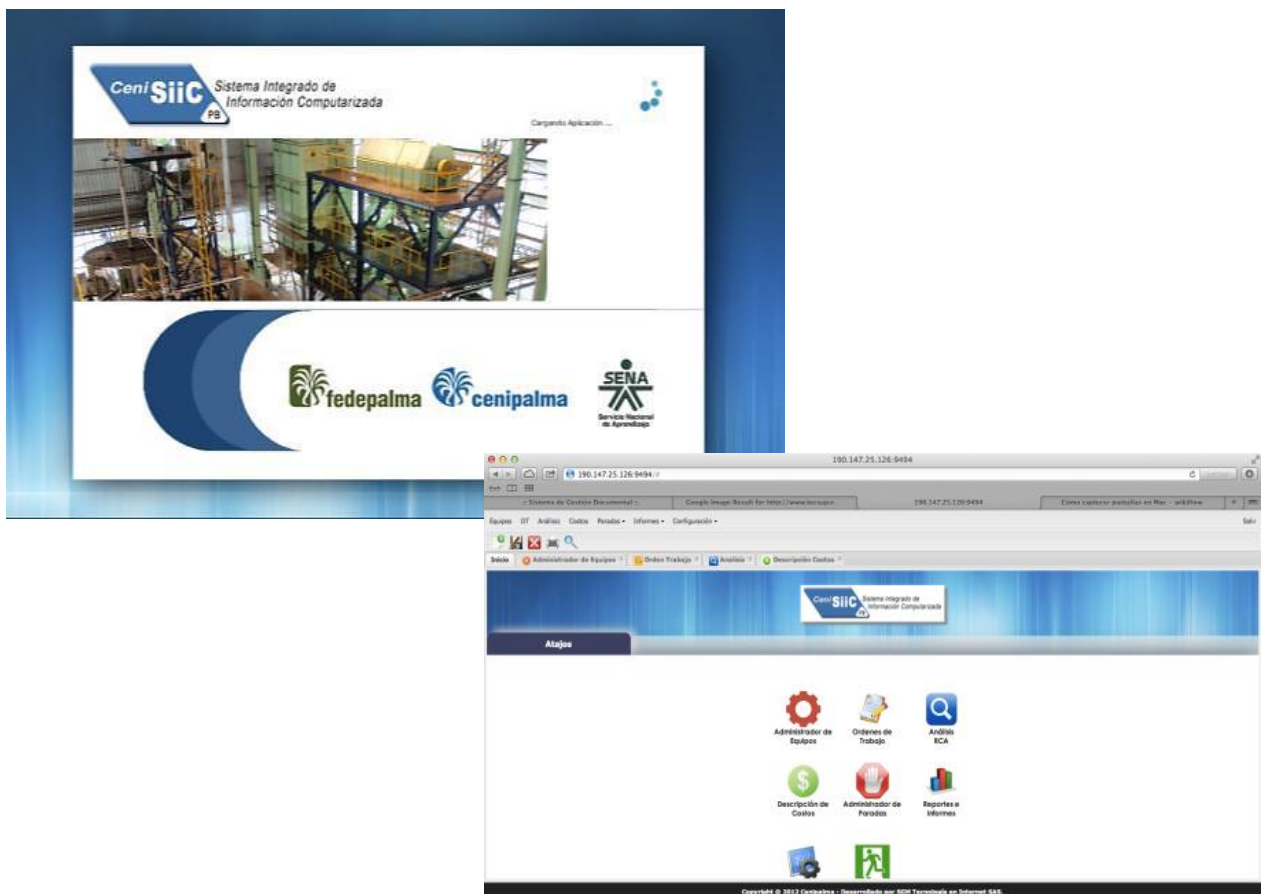
Figura 61. Versión VBA Excel CeniSiiC.



Fuente: Área de Ingeniería. Programa de Procesamiento. Cenipalma 2012.

La segunda versión de CeniSiiC, se está desarrollando a modo Web-Based, usando como gestor de bases de datos, MySQL y como gestor de cálculos, operaciones e interfaz, lenguaje PHP. Esta composición permitirá incrementar la flexibilidad modular del aplicativo, preparándolo para los cambios próximos en cuando a funcionamiento y organización de módulos de gestión.

Figura 62. Versión Web-Based CeniSiiC.



Fuente: Área de Ingeniería. Programa de Procesamiento. Cenipalma 2012.

3.1.4 Directrices y futuros desarrollos alrededor de CeniSiiC

Como directrices planeadas para CeniSiiC, a continuación se muestra el visión prospectiva a hoy, corto plazo (1-2 años) y a largo plazo (5-8 años). Esta aplicación integra la metodología de mantenimiento que esta siendo implementada progresivamente en las plantas extractoras del gremio-industrial, de modo que no es solo un sistema de información, es una metodología en crecimiento enfocada a diversas áreas críticas que finalmente impacta positivamente a la productividad y competitividad del gremio.

Figura 63. Visión prospectiva establecida para CeniSiiC.



Fuente: Área de Ingeniería, Programa de Procesamiento. Cenipalma 2012.

4 IMPORTANCIA DEL ERP CeniSiiC PARA EL GREMIO PALMERO EN COLOMBIA

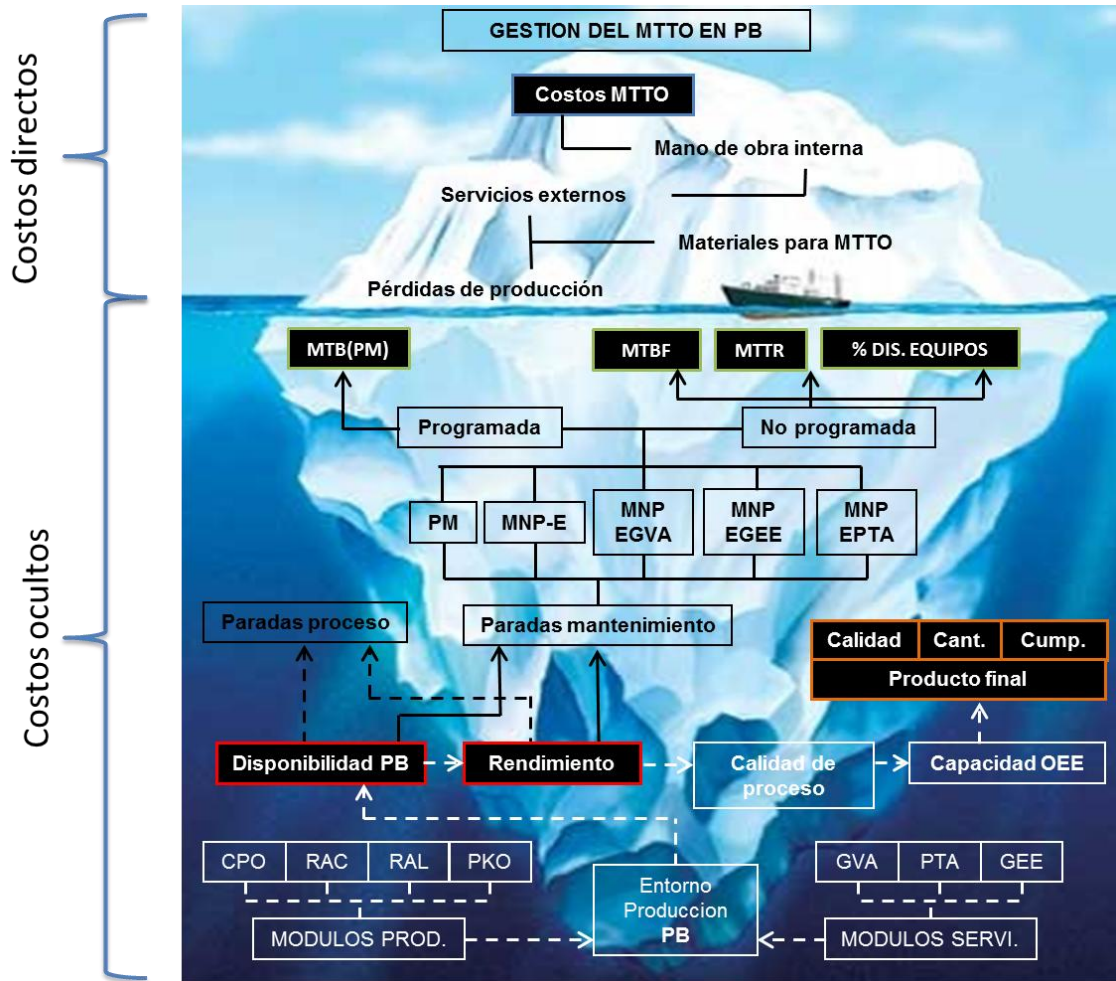
4.1 DIAGNÓSTICO INICIAL PARA IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA

Mediante un esquema se logra representar la visión errónea de un sector de los empresarios, gerentes, ingenieros de producción e ingenieros de mantenimiento, acerca de la gestión del mantenimiento en las plantas de beneficio.

En la siguiente figura se observa la ausencia del concepto integral de la gestión de activos y de mantenimiento, representando actualmente el 30% del costo variable de la extracción de aceite en aquellas plantas de beneficio en donde aun se tiene el paradigma erróneo del mantenimiento como un costo despreciable en el proceso productivo. Siendo uno de los grandes errores que hoy en día se ve en muchas otras industrias de diferentes sectores, al no contemplar los costos que deriva el mantenimiento y cuidado de los activos que a la final son los responsables directos de la producción y por ende, de la razón de ser de la organización.

Por tal motivo se da la necesidad de crear diversos programas de investigación y desarrollo enfocados a brindar soluciones a corto y largo plazo para las plantas de beneficio por parte de Cenipalma/Fedepalma; tal es el caso de CeniSiiC cuyo objetivo primordial es consolidar mediante indicadores de clase mundial el comportamiento, actividades y procesos relacionados con procesamiento, mantenimiento y confiabilidad de planta.

Figura 64. Esquema para análisis de la gestión del mantenimiento.

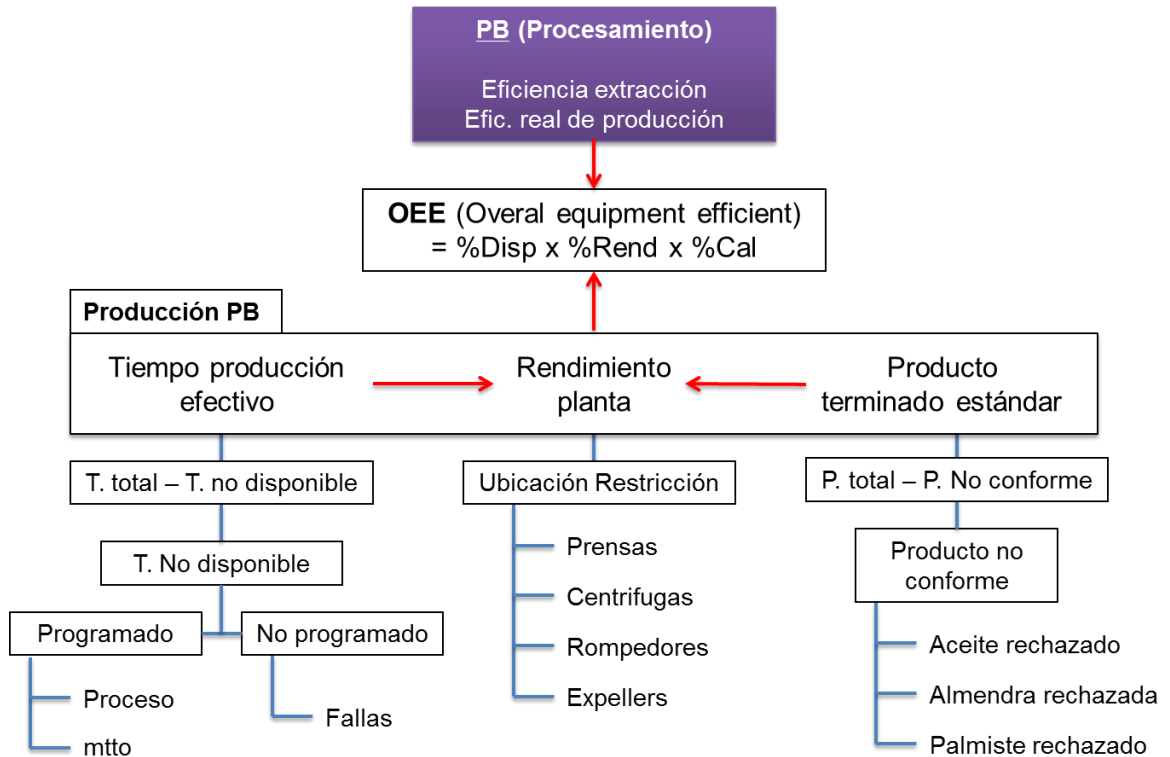


Fuente: Área de Ingeniería. Programa de Procesamiento. Cenipalma 2012

La metodología planteada se fundamenta en el hecho de la implementación y capacitación del CeniSiiC como un software de gestión del mantenimiento en las plantas palmeras de beneficio, siendo de gran utilidad como herramienta para establecer un nuevo rumbo al mantenimiento actual observado en la gran mayoría de las plantas enfocándolo hacia la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad como base a soluciones que contribuyan al buen rendimiento de las plantas, la disminución de desperdicios en el proceso, aumento de la productividad y disminución en los costos de los mantenimientos ejecutados. En la siguiente

ilustración se identifica los diferentes aspectos con oportunidad de mejora y el indicador global a medir y controlar con el uso de CeniSiiC en las compañías.

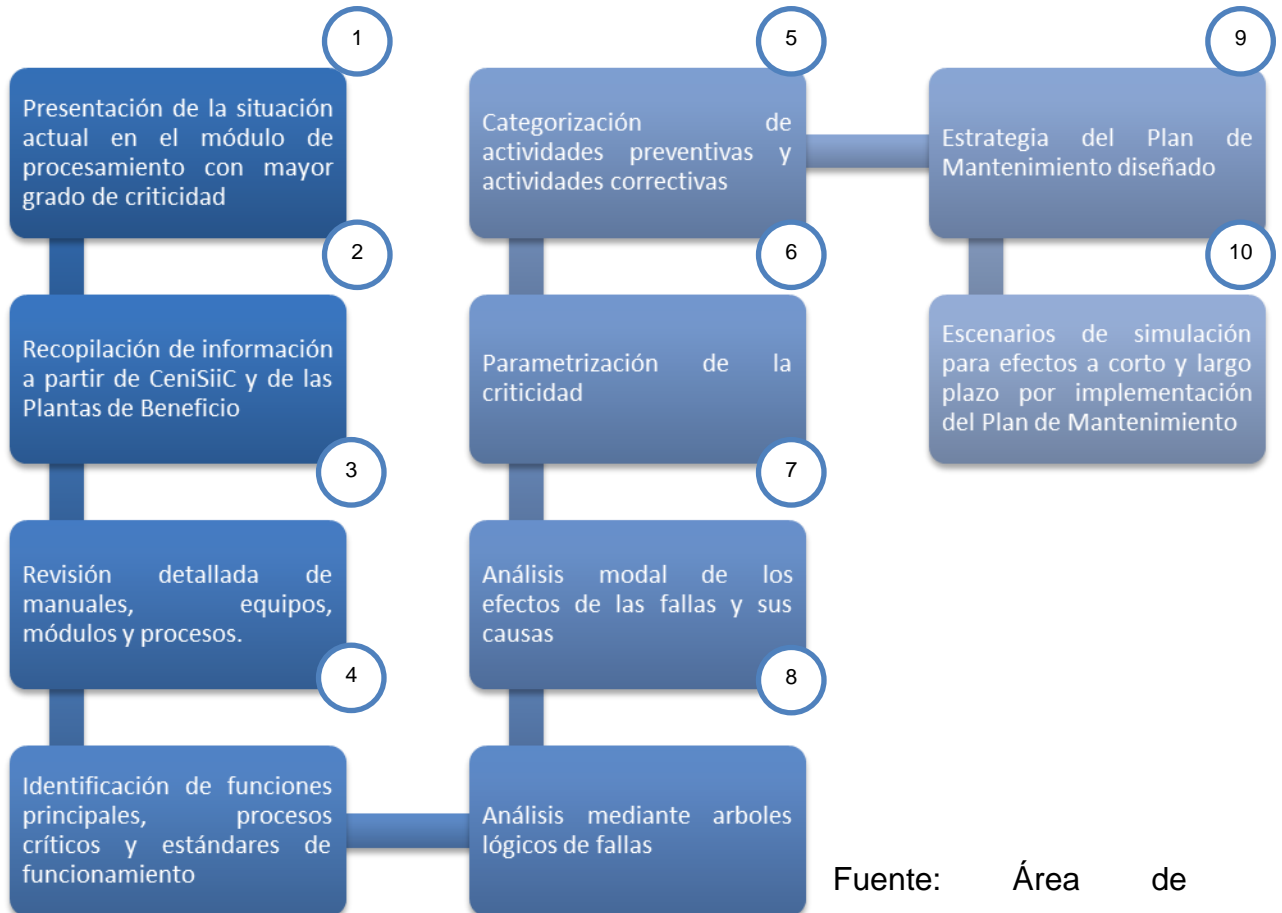
Figura 65. Equilibrio planteado para las PB del gremio palmero.



Fuente: Área de Ingeniería. Programa de Procesamiento. Cenipalma 2012.

En resumen la metodología propuesta para la estructura del plan de mantenimiento se conforma principalmente de 10 fases, empezando con la contextualización de cada planta de beneficio, siguiendo con la implementación del CeniSiiC como base de recopilación de información y análisis de indicadores de gestión en mantenimiento y productividad, y por ultimo el planteamiento de la estructura como tal de mantenimiento fundamentado básicamente en la filosofía del RCM a través de una interacción bidireccional con el software CeniSiiC.

Figura 66. Resumen de metodología planteada.



Fuente: Área de

Ingeniería. Programa de Procesamiento. Cenipalma 2012.

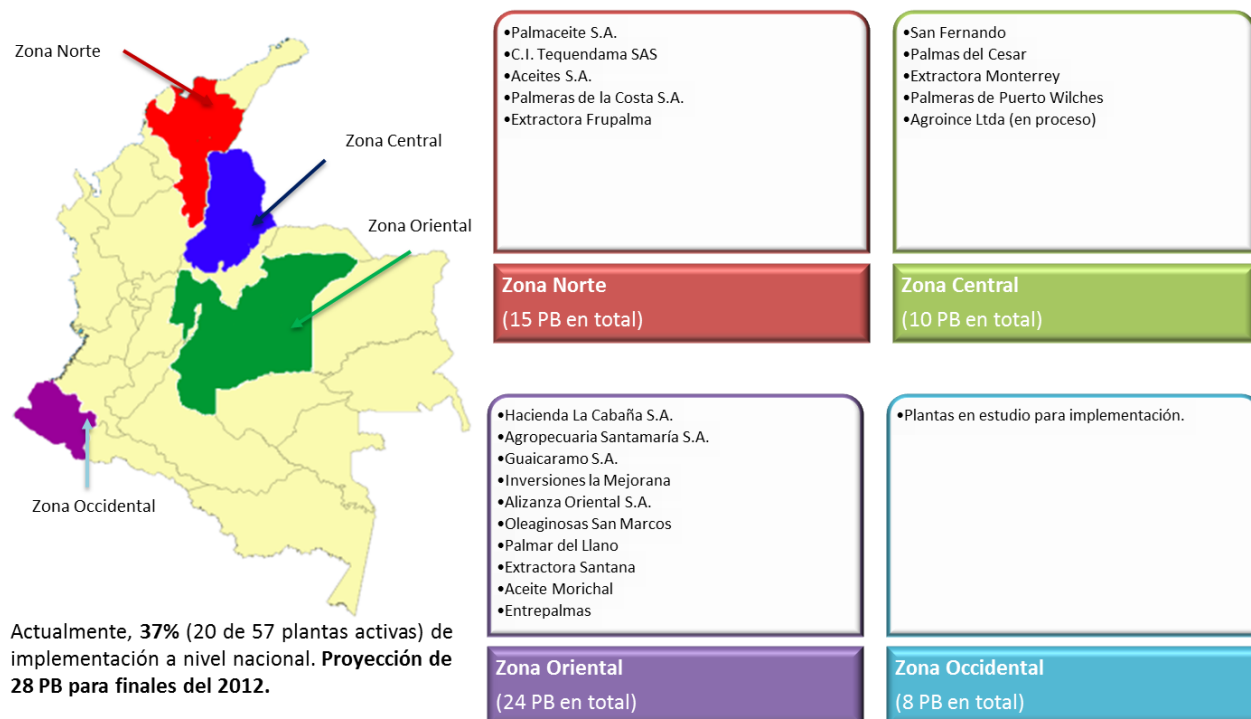
CeniSiiC es un aplicativo que se encuentra en constante desarrollo, con el fin de estar siempre a la vanguardia de las necesidades de la industria palmera, apuntando a estándares de clase mundial. Actualmente se está desarrollando la fase consolidado nacional de CeniSiiC; esta fase consiste en recopilar la información procedente de todas las plantas de beneficio en donde se encuentra instalado CeniSiiC, consolidación realizada por Cenipalma con el fin de desarrollar benchmarking, identificación de problemas por causa raíz, escalafón de las plantas a nivel nacional de acuerdo a diversos indicadores de clase mundial, identificación de las mejores prácticas en mantenimiento y procesamiento, entre

otras funcionalidades que permitirán establecer estándares de comparación a nivel nacional e internacional.

4.2 IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO Y APLICATIVO ERP CeniSiiC

Actualmente el gremio palmero cuenta con 57 plantas de beneficio activas alrededor del país; se han dividido en diversas zonas productivas de acuerdo a la localización geográfica, siendo la Zona Oriental el mayor representante con 24 PB, seguido de la Zona Norte con 15 PB, posteriormente la Zona Central con 10 PB y por ultimo 8 PB en la Zona Occidente. A finales del año 2012 se pronostica la implementación y la capacitación del manejo del CeniSiiC en 28 plantas, de las cuales 20 PB se ha implementado en su fase inicial.

Figura 67. Cobertura Nacional de CeniSiiC.



Fuente: Área de Ingeniería. Programa de Procesamiento. Cenipalma 2012.

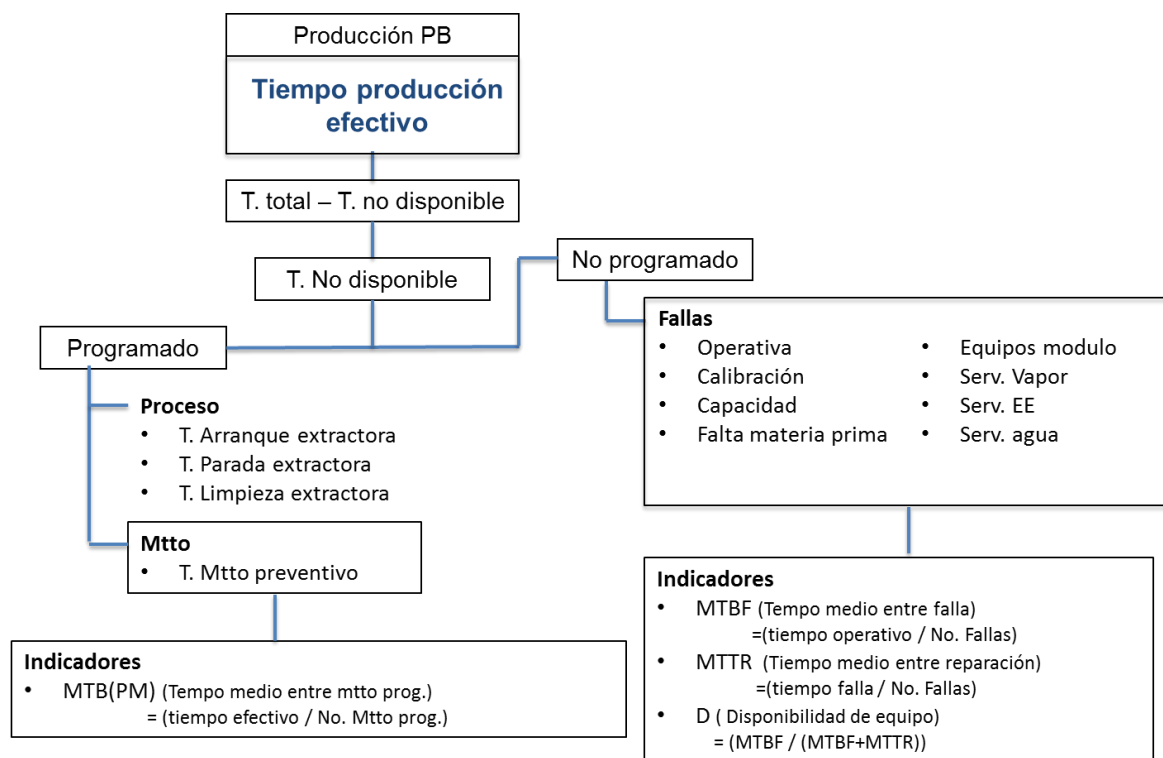
Para diseñar la estrategia del plan de mantenimiento a crear, se debe tener en cuenta diversos pasos ineludible, que conllevarán a establecer un plan integral de mantenimiento adaptado al contexto de cada planta de beneficio analizada, y en línea con el desarrollo de CeniSiiC. Los pasos son los siguientes:

1. Inventario de equipos codificados con las respectivas jerarquías, funciones y datos técnicos especializados, desde CeniSiiC.
2. Depuración y análisis de información recopilada en órdenes de trabajo, costos de mantenimiento, bitácoras diarias de paradas y bitácoras de intervenciones de mantenimiento en equipos.
3. Análisis de criticidad de equipos crear grupos de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.
4. Establecer las frecuencias de ejecución, recursos asignados y demanda de los mismos, entre otros requerimientos.
5. Elaborar cuadros de programas por equipo o índice de equipos para el mantenimiento.
6. Elaborar programa general del mantenimiento preventivo.
7. Elaborar un programa para mantenimiento correctivo.
8. Mediante los diversos análisis RCA, identificar las fallas y eventos de paradas, mediante un análisis de criticidad de equipos.
9. Diseñar el procedimiento para generar órdenes de trabajo vinculadas con el plan de mantenimiento elaborado.
10. Establecer los parámetros para ejercer el control de las acciones emitidas gracias al plan de mantenimiento.
11. Trazar los lineamientos de la investigación preventiva (retroalimentación del programa de mantenimiento preventivo) (mejoramiento luego del análisis de fallas).

4.3 GESTIÓN DEL DESEMPEÑO DE LAS PLANTAS EXTRACTORAS MEDIANTE INDICADORES GENERADOS POR CeniSiiC

Incrementar el rendimiento de la planta extractora haciendo que el tiempo de producción sea sostenible respecto a mantenimiento y procesamiento, es un reto para la estructura de mantenimiento planteada con RCM, de manera tal que se desarrolló un esquema que permitiera conocer los tiempos que existen en la operación y mantenimiento de las plantas de beneficio, y que son base fundamental para los indicadores de gestión que conlleva la aplicación del CeniSiiC.

Figura 68. Tiempos bases para el control de gestión de indicadores en plantas de beneficio del gremio palmero.



Fuente: Área de Ingeniería. Programa de Procesamiento. Cenipalma 2012.

Como se dijo anteriormente, mediante la gestión de indicadores, CeniSiiC busca generar benchmarking a nivel nacional, mediante indicadores de clase mundial, con la misión de integrar a las 57 plantas de beneficio en Colombia a un proceso de mejoramiento por integración de buenas prácticas, contraste de indicadores entre sí, formando un ámbito de competencia sanamente entre ellas mismas con la mira del mejoramiento continuo y a la identificación de las mejores practicas de mantenimiento que permitan establecer dichos estándares de comparación internacional, con las mejores plantas palmeras del mundo, en este caso ubicadas en Malasia e Indonesia.

En el proceso de implementación del software en las plantas de beneficio al día de hoy existen 20 plantas con el CeniSiiC corriendo, almacenando y analizando información, acerca del estado de producción y mantenimiento que se encuentra la planta como tal, esta información es de gran utilidad para el personal profesional encargado del funcionamiento de los equipos, que tiene como responsabilidad la planeación, programación y ejecución de todas las actividades necesarias para que los equipos de la planta produzcan a las cantidades demandas y con la calidad requerida.

A continuación se muestra una tabla con las zonas a las cuales se ha llevado el CeniSiiC, las 20 plantas nombradas anteriormente pero distribuidas por zonas, por otra parte se encuentra los indicadores principales establecidos para el sector palmero, dentro de estos se puede encontrar; la eficiencia real de producción; la disponibilidad de la planta, el rendimiento de la planta, el tiempo medio entre mantenimiento programado, el tiempo medio entre falla, el tiempo medio para reparar y por ultimo la disponibilidad de equipos. El control de indicadores se encuentra organizado en cuatro módulos del proceso de extracción de aceite de palma, los módulos se identifican como extracción aceite crudo de palma (CPO), recuperación de aceite (RAC), recuperación de almendra (RAL), extracción de aceite de palmiste (KPO) y por ultimo costos de mantenimiento.

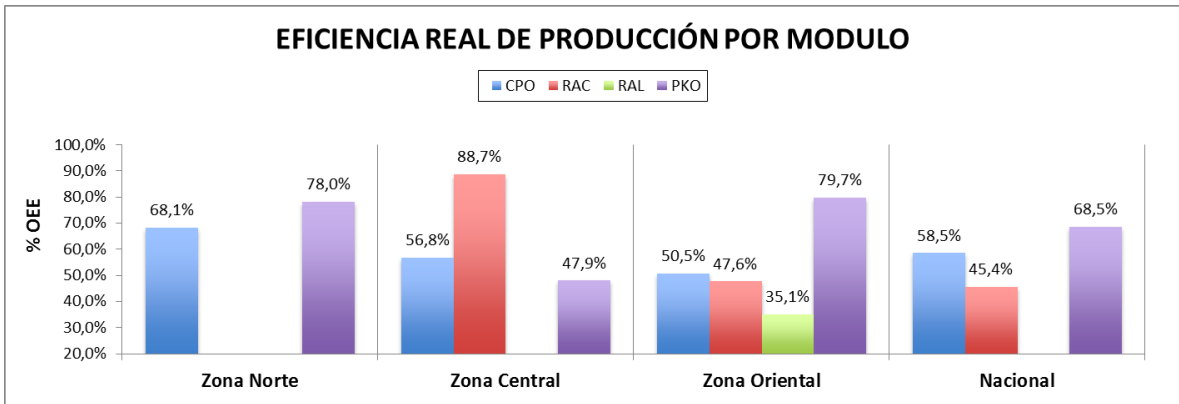
Tabla 11. Gestión de indicadores gremio palmero en plantas de beneficio.

CONSOLIDADO NACIONAL DE EFICIENCIA DE PRODUCCION Y MANTENIMIENTO EN PLANTA DE BENEFICIO AÑO 2012							
				CONSOLIDADO			
	Nombre indicador	Siglas	Unidad	Zona Norte	Zona Central	Zona Oriental	Nacional
				PROM.	PROM.	PROM.	PROM.
CPO	Eficiencia real de produccion	OEE	%	68,1%	56,8%	50,5%	58,5%
	Disponibilidad planta	D (Planta)	%	81,0%	81,3%	70,4%	77,5%
	Rendimiento	R (Planta)	%	84,6%	65,8%	73,0%	74,4%
	Tiempo medio entre matto programado	MTB(PM)	h/PM	73,2	133,8	50,5	85,8
	Tiempo medio entre falla	MTBF	h/falla	70,0	102,8	35,4	69,4
	Tiempo medio para reparar	MTTR	h/falla	1,2	2,2	2,7	2,0
	Disponibilidad de equipos	D (equipos)	%	97,3%	97,5%	92,2%	95,7%
RAC	Eficiencia real de produccion	OEE	%	0,0%	88,7%	47,6%	45,4%
	Disponibilidad planta	D (Planta)	%	0,0%	94,9%	70,2%	55,0%
	Rendimiento		%	0,0%	93,5%	68,6%	54,0%
	Tiempo medio entre matto programado	MTB(PM)	h/PM	96,9	252,4	69,4	139,6
	Tiempo medio entre falla	MTBF	h/falla	76,5	382,0	146,1	201,5
	Tiempo medio para reparar	MTTR	h/falla	1,4	5,1	5,6	4,0
	Disponibilidad de equipos	D (equipos)	%	98,0%	98,7%	94,1%	96,9%
RAL	Eficiencia real de produccion	OEE	%	0,0%	0,0%	35,1%	11,7%
	Disponibilidad planta	D (Planta)	%	0,0%	0,0%	63,7%	21,2%
	Rendimiento	R (Planta)	%	0,0%	0,0%	55,0%	18,3%
	Tiempo medio entre matto programado	MTB(PM)	h/PM	41,8	-	79,1	40,3
	Tiempo medio entre falla	MTBF	h/falla	70,3	-	43,8	38,0
	Tiempo medio para reparar	MTTR	h/falla	1,0	-	4,4	1,8
	Disponibilidad de equipos	D (equipos)	%	0,0%	0,0%	90,0%	30,0%
PKO	Eficiencia real de produccion	OEE	%	78,0%	47,9%	79,7%	68,5%
	Disponibilidad planta	D (Planta)	%	85,8%	95,6%	83,8%	88,4%
	Rendimiento	R (Planta)	%	91,0%	49,7%	95,0%	78,6%
	Tiempo medio entre matto programado	MTB(PM)	h/PM	17,3	1,4	30,3	16,3
	Tiempo medio entre falla	MTBF	h/falla	68,7	403,4	72,6	181,6
	Tiempo medio para reparar	MTTR	h/falla	3,0	5,0	2,6	3,5
	Disponibilidad de equipos	D (equipos)	%	94,0%	98,8%	96,6%	96,5%
COSTOS	Costo mtto por tonRFF procesada	\$mtto/tonRFF	\$	-	1.345	16.107	5.817
	Costo nomina por tonRFF procesada	\$nomina/tonRFF	\$	-	1.345	1.985	1.110
	Costo materiales por tonRFF procesada	\$materiales/tonRFF	\$	-	-	9.626	3.209
	Costo servicios externos por tonRFF procesada	\$Ser. Exter/tonRFF	\$	-	-	6.820	2.273
	Costo hora hombre mantenimiento	\$HH	\$	9.718	7.838	6.774	8.110

Fuente: Autores.

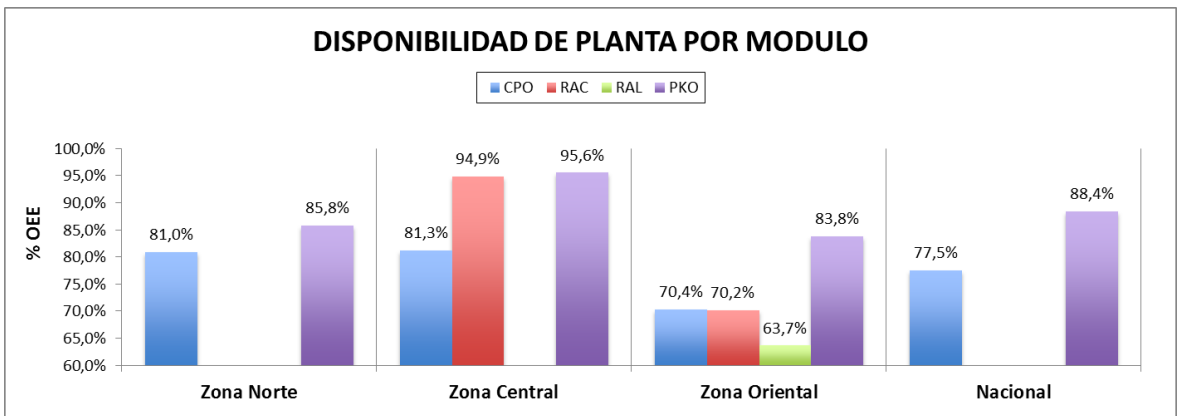
La anterior información se complementa con las siguientes gráficas que logran evidenciar la gestión de indicadores clase mundial en las plantas de beneficio del gremio palmero con la asistencia del CeniSiiC, los datos observados fueron registrados durante el periodo comprendido desde enero del año 2011 hasta julio del año 2012.

Figura 69. Eficiencia OEE por modulo.



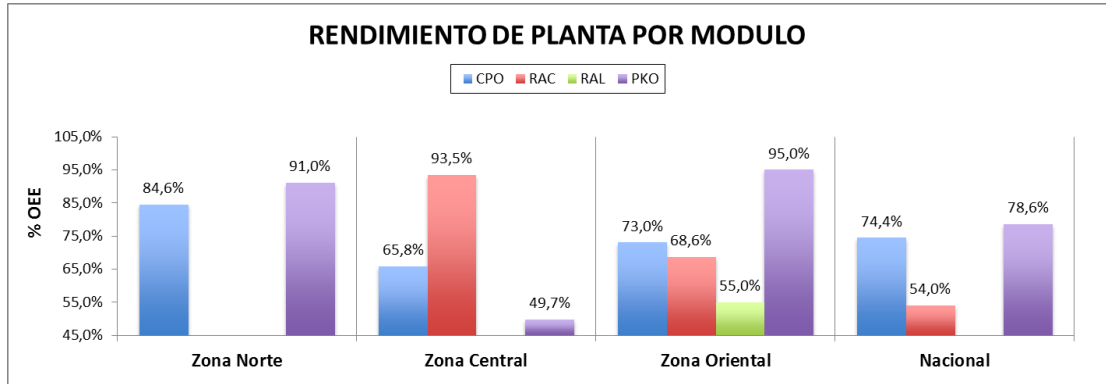
Fuente: Autores.

Figura 70. Disponibilidad de planta por modulo.



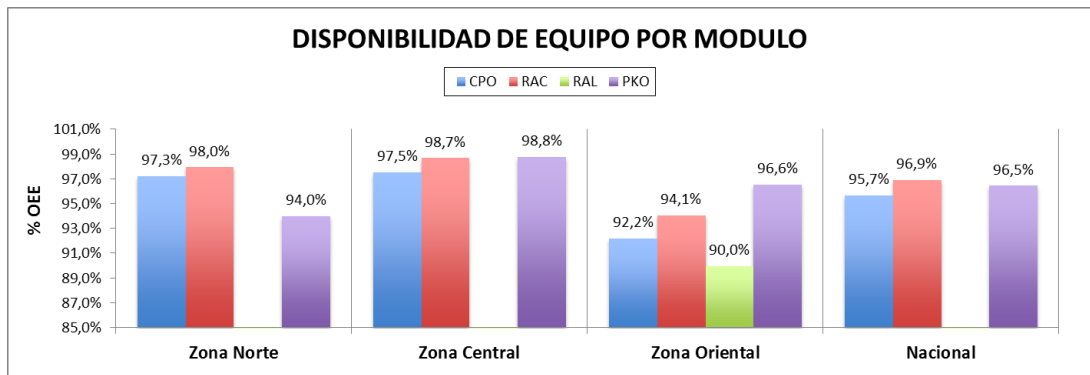
Fuente: Autores.

Figura 71. Rendimiento de planta por modulo.



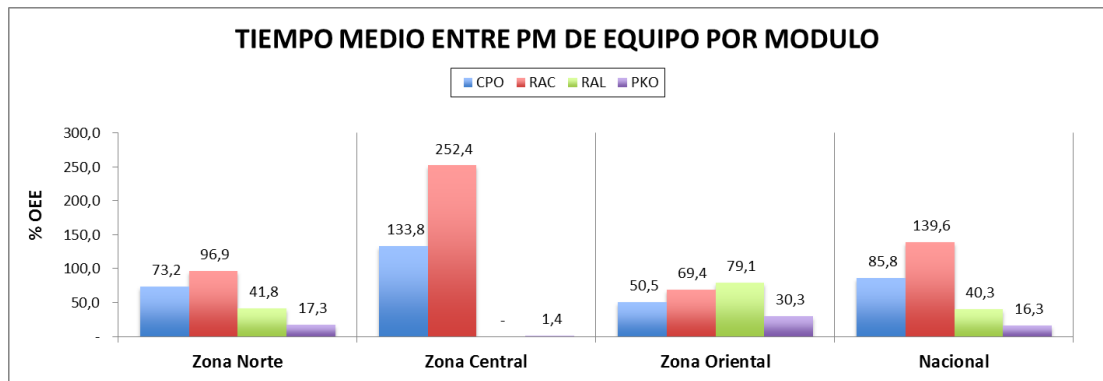
Fuente: Autores.

Figura 72. Disponibilidad de equipos por modulo.



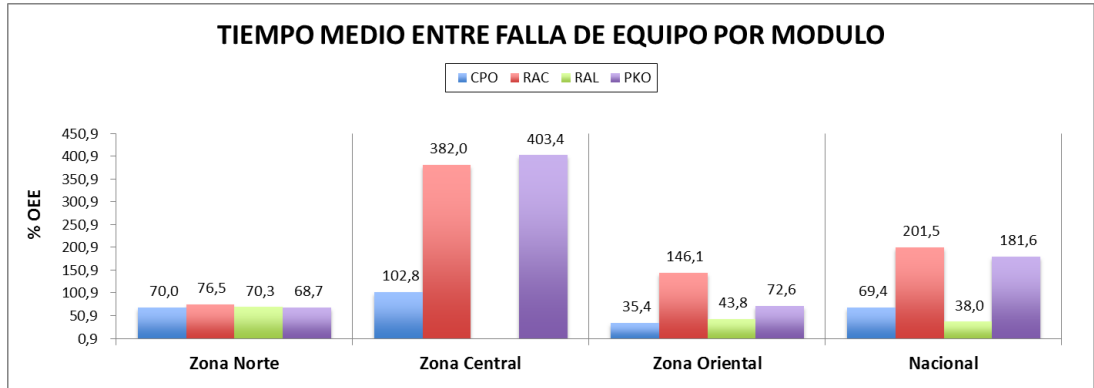
Fuente: Autores.

Figura 73. MTB PM por modulo.



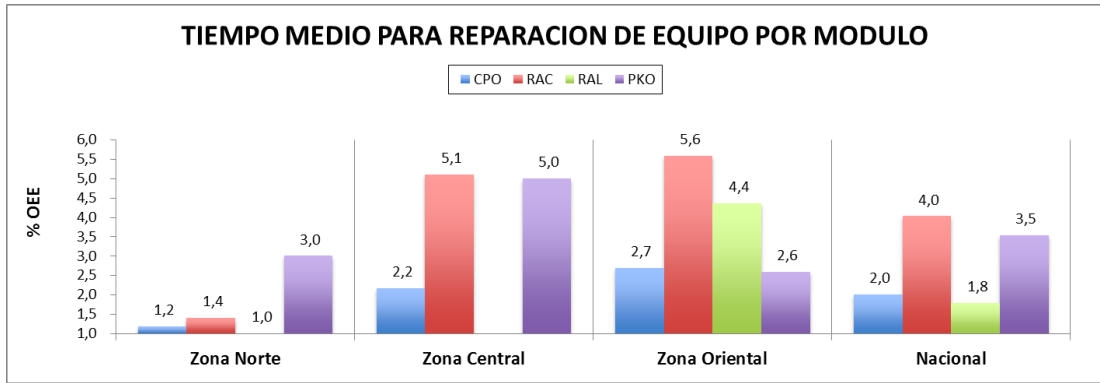
Fuente: Autores.

Figura 74. MTBF por modulo.



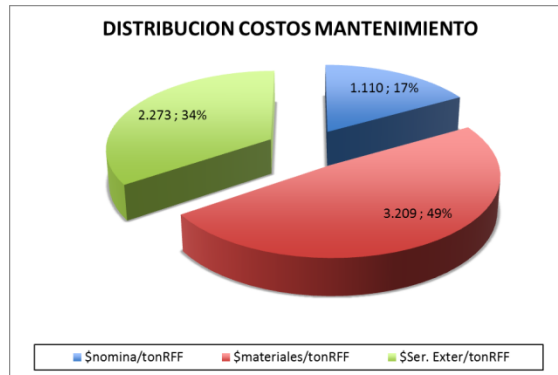
Fuente: Autores.

Figura 75. MTTR por modulo.



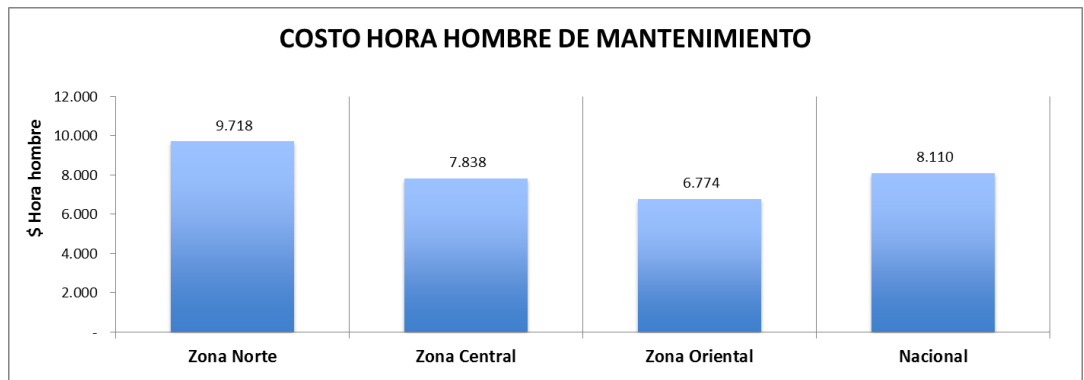
Fuente: Autores.

Figura 76. Distribución costos de mantenimiento.



Fuente: Autores.

Figura 77. Costo hora hombre de mantenimiento.



Fuente: Autores.

5 FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA

5.1 ESTRUCTURA METODOLÓGICA PROPUESTA BASADA EN RCM

Debido a la creciente tendencia de proyección del gremio palmero industrial colombiano a convertirse en un sector de Clase Mundial, se diseña la siguiente estructura a modo de Partenón; edificación que representa la Competitividad de Clase Mundial fundada sobre las mejores prácticas agro-industriales que soportan los pilares esenciales en el entorno de las plantas de beneficio en Colombia.

Figura 78. Partenón de la Excelencia Global hacia la Competitividad Clase Mundial.



Fuente: Autores.

5.1.1 Estructura base para formación del Plan de Mantenimiento

A continuación se presenta la secuencia de proceso para validar y mejorar el plan de mantenimiento, basado en la metodología RCM.

Figura 79. Esquema de etapas para formulación del plan de mantenimiento.



Fuente: Autores.

Los siguientes son los cuatro pasos enunciados en la figura anterior:

Etapa 1: Contextualización y Documentación:

- **Análisis de Criticidad**
 - Depuración de datos y elección de información: revisión detallada de bitácoras de equipos en CeniSiiC.
 - Análisis de eventos de paradas y fallas: revisión detallada de las bases de datos de paradas y fallas con frecuencia de registro diario.
 - Análisis de Pareto: costos de mantenimiento, demanda de materiales/repuestos para mantenimiento, paradas y fallas en equipos de los diversos módulos de producción y servicios industriales.
- **Análisis de Información**
 - Revisión de Manuales: búsqueda de manuales de fabricantes y generación de brechas ó GAP's por aquellos equipos y procesos no documentados.
 - Repuestos Asociados: revisión de bases de datos de repuestos/materiales demandados.
 - Funciones y Estándares de Funcionamiento: documentación y búsqueda de procedimientos de arranque extractora, parada extractora, limpieza planta, mantenimiento actual de equipos. Generación de GAP's para aquellos estándares no documentados.

Etapa 2: Selección de Información Primordial:

- **Revisión del plan actual de mantenimiento**
 - Listado de Equipos: bases de datos hojas de vida equipos, con bitácoras de intervenciones, paradas y fallas.
 - Actividades: revisión de actividades actuales de mantenimiento.
 - Frecuencias: revisión de frecuencias de fallas registradas en las bitácoras de los equipos.
 - Recursos: revisión de materiales/repuestos, rotación y demanda de los mismos.

Etapa 3: Estudio y Determinación Objetiva de Parámetros

- Identificación de Funciones
 - Funciones Primarias: equipos críticos inicialmente.
 - Funciones Secundarias: equipos críticos inicialmente
- Identificación de Fallas y sus Causas:
 - Determinación del Evento de Falla: 5W-2H
 - Verificar causas potenciales: 5W-2H
 - Identificar el componente de falla: 5W-2H
 - Identificar causa humana y del sistema: 5W-2H
- Ejecución de FMECA
 - Funciones de los componentes
 - Modos de falla más probables
 - Causas de los modos de falla
 - Cuantificación calificación de criterios de riesgo.
- Selección de Tareas
 - Tareas orientadas a ocurrencia, severidad y detección.
- Definir metas y responsables
 - Ejecución de tareas: planes de acción y de ejecución.
 - Seguimiento: trazabilidad mediante indicadores.

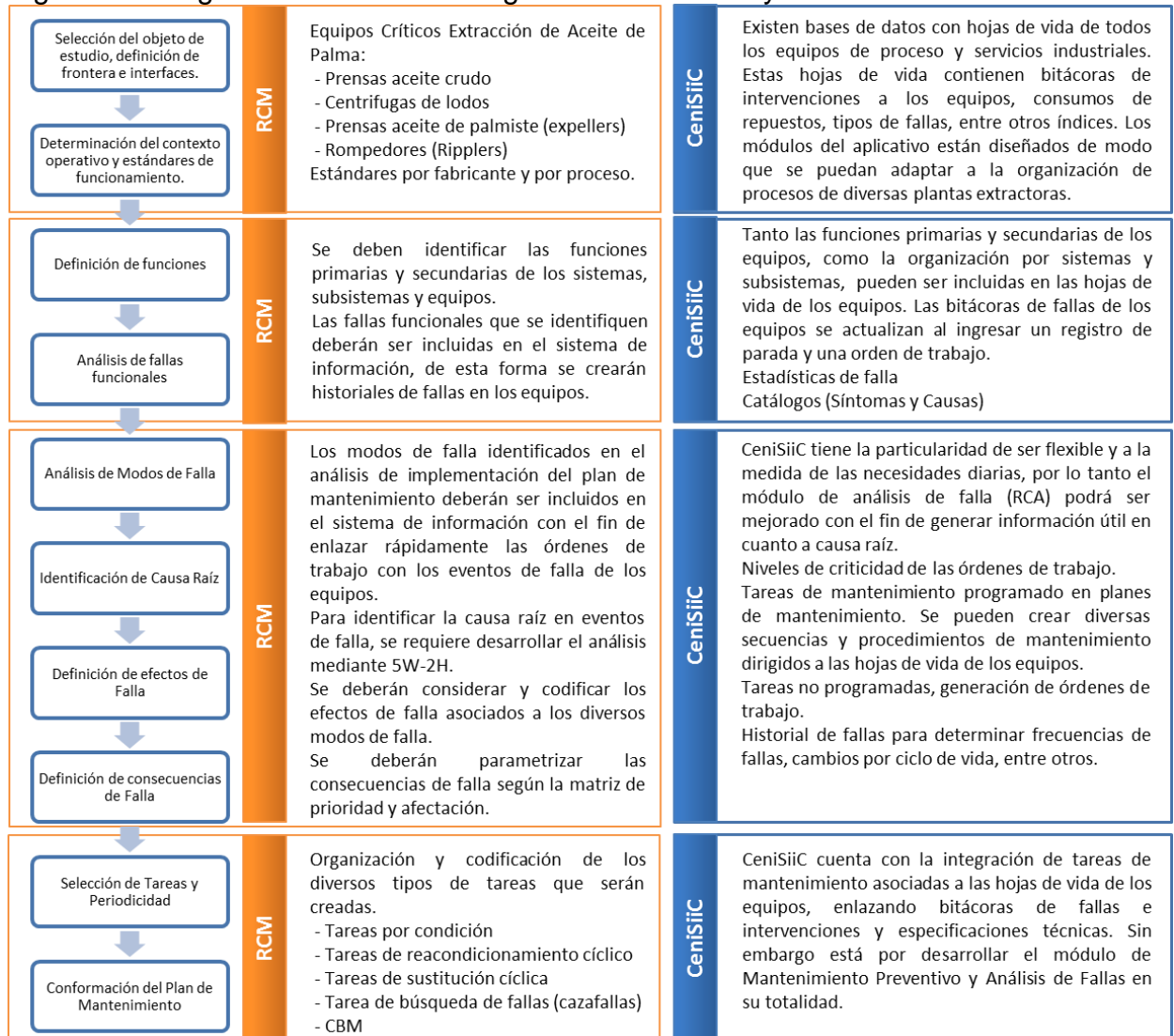
Etapa 4: Ejecución y Seguimiento.

- Ajustes al Plan de Mantenimiento
 - Ajuste de actividades: modificación de rutinas en CeniSiiC.
 - Modificación de frecuencias: modificación de frecuencias en CeniSiiC.
 - Formación de nuevas competencias: preparación para proceso CAP.

5.1.2 Establecer la interacción entre el sistema de información y el plan de mantenimiento basado en la metodología RCM

Con el fin de determinar que elementos y procesos se requieren para desarrollar el plan de mantenimiento basado en RCM, a continuación se describe la integración entre el proceso de implementación de RCM con la estructura funcional de CeniSiic.

Figura 80. Diagrama de fases de integración entre RCM y CeniSiic.

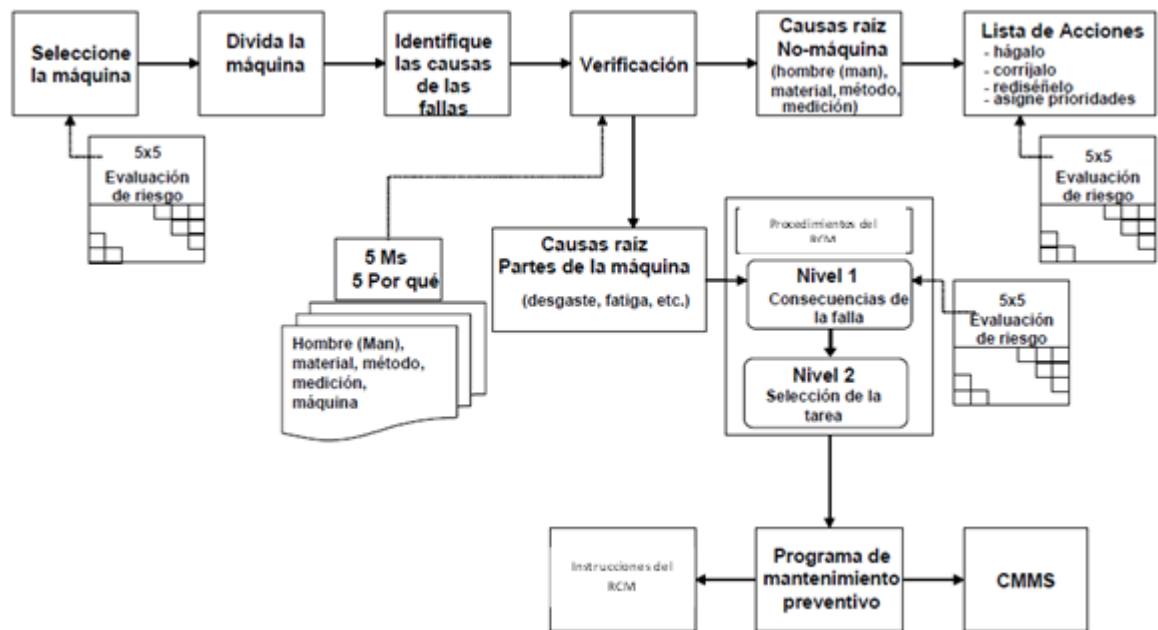


Fuente: Autores.

La figura anterior representa el potencial de información que contiene CeniSiiC, el cual será usado como fuente primaria de información, sin embargo también será un objetivo de actualización una vez el proceso de análisis y estudio enfocado hacia el plan de mantenimiento se haya completado; de modo que la actualización y modificación de información presente en CeniSiiC será una tarea primordial para la mejora continua del plan de mantenimiento.

Cabe a lugar la importancia de la metodología RCM, que en su forma más pura es aplicable cuando se usa cualquier máquina grande y compleja, y donde las fallas representen importantes riesgos económicos, de seguridad o ambientales. También es particularmente aplicable en la maquinaria nueva, cuando las características de edad y confiabilidad se desconocen. A continuación se describe

Figura 81. Esquema de pasos metodología RCM.



Fuente: Autores

5.2 GUÍA DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CREACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM USANDO EL ERP CeniSiic

Para el diseño de la estructura del plan de mantenimiento, inicialmente solamente se considerarán aquellos equipos críticos para el proceso de extracción de aceite de palma y de palmiste; equipos que han sido organizados en los diversos módulos de producción enunciados a través del desarrollo de la monografía. Como verificación inicial de los resultados de implementación del plan de mantenimiento basado en RCM que será creado por el Programa de Procesamiento de Cenipalma, se elegirá una planta de beneficio ubicada en la Zona Oriental, a modo de planta piloto para implementación, verificación, ajustes y mejora continua.

Con el fin de diseñar la estructura que formará al plan de mantenimiento, se ha organizado una guía de que representa el estado actual en cuanto a implementación del plan y el respectivo avance hasta la fase más madura.

Etapas 1: Apaga Fuegos

En esta etapa el mantenimiento no es efectivo. Se caracteriza por fallas en la maquinaria, por una ausencia total de sistemas y muy poca comprensión de los problemas que existen. Todos en mantenimiento se concentran en apagar fuegos inmediatos – corregir averías, tratar de obtener repuestos, evitar las culpas o pelear con el departamento de producción.

Etapas 2: Estabilización

En esta etapa, el enfoque es romper la espiral apaga fuegos. Esto se logra a través de un ejercicio para corregir todos los defectos de la maquinaria e introducir las tareas de inspección y lubricación recomendadas por el fabricante. Hay

conciencia general de lo que implica el plan de mantenimiento y existe un plan de mejoras. También se ha iniciado con la captura de datos y la medición del desempeño.

Etapa 3: Prevención

Las acciones anteriores le han dado un respiro de tiempo a mantenimiento para establecer los sistemas básicos. Las tareas de mantenimiento son debidamente planificadas y controladas usando un sistema de cómputo; los planos y repuestos están disponibles y bajo control. Se han desarrollado planes de capacitación para todo el personal. Se ha estructurado un programa de mantenimiento preventivo, el cual se apoya en el mantenimiento autónomo que se da en la maquinaria clave.

Etapa 4: Eficiencia del Mantenimiento

Estando las averías bajo control, el énfasis pasa a la efectividad en los costos de la función de mantenimiento. Se están reduciendo las partes de repuesto, los técnicos tienen habilidades múltiples y son más flexibles, se introducen actividades proactivas de prevención del mantenimiento y se utiliza mejor el sistema de cómputo. El programa de mantenimiento preventivo se apoya principalmente en tareas basadas en las condiciones y cubre todo la maquinaria significativa para mantenimiento.

Etapa 5: Reducción del Mantenimiento

Este es el santuario del mantenimiento efectivo. Las averías y el mantenimiento ya no son factor, gracias al monitoreo de las condiciones en línea, los modelos de confiabilidad y la prevención del mantenimiento durante el desarrollo de nuevos equipos o maquinaria. El personal de mantenimiento forma parte de los equipos

de trabajo autodirigidos que realizan su propia planificación y control del mantenimiento.

Tabla 12. Matriz de avance y ejecución para el Plan de Mantenimiento.

	ETAPA 1: APAGA FUEGOS	ETAPA 2: ESTABILIZACIÓN	ETAPA 3: PREVENCIÓN	ETAPA 4: EFICIENCIA DEL MANTENIMIENTO	ETAPA 5: REDUCCIÓN DEL MANTENIMIENTO
1. Estrategia para el Cuidado de los Activos	No hay una estrategia de largo plazo para el cuidado de los activos. La mayoría de las actividades de mantenimiento son ad hoc y reactivas. La planta se conduce por las prioridades de producción sin un mantenimiento proactivo. La cultura es de 'Yo opero, Tú lo arreglas'.	Se han identificado las áreas de oportunidad sobre la función del cuidado de los activos, y se ha desarrollado un plan de prioridades de mejora con metas de desempeño. Se han clarificado los roles de mantenimiento y producción. El enfoque está en detener la espiral negativa del mantenimiento de averías.	Se ha implementado una estrategia completa para el cuidado de los activos y para sus procesos de negocio asociados, con KPI's para todos los elementos clave. El enfoque inmediato está en la prevención de las pérdidas relacionadas con los equipos o maquinaria.	Existe una estrategia a tres años para mejorar la efectividad en el costo de la función para el cuidado de los activos y para optimizar el desempeño de la maquinaria. El cuidado de los activos es visto como una responsabilidad de todos en la organización y como un centro de utilidades, en vez de verse como un centro de costos.	Se ha establecido una estrategia integrada de gestión de activos. El enfoque está ahora en la reducción de los esfuerzos de mantenimiento, a través de la mejora de la 'mantenibilidad' y confiabilidad de la maquinaria, así como en sus ciclos óptimos de vida. Se han eliminado todas las pérdidas relacionadas con la maquinaria.
2. Mantenimiento Preventivo	No se lleva a cabo un mantenimiento preventivo efectivo. Todo el esfuerzo de mantenimiento se gasta en la corrección de las averías de los equipos o maquinaria.	La espiral negativa 'apaga fuegos' ha sido estabilizada al identificar y reparar los problemas de forma proactiva. Se han introducido las inspecciones, la lubricación y los recorridos recomendados por el fabricante. Todo el mantenimiento se ha establecido según 'cánones'.	El tiempo de paro no planeado en las máquinas clave ha sido reducido y se han logrado ahorros en los costos de mantenimiento, a través de un programa de mantenimiento preventivo que se basa en una metodología estructurada por RCM. Se ha introducido el mantenimiento autónomo.	Un programa de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad cubre a todos aquellos equipos significativos de recibir mantenimiento. Este programa está siendo sometido a una revisión continua y se han realizado mejoras a las partes individuales.	Se ha reducido la necesidad de las tareas de mantenimiento a través de cambios en el diseño. Se utiliza en línea 'el monitoreo inteligente de las condiciones' en donde es rentable, para planear las tareas de mantenimiento con base en las predicciones de la vida útil remanente del componente. Los operadores de producción hacen la mayoría de las tareas del mantenimiento preventivo.
3. Análisis y Mejoras	No se analizan las causas raíz de las fallas de los equipos. Como resultado de ello, los mismos problemas ocurren repetidamente. El historial de fallas no es fiable.	Las no-conformidades más importantes relacionadas con los equipos o maquinaria son investigadas por equipos multi-departamentales, y se están tomando las acciones correctivas para prevenir su recurrencia. Las técnicas de análisis de las causas raíz se utilizan a todos los niveles.	El límite para el análisis de las no conformidades ha sido disminuido. El historial de mantenimiento es analizado para identificar los patrones de las fallas recurrentes. Los círculos se cierran al implementar acciones preventivas.	Los patrones de las fallas y las tendencias del mantenimiento son analizadas para mejorar la efectividad en el costo del cuidado de los activos. Los datos de la 'mantenibilidad' y confiabilidad son utilizados para mejorar la confiabilidad del equipo o maquinaria.	Se utilizan técnicas estadísticas (como el análisis Weibull y las correlaciones) y el modelado de la confiabilidad junto con el monitoreo de condiciones, buscando predecir la vida útil de los equipos y para optimizar el programa de mantenimiento preventivo.

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">4. Planeación y Programación</p>	<p>Todo el trabajo de mantenimiento es reactivo – no hay una planeación a futuro de los recursos o materiales. No existen oportunidades (ventanas) definidas para el mantenimiento.</p>	<p>Se ha desarrollado un plan de mantenimiento que incluye programas de mantenimiento preventivo. Las actividades de mantenimiento y los recursos se planifican durante una reunión semanal entre mantenimiento y producción.</p>	<p>La planeación de la capacidad se realiza de forma diaria, cubriendo tanto al mantenimiento preventivo como al correctivo. Se hacen análisis de ruta crítica para los paros.</p>	<p>La mayoría del trabajo de mantenimiento se planea de forma previa (> 80%). Los repuestos y equipos están disponibles cuando son requeridos, y la maquinaria de producción está lista para su uso según lo planeado después de haber efectuado el mantenimiento. Revisiones posteriores a la planeación se llevan a cabo regularmente.</p>	<p>La mayoría del trabajo de mantenimiento se planea de forma previa (>95%), y su duración real está dentro del 10% del plan. El plan es estable y no sufre cambios. Se llevan a cabo reuniones diarias durante los paros para dar seguimiento al progreso.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">5. Gestión de la Información</p>	<p>No existen registros precisos respecto al mantenimiento. Los diagramas y manuales no están actualizados y ni controlados. La organización no entiende la importancia de la gestión de la información.</p>	<p>Los diagramas y manuales se encuentran controlados. Se utiliza un sistema simple computarizado para dar seguimiento al trabajo de mantenimiento, y utilizando órdenes de trabajo crear un historial. Se han definido KPI's de mantenimiento y se generan regularmente reportes de gestión.</p>	<p>Ningún trabajo se realiza sin una orden de trabajo y sin haber cerrado los círculos de control de la información. Todos los manuales y documentos técnicos están actualizados. Se han refinado los KPI's y los reportes, y se utiliza un sistema computarizado apropiado de mantenimiento.</p>	<p>El sistema computarizado está integrado con los sistemas de almacén, de gestión de activos y de compras. Están disponibles reportes definidos para los usuarios para su análisis y se hace un costeo por cada orden de trabajo. La mayoría de las requisiciones de trabajo se generan directamente en el sistema de cómputo.</p>	<p>Toda la información de mantenimiento se recibe de forma electrónica desde los fabricantes. El sistema de información se enlaza en línea con los sistemas expertos y de diagnóstico, para hacer en tiempo real el monitoreo de las condiciones y la predicción de fallas. Se pueden hacer preguntas en tiempo real.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">6. Gestión Temprana de la Maquinaria</p>	<p>No hay ningún vínculo entre mantenimiento y la adquisición de nuevos equipos o maquinaria, lo que resulta en la resolución reactiva de problemas.</p>	<p>La gente de mantenimiento da retroalimentación informal al departamento de proyectos respecto al desempeño de los equipos y a los requerimientos de mantenimiento.</p>	<p>El personal de mantenimiento se involucra en las especificaciones de los nuevos equipos o maquinaria y en la revisión de los diseños. Se han desarrollado algunas listas de verificación para la estandarización y la 'mantenibilidad'.</p>	<p>Existe un sistema formal para realizar aportaciones respecto a especificaciones y estándares de nuevo diseño. Se utilizan listas de verificación (documentación por fases de la revisión de proyectos) para el desarrollo y asignación de equipos o maquinaria. Con todos los equipos nuevos se suministran programas de mantenimiento preventivo basados en la confiabilidad.</p>	<p>El personal de mantenimiento forma parte de los equipos de proyectos para la maquinaria nueva. La capacitación se lleva a cabo durante los proyectos, lo que permite que las personas de mantenimiento participen en el soporte, resultando esto normalmente en un arranque vertical. El costo del ciclo de vida es considerado durante todas las propuestas de los proyectos de activos de capital.</p>

7. Capacitación y Desarrollo	<p>El personal de mantenimiento tiene habilidades técnicas básicas, pero conocimientos limitados de los equipos. Su competencia depende de la experiencia. Nadie ha tenido capacitación en los principios generales del cuidado de los activos. No se ha hecho un análisis de las necesidades de capacitación, ni existen planes de ello.</p>	<p>Se han formado equipos multi-departamentales con roles claros para el cuidado de los activos. El conocimiento de la maquinaria se obtiene a través de la capacitación en el lugar de trabajo, con una evaluación informal. Todos han sido capacitados en los principios del mantenimiento centrado en la confiabilidad, y en el análisis básico de las causas raíz.</p>	<p>Existe una matriz de habilidades y planes de capacitación para todo el personal de mantenimiento, con una evaluación formal. El enfoque está en las habilidades técnicas, la asesoría (coaching) y en el análisis estructurado de las causas raíz.</p>	<p>Cualquiera puede utilizar el sistema informático para hacer análisis y para la gestión. Las multi-habilidades están en proceso y el personal de mantenimiento puede hacer modificaciones básicas a la maquinaria.</p>	<p>El personal de mantenimiento puede analizar las tendencias de mantenimiento utilizando técnicas avanzadas de estadística e ingeniería. Ellos también pueden diseñar y modificar la maquinaria para una óptima 'mantenibilidad' y confiabilidad.</p>	
	8. Gestión de Materiales de Mantenimiento	<p>No existe una planeación o control formal de las partes de repuesto del mantenimiento. Los repuestos frecuentemente no están disponibles cuando se les requiere. Las especificaciones son imprecisas y frecuentemente se almacenan dispositivos incorrectos.</p>	<p>El almacén de mantenimiento ha sido limpiado y ordenado. Hay un mejor control y disponibilidad de las partes de repuesto.</p>	<p>Se han identificado las partes críticas de repuesto durante el análisis del RCM. Existe una estrategia y un sistema básicos de gestión de materiales. Hay información precisa disponible respecto a los repuestos.</p>	<p>Las partes de repuesto en inventario se han reducido a sólo las críticas, basándose en los riesgos y costos. Se han establecido programas de reemplazo para partes importadas y asociaciones con proveedores. El sistema de información vincula las partes de repuesto con los equipos y programas de mantenimiento.</p>	<p>Existe un vínculo directo con los proveedores de partes de repuesto para eliminar los retrasos. Los repuestos se planifican y entregan bajo el requerimiento de los equipos auto-dirigidos.</p>
		9. Instalaciones y Herramientas de Mantenimiento	<p>Las instalaciones y herramientas son inadecuadas para el mantenimiento requerido. El taller está desorganizado.</p>	<p>Se han implementado las 5S en los talleres. Se han identificado los problemas en las instalaciones y herramientas, y se ha desarrollado un plan para tratar con ellos. Se han establecido políticas y mecanismos para controlar las herramientas personales y dar seguimiento a las herramientas especiales.</p>	<p>Las instalaciones y herramientas son adecuadas para las tareas anticipadas de mantenimiento. Se han mejorado los talleres en lo concerniente a iluminación, control del ambiente y flujo de materiales. Existen almacenes descentralizados en el área de producción.</p>	<p>Se han dado diferentes cursos o talleres para apoyar el desarrollo de las multi-habilidades. Los equipos para el monitoreo de las condiciones están libremente disponibles. Las oficinas y las terminales de computadora están disponibles para todos aquellos que lo requieran.</p>

6 CONCLUSIONES

La etapa fundamental que dio base para el desarrollo del proyecto fue el hecho de haber logrado con éxito la implementación y capacitación del software ERP creado para el gremio palmero, CeniSiiC. Al día de hoy se ha logrado el uso exitoso del software en 20 plantas extractoras de aceite de palma por parte de los profesionales de mantenimiento y especialistas técnicos en mantenimiento, que han realizado la ardua labor de recopilar datos históricos a la fecha, facilitando la extracción de información que refleja el funcionamiento de los equipos y sistemas críticos presentes en las plantas. CeniSiiC se ha convertido en una aplicación intuitiva y de fácil comprensión por parte del personal en las plantas de beneficio, dadas las condiciones actuales en las que existe personal que cuya formación profesional es regular o baja. Cenipalma con su Programa de Procesamiento ha estado difundiendo a través de todo el gremio palmero, la principal característica que hace atractivo al aplicativo: a la medida de las necesidades del gremio. En contraste a opciones existentes en el mercado, como es el caso de SAP o ORACLE CMMS, utilizado en otros tipos de industrias, CeniSiiC se encuentra con constante mejora soportado en un proceso fluido de intercambio de ideas entre el gremio palmero-industrial y Cenipalma.

Se logra posteriormente visualizar el estado actual de la producción de aceite de palma/palmiste y sus subproductos, la gestión del mantenimiento y los costos asociados a mantenimiento, a través de los indicadores utilizados en el CeniSiiC. Estos resultados muestran las diversas oportunidades de mejora que tiene el gremio palmero-industrial; estas oportunidades de mejora ya conocidas previamente por el gremio mediante reuniones previas, congresos e informes de implementación en cada una de las 20 plantas visitadas, serán elementos claramente determinantes al momento de generar el plan de mantenimiento por parte de Cenipalma, proyectado a 2013-2014.

La estructura del plan de mantenimiento a sugerir en las plantas, se ha logrado primero que todo identificando cuales son aquellas partes que impactan fuertemente a la productividad la planta, aspecto desarrollado en el primer ítem de la monografía. A partir de los datos recogidos y gracias al conocimiento obtenido en mantenimiento, se decidió dejar organizada la idea de la estructuración del plan de mantenimiento basado en RCM especialmente para los activos críticos pertenecientes a los 4 módulos de las plantas de beneficio, como los son el modulo de extracción de aceite crudo de palma, modulo de recuperación de aceite, modulo de recuperación de almendra y por ultimo el modulo de extracción de aceite de palmiste. Pensando siempre en el uso del CeniSiiC como herramienta clave para la toma de decisiones a diversos niveles, particularmente a nivel de mantenimiento, se ha determinado la relación de las actividades sobresalientes del RCM a través del aplicativo, con el fin de asociar cada uno de los siete pasos de la metodología RCM al proceso de desarrollo del plan de mantenimiento.

Con el fin de perfilar la gestión de excelencia del mantenimiento hacia Clase Mundial que propende Cenipalma y sus entes asociados, se ha formulado el Partenón de la Excelencia hacia Clase Mundial, el cual está edificado sobre las mejores prácticas de clase mundial, que a su vez soportan los pilares vitales para el gremio palmero-industrial en Colombia, integrando la gestión del mantenimiento. Esta formulación podrá ser usada como derrotero para todo el proceso de mejoramiento continuo que está en marcha en las plantas de beneficio del país; proceso impulsado por Cenipalma, Fedepalma, el SENA y vigilado por diversos entes de control gubernamental en Colombia.

Finalmente se diseña una guía de implementación del plan de mantenimiento, la cual permite diagnosticar paso a paso el estado actual de la gestión del mantenimiento. Esta guía modelo será usada por Cenipalma y su Programa de Procesamiento, para la creación del plan de mantenimiento, integrando la información extraída de la estructura RCM – CeniSiiC y retroalimentando al final del proceso cada modificación y actualización al sistema de información.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCINIEGAS, Álvarez Carlos Alberto. Mantenimiento Productivo Total. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander Escuela de Ingeniería Mecánica.
- BANOS BARON, Joel Enrique. Implementación 5's en el manejo de las materias primas, repuestos y herramientas de mantenimiento de la planta de Agua Brisa. Bucaramanga, 2000, 140 p. Trabajo de grado (Especialista en gerencia de la producción y mejoramiento continuo). Universidad Industrial de Santander.
- BERNAL MUÑOZ, Edgar. Mantenimiento y mecánica. En: MANTENIMIENTO PREDICTIVO. Vol 3, No. 12 (Jun. 2002); 80 p. p.63 – 69
- CONSEJO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE COMPETENCIA LABORAL DE MÉXICO. Análisis ocupacional del mantenimiento industrial. México: Limusa, 2001. 112 p.
- DRUMMOND, Responsabilidad Social Corporativa. La Loma 2009. 50p
- DUELL, Michael y BECK, Richard. Enterprise asset performance management improves plant maintenance. Oil & Gas Journal, may 19th 2003. T101. No. 20. p. 52-61. Available from Internet: <http://proquest.umi.com/pqdweb>
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE. Anuario Estadístico 2011. Bogotá: Fedepalma, 2011.
- GOMEZ CUBILLOS, Rafael. Administración y estilos gerenciales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2006. 44p
- GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2006.

- IMAI, Masaki. Como implementar el Kaizen en el sitio de trabajo. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana, 2005.
- INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN PALMA DE ACEITE CENIPALMA, FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE FEDEPALMA. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de palma de aceite en Colombia con énfasis en oleína roja. Bogotá: Cenipalma, 2009.
- LEVITT, Joel. Basics of Fleet Maintenance. USA. Reliabilityweb.com.2010. 243p.
- MOORE, Paul. Mining Magazine, Mina Pribbenow Mine of the month .2008 30p.
- MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales ó de servicios. Medellín: AMG. 2005.
- MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Mexico: Aladon, 2004.
- MOUBRAY. Jhon. Reliability-Centered Maintenance RCM II. New York: Industrial Press Inc. 1997. 421p.
- NAKANO, Kinjiro. Planned Maintenance: Keikaku Hozen. Tokio: Japan Institute of Plant Maintenance, 2003.
- NASA. Reliability Centered Maintenance Guide or Facilities and Collateral Equipment. 2000. 1-50p
- NOWLAN. Stanley. Reliability-Centered Maintenance. San Francisco: U.S. Department of Commerce. 1978.2-30p
- ORTIZ, Daniel. Memorias Clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. ESPECIALIZACIÓN DE GERENCIA DE MANTENIMIENTO. UIS. Bucaramanga 2010
- ORTIZ PLATA, Daniel. Organizaciones del Mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM. [CD_ROM]. Bucaramanga, 2008. Posgrado gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

- PINILLA, Pablo. Sistemas de información. Bucaramanga. [CD_ROM]. Bucaramanga, 2008. Posgrado Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.
- PULIDO, Luis. Herramientas de Mantenimiento predictivo útil para equipo eléctrico. Jun 2002. No. 9. Available from Internet: <http://www.mantenimientomundial.com/articulos/9herram.asp>
- ROBAYO, Jenny y SARMIENTO, Jaime. Reingeniería de los procesos de mantenimiento en torres enfriadoras. Proyecto de grado (Especialista en gerencia de mantenimiento). Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería mecánica. Bucaramanga, 1992. 123 p.
- SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers, Inc 1999. 30p.
- SENGE, Peter M. La quinta disciplina. 4 ed. Barcelona :Juan Granica, 1996.
- AIRON & STEEL. Technology Maintenance at Minimills effective but also efficient. Indianapolis: Aistech, 2007.
- SEVERINO, Alfonso. Modelo para utilizar SAP como herramienta para operar un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad. Monografía: Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2009. 120 p.
- SHINOTSUKA, Shinitshi. PM system Corporation. [Enlínea]. Disponible en internet: <http://www.tpm-us.com/>
- SHIROSE, Kunio. TPM Para mandos intermedios de fábrica. 2 ed. Madrid: Tgm-Hoshin, 2000.
- SUZUKI, Tokutarō. TPM en industrias de proceso. Madrid: Tgm-Hoshin, 1995.