

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA
EMPRESA PADELMA LTDA. UBICADA EN EL CORREGIMIENTO DE
GUAMACHITO (ZONA BANANERA)**

**JOSE LUÍS MENDOZA GOMEZ
JAVIER RAMIRO ANDRADE TAPIAS**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA INDUSTRIAL
2010**

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA
EMPRESA PADELMA LTDA. UBICADA EN EL CORREGIMIENTO DE
GUAMACHITO (ZONA BANANERA)**

**JOSE LUÍS MENDOZA GOMEZ
JAVIER RAMIRO ANDRADE TAPIAS**

**Trabajo de Grado para Optar el Título de
Ingeniero Industrial**

**Ing. CRISTIAN PEDRAZA YEPES
Director**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTA MARTA
2010**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado

Jurado

Director de Tesis

Santa Marta, Marzo de 2010

AGRADECIMIENTOS

Debo este título principalmente a Dios por concederme el deseo que muchas noches y días enteros le pedí de brindarme la oportunidad que alguna vez había dejado a la espera para que pudiera complementar todo aquello que me había otorgado en el momento mismo de mi vida.

A mi Madre y a mi Padre por aportarme su fuerza y coraje, por heredarme su empeño y gallardía para enfrentar la vida.

A mi esposa Martha Milena por estar a mi lado siempre que lo necesite en cuerpo y alma y por saber valorar mis esfuerzos y metas trazadas.

A mis hijos Joseluis Junior y Violet Milena por ser la razón más pura para lograr un objetivo.

A mis hermanos Edith, Roselvis, Erika, Omar, Leonis, Madelen y a mis sobrinos en especial a mi sobrina Michel porque todos juntos son ejemplo de familia unida e inseparable.

Al ingeniero Cristian Pedraza por incorporar su experiencia y conocimiento en la consecución de este proyecto.

A aquellas personas que de forma directa supieron depositar en mí la confianza necesaria para alcanzar una meta.

A Eilen Suarez por su amistad y compañerismo.

Y a todos mis compañeros de estudio los cuales recordare con agrado por habernos mantenidos juntos hasta la culminación de este proceso académico.

JOSE LUIS MENDOZA GOMEZ

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme fortaleza en esta etapa en mi vida.

A mi Familia muy especialmente por su apoyo Incondicional desde el inicio de mis Estudios.

Al ingeniero Cristian Pedraza, por su asesoría y colaboración en el desarrollo del Proyecto.

A mis compañeros del programa de Ingeniería Industrial, gracias a ellos por su estímulo e interés en que siguiera con este proyecto.

A las directivas de la planta Padelma por permitirnos realizar este trabajo de campo en sus instalaciones.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma participaron de la realización del proyecto.

JAVIER ANDRÉS TAPIA

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
1. INTRODUCCION.....	10
2. JUSTIFICACION.....	12
3. OBJETIVO.....	14
3.1 Objetivo General	14
3.2 Objetivos Específicos	14
4. MARCO TEORICO	15
4.1 Mantenimiento Industrial.....	15
4.2 Tipos de Mantenimiento.....	16
4.2.1 Mantenimiento Correctivo.	16
4.2.2 Mantenimiento Preventivo.....	16
4.2.3 Mantenimiento Predictivo.....	18
4.3 Costos del Mantenimiento.....	19
4.4 Generalidades Sobre el Sector Oleaginosas - Grasas y Plantas	
Extractoras de Aceite de Palma.....	20
4.4.1 Aspectos relacionados con plantas de beneficio.....	20
4.5 Descripción de Área de Trabajo.....	21
4.6 Costos de Producción.....	21
4.7 Entradas al Proceso.....	24
4.7.1 Materia Prima.....	24
4.7.1.1 Fruto de Palma.....	24
4.7.1.2 Insumos y Recursos Naturales.....	25
4.8 Descripción Global del Proceso.....	26
4.8.1 Tecnologías.....	27
4.8.2 Etapas y Equipos del Proceso.....	28
4.8.2.1 Etapa 1. Recepción y Almacenamiento.....	28
4.8.2.2 Etapa 2 Esterilización.....	29
4.8.2.3 Etapa 3. Desfrutación.....	32
4.8.2.4 Etapa 4. Digestión.....	33
4.8.2.5 Etapa 5. Prensado.....	34
4.8.2.6 Etapa 6. Clarificación.....	36
4.8.2.7 Etapa 7. Almacenamiento.....	40
4.8.2.8 Etapa 8. Palmisteria.....	42
4.9 Planeación y Programación del Mantenimiento.....	42

4.9.1	Planeación.....	42
4.9.2	Programación.....	43
4.9.3	Políticas de Mantenimiento.....	43
4.9.4	Respecto a Componentes del Mantenimiento Planeado.....	44
4.9.5	Organización del Mantenimiento.....	46
4.9.6	Base de Datos para el mantenimiento (Sistemas de Información)..	46
4.9.7	Componentes del Sistema de Información.....	46
4.9.8	Los Estándares de Mantenimiento.....	47
4.9.9	La Codificación.....	47
4.9.10	Registro de Equipos.....	47
4.9.11	Formato de Órdenes de Trabajo.....	49
4.10	Marco Legal.....	51
5.	SITUACION ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA PADELMA LTDA.....	51
5.1	Indicadores para la Evaluación y Seguimiento del Programa de Mantenimiento Preventivo.....	58
5.1.1	Relación Costo Beneficio.....	59
5.2	Determinación de Fallos en la Prensa Filtro 2 Mediante la Herramienta Estadística Distribución de Weibull.....	61
5.3	Generación de Base de Datos de Maquinas.....	68
5.3.1	Fichas Técnicas con sus Principales Especificaciones.....	68
5.3.1.1	Capacitaciones al Personal y Políticas del Programa de Mantenimiento Preventivo.....	69
5.3.2	Diseño del Programa de Mantenimiento.....	69
5.3.2.1	Actividades de mantenimiento.....	70
5.3.3	Rutinas de Mantenimiento Preventivo Prensa 2.....	73
5.3.3.1	Ordenes de trabajo.....	73
5.3.3.2	Denominación.....	76
6.	CONCLUSIONES.....	78
7.	RECOMENDACIONES.....	79
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXO	

Lista de Tablas

	<i>Pág</i>
Tabla 1. Propiedades físico-químicas del aceite de Palma.....	27
Tabla 2. Ley para las Empresas del sector Palmicultor y afines.....	51
Tabla 3. Distribución de los costos asociados de mantenimiento correctivo	52
Tabla 4. Costos Asociados.....	53
Tabla 5. Producción de aceite rojo de palma africana	56
Tabla 6. Reducción de Costo Aplicando Mantenimiento Preventivo.....	57
Tabla 7. Diagrama de paretto (paradas imprevistas proceso de extracción.....	62
Tabla 8. Nomenclatura de Mantenimiento	67
Tabla 9. Nomenclatura de Periodicidad.....	67
Tabla 10. Implementos para realizar las labores de mantenimiento preventivo.....	69
Tabla 11. Codificación y carta de colores.....	70
Tabla 12. Código ASCII.....	71

Tabla de Figuras

Pág

Figura 1. Fruto de Palma Africana.....	24
Figura 2. Diagrama de Proceso 1	26
Figura 3. Diagrama de Proceso 2	28
Figura 4. Recepción de Fruto	29
Figura 5. Esterilizador con Entrada Superior de Vapor.....	31
Figura 6. Esterilizadores	32
Figura 7. Desfrutador.....	33
Figura 8. Digestor.....	34
Figura 9. Prensas.....	35
Figura 10. Clarificadores.....	39
Figura 11. Centrifuga.....	40
Figura 12. Tanques de Almacenamiento.....	41
Figura13. Diagrama de flujo de Palmisteria.....	41
Figura 14. Distribución de costos de mantenimiento correctivo 2009.....	52
Figura 15. Diagrama de Pareto.....	53
Figura 16. Produccion de Racimo de Fruta Fresca.....	57
Figura 17. Diagrama de Pareto para Paradas Imprevistas.....	62

1. INTRODUCCION

La organización es parte fundamental del avance de las empresas del sector agroindustrial, es así como cualquier empresa que ve en su desarrollo y productividad la esencia de su bienestar económico y solidez no descartara jamás la idea de una buena administración de los recursos, puesto que se prevé que esto será lo necesario para mantenerse en la carrera en la que solo permanecen aquellos que de una u otra manera podrán ir al corriente de los que conservan el liderazgo y más aun de los que pueden alcanzar las metas que automáticamente ven en un futuro una proyección mas allá de lo que sus cálculos han demarcado.

Una de las herramientas necesarias para poder permanecer en esta carrera económica donde la prevalencia de la especie así como sucede en el mundo natural, pero que en nuestro caso solo involucra la producción con altos niveles de calidad para que el resultado final pueda mantenerse en equilibrio de costos y además, puedan alcanzarse la misión de la empresa y la visión de la misma al cumplir los objetivos preestablecidos, los cuales resaltan darle a la infraestructura creada para tal fin las condiciones de salud industrial necesaria para su operación, así mismo podremos establecer métodos que van en pro de esta condición empresarial inicial, el mantenimiento preventivo en las empresas y agroindustrias resulta ser una forma muy práctica y de muy buenos resultados para lograr el fortalecimiento de la industria colombiana que proyectara sus productos a nivel regional, nacional e internacional, PADELMA LTDA es la empresa en cuestión con **el instrumento necesario a su disposición podrá emprender el camino a la creación** y resultado de productos competitivos, pero para que todo esto se pueda dar es necesario además de los otros instrumentos administrativos para la operación realizar un mantenimiento preventivo idóneo en el proceso para lograr la eficiencia del mismo es indispensable la planeación del trabajo y la distribución correcta de la fuerza humana logrando así que se reduzcan costos, tiempo de paro de los equipos de trabajo etc.

Desde el punto de vista económico las actividades de mantenimiento pueden agruparse en tres clases

- Mantenimiento directo. Se aplica al equipo productivo.
- Mantenimiento indirecto. Comprende las actividades de modificación o modernización del equipo, instalaciones, edificios, etc., tendentes a evitar o reducir fallas, mejorar las condiciones de operación o alargar su vida.
- Mantenimiento general. Abarca todo el trabajo de mantenimiento rutinario que se aplica a las Instalaciones, edificios y estructuras (no al equipo de producción).

- Mantenimiento de aseo. Incluye los trabajos rutinarios necesarios para conservar el equipo o el inmueble en razonables condiciones de higiene y apariencia

(Gerencia Estratégica de Mantenimiento. Aplicando Prospectiva y Cuadro de Mando Integral Miguel Antonio Ruiz)

El mantenimiento preventivo implica realizar inspecciones estar presente en la fabrica estar al corriente en los procesos poder anticipar cualquier ocurrencia de problemas agudizar los sentidos para poder conocer abiertamente los problemas y darles soluciones no esperar a que la falla ocurra sino anticiparse a esta pero esto no se logra en uno o dos meses de trabajo esto se logra con años y años de experiencia es por esta razón que si no contamos ni contaremos jamás con la experiencia y el tiempo necesario para conocer un proceso que aunque sea de igual manera en muchas fabricas similares, cada una será propia en su mantenimiento y que debemos hacer, planear, abordar temas que vallan en solución de los generados; las fabricas tienen comportamientos particulares y sus maquinarias también por muy parecido que sea el proceso nunca podrá ser igual el desarrollo vital de la maquinaria los manuales indican cuando hacer cambios de filtros, de correas, de aceite, pero no prevén otras variables como accidentes y es por esta razón que el mantenimiento no solo debe ser preventivo sino justo a la hora de presentarse una eventualidad estar preparados para el correctivo. También hay que estar preparados para esta situación pues no puede alejarse de la práctica común del departamento de mantenimiento.

2. JUSTIFICACION

La empresa Padelma Ltda. Afronta una situación consistente con la realidad actual, la de enfrentar un mercado creciente en la economía mundial, hoy en día se puede encontrar en el sector agroindustrial una serie de mecanismos y estrategias de venta que colocan a las empresas productoras en competencia, con el objetivo de ser los mejores ante sus clientes en cuanto a entrega de productos y calidad.

los volúmenes de materia bruta que se manejan en este tipo de organizaciones agro industrializadas son altos aproximadamente de 115.000 ton/año dada la demanda que encontramos, ya que la globalización de la economía mundial así lo exige, para mantenerse en éste sistema capitalizado y de alta producción se debe estar consciente de la realidad, la cual es la de ser competitivos alcanzando niveles de efectividad donde la eficiencia con su determinación del manejo desmesurado de los recursos y la eficacia para alcanzar los resultados esperados.¹

Se Puede observar la problemática en la empresa **Padelma**, que por la falta de mantenimiento preventivo, ha presentado una serie de inconvenientes, como la disminución en la producción, poca disponibilidad de los equipos, no hay una confiabilidad en la producción , por lo que ha optado por acoger un sistema de mantenimiento preventivo, para disminuir fallas en los equipos logrando de esta manera aumentar la productividad, ya que esta es la mejor forma de obtener resultados que lo coloquen como líder a nivel regional, dándole el manejo necesario en situaciones tan complejas como un stock imprevisto que ocasionan paradas irrelevantes.

Nunca faltará quien pregunte: ¿para qué implantar un programa de mantenimiento preventivo si como estamos nos hallamos bien?. Se trata de una pregunta válida, sea que provenga del presidente de la empresa o de un empleado de menor rango. Una respuesta sencilla sería que si no pudiera demostrarse que la empresa obtendría un sensible ahorro con el mantenimiento preventivo, no habría por qué adoptarlo. Pero si se la concibe, pone en obra y controla como debe ser, no hay por qué pensar que no se conseguirán sensibles reducciones del gasto e importante incrementos en la producción. Las paradas programadas de planta, constituyen una herramienta importante para la aplicación del mantenimiento preventivo.

¹ Padelma Ltda. 2009

A lo largo de la aplicación del programa o plan, se van identificando sectores de mantenimiento que por sus características involucran una parada total de la producción de la planta. En empresas que por sus características de mercado esto es impensable, estos trabajos de mantenimiento se van acumulando y agrupando con otros de similares características para ser ejecutados en un lapso de tiempo programado y estudiado, que se ha venido a llamar “parada programada de planta”.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General.

Diseñar un programa de Mantenimiento Preventivo para la Empresa Padelma Ltda. Ubicada en el corregimiento de Guamachito zona bananera (Magdalena.)

3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el actual programa de mantenimiento que posee la Empresa Padelma Ltda.
- Identificar las fallas más recurrentes del sistema de mantenimiento de la empresa Padelma Ltda.
- Crear una base datos con toda la información de las máquinas involucradas en el proceso de extracción de aceite en la empresa Padelma Ltda.
- Realizar el plan de mantenimiento preventivo para la empresa Padelma Ltda.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El mantenimiento puede definirse como la coordinación eficiente de todas las inspecciones, reparaciones, construcciones y reconstrucciones necesarias para conservar en buenas condiciones de operación todos los equipos e instalaciones en orden a conseguir una mayor producción y una mejor calidad al menor costo posible. Se puede sintetizar la misión principal de mantenimiento, como: Garantizar que el parque industrial esté con la máxima disponibilidad cuando lo requiera el cliente (interno o externo) o usuario, con la máxima confiabilidad o fiabilidad, durante el tiempo solicitado para operar, con las velocidades requeridas de los equipos, en las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente por el demandante, para producir bienes o servicios que satisfagan necesidades, deseos o requerimientos de los compradores o usuarios, con los niveles de calidad, cantidad y tiempos solicitados, en el momento oportuno al menor costo posible y con los mayores índices de productividad y competitividad posibles, para optimizar su rentabilidad y generar ingresos, involucrar siempre el mejoramiento continuo en todas las facetas, al utilizar las mejores prácticas internacionales y científicas, centrado en el servicio al cliente con la mayor oportunidad, por razón de la investigación y el desarrollo de la tecnología de mantenimiento con base en la ciencia, al establecer habilidades y competencias, con la administración de sistemas de costeo que permitan una facturación adecuada a precios mas competitivos que los del medio y tener en cuenta la posibilidad de subcontratación en mantenimiento².

El área de mantenimiento ha venido recibiendo un aumento en su atención por las siguientes razones:

- Los beneficios de producción en departamentos mecanizados o automatizados, dependen en gran parte de la calidad del mantenimiento.
- Los gastos de mantenimiento son en total un porcentaje muy reducido de las ventas de la compañía.
- Desde el punto de vista de mejora de costos, el mantenimiento ofrece el mayor retorno en dinero por cada peso invertido en mejoras. El mantenimiento es pues, una parte vital de los beneficios diarios en la industria. Mucho dinero puede ser ahorrado para el sostenimiento de la compañía y su total economía competitiva, si se aprende a usar correctamente las herramientas de dirección. Es necesario

² (Mora, 2006).

hacer un completo análisis de los problemas y emplear el tiempo y el dinero necesarios para lograr la solución. El alcance de un programa de mantenimiento es influenciado por varios factores, a saber: cultura gerencial, tamaño y ubicación de la planta, productos manufacturados, tipos de maquinas usadas, procesos de manufactura y equipo empleado y otros varios elementos. El mantenimiento en cada fabrica es diferente, debido a las diferencias fundamentales en tipo, modelo, edad de la maquinaria, así como en la calificación de la mano de obra, de producción y de mantenimiento, rotación del personal, política de la fabrica, ritmo de producción, etc., sin embargo se pueden emplear normas básicas que permitan elaborar y poner en acción un plan de mantenimiento que se adapte a las condiciones y necesidades especificas de cualquier planta (Kerguelen, 2001).

4.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

4.2.1 Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de los equipos y el encargado de las reparaciones el personal de mantenimiento. El principal inconveniente con que nos encontramos con este tipo de mantenimiento, es que el usuario detecta la avería en el momento que necesita el equipo, ya sea al ponerlo en marcha o bien durante su utilización. En muchos casos, con el fin de obtener un mayor rendimiento del equipo, el usuario no dará parte de la avería hasta que esta le impida continuar trabajando (Navarro y otros,1997).Las averías se pueden producir en cualquier momento y es posible que no se tenga el personal requerido para afrontar el problema, con lo cual se aumentará la no disponibilidad del equipo. En el caso contrario tener personal de exceso para afrontar cualquier avería imprevista supone un aumento en los gastos. Otra desventaja es que no se tiene un seguimiento de los equipos durante su funcionamiento, solamente se tiene contacto con el a la hora de reparar.

4.2.2 Mantenimiento preventivo.

³El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos, con el fin de detectar condiciones y estados inadecuados de los elementos que puedan ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el mantenimiento adecuado de la planta para evitar tales condiciones,

³ (Martínez, 1979, 2).

mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están aún en estado inicial de desarrollo

⁴El mantenimiento preventivo tiene por misión conocer el estado actual, por sistema, de todos los equipos y programar así, el mantenimiento correctivo en el momento más oportuno. (Navarro y otros, 1997, 32). Comprende todas las acciones sobre revisiones, modificaciones y mejoras; dirigidas a evitar averías y las consecuencias de estas en la producción (Rey, 1996, 66). La razón para implementar un programa de mantenimiento preventivo es obtener un ahorro sensible en los costos de producción y la entrega oportuna de los productos o servicios a los clientes, al igual que la protección de los activos fijos. Este ahorro de costos puede asumir distintas formas:

- Menor tiempo perdido como resultado de menos paros de maquinaria por averías o fallas.
- Mejor conservación y duración de las cosas, por no haber necesidad de reponer equipos antes de tiempo.
- Menor número de productos rechazados, repeticiones y desperdicios, como resultado de una mejor condición general del equipo.
- Menos reparaciones a gran escala, ya que son prevenidas mediante reparaciones oportunas y de rutina.
- Mejores condiciones de seguridad
- Mejor tiempo de entrega de productos y servicios a los clientes. Igualmente hay que tener en cuenta que existen algunas circunstancias que se deben analizar y si es del caso evitar, a la hora de la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, y son las siguientes:
 - Cambios innecesarios: Al alcanzarse la vida útil de un elemento se procede a su cambio, encontrándose muchas veces que el elemento que se cambia, permitiría ser utilizado durante un tiempo mas prolongado. En otros casos, ya con el equipo desarmado se observa la necesidad de aprovechar para realizar el reemplazo de piezas menores en buen estado, cuyo costo es escaso frente al correspondiente de desarme y armado, con el objetivo de prolongar la vida del conjunto. Estamos ante el caso de una anticipación del reemplazo o cambio prematuro.
 - Problemas iniciales de operación: Cuando se desarma, se montan piezas nuevas, se rearma y se efectúan las primeras pruebas de funcionamiento, pueden aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha.
 - Costo en inventarios: El costo en inventarios sigue siendo alto aunque previsible, lo cual debe ser tenido en cuenta para desarrollar una mejor gestión.

⁴ (Newbrough, 1982, 7)

- Mano de obra: Se necesitará contar con mano de obra intensiva y especial para periodos cortos para efectos de liberar el equipo al servicio lo más rápidamente posible.

- ⁵Mantenimiento no efectuado: Si por alguna razón, no se realiza un servicio de mantenimiento previsto, se alteran los periodos de intervención y se produce un degeneramiento del servicio. Si optamos por ese tipo de mantenimiento, debemos tener en cuenta que: un bajo porcentaje de mantenimiento, ocasionará muchas fallas y reparaciones y por lo tanto se puede presentar un elevado lucro cesante. Por el contrario, un alto porcentaje de mantenimiento, ocasionará pocas fallas y reparaciones pero generará demasiados periodos de interferencia de labor entre mantenimiento y producción

- Un excelente sistema de comunicación e información a todos los niveles.
- Un buen manejo de los recursos físicos y los potenciales humanos.

En mantenimiento productivo se basa en el principio fundamental de que toda persona cuyo trabajo tenga algo que ver con un equipo, debe estar involucrada en su mantenimiento y administración.

4.2.3 Mantenimiento predictivo.

La mayoría de las fallas se producen lentamente y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de una futura falla, los cuales pueden advertirse simplemente. En otros casos, es posible advertir la tendencia a entrar en falla de un bien, mediante el monitoreo de condición, es decir, mediante la elección, medición y seguimiento de algunos parámetros relevantes que representan el buen funcionamiento del bien en análisis. En otras palabras, con este método, se trata de seguir la evolución de las futuras fallas a través de un diagnóstico que se realiza sobre la evolución o tendencia de una o varias características mensurables y su comparación con los valores establecidos como aceptables para dichas características. Por ejemplo, puede ser: la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, el aislamiento eléctrico, los ruidos y vibraciones, la rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad, de impurezas y de cenizas en aceites aislantes, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc. Los aparatos e instrumentos a utilizar son de variada naturaleza y pueden encontrarse incorporados en los equipos de control de procesos (automáticos), a través de equipos de captura de datos o mediante la operación manual de instrumental específico. Actualmente existen aparatos de medición sumamente precisos, que permiten analizar ruidos y vibraciones, aceites aislantes o espesores de chapa, mediante las aplicaciones electrónicas en equipos de

⁵ (Kerguelen, 2001).

ultrasonido, cromatografía líquida y gaseosa, y otros métodos. El seguimiento de estas características debe ser continuo y requiere un registro adecuado. Una de sus ventajas es que las mediciones se realizan con los equipos en marcha, por lo cual, en principio, el tiempo de paro de máquinas resulta menor.

4.3 COSTOS DEL MANTENIMIENTO

Costos fijos. Su principal característica es que son independientes del volumen de la producción y de las ventas, en el caso del mantenimiento están compuestos principalmente por la mano de obra y los materiales necesarios para realizarlo.

Costos variables. Estos costos son proporcionales a la producción realizada para el mantenimiento; hacen parte de estos costos básicamente la mano de obra y los materiales necesarios para el mantenimiento.

Costos financieros. Los costos financieros para el mantenimiento se deben principalmente al valor de los repuestos del almacén. Si los recambios son utilizados frecuentemente y la inversión contribuye a mantener la capacidad productiva de la instalación, este se constituye en un costo que a la larga será beneficioso.

Costo de fallo. Este costo se refiere al costo o pérdida de beneficio que la empresa soporta por causas directamente relacionadas con el mantenimiento. Su volumen puede ser incluso superior a los costos mencionados anteriormente, estos costos se deben principalmente a:

- Pérdidas de materia prima
- Descenso de la productividad de la mano de obra del personal de producción mientras se realizan las reparaciones.
- Pérdidas energéticas por malas reparaciones o por no realizarlas, fugas de vapor, aislamientos térmicos defectuosos, etc.
- Rechazo de productos por mala calidad
- Producción perdida durante la reparación, menores ventas, menores beneficios.
- Averías medioambientales que pueden suponer riesgo para las personas o para la instalación, daños humanos, primas de seguro, imagen, etc.
- Costos indirectos, amortizaciones
- Pérdidas de imagen, ventas imagen.

El costo de fallo en empresas productivas será mayor cuanto mayor sea la automatización, el costo de fallo se podría simplificar como la suma de los costos fijos durante el tiempo de la reparación más el beneficio que se deja de obtener en este mismo periodo.

4.4 Generalidades sobre el sector oleaginosas-grasas y plantas extractoras de aceite de palma.

4.4.1 Aspectos relacionados con plantas de beneficio

En la primera mitad del siglo XX, varias compañías europeas dentro de las que se destacan *STORK – Ámsterdam* de Holanda y *Usine de Wecker* de Luxemburgo comienzan el desarrollo de instalaciones industriales para el aceite de palma en Malasia, Indonesia y en el África ecuatorial. Sin embargo, con el inicio y rápido crecimiento de los cultivos de Palma en Latinoamérica; estas compañías son invitadas a participar en el suministro de equipos y la construcción de plantas en la región. En Colombia surgen plantas extractoras construidas bajo estas tecnologías como *Indupalma, Coldesa y Patuca*.

Teniendo como base el modelo STORK en plantas de beneficio, algunos fabricantes de equipos nacionales comienzan a desarrollar equipos para plantas extractoras adaptando los modelos al entorno nacional. Se destaca principalmente el aporte realizado por Gerard Müller, Ingeniero Alemán que dirigía en ese entonces la compañía Frick Industrias Metálicas Ltda. Müller es el encargado de adaptar muchos de los diseños de STORK y Usine de Wecker para construir plantas de pequeña capacidad (Aproximadamente entre 500kg/h y 3 Ton/h).

Con el nacimiento de **CENIPALMA** en Colombia comienza la consolidación y el intercambio de información, que promueve el mejoramiento continuo y permite que las plantas extractoras locales logren mayores eficiencias de extracción que incluso las reportadas por Malasia e Indonesia.

Hoy en día, se reconoce el potencial que tienen las plantas extractoras de aceite para convertirse en **verdaderos complejos industriales con productos de gran diversidad y alto valor agregado**, maximizando la eficiencia en todos sus procesos⁶.

⁶ Fedepalma, Seminario sobre procesos modernos de plantas extractoras, Santa Marta Colombia, del 11 al 15 de Agosto de 2008. compilación realizada por los ingenieros Guillermo Bernal y Germán Cala.

4.5 Descripción de Área de Trabajo

El proceso de extracción de aceite crudo de palma está constituido por siete etapas básicas: recepción, esterilización, desfrutado, extracción, clarificación, centrifugación y almacenamiento.

- **Recepción:** Tolvas, Vagonetas.
- **Esterilización:** autoclaves y vagonetas (salida)
- **Desfrutamiento:** vagonetas, cabestrante, puente grúa, Desfrutador.
- **Extracción:** sinfín alimentador, digestores, motores, reductores, prensas, bomba hidráulica, bomba centrífuga, tableros de control, sin fin transportador de torta.
- **Clarificación:** clarificadores Centrifugación: Centrifuga de lodos.
- **Almacenamiento:** Tanques cilíndricos. La etapa de extracción está compuesta por los subprocesos de digestión y prensado. Los equipos que forman parte de estos mencionados utilizan componentes semi-automáticos, hidráulicos, mecánicos y eléctricos Tales como:
- **Digestión:** Digestores, Moto reductores, Motores, Reductores, Sinfín alimentador
- **Prensado:** Prensas, Bomba hidráulica Motores Reductores, Bomba centrífuga, Tableros de control, Sin fin transportador de torta.

Nota: para detalles de capacidad e información de interés remitirse a el archivo adjunto hoja Excel maquinarias y equipos, CD1(Programa de Mantenimiento Preventivo Padelma Ltda.)

4.6 Costos de Producción:

En el sector de aceite de palma en el que no se puede controlar el precio del mercado, (ya que es dictado por los factores de oferta y demanda de los mercados internacionales) la estrategia para aumentar la competitividad se basa generalmente en la reducción de costos. De acuerdo a estudios y estadísticas realizadas por Fedepalma, el sector en relación con los países competidores se encuentra en desventaja ya que registra los costos de producción más altos como a continuación lo resalta la siguiente fuente:

En 1998, Fedepalma encargó a la firma inglesa LMC International, la realización de un estudio sobre los **costos de producción** en Colombia en las diferentes regiones de producción y su perfil comparativo con los países líderes, Malasia e

Indonesia. En ese estudio, trabajado con el modelo de LMC, quedó demostrado que los costos de producción en Colombia para la producción del aceite de palma crudo; son relativamente superiores al promedio del costo de producción de los líderes.⁷

Los cálculos de Fedepalma indican que el costo de producir una tonelada de aceite de palma en Colombia pasó, en promedio, de 379 a 512 dólares, de 2003 a 2006, registrando un crecimiento del 35%. Con respecto a los costos promedio de Malasia, uno de los líderes en la producción mundial de la oleaginosa, esto significa que pasamos de ser 1,4 veces a 1,9 veces más costosos para producir en este período.⁸

El costo promedio de producción de una tonelada de aceite de palma en Colombia fue de USD354 en 2004/2005. En contraste, el costo en Malasia e Indonesia fue de USD246 y USD158, respectivamente. Las mayores diferencias se presentan en las siguientes fases de la producción: el mantenimiento del cultivo y de la planta, debido en gran parte al costo de la mano de obra y a la búsqueda de personal especializado para la configuración de los equipos. Estos costos se distribuyen de la siguiente forma:

En el 2005: costo fijo 46,2%; costo variable 35,0% (mano de obra, combustible, mantenimiento y repuestos) y el costo administrativo 18,8%.⁹

“FEDEPALMA promoverá entre los productores el aumento y la optimización del uso de la capacidad instalada de las plantas de beneficio. El objetivo es aumentar la capacidad promedio de extracción por planta de 18 a 32 toneladas de fruto fresco por hora en el 2010.

Asimismo, FEDEPALMA promoverá la fusión y ampliación de las plantas extractoras a la escala de los núcleos productivos. Con este fin, el MADR y FEDEPALMA realizarán estudios de factibilidad que permitan determinar para cada zona productora la localización y escala adecuada de las plantas de beneficio”¹⁰

Así mismo, en aras de mejorar la competitividad del sector, el Centro de Investigación en Palma de Aceite (CENIPALMA) ha contribuido enormemente con

⁷ *Acuerdo Regional de Competitividad Cadena de Aceite de Palma*, Colección documentos IICA serie competitividad No. 21. Bucaramanga, junio de 2001.

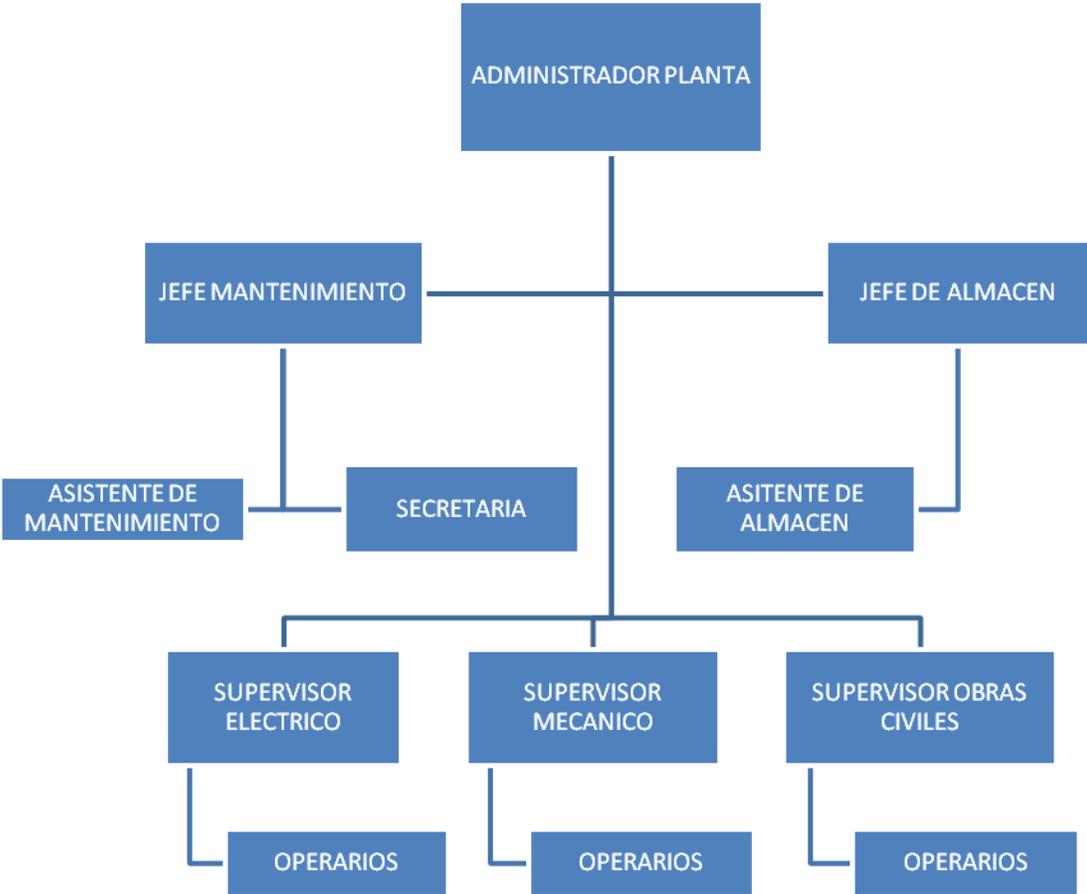
⁸ *Impacto de la revaluación del peso en el sector palmero*. Palmas. Volumen 28 No. 2 - 2007

⁹ *CONPES No. 3477*. Op. Cit. Pág. 9

¹⁰ *Ibíd.*, Pág. 16

sus estudios, en razón al cambio tecnológico liderado. La productividad promedio de las empresas palmeras ha pasado de 2,5 toneladas de aceite por hectárea en los años noventa a 4,2 en 2005. Es decir, que si el sector no se hubiera decidido a invertir en investigación hoy en día, sin duda, la productividad sería menor. Sin embargo, existe un margen adicional para aumentarla aun más, lo cual, aunado a otras acciones, permitirá reducir los costos de producción y mejorar la competitividad de la agroindustria.¹¹

Organigrama de la planta extractora de aceite de palma africana PADELMA LTDA



Fuente Elaboración Padelma Ltda.

¹¹ *La investigación, soporte fundamental para la competitividad del sector palmero*. Palmas. Volumen 27 No. 3, 2006

4.7 ENTRADAS AL PROCESO.¹²

Las entradas al proceso se clasifican en Materias Primas, Insumos y Recursos Naturales.

4.7.1 Materias Primas.

Como es obvio, el fruto de la Palma Africana es la materia prima para el proceso de extracción de aceite de Palma, sometiéndolo a un prensado y a una clarificación posterior.

La Palma africana, o palma de aceite es una planta de carácter perenne y se presenta en grandes racimos que pueden tener cada uno entre 800 y 4000 frutos. Los racimos pueden pesar entre 18-22 kg en promedio cuando la palma está en etapa productiva (10-15 años de vida). Los racimos libres de frutos, se denominan Raquis o Tusas, siendo uno de los residuos sólidos más importantes en la extracción de aceite de palma. La siguiente figura muestra el fruto de la palma.

Figura 1. Fruto de palma africana



Fuente:

http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311501/311501_mp.htm#Almendra

4.7.1.1 Fruto de palma

- Mesocarpio: Parte carnosa donde se almacena el aceite de consumo humano; se encuentra atrapado en las fibras (celulosa) de la fruta. Dependiendo de la variedad de la fruta, IRHO, PAPUA, TENERA, DURA O

¹² http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311501/311501_free.htm

CAMERON tendrán un determinado contenido, por ejemplo un fruto produce entre 23-24 % de aceite y un fruto Papúa hasta un 26 %.

- Nuez: Es la corteza o cuesco que contiene la almendra.
- Almendra: De la cual se extraen el aceite de palmiste (aproximadamente 40%) y la torta de palmiste (50%) como subproductos. El aceite de palmiste gracias a su gran cadena carbonada es útil en la fabricación de detergentes, glicerina, cosméticos entre otros, aunque también se usa para consumo humano.

4.7.1.2 Insumos y Recursos Naturales.

Agua. El principal recurso natural consumido en una planta extractora de aceite de palma es el agua, la cual es tomada directamente de ríos, quebradas o pozos subterráneos, para luego someterla a tratamientos químicos y físicos de acuerdo con su posterior utilización.

La mayoría del agua consumida se emplea en clarificación, donde el agua es usada como medio de dilución para separar las impurezas y lodos del aceite después del prensado. Los usos del agua en una planta extractora de aceite son:

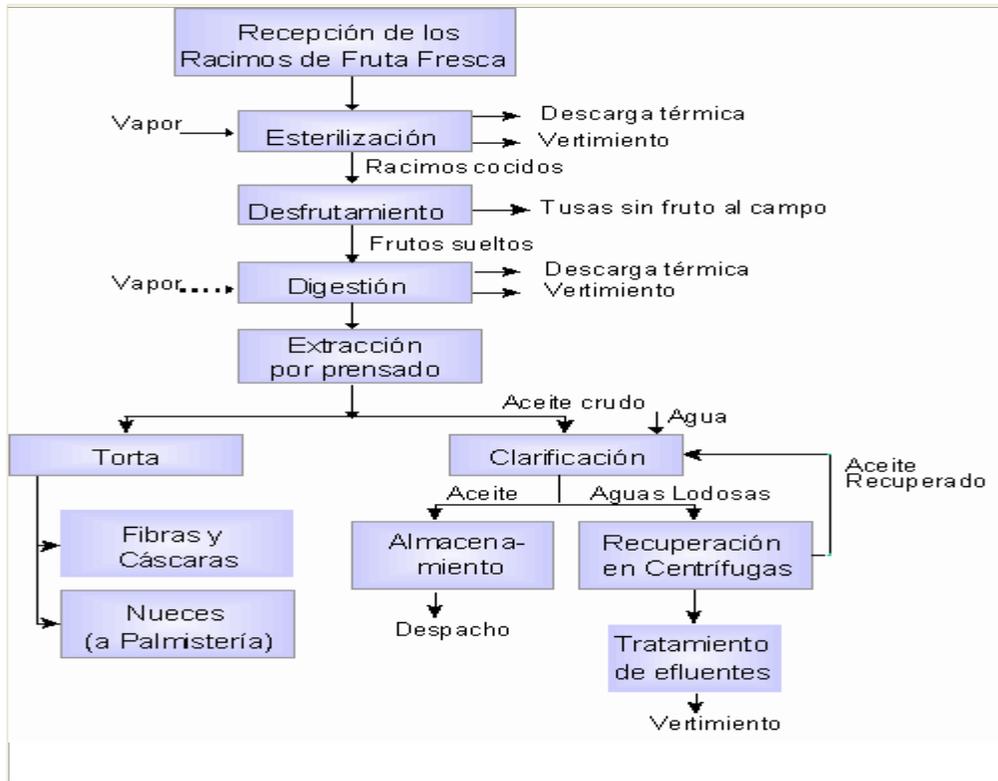
- Agua de dilución
- Generación de vapor.
- Sistema de vacío para el secador de aceite (28% de las plantas colombianas poseen este sistema).
- Lavado de equipos.
- Uso doméstico (consumo humano, lavado de instalaciones, etc.)

Aire. El aire es usado en la sección de palmistería, para secar las nueces y las almendras. Su consumo no es muy alto. Así mismo, se consume aire para el proceso de combustión.

Combustible. El combustible utilizado en la industria del aceite de palma es la fibra, y, a veces, la cascarilla. Su consumo depende del tamaño de la planta y del manejo y control de las líneas de vapor.

4.8 DESCRIPCION GLOBAL DEL PROCESO.

Figura 2: Diagrama de proceso 1.



Fuente: http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311501/311501_free.htm

En la extracción por prensado, la fruta es sometida, mediante efectos de presión y temperatura a los procesos de esterilización, desfrutamiento, digestión, prensado y clarificación.

La esterilización se hace con vapor de agua para facilitar los procesos subsiguientes; el condensado del vapor de agua constituye el primer vertimiento y el vapor de agua no condensado se descarga a la atmósfera. Los frutos esterilizados son separados de las tusas que los contienen y luego pasan al digestor donde se les inyecta vapor para acondicionarlos para el prensado. Este vapor condensado constituye otro vertimiento y el no condensado una descarga térmica aérea.

La fruta es prensada para extraer el aceite, que se mezcla con agua y finalmente es enviado al proceso de clarificación. La clarificación es indispensable ya que el aceite va acompañado de grandes cantidades de masa celular y agua. La torta, en

el caso de la palma, contiene fibras y nueces, las primeras son secadas y alimentadas a la caldera aprovechándola como fuente de energía, mientras que las nueces sin cáscaras, llamadas almendras, son sometidas al proceso de extracción para obtener el aceite de Palmiste.

4.8.1 TECNOLOGIAS

- Tecnología de Extracción de aceite vegetal por prensado sin centrifugación
- **Tecnología de Extracción de aceite vegetal por prensado con centrifugación**
- Tecnología de Extracción de aceite vegetal con solventes por percolación
- Tecnología de Extracción de aceite vegetal con solventes por inmersión

Productos.

Aceite de Palma: Se compone de alrededor de 50% de ácidos saturados (esencialmente palmítico) y 50% de ácidos grasos insaturados (ácido oleico y linoléico). Difiere mucho de otros aceites vegetales como el de girasol o de soya, que se componen principalmente de ácidos grasos insaturados, y de los aceites de palmiste y coco, que contienen esencialmente ácidos grasos saturados. El color rojizo característico del aceite crudo es debido a los carotinoides liposolubles (0.05 - 0.2 %), que también son responsables del contenido elevado en provitamina A del aceite de Palma. Sin embargo, en la mayor parte de los casos en que es utilizado dentro de productos comestibles, el aceite es decolorado y este proceso de refinado destruye la provitamina A.

Algunas propiedades físico-químicas del aceite de palma son mostradas en la tabla:

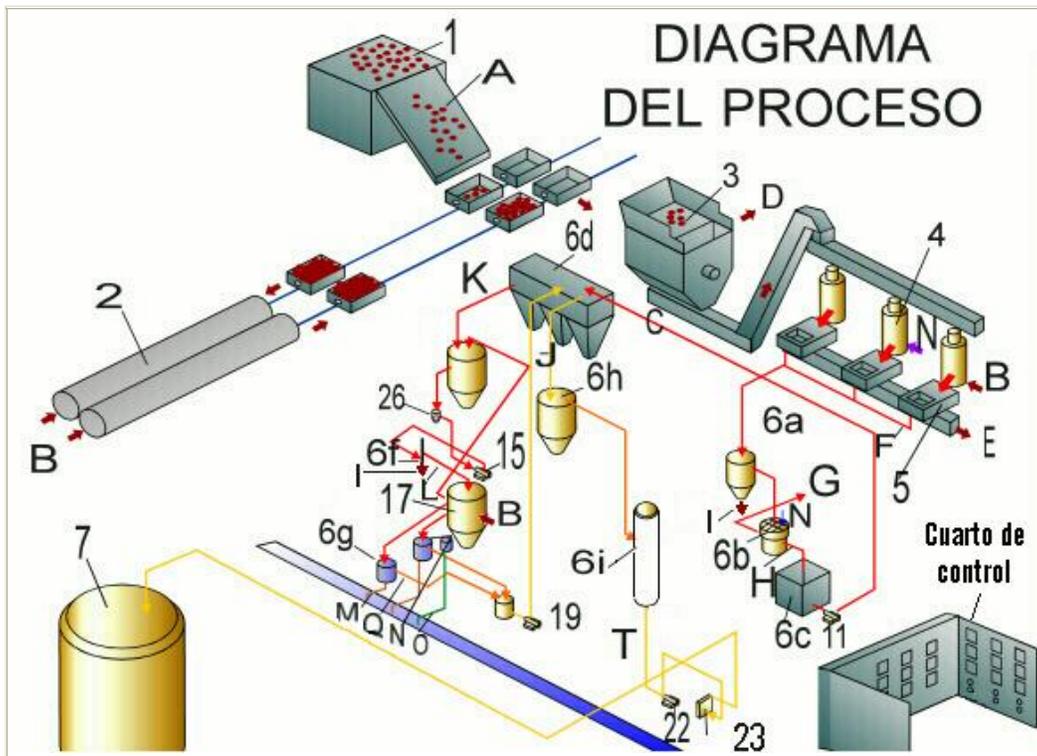
Tabla 1. Propiedades físico-químicas del aceite de Palma.

Densidad (50°C)	0,893 g/ml
Índice Refracción (60°C)	1,4510
Índice Yodo	196,4 - 206
Índice Saponificación	34,2 - 58,5

Fuente: Elaboración Propia

4.8.2 ETAPAS Y EQUIPOS DEL PROCESO.

Figura 3: Diagrama del proceso 2.



Fuente: http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311501/311501_ee.htm#ETAPAS%20Y%20EQUIPOS%20DEL%20PROCESO.

El objetivo fundamental de una Planta Extractora es evitar las pérdidas de aceite en el proceso y conservar la calidad del aceite recibido contenido en el fruto. Es importante reconocer que la calidad y la cantidad del Aceite se producen en el campo, pero, es función de la Planta Extractora contribuir a preservar estas cualidades.

4.8.2.1 Etapa 1. Recepción y Almacenamiento.

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

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 canasta de esterilización es de 1.3 tRFF.

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.

Figura 4: Recepción de fruto



Fuente: elaboración propia

4.8.2.2 Etapa 2. Esterilización.

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 Kg/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.

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 la 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 está maduro varía entre 45-50 minutos. y si está sobre maduro se dará entre 20-35 minutos. En esta etapa la generación de

condensados en menor gracias a que ya se ha alcanzado el equilibrio térmico.

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

Equipos.

FIGURA 5: Esterilizador con entrada superior de vapor



Fuente: http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311501/311501_ee3.htm

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; en nuestro caso de 1.3 toneladas de capacidad cada una y el número de canastas por esterilizador ± 4 y 12; la extractora tiene en su proceso 3 autoclaves horizontales con una capacidad instalada de $\Phi 1700 \times 24$ mts long - 13 ton/h - c/u

Ver Figura 5: 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 6: Esterilizadores



4.8.2.3 Etapa 3. Desfrutación.

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 (C) de las tusas (D) al golpearse con los barrotes que el tambor posee en su interior. Las tusas o racimos libres de frutos son acomodados en zorras y llevados 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 son 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 barrotos rotatorio.

Figura 7: Desfrutador



Fuente: Elaboración propia

4.8.2.4 Etapa 4. Digestión.

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.

Figura 8: Digestor



Fuente: Elaboracion propia

4.8.2.5 Etapa 5. Prensado.

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 es de 10 y 5.5 ton/h respectivamente.

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 10 Ton RFF/hora. Aceite promedio en fibras base húmeda 5.83 %
- Prensas doble tornillo: Capacidad promedio 10.0 Ton RFF/hora. Aceite promedio en fibras base húmeda 4.56 %

La extractora utiliza en su proceso tres (3) prensas de doble tornillo de fabricación colombiana y diseño malayo con una capacidad de prensado de 10 y 5.5 ton/h respectivamente AVM 30 Hp- 885 RPM Siemens y Sudeim 18 Hp1140RPM-Siemens para un total de prensado de 25.5 tRFF/h acentuando en esta etapa un alto índice de criticidad para el proceso.

Figura 9: Prensas



Fuente: Elaboracion propia

4.8.2.6 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 (I) 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 mesh.
- **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 Pre calentadora: 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 (l) 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 deslodadoras 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.

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 troncos pirámides 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.

Figura 10: clarificadores



Centrífugas Deslodadoras.

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 deslodadoras más comúnmente usadas en las Plantas Extractoras son la Alfa-Laval 4-101, la Stock 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.

Figura 11. Centrifuga



Fuente: Elaboración Propia

4.8.2.7 Etapa 7. Almacenamiento.

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.

Figura 12. Tanques de Almacenamiento



Fuente Elaboración Propia

Figura 13: Diagrama de flujo de Palmisteria



Fuente: http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311501/311501_ee1.htm#.

4.8.2.8 Etapa 8. Palmistería.

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.

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 rompenueces, 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.

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.

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

4.9 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

4.9.1 Planeación.

La planeación en el contexto del mantenimiento se refiere al proceso mediante el cual se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo. El proceso de planeación comprende todas las funciones relacionadas con la preparación de la orden de trabajo, lista de

materiales, la requisición de compras, los planos y dibujos necesarios, la hoja de planeación de mano de obra, los estándares de tiempo y todos los datos necesarios antes de programar y liberar la orden de trabajo.

Es necesario que este ítem responda a estos interrogantes:

¿Qué se debe hacer?

¿Cuándo se debe hacer?

¿Quién lo debe hacer?

¿Cómo lo debe hacer?

4.9.2 Programación.

La programación del mantenimiento es el proceso mediante el cual se acoplan los trabajos con los recursos y se les asigna una secuencia para ser ejecutados en ciertos puntos del tiempo; básicamente un programa puede prepararse en tres niveles dependiendo de su direccionamiento, es decir hacia donde se quiere llegar con el:

El programa a corto a mediano plazo o, que cubre un periodo de tres a nueve meses.

El programa semanal.

El programa diario que cubre el trabajo que debe completarse cada día.

4.9.3 Políticas de Mantenimiento.

Cuando se pone en práctica una política de mantenimiento, esta requiere de la existencia de un plan de operaciones, el cual debe ser conocido por todos y debe haber sido aprobado previamente por los responsables de la organización. Este plan permite desarrollar paso a paso una actividad o programa en forma adecuada y sistemática, en un lugar, fecha, y hora conocido. A continuación se enumeran algunos ítems que el plan de operaciones no puede omitir:

Determinación del personal que tendrá a su cargo el mantenimiento, esto incluye el tipo, especialidad, y cantidad de personal.

Determinación del tipo de mantenimiento que se va a llevar a cabo. **(Preventivo)**

Fijar fecha y el lugar donde se va a desarrollar el trabajo.

Fijar el tiempo previsto en que los equipos van a dejar de producir, lo que incluye la hora en que comienzan las acciones de mantenimiento y la hora en que deben finalizar.

Determinación de los equipos que van a ser sometidos a mantenimiento, para lo cual debe haber un sustento previo que implique la importancia y las consideraciones tomadas en cuenta para escoger dichos equipos.

Señalización de áreas de trabajo y áreas de almacenamiento de partes y equipos.
Stock de equipos y repuestos con que cuenta el almacén, en caso de ser necesario reemplazar piezas viejas por nuevas.

Inventario de herramientas y equipos necesarios para cumplir con el trabajo.

Planos, diagramas, información técnica de equipos.

Plan de seguridad frente a imprevistos.

Luego de desarrollado el mantenimiento se debe llevar a cabo la preparación de un informe de lo actuado, el cual entre otros puntos debe incluir:

Los equipos que han sido objeto de mantenimiento.

El resultado de la evaluación de dichos equipos.

Tiempo real que duro la labor.

Personal que estuvo a cargo.

Inventario de piezas y repuestos utilizados.

Condiciones en que responde el equipo (reparado) luego del mantenimiento.

Recomendaciones y reporte.

Se resalta que en una empresa existen áreas o dependencias, una de las cuales se encarga de llevar a cabo las operaciones de planeamiento y realización del mantenimiento (en algunos casos esta área esta subestimada y suborganizada), esta área es denominada comúnmente como departamento de mantenimiento, y tiene como deber principal instalar, supervisar, mantener, y cuidar las instalaciones y equipos que conforman la fábrica.

4.9.4 Respecto a Componentes del Mantenimiento Planeado.

El mantenimiento planeado se refiere al trabajo de mantenimiento que se realiza con una previsión, control y registros por adelantado. Incluye toda la gama de tipos de mantenimiento y se aplica a las estrategias de reemplazo, mantenimiento preventivo y correctivo. Se caracteriza por lo siguiente:

- La política de mantenimiento se ha establecido cuidadosamente.
- La aplicación de la política se planea por adelantado.
- El trabajo se controla para que se ajuste al plan original.
- Se recopilan, analizan y utilizan datos que sirvan de guía a las políticas de mantenimiento futuras.

A continuación se presentan algunos pasos o elementos para la planeación del mantenimiento:

Respecto a la Administración del Plan:

El primer paso en el desarrollo de un programa completo de mantenimiento planeado consiste en reunir una fuerza de trabajo que inicie y ejecute el plan. Se designará a una sola persona como jefe de la fuerza de trabajo, además de que es esencial el compromiso de la dirección para el cumplimiento exitoso del plan. Después de anunciar el plan y formar la organización necesaria para el mismo, la fuerza de trabajo deberá emprender la tarea de conformar el programa.

Especificación o desglose del Trabajo:

La especificación del trabajo es un documento que describe el procedimiento para cada tarea. Su intención es proporcionar los detalles de cada tarea en el programa de mantenimiento. La especificación del trabajo deberá indicar el número de identificación de la parte (equipo), ubicación de la misma, referencia del programa de mantenimiento, número de referencia de especificación del trabajo, frecuencia del trabajo, tipo de técnicos requeridos para el trabajo, detalles de la tarea, componentes que se van a reemplazar, herramientas y equipos especiales necesarios, planos de referencia, y manuales y procedimientos de seguridad a seguir.

Definición de Programa de Mantenimiento:

El programa de mantenimiento es una lista donde se asignan las tareas de mantenimiento a períodos de tiempo específicos. Cuando se ejecuta el programa de mantenimiento, debe realizarse mucha coordinación a fin de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción. Esta es la etapa en donde se programa el mantenimiento planeado para su ejecución.

Control y verificación del Programa:

Se hace indispensable dejar en claro que el programa de mantenimiento preventivo debe ejecutarse según se ha proyectado y planeado. Lo que se recomienda es una vigilancia estrecha para detectar cualquier anomalía o irregularidad con respecto al programa de mantenimiento o proceso a fin.

4.9.5 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Una adecuada gestión del mantenimiento únicamente puede ser posible con un excelente sistema de información que le de soporte. Entre otras cosas Porque, asegura o provee dato o datos precisos en el instante oportuno, es fuente para el análisis estadístico y obtención de los indicadores de gestión y costos del sistema de mantenimiento vigente; facilita la presentación de informes y contribuye al control continuo de las posibles desviaciones de los objetivos trazados en las políticas gerenciales del mantenimiento.

Vale la pena aclarar Como todo sistema de organización e 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 de hoy, pero si cuanto se ha invertido en mantenimiento en lo que va corrido del año y cuál es el equipo que más ha participado en ello, además de poder realizar diagnósticos certeros sobre el estado de cada equipo.

Para obtener todos los datos anteriormente mencionados se debe realizar una organización de mantenimiento, de donde se pueda obtener información acerca de los equipos de una organización.

Dentro de la organización del mantenimiento se debe llevar un archivo el cual debe llevar varios compartimientos en los cuales se clasifique la información según los equipos, secciones o cualquier otro sistema que se requiera de acuerdo a la documentación obtenida.

4.9.6 Base de Datos para el mantenimiento (Sistemas de Información)

Los sistemas de información son aquellos registros y documentos donde se recopilan datos importantes de un proceso, una actividad o un equipo, todos ellos facilitan la organización de un departamento, en este caso mantenimiento. Cabe anotar que esta documentación debe tener una cuidadosa manipulación para su conservación.

4.9.7 Componentes del Sistema de Información:

Existen numerosos formatos de mantenimiento pero cada uno de ellos aplica según el proceso para el cual se haya creado, por tal razón los formatos que sean escogidos deben ser evaluados por la dirección y jefe de sección, además de ser ensayado por los operarios para analizar criterios como la operabilidad, la manipulación, si es explícito y si contiene la información necesaria del equipo.

Los diferentes sistemas son los siguientes:

- Registro de equipos. Registro de máquinas o ficha técnica del equipo.
- Repuestos críticos por equipos.
- Estándares de mantenimiento. Actividades de mantenimiento.
- Cuadro de Inspecciones. Reporte y registro de las mismas
- Solicitudes de servicio y orden de trabajo.
- Hoja de vida. Bitácora o históricos de intervenciones en los equipos
- Tarjetas de costos por equipos.
- Cuadro de fallas.
- Programación del mantenimiento.
- Seguimientos de programas o ejecutorias de mantenimiento programa.
- Manuales del fabricante.
- Recomendaciones de mantenimiento por parte del fabricante.
- Cuadro de búsquedas de averías recomendados por el fabricante.
- Plano de construcción del equipo.

4.9.8 Los Estándares de Mantenimiento:

Son las actividades básicas de inspección y mantenimiento preventivo que se realizan en cada equipo con determinada frecuencia. Las más comunes son las de mantenimiento mecánico, electrónico y lubricación.

4.9.9 La Codificación:

Establecer un código para los equipos con características especiales para las máquinas, equipos y herramientas y repuestos lo mismo que para las actividades es una necesidad de la organización del mantenimiento.

Lo que se busca es utilizar un sistema de codificación que satisfaga las condiciones y características de la planta, que permita además identificar nemotécnicamente el equipo, su localización y su función; que sea lo más corto posible, pero uniforme en su aplicación y que su implementación no resulte excesivamente costosa. Puede estar constituido de un sistema alfanumérico o sólo alfabético o sólo numérico.

4.9.10 Registro de Equipos:

Se trata de un documento que identifica, ubica y describe completamente un equipo. Se llama también ficha técnica y se registra en una tarjeta denominada “tarjeta maestra”. La idea es que este registro contenga toda la información técnica de equipo, que sea útil para las actividades de mantenimiento. Básicamente debe contener:

Identificación de la sección de la planta. Ubicación.

Centro de costo al cual se cargan sus intervenciones.

Nombre de la máquina o equipo.

Nombre del fabricante y marca.

Modelo.

Otros datos del registro de equipos.

Datos técnicos del equipo.

Capacidades de producción.

Datos dimensionales.

Servicios requeridos.

Requerimientos especiales.

Especificaciones de motores, controles eléctricos y electrónicos.

Especificaciones de reductores.

Equipos auxiliares, accesorios y herramientas.

Otros, empaquetaduras, rodamientos, etc.

Listado de repuestos críticos, con sus respectivas especificaciones técnicas y códigos de mantenimientos y del fabricante.

Especificaciones de lubricantes recomendados y sus características técnicas, estos datos servirán para el mejoramiento del programa de lubricación.

Cabe anotar que la ficha técnica sirve de acople con el programa de mantenimiento. Son los datos para el mantenimiento básico o estándares de mantenimiento, que se colocan a continuación de la ficha técnica, haciendo el sistema de información para el mantenimiento un sistema integrado, del flujo y actualización continua.

La orden de trabajo. Un sistema de mantenimiento puede funcionar eficazmente con solo la orden de trabajo, bien estructurada.

En el mantenimiento intuitivo la orden de trabajo es tácita, pero en el mantenimiento organizado la orden de trabajo debe ser por escrito.

Por una solicitud de servicios de mantenimiento.

Por la emisión, según un programa de mantenimiento.

La solicitud de servicios se diseña teniendo en cuenta:

Según el tiempo de orden.

Normal o de una sola actividad compuesta de varias actividades orden de trabajo permanente.

Según prioridades.

Según el emisor o ruta Solicitud de servicios. Orden de trabajo.

4.9.11 Formato de Órdenes de Trabajo.

Una orden de trabajo, producto de una solicitud de servicios debe contener la siguiente información:

Del emisor:

1. Descripción del documento como tal, es decir que se trata de una forma establecida como solicitud del servicio, un número consecutivo y la fecha de la emisión.
2. Dirección del receptor usualmente una dependencia de mantenimiento, con la fecha.
3. Dirección e identificación del emisor o solicitante con su respectivo código.
4. Descripción del equipo, ubicación y código.
5. Descripción detallada del servicio solicitado. Si el trabajo es en servicio o con parada de equipo, firma y documento del responsable solicitante.

Del Coordinador de Mantenimiento

1. radicación de solicitud
2. observaciones
3. Firma donde se le da visto bueno a la solicitud.

Del Ejecutor

1. Descripción de los trabajos realizados.
2. Mano de obra de materiales y repuestos.
3. Hoja de vida de equipos.

Los objetivos fundamentales se encuentran la recopilación histórica de los trabajos de mantenimiento realizados a las máquinas y servir de puente entre la acción del mantenimiento y el diagnóstico o análisis de fallas.

Para que este documento tenga éxito en la gestión del mantenimiento es necesaria una permanente y constante actualización y utilización, de lo contrario se vuelve letra muerta.

La política fundamental del registro en la hoja de vida es registrar solamente lo prioritario, pues de lo contrario se llenan registros con información inservible.

La hoja de vida debe contener:

- Código del Equipo
- Nombre del equipo
- Ubicación en la planta
- Fecha de trabajo
- Número de trabajo
- Descripción del trabajo
- Área de mantenimiento que ejecutó
- Mecánica
- Eléctrica
- Instrumentación
- Tipo de mantenimiento (Correctivo, Preventivo, Predictivo)
- Componente intervenido
- Costos
- Observaciones

4.10 MARCO LEGAL

Tabla Nº 2. Ley para las Empresas del sector Palmicultor y afines.

LEY	TEMA
Resolución 2400 de 1979	Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. ¹³
Documento de Interpretación Nacional de los Principios y Criterios de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible para Colombia.	Documento en el cual se enuncia criterios e indicadores para Cultivadores de palma de aceite y procesadores, suministran información adecuada a otros interesados sobre aspectos ambientales, sociales y legales. ¹⁴
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones. ¹⁵

Fuente: Elaboración Propia

¹³ www.usbmed.edu.co/copaso/resoluciones%5CRes.2400-1979.doc

¹⁴ <http://www.rspo.org/files/project/Colombia-WIP/SPANISH%20VERSION%20P&C%20RSPO%20COLOMBIAN%20DOCUMENT.pdf>

¹⁵ http://www.oas.org/usde/FIDA/laws/legislation/colombia/colombia_99-93.pdf

5 SITUACION ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA PADELMA LTDA.

El mantenimiento en la extractora Padelma limitada se lleva a cabo en el momento en que ocurre una falla ósea que se hace de forma correctiva siempre, cuando éste no ocasione una parada de la planta debido a que es notorio que si puede seguir funcionando el proceso de extracción y no amerita una parada, además que no se comunica directamente a la gerencia o área de toma de decisiones sino que se toman las medidas necesarias que en el momento puedan originar una reparación, si esto sucede en un punto crítico se avisa al personal de mantenimiento por quien haya detectado la falla y este a su vez con su jefe o supervisor inmediato el que generara una orden para poder reparar el daño ocurrido; se remitirá al stock de almacén en el caso de tener que localizar algún repuesto y organizara un cambio o reparación de la avería que se presenta; en su totalidad no tiene ocurrencia este proceso de mantenimiento en toda la extractora pues se conoce que para la subestación eléctrica existe un tipo de mantenimiento que no es igual al logrado dentro del proceso de extracción puesto que por la peligrosidad o alto riesgo encontrado en esta misma se procede a generar una orden de trabajo externa para acudir al suceso presentado en la subestación.

La empresa además de todo lo expresado anteriormente tiene deficiencias en el stock de almacén puesto que no mantiene las piezas claves para lograr una reparación inmediata puesto que en la parte del proceso donde es más crítico no se cuenta con repuestos que puedan solventar la misma, deben esperar a que se consiga la pieza o repuesto por parte del proveedor o lo que es peor esperar a la fabricación de la misma puesto que en algunos casos se debe fabricar dado que algunas de las maquinarias empleadas en el proceso son de fabricación por pedido y no se encuentran en el mercado local.

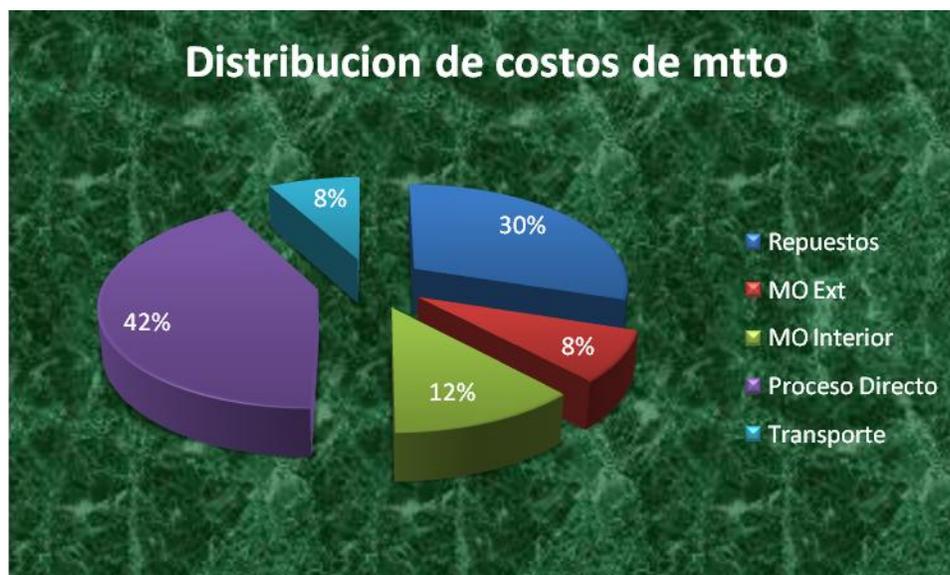
En la extractora de palma africana PADELMA LTDA se lleva un indicador de tiempos improductivos generados por diversos aspectos uno de ellos es a causa del mantenimiento; este indicador registra los tiempos de paros (en horas) que cada máquina sufre durante el mes por fallas presentadas, el porcentaje de tiempos (en horas) de paros por mantenimiento con respecto al total de horas improductivas y el porcentaje del total de horas improductivas con respecto al total de horas reportadas. Es necesario tener un mejor control de las labores de mantenimiento, por medio de la creación de indicadores de gestión específicos para el área que permitan hacer comparaciones en términos de tiempos y de costos. Analizando las horas totales laboradas, las horas por paro y su relación con el valor de lo producción anual en el año 2009 en la planta, el costo por paros debido a mantenimiento fue de **\$ 768.697.847,00.**

Tabla 3. Distribución de los costos asociados de mantenimiento correctivo

DISTRIBUCION DE COSTOS DE MTTTO	COSTOS DE MANTENIMIENTO	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL
Repuestos	230.609.354,10	30 %
MO Externa	61.495.827,76	8 %
MO Interna	92.243.741,64	12 %
Proceso Directo	322.853.095,74	42 %
Transporte	61.495.827,76	8 %
Total	768.697.847,00	100 %

Fuente Elaboración Propia

Figura 14. Distribución de costos de mantenimiento correctivo 2009



Fuente Elaboración Propia

Los costos asociados al mantenimiento son verdaderamente altos frente a la posibilidad de obtener una reducción de costos realizando un mantenimiento preventivo. La cifra anterior se obtuvo de la empresa. Se tiene en cuenta además que la Empresa vende todo lo que produce, dado que trabaja sobre volumen de producción. La situación descrita ha llevado a la Gerencia de la Empresa a estudiar la viabilidad de diseñar un programa de mantenimiento preventivo que permita obtener un plan de mejoramiento de dicha producción, además un inventario de repuestos disponibles para cuando ocurran fallas en las máquinas,

con el fin de mejorar la productividad disminuyendo los tiempos de paros por fallas en las máquinas y los costos que estos generan para la producción.

Tabla 4. Costos Asociados

COSTOS ASOCIADOS DE MANTENIMIENTO			
SECCIONES	COSTO (\$)	%	ACUM %
PRENSADO	257.513.778,75	33,50%	33,50%
CLARIFICACION	130.678.633,99	17,00%	50,50%
PALMISTERIA	111.461.187,82	14,50%	65,00%
ESTERILIZACION	103.005.511,50	13,40%	78,40%
DESFUTACION	73.794.993,31	9,60%	88,00%
ALMACENAMIENTO CRUDO	38.434.892,35	5,00%	93,00%
DIGESTION	34.591.403,12	4,50%	97,50%
RECEPCION	15.373.956,94	2,00%	99,50%
ALMACENAMIENTO RFF	3.843.489,24	0,50%	100,00%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 15: Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración Propia

Según estudios elaborados dentro de algunas compañías de importancia en el mercado local, los costos asociados al mantenimiento de sus plantas productivas y a las actividades logísticas del almacenamiento y la distribución llegan a significar

entre un 40 y un 60% de los costos totales en la manufactura del producto que elaboran.¹⁶

Costos de paradas en una planta

La detención de una planta para mantenimiento significa producción interrumpida de un producto determinado, lo que redundará en la imposibilidad de venta del mismo en los mercados y la consiguiente insatisfacción del consumidor, difícil de eliminar con el tiempo. Por tal motivo, mientras menor sea el tiempo de estas paradas, menor será también la pérdida de oportunidad de venta del producto. La implementación de un EAM puede llegar a significar una reducción promedio de un 5%, según lo observado en análisis hechos en el pasado a usuarios de estos sistemas.¹⁷

Costos de paradas no planificada de equipos

En algunas compañías, los niveles de paradas no planificadas de equipos llegan a alcanzar un 30% del tiempo total de productividad de los activos. Dichas interrupciones están acompañadas por lo general de pérdidas de las partidas de producción, pérdidas de materiales, y pérdida de HH operativa de producción. Una ejecución eficaz de un programa de mantenimiento preventivo podría significar disminuir estos eventos en un promedio de 15%.¹⁸

Para determinar los costos de paradas imprevistas en la planta extractora de aceite de palma PADELMA LTDA se apoyo en la teoría anterior, teniendo en cuenta el volumen de producción anual o la capacidad instalada que es de 187.200 ton/año establecidas por el equipo que determina la capacidad del proceso por ser el que ralentiza el mismo, este equipo es el desfrutador de almendras el cual tiene unas dimensiones de $\Phi 2100\text{mm}$ Long 5000mm con una rata de producción de 25ton/h lo cual arroja el resultado anterior si trabajara al máximo de su capacidad horaria; ahora si las pérdidas por paradas son alrededor del 30% de lo producido tenemos que el volumen total de perdidas es de 56.160ton/año de procesamiento de RFF; sabemos que el volumen procesado no

¹⁶ Fuente: Mantenimiento Mundial - Revista Mantener No. 1

¹⁷ <http://www.aciem.org/bancoconocimiento/M/Mejoradecostosenmantenimiento/Mejoradecostosenmantenimiento.asp>

¹⁸

<http://www.aciem.org/bancoconocimiento/M/Mejoradecostosenmantenimiento/Mejoradecostosenmantenimiento.asp>

es el volumen extraído puesto que de acuerdo a la variedad de la palma este se encuentra de 23-24% para la variedad tenera y 26% para la variedad papúa podríamos decir aproximadamente un 24.5% de extracción, las nueces también producen aceite de palmiste y el volumen de extracción de la nuez es del 40% con estos indicadores podremos establecer las perdidas traducidas en pesos ya que en el mercado el aceite crudo rojo se paga así:

Costos de los precios de aceite extraído en la planta de beneficio a octubre 2009.

Aceite Crudo de palma nacional **\$238.393ton.**

Teniendo en cuenta que la planta labora en dos turnos consecutivos de 8 horas el volumen mensual de producción quedaría así:

Desfrutador de almendra 25ton/h en dos turnos de trabajo de 16 horas continuas.

$$25 \frac{\text{Ton}}{\text{H}} \times 16 \frac{\text{H}}{\text{Dias}} = 400 \text{ Ton/Dia}$$

$$400 \frac{\text{Ton}}{\text{Dias}} \times 26 \frac{\text{Dias}}{\text{Mes}} = 10400 \frac{\text{Ton}}{\text{Mes}} \times 12 \frac{\text{Mes}}{\text{Año}} = 124800 \text{ Ton/Año}$$

124.800ton/año multiplicado por el volumen de extracción que es de 24.5% para el aceite crudo rojo 30.576 ton/año a precio de \$238.393 ton.

$$30576 \frac{\text{Ton}}{\text{Año}} \times 238.393 \frac{\$}{\text{Ton}} = 7.289.104.368\$/\text{Año}$$

Si las pérdidas de acuerdo a la fuente son del 30% hablaríamos de unas pérdidas de \$2.186.731.310 año.¹⁹

En teoría quedaría así:

¹⁹ Gerente Financiero Padelma Ltda.

ANÁLISIS.

La fuente habla de un 30% de pérdidas por paradas imprevistas el resultado del cálculo es una cifra verdaderamente alarmante lo cual indica una reducción inmediata; de acuerdo a la fuente se debe reducir en un 20% si aplicamos el mantenimiento preventivo lo cual nos arrojaría una reducción de costos por pérdidas así:

Perdidas = \$2.186.731.310

Reducción = 20%

$$\text{\$ 2.186.731.310} \times 20\% = \text{\$ 437.346.262}$$

Esto aplicado según la teoría, los datos reales de acuerdo a lo producido en la planta y las perdidas las encontraremos en la siguiente tabla.

Tabla 5. Producción de aceite rojo de palma africana

Mes	Entrada Fruta Kg/mes	Rendimiento	Producción
Enero	6.711.440,00	20,47	1.373.831.768
Febrero	5.807.000,00	19,27	1.119.008.900
Marzo	5.917.610,00	20,66	1.222.578.226
Abril	5.644.080,00	20,26	1.143.490.608
Mayo	5.257.790,00	20,36	1.070.486.044
Junio	5.075.020,00	21,30	1.080.979.260
Julio	5.647.850,00	22,49	1.270.201.465
Agosto	5.735.080,00	21,12	1.211.248.896
Septiembre	4.943.260,00	21,13	1.044.510.838
Octubre	5.004.890,00	20,48	1.025.001.472
Noviembre	4.122.460,00	20,42	841.806.332
Diciembre	3.911.890,00	20,13	787.463.457
Subtotal	63.778.370,00	248,09	13.190.607,27

Fuente: Elaboración Propia

5.1 INDICADORES PARA LA EVALUACION Y SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.²⁰

$$\frac{\text{Costos de mantenimiento (totales)}}{\text{Costos de producción}} \times 100\%$$

Muestra la influencia que tiene el costo de mantenimiento en el costo final del producto.

- **Tiempo no operativo del equipo causado por fallos**

$$\frac{\text{Tiempo no operativo causado por fallos}}{\text{Tiempo total no operativo}} \times 100\%$$

En Padelma Ltda. se lleva un control de paros de maquinas por mantenimiento correctivo, este tiempo corresponde al tiempo no operativo causado por fallos. Además existen paros por otros conceptos, como se mencionó anteriormente son: falta de fruto, entrenamiento, permisos del personal. La suma de estos tiempos corresponde al tiempo total no operativo.

- **Costo del mantenimiento preventivo**

$$\frac{\text{Costos del preventivo}}{\text{Costos totales de mantenimiento}} \times 100\%$$

No existe registro de mantenimiento preventivo puesto que este no existe Actualmente, se planea evaluar durante el periodo en que se implemente el programa de mantenimiento preventivo.

- **Porcentaje de cumplimiento del mantenimiento preventivo.**

$$\frac{\text{Acciones de mantenimiento preventivo ejecutadas}}{\text{Acciones de mantenimiento preventivo programadas}} \times 100\%$$

Se debe tener un control del cumplimiento del mantenimiento ejecutado con relación a lo que se tenía programado para cada mes.

²⁰ Andrés Tirado Torres; 2006 Tesis creación de un programa de mantenimiento preventivo en moldes Medellín, Universidad EAFIT.

5.1.1 RELACION COSTO BENEFICIO

Analizando las horas totales laboradas, las horas por paro y su relación con el valor de las ventas del periodo 2009 en la planta extractora, se infiere que el costo por paros debido a mantenimiento fue de \$ 768.042.647,8 Año Para determinar este valor se utilizaron las siguientes formulas:

$$\frac{\text{ventas}}{\text{hora}} = \frac{\text{Valor ventas año}}{\text{Horas trabajadas año}}$$

$$\frac{\text{Ventas}}{\text{Horas}} = \frac{7.289.104.368 \text{ \$/Año}}{4992 \text{ Horas/Año}} = \$ 1.460.157,125 \text{ Horas}$$

$$\text{costo paro por mantenimiento} = \text{horas paro año} * \frac{\text{ventas}}{\text{hora}}$$

$$526 \frac{\text{horas}}{\text{año}} * \$ 1.460.157,125 \text{ Horas} = \$768.042.647,8 \text{ Año}$$

Los paros de las máquinas durante el año 2009 fueron de 526 horas. Con la implementación del programa se espera una reducción del 30 % de dichos paros que equivalen a 157,8 horas y a un ahorro en costo de paros por mantenimiento de \$ 230.412.794,3.

Estudios realizados en empresas petroquímicas estadounidenses demostraron que existe un ahorro de aproximadamente un 30% al pasar de mantenimiento correctivo a preventivo. (Carvajal, 2006).

El cálculo de las horas aproximadas de mantenimiento preventivo anual se efectuó así:

Del análisis de actividades de mantenimiento necesarias para cada una de las máquinas, se seleccionaron aquellas labores que se pueden realizar durante la operación normal de la máquina, por ejemplo: verificación de medidores, chequeo de ruidos, inspecciones visuales, etc. Las cuales no consumen tiempo adicional del operario y se descontaron de los tiempos totales incluidos en la programación.

Las actividades serán realizadas por el mismo personal de mantenimiento que hoy En día labora en la empresa por lo cual no habrá necesidad de contratar personal para realizar las labores.

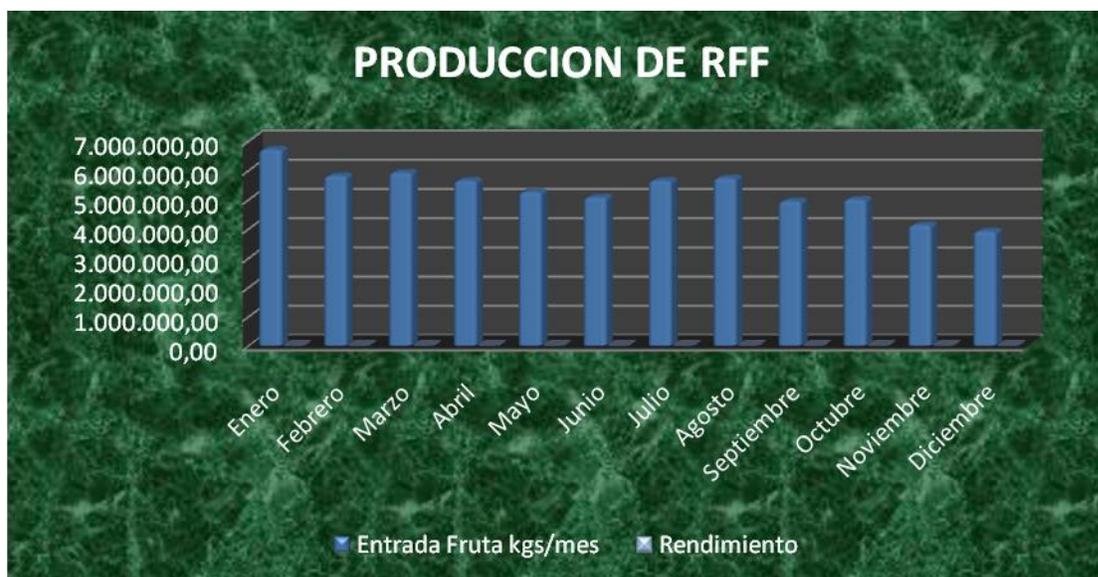
El mantenimiento preventivo aunque demanda una gran cantidad de horas de mantenimiento, permite que los equipos se desempeñen adecuadamente y con mucha más disponibilidad y sobretodo permite realizar ahorros en costos de paros de producción. Además el programa incrementará la vida útil de los equipos, con lo cual se obtendrá reducciones importantes de costos de reconversión o adquisición de equipos.

Tabla 6. Reducción de Costo Aplicando Mantenimiento Preventivo.

Detalle	%	Valor
Ingreso Bruto	N.A	\$ 3.144.548.437,96
Costos de mtto esperado	0,15	\$ 471.682.265,69
Costo real mtto	0,24	\$ 768.697.847,00
Diferencia	0,09	\$ 297.015.581,31

Fuente: Elaboración Propia

Grafica 16. Producción de Racimo de Fruta Fresca.



Fuente: Elaboración Propia

Análisis cultivo de RFF en plantación.

La producción de racimos de fruta fresca en las plantaciones tiene una variable que ha golpeado mucho a la región en especial la costa Caribe Colombiana ya que por efectos climáticos la producción de RFF ha disminuido notablemente y ha manifestado también una variación como se nota en la **figura 15** este efecto causa una disminución en la producción en la planta de beneficio y no es un efecto asociado al mantenimiento sino que es un factor extrínseco a este.

Para el presente estudio se hace necesario destacar factores ajenos al mantenimiento, que podrían inferir en temas relacionados con el rendimiento y los niveles de producción de la Empresa, para lo cual se describen los más relevantes registrados en el periodo julio de 2009- Enero 2010. Vale la pena decir que estos fueron descritos a manera de días hollyday tales como navidad, fin de año, en los cuales la planta detiene por un pequeño lapso su operación. Aclarando que dichos factores no fueron de mayor preponderancia a la hora del diseño del programa de mantenimiento preventivo.

Tabla Nº 7. Paradas imprevistas por factores diferentes a mantenimiento.

Mes	Nº de Paradas	Motivo de Paradas	Rendimiento
Julio	0	No se Registra	22,49
Agosto	1	Falta de Fruto	21,12
Septiembre	1	Falta de Fruto	21,13
Octubre	1	Falta de Fruto	20,48
Noviembre	3	Falta de Fruto	20,42
Diciembre	4	Días Especiales/Falta de fruto	20,13
Enero	1	Día Especial	20,50

Fuente: Elaboración Propia.

5.2 DETERMINACION DE FALLOS EN LA PRENSA FILTRO 2 MEDIANTE LA HERRAMIENTA ESTADISTICA DISTRIBUCION DE WEIBULL.

Se realizo el siguiente análisis de falla a la maquina prensa 2 la cual fue determinada como la más critica dentro del proceso.

Resumen del Análisis

Datos: Prensa 2

Censura: Col_2

Método de Estimación: máxima probabilidad

Tamaño de la muestra = 14

Número de fracasos = 9

Forma Estimada = 1,37642

Escala Estimada = 3680,21

Punto Inicial = 0,0

El StatAdvisor

Esta tabla muestra los resultados del ajuste de los datos en Prensa2 a una distribución de Weibull. Los parámetros de forma y escala se han estimado utilizando el método de máxima verosimilitud. Se ha asumido que el valor mínimo de la distribución está localizado en 0,0. De los 14 datos, 5 se trataron como censurados por la derecha, significando que los verdaderos valores podrían ser superiores al indicado. Nota: puede ajustar el origen de la distribución de Weibull a cualquier número inferior al valor mínimo de los datos utilizando Opciones del Análisis.

Tests de Bondad de Ajuste para Prensa 2

Contraste Chi-cuadrado

Límite inferior	Límite superior	Frecuencia Observada	Frecuencia Esperada	Chi-cuadrado
Menor o Igual	1237,67	2	2,8	0,23
Mayor	1237,67	12	11,2	0,06

Datos insuficientes para efectuar el contraste de chi-cuadrado.

Estadístico DMAS de Kolmogorov = 0,359936
 Estadístico DMENOS de Kolmogorov = 0,152313
 Estadístico DN global de Kolmogorov = 0,359936
 P-Valor aproximado = 0,0531648

Estadístico EDF	Valor	Forma	Modificada	P-Valor
Kolmogorov-Smirnov	D	0,359936	1,34676	<0,001

Indica que el p-valor se ha comparado con las tablas de valores críticos Especialmente construido para el ajuste de la distribución actualmente seleccionada.

Otros p-valores están basados en tablas generales y pueden ser muy conservadores.

Análisis Weibull - PRENSA 2

Datos/Variable: PRENSA 2

Método de Estimación: máxima verosimilitud

Tamaño de muestra = 12

Número de fallas = 12

Forma estimada = 4,37693

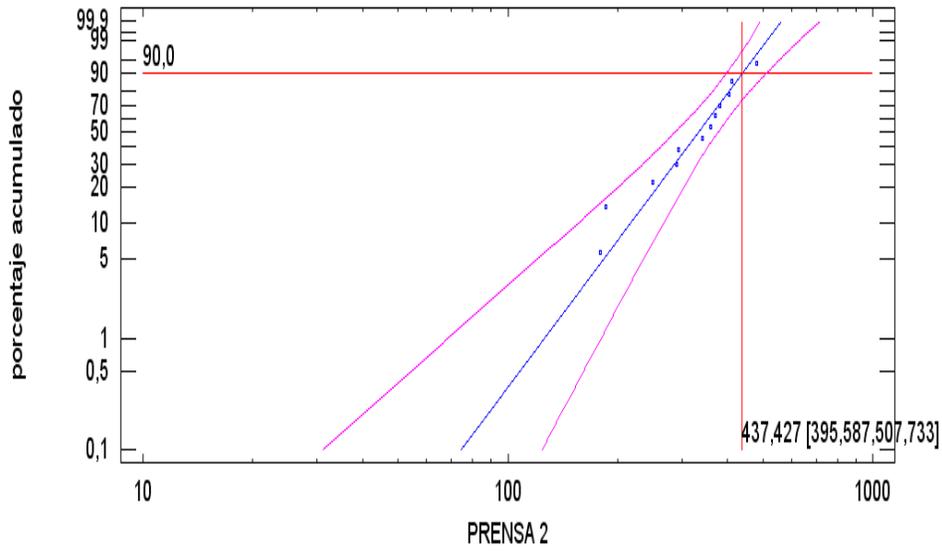
Escala estimada = 361,535

Umbral especificado = 0,0

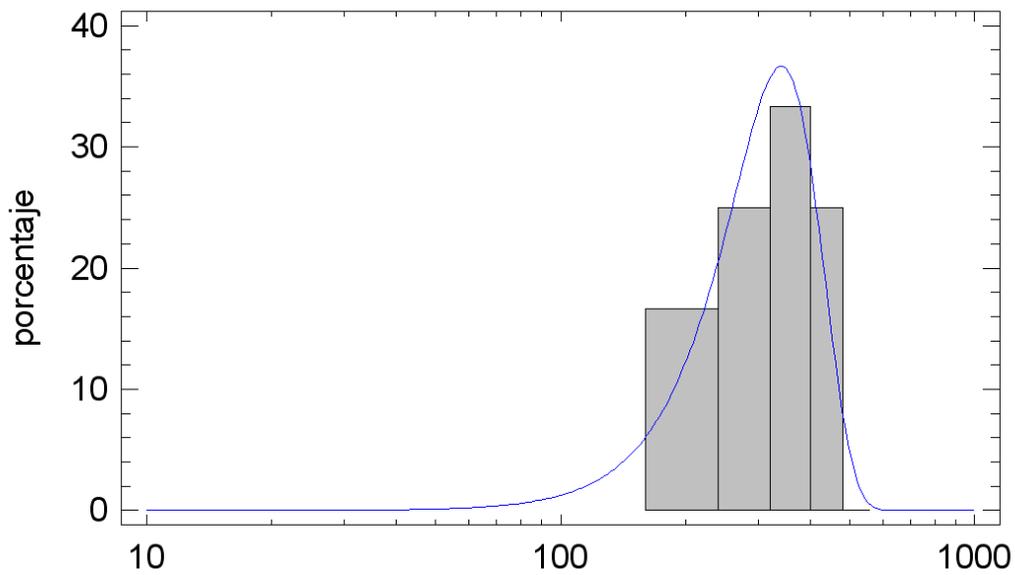
El StatAdvisor

Esta tabla muestra los resultados de ajustar una distribución de Weibull a los valores de los datos en PRENSA 2. Los parámetros de forma y de escala fueron estimados usando máxima verosimilitud. Se asumió que el valor máximo de la distribución estaba localizado en 0,0. De los 12 datos, 0 fueron tratados como censurados por derecha, lo que significa que los valores reales pueden ser mayores que los indicados. Nota: Puede establecerse el origen de la distribución de Weibull a cualquier número menor que el valor mínimo en el conjunto de datos utilizando las Opciones de Análisis.

Gráfica Weibull



Distribución Weibull Ajustada



Pruebas de Bondad-de-Ajuste para PRENSA 2

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Weibull
DMAS	0,114799
DMENOS	0,126836
DN	0,126836
Valor-P	0,990432

El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si PRENSA 2 puede modelarse adecuadamente con una distribución Weibull.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,1, no se puede rechazar la idea de que PRENSA 2 proviene de una distribución Weibull con 90% de confianza.

Áreas de Cola para PRENSA 2

X	Área Cola Inferior (<)	Área Cola Superior (>)
179,0	0,045057	0,954943
480,0	0,968491	0,0315085

El StatAdvisor

En esta ventana se calculan las áreas de cola para la(s) distribución(es) Weibull ajustada(s). Calculará áreas de colas hasta para 5 valores críticos, los cuales pueden especificarse pulsando el botón secundario de ratón y seleccionando Opciones de Ventana. Por ejemplo, la salida indica que la probabilidad de obtener un valor menor o igual a 179,0 es 0,045057.

Valores Críticos para PRENSA 2

X	Área Cola Inferior (<)	Área Cola Superior (>)
126,388	0,01	0,99
216,203	0,1	0,9
332,494	0,5	0,5
437,427	0,9	0,1
512,486	0,99	0,01

El StatAdvisor

Esta ventana calcula los valores críticos para la(s) distribución(es) Weibull ajustada(s). Calculara los valores críticos para hasta 5 áreas de cola inferior, las cuales se pueden especificar pulsando el botón secundario del ratón y seleccionando Opciones de Ventana. Por ejemplo, la salida indica que el valor de la distribución Weibull ajustada abajo del cual se podría encontrar un área igual a 0,01 es 126,388.

AMEF PAR ACCIONES PREVENTIVAS

PROYECTO	DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA PADELMA LTDA. UBICADA EN EL CORREGIMIENTO DE GUAMACHITO (ZONA BANANERA)				No. 1			
Líder del AMEF	DIRECTOR DEL PROYECTO				Fecha de Emisión	SEP-2/09		
Responsables	DIRECTOR Y EQUIPO INVESTIGADOR				Fecha de Revisión	NOV- 2/2009		
DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO	Modo de Falla Potencial o Riesgo	Efecto de Falla Potencial o Consecuencia	S	Causa	O	CONTROLES ACTUALES	D	N P R
Preparación (Revisión generalizada del sistema)	Ausencia de planeación de mtto	Retraso en el inicio de las actividades	4	No disponibilidad del plan de mtto	5	ninguno	5	100
	Niveles de Capacitación en cuanto a mantenimiento preventivo Bajos o deficientes	Inadecuado manejo de la maquinaria y desconocimiento de las técnicas para prolongar la vida útil de estas	4	NO existencia de un programa de capacitación para empleados del área de mtto.	4	ninguno	5	80
	Bajo interés de las directivas de la planta por implementar Planes de mantenimiento acordes a la actividad que desempeña	Carencia de Mecanismos que contribuyan al buen desempeño de la maquinaria	5	Falta de conocimiento sobre el beneficio economico de un buen plan de mantenimiento	4	ninguno	5	100
	falta de seguimiento a las recomendaciones del fabricante en cuanto al uso de la maquinaria	Maquinaria con desgaste y con constante fallas	4	Desconocimiento de la importancia de estos lineamientos	5	ninguno	5	100
Preparación (Revisión generalizada del subsistema mas critico)	Prensas con un mantenimiento muy deficiente o nulo	Bajo rendimiento en los niveles de producción	5	Retraso en el desarrollo de actividades de producción	5	leve seguimiento correctivo	5	125
	Falta de seguimiento adecuado a las prensas de la planta	Prensas con mal funcionamiento	5	carencia de procedimientos para el mantenimiento	5	ninguno	5	125
	Ausencia de inventario disponible de repuesto de prensas	Paradas prolongadas ante la imposibilidad de reponer la pieza con diligencia.	4	Falta de programación en el mantenimiento	5	No existen	5	100

S: Severidad

O: Ocurrencia D: Detección

NPR: Número de prioridad de riesgo

Cabe resaltar que la metodología utilizada en el anterior AMEF fue la siguiente:

Paso 1 es determinar todos los modos de falla con base en los requerimientos funcionales y sus efectos. Si la severidad de los efectos es de 9 o 10 (impactando aspectos de seguridad o regulatorios) las acciones deben ser consideradas para cambiar el diseño o el proceso eliminando el Modo de Falla si es posible o protegiendo al cliente de su efecto.

Paso 2 describir las causas y Ocurrencias para cada Modo de Falla. Esto es el desarrollo detallado en la sección del AMEF de proceso. Revisando el nivel de la probabilidad de ocurrencia para las severidades más altas y trabajando hacia abajo, las acciones son determinadas si la ocurrencia es alta (> 4 para lo que no es seguridad y nivel de ocurrencia <1 cuando la severidad es 9 o 10)

Paso 3 considerar pruebas, verificación del diseño y métodos de inspección. Cada combinación de los pasos 1 y 2 los cuales sean considerados como riesgo requieren un número de detección. El número de detección representa la habilidad de las pruebas e inspecciones planeadas para quitar defectos o evitar los modos de falla.

- **Criterios Para la Asignación de Ponderaciones**

Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el proceso o maquina. Se utiliza una escala del 1 al 5: el '1' indica una consecuencia sin efecto. El 5 indica una consecuencia grave. Esto se ve reflejado en los valores de la Severidad, ocurrencia y detección.

Calcular el número de prioridad de riesgo (**NPR**): Es un valor que establece una *jerarquización* de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, éste provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla, identificando ítems críticos.

Después de que cada uno de estos pasos es desarrollado, después los Números Prioritarios de Riesgo (RPN) son calculados. Es importante notar que los RPNs son calculados después de que tres posibles oportunidades para tomar acciones han ocurrido. Las acciones no son solamente determinadas con base en los valores RPN. El valor de RPN como tal no juega un rol importante en las acciones, solamente en la evaluación de las acciones cuando han sido terminadas.

Seleccionar un valor de RPN arbitrariamente no es efectivo para dirigir los cambios si el orden de las mejoras no es controlado (severidad, ocurrencia, detección) en los pasos 1,2,3 descritos anteriormente.²¹

²¹ <http://www.quality-one.com/services/fmeaES.php>

DIAGRAMA 1. CAUSA EFECTO PROCESO DE EXTRACCION DE ACEITE DE PALMA ROJO DE LA EMPRESA PADELMA LTDA

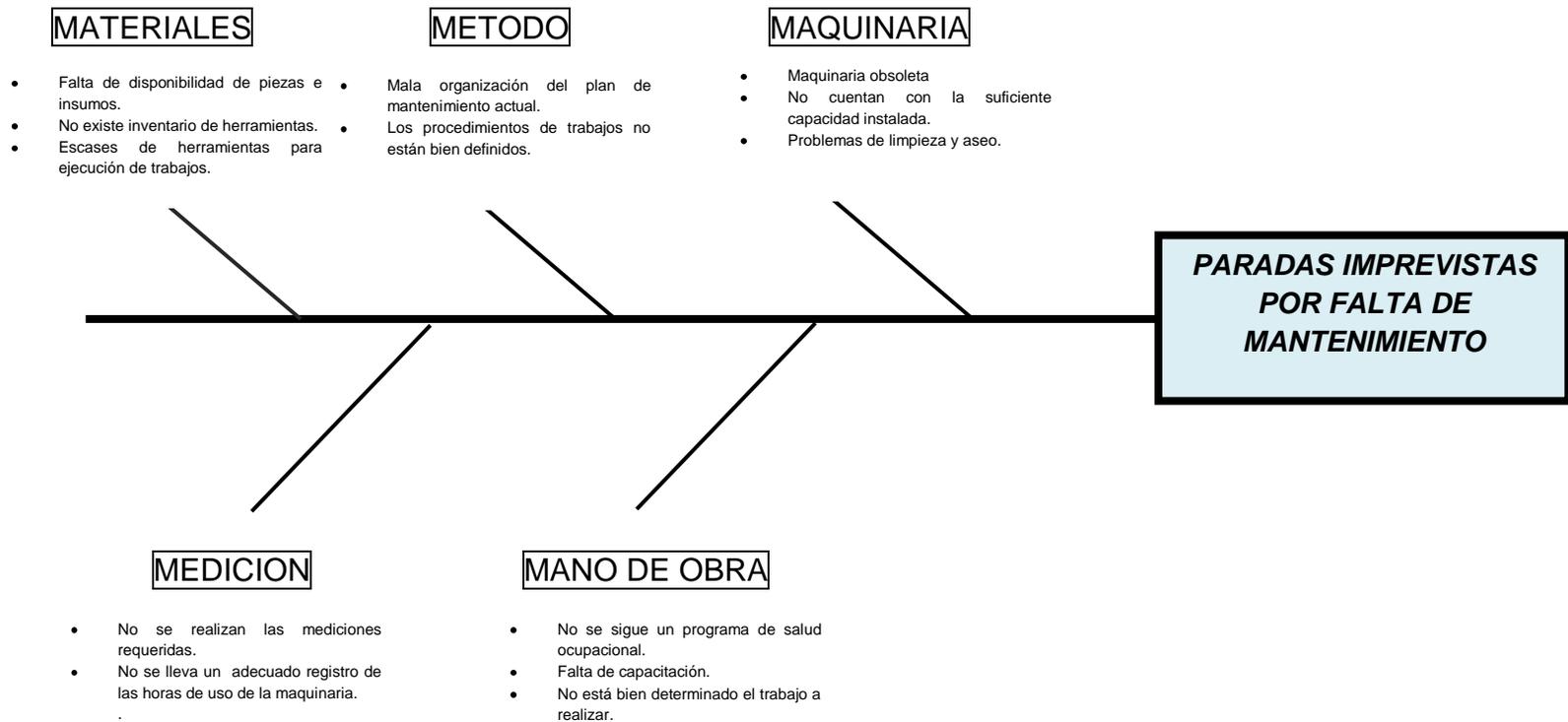
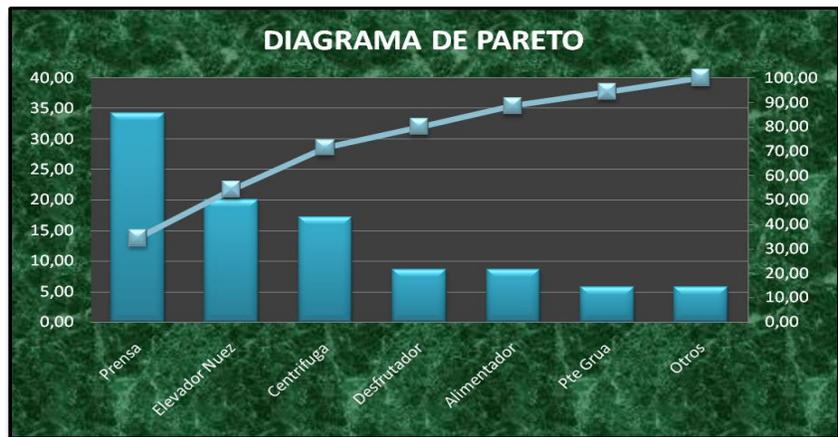


Tabla 7. Diagrama de paretto (paradas imprevistas proceso de extracción).

Diagrama de paretto				
Causa	Frecuencia	Razón	%	% acum
Prensa	12	0,34285714	34,29	34,29
Elevador Nuez	7	0,2	20,00	54,29
Centrifuga	6	0,17142857	17,14	71,43
Desfrutador	3	0,08571429	8,57	80,00
Alimentador	3	0,08571429	8,57	88,57
Pte Grúa	2	0,05714286	5,71	94,29
Otros	2	0,05714286	5,71	100,00
Total	35			

Fuente: Elaboracion Propia

Grafica 17: Diagrama de Pareto para Paradas Imprevistas.



Fuente: Elaboracion Propia

En el grafico anterior se puede inferir que las principales causas de las paradas dentro de la sección de extracción de la Planta de Padelma Ltda. Se deben primordialmente a problemas relacionados con tres elementos o maquinas de vital importancia para el proceso como lo son la prensa, el elevador de nuez y la centrifuga ya que ellos representan más del 70% de dichas paradas, deduciéndose entonces que es necesario atacar de manera oportuna en estos factores que inciden en gran medida en la reducción de los niveles productivos de la dicha planta, viéndose reflejado esto también en los tiempos de inactividad que ha venido reportando la empresa.

5.3 GENERACION DE BASE DE DATOS DE MAQUINAS

Para poder recopilar la información necesaria para generar la base de datos para la posterior ejecución o implantación del programa o plan de mantenimiento, se solicitó a la gerencia de la empresa el acceso total a cada maquinaria así como la ubicación y fin de cada una, a traves de información recopilada en el departamento de almacén y de la misma planta se procedió a detallar todos los equipos participantes en el proceso ya sea directa o indirectamente, la empresa consta con un departamento de mantenimiento teniendo como cabeza principal un jefe de mantenimiento profesional en ingeniería mecánica que lleva un historial de reparaciones y de fallas ocurridas en el proceso, al cual le reportan las fallas ocurridas es conocido que existía una propuesta para la implantación de un mantenimiento preventivo, pero el cambio rotacional de la parte administrativa no ha permitido que éste se lleve a cabo y que la labor sea detenida mucho antes de analizar los beneficios que éste traería.

La información encontrada en los sistemas y archivos es muy escasa por esta razón se aconsejó realizar todo un trabajo de campo que permitiera comparar los archivos encontrados con la información recopilada y se llegó a la conclusión de que no se contaba con información relevante para general el programa de mantenimiento ni la base de datos.

Para algunas maquinas fue necesario remitirnos a información de fabricantes de piezas similares u otros que pudieran permitirnos referenciar los repuestos verdaderamente utilizados en los mismos.

En el anexo se encuentra la base de datos de toda la maquinaria y sus repuestos. Ver Anexo.

5.3.1 FICHAS TECNICAS CON SUS PRINCIPALES ESPECIFICACIONES

Al termino del programa posterior implementación cada máquina deberá tener una ficha técnica con sus respectivas especificaciones.

- Dimensiones de la maquina.
- Desplazamiento en cada uno de sus ejes
- Descripción de sus motores.
- Descripción de controles.
- Ubicación y especificación de los catálogos que se tienen de cada una de ellas así como el manual de operación y mantenimiento propuesto por el fabricante.
- Planos de c/u
- Recomendaciones, fechas de compra y centro de costos.

Ejemplo para la maquina Prensa #2 Se construyo la ficha técnica. Ver Anexo.

5.3.1.1 CAPACITACIONES AL PERSONAL Y POLITICAS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Cabe señalar que una vez el programa de Mantenimiento sea aprobado por el área encargada para este fin dentro de la empresa, será absolutamente indispensable realizar capacitaciones en todas las áreas de la planta no solo operativa sino administrativa, en los cuales se informaran los alcances de dicho programa, y donde se deje claro cuál será el rol que cada empleado desempeñe para alcanzar con éxito el objetivo principal, sin dejar a un lado dentro las mencionadas capacitaciones las políticas que rigen el programa, debido a que la política estará orientada o se centrará en un modelo de producción sostenible en armonía con el medio ambiente en donde los procedimientos permitan minimizar los riesgos y aumentar los beneficios.

5.3.2 DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

FRECUENCIA DE CAMBIO DE LOS EQUIPOS

<u>EQUIPO</u>	<u>COMPONENTE</u>	<u>FRECUENCIA</u> <u>(HORAS)</u>	<u>TIEMPO</u> <u>(H/TRAB)/año</u>	<u>TIEMPO</u> <u>(H/TRAB)</u>	<u>FRECUENCIA</u> <u>(SEMANA)</u>
PRENSAS	CANASTAS DE PRENSADO	2000	350	1650	18
	TORNILLOS DE PRENSADOS	1000	350	650	7
	MEDIA LUNA INOXIDABLE	2000	250	1750	19
	DOBLE U ESCURRIDORA	2000	280	1720	18
	U ESCURRIDORA	2000	260	1740	19
	TORNILLOS DE CABEZA AVELLANADAS	2000	260	1740	19
	FLANCHE DE SALIDA	2000	672	1328	14
	CONO DE AJUSTE	2000	672	1328	14
	RODAMIENTOS PRENSA	8000	672	7328	77
	RETENEDORES PRENSA	2000	672	1328	14
	RODAMIENTOS MOTOR	3500	672	2828	30
	RODAMIENTOS REDUCTOR	7000	672	6328	66
	KIT SELLOS GATOS HIDRAULICOS	1000	672	328	4
	CORREAS	2000	672	1328	14

- Equipo Descripción del componente principal.

- Componente es la descripción del elemento secundario dentro del componente principal.
- Frecuencia (Horas) se determina en esta columna el cambio del elemento según el fabricante.
- Tiempo (Horas/Trabajadas año) es el tiempo en que cada elemento dentro del componente o equipo lleva su trabajo independiente al tiempo general del equipo dado que estos pueden ser reemplazados independientemente y así no llevar el mismo tiempo del equipo.
- Frecuencia (Semana) es el cambio que se debe hacer según el fabricante puesto que en la semana indicada se cumple el tiempo de servicio para cambio preventivo.

5.3.2.1 Actividades de mantenimiento.

Para poder programar las actividades de mantenimiento en el proceso de extracción de aceite rojo crudo de palma africana fue fundamental acudir a la experiencia del jefe de mantenimiento y de sus supervisores, es decir de toda la estructura funcional del departamento de mantenimiento para aprovechar el historial y la técnicas empleadas por estos últimos en los años anteriores para construir las actividades que serán realizadas a las maquinarias empleadas en el proceso.

Posteriormente a esta tarea se compararon estas actividades con las encontradas en algunos de los catálogos de las maquinarias que las poseen y algunas de las recomendaciones de los motores usados para las mismas ya que se obtiene información muy detallada en internet en la empresa fabricante de motores siemens o marca flender puesto que son muy usados en estas maquinarias agroindustriales.

Algunas maquinas como las prensas y los digestores en la etapa de extracción poseen componentes especiales los cuales necesitan de reparaciones externas pero que a su vez pueden ser previstas para evitar paradas que ocasionen un trauma en la extractora.

Esta información se puede encontrar en la hoja de actividades de la base de datos en formato Excel. Ejemplo actividades sección desfrutado.

RUTINAS DE MANTENIMIENTO PRENSA 2			
Componente ppal.	Componente/Elemento	Observación /Procedimiento	Frecuencia
Sistema eléctrico	Verificación del sistema eléctrico		Diaria
	Arranque del motor	Análisis de ruidos	Diaria
	Amperaje	Verificar amperaje	Semanal
Potencia eléctrica	Braker	Verifica Braker	Diaria
	Contactores	Verificar Contactores	Diaria
	Térmico	Verificar térmico	Diaria
	Temporizador	Verificar	Diaria
Transmisión	Polea Motor	Tensión de polea	Diaria
	Polea Reductor	Tensión de polea	Diaria
Sistema Eléctrico unidad Eléctrica	Accionamiento	Examinar arranque eléctrico	Diario
	Motor	Verificar estado	Diario
	Amperaje	Verificar amperaje	Diario
Protección Eléctrica	Guarda motor	Verificar	Diario
	Contactador	Verificar	Diario
	Térmico	Verificar	Diario
Componentes principales	Juego de Ejes de Transmisión	PROGRAMA SEGÚN EL FABRICANTE	FRECUENCIA ESTABLECIDA
	Juego de Piñones Rectos (Z=16)		
	Corona de Bronce (Z=59)		
	Juego de Tornillos Sin fines de Prensado		
	Canasta Perforada		
	Juego de Strainer o Coladores (2 Curvos - 2 Planos)		
	Platos de Desgaste		
	Eje de Fijación Rosca Izquierda de 1¼"		
	Eje de Fijación Rosca Derecha de 1¼"		
	Tuerca Rosca Izquierda de 1¼"		
	Tuerca Rosca Derecha de 1¼"		
	Tubo Guía Rosca Izquierda del Portahidraulico		
	Tubo Guía Rosca Derecha del Portahidraulico		
	Conos de Ajuste		
	Punteras Cónicas		
	Eje de Alargadera Rosca Izquierda		
	Eje de Alargadera Rosca Derecha		
	Rodamiento 22215 C/W33/C3 (Sin fin de la Transmisión)		
	Rodamiento 32214 J2 (Sin fin de la Transmisión)		
	Rodamiento 22224 E/C3 (Housing de la Transmisión)		
Rodamiento 29320 E (Housing de la Transmisión)			
Rodamiento 29420 E (Housing de la Transmisión)			

	Rodamiento 22220 E/C3 (Housing de la Transmisión)		
	Arandela de Retención MB20 (Housing de la Transmisión)		
	Tuerca de Fijación KM20 (Housing de la Transmisión)		
	Retenedor 120 X 150 X 12 (Housing de la Transmisión)		
	Retenedor 75 X 95 X 13 (Sin Fin de la Transmisión)		
	Retenedor 150 X 180 X 12 (Housing Portacanasta)		
	Retenedor 110 X 87.45 X 5/8" (Portahidráulico)		
	Polea Tipo B de seis canales de Ø 170 mm (Motor)		
	Polea Tipo B de seis canales de Ø 720 mm (Prensa)		
	Correa B – 120		
	Conjunto del Gato Hidráulico Completo		
	Motor Asea Boverly 30HP a 860 RPM		
	Motor Siemens 1,2 HP a 1138 RPM		

Tabla 8. Nomenclatura de Mantenimiento

NOMENCLATURA DEL TIPO DE MANTENIMIENTO	
E	Eléctrico
M	Mecánico
R	Redes
S	Software y hardware
O	Limpieza o servicios generales

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9. Nomenclatura de Periodicidad

NOMENCLATURA DE PERIODICIDAD DE MTTO	
1/7	Diario
1	Semanal
4	Mensual
8	Bimestral
12	Trimestral
26	Semestral
52	Anual

Fuente: Elaboración Propia

5.3.3 RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PRENSA 2

La programación de las maquinas se hace con base en la fundamentación de los elementos en cuestión, se construyo una tabla para el programa de mantenimiento se percibe que elemento es susceptible a mantenimiento o que actividad programada hay para lo cual hay que dirigirse a la hoja de vida de la programación de cada máquina en la semana programada y se remite inmediatamente a la actividad a realizar en el mismo.

5.3.3.1 Ordenes de trabajo.

Para ejecutar las labores de mantenimiento preventivo es necesario y además requisito del programa hacerlo por medio de las ordenes de trabajo lo cual permite **conocer** la actividad, el tipo de mantenimiento, las herramientas, el personal que realizara el mantenimiento y además de esto un control al centro de costos que nos permitirá saber con exactitud todo lo relacionado con el elemento en cuestión pues es en este punto donde podremos controlar muchos de los aspectos importantes en el proceso y que reflejan un beneficio del programa preestablecido para evitar consecuencias futuras.

Las ordenes de trabajo son especificas y claras deberán mantener este concepto en todo el proceso del programa, el diseño de la misma es sencilla y de fácil entendimiento pues no debe ser malinterpretada por el ejecutor de la misma ya que cualquier malentendido podrá traer consecuencias graves en cualquiera de los puntos que logre hacer hincapié, las ordenes de trabajo deberán ejecutarse cada vez que se realice una actividad del programa de mantenimiento preventivo a la planta procesadora. Ver Anexo Formato de Orden de Trabajo.

Orden de Trabajo.

Indica el número consecutivo determinado para las órdenes de trabajo para llevar control de lo referente.

Maquina o Elemento.

Indica el equipo o parte del quipo al cual se le va a ejecutar alguna actividad del programa de mantenimiento.

Fecha.

Indica la fecha en la que se ejecuta la actividad.

Código de actividad.

Esta representa la actividad que se va a realizar para tal efecto y mejor manejo se lleva en un formato aparte donde se especifica el trabajo a realizar y se aprecia detalladamente todo el procedimiento.

Hora Inicio.

Es la hora en la que se realiza la orden de trabajo.

Hora Final.

Es la hora en la que finaliza la orden de trabajo.

Duración

Es la diferencia entre la hora de inicio y la hora final.

Observaciones.

Aquí se detallaran cada uno de las percepciones hechas por el técnico responsable de la actividad.

Responsable de mantenimiento.

Es el departamento encargado de controlar y dirigir las actividades dentro del programa de mantenimiento preventivo y/o correctivo.

Técnico.

Es la persona encargada de ejecutar la labor la cual sigue el programa de mantenimiento.

Firma.

Firma del técnico responsable de la actividad pues nadie más debe ser responsable de la misma sino el ejecutor del la orden de trabajo.

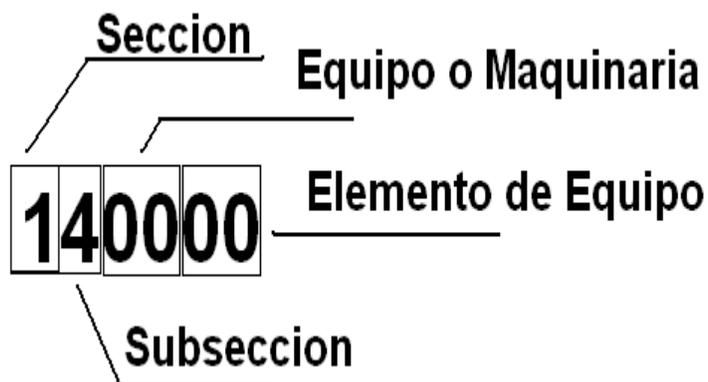
De acuerdo al manual del ingeniero (citar) se deben evaluar los riesgos para que implican realizar una labor el programa de mantenimiento deberá implementar un programa o manejar unos estándares de seguridad para las labores, o dentro del programa de salud ocupacional y seguridad industrial.

Tabla 10. Implementos para realizar las labores de mantenimiento preventivo.

Cantidad	Elementos para limpieza
4kg	Estopa o trapo seco
4	Espátulas de 2"
2	Espátulas de 4"
1 litro	Desengrasante industrial
5 Mts	Manila de 1/2"
	Herramientas de mano
Cantidad	Elementos para mantenimiento preventivo del sistema eléctrico
12 hz	Limpiador de contactos eléctricos.
1	Paño seco
1	Multímetro.
Cantidad	Elementos para lubricación
1 litro	Grasa multipropósito grado 2 para los mandriles y chumaceras
1 litro	Aceite Mobil Vactra # 2 (ISO 68) para Bancadas o Tellus 68.
1 litro	Aceite Tellus 37(SAE 32) para todos los sistemas Hidráulicos.
48hz	Lubricante de grafito-molibdeno para las cadenas de los hornos
1 litro	Aceite Vacool refrigerante al 5 % diluido en agua.
1 litro	Aceite SAE 140 para las cajas de transmisión que tienen los hornos
1 litro	Aceite Tellus 37(SAE 32) para las cajas de transmisión de las máquinas
1 litro	Aceite Tellus 37(SAE 32) para los husillos de la Maquina Rambaudi.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11. Codificación y carta de colores.



140000	SUBSECCION:DIGESTION-PRENSADO		
140101	Digestor N° 1		
140201	Digestor N° 2		
140301	Digestor N° 3		
140401	Prensa N° 1		
140501	Prensa N° 2		
140601	Prensa N° 3		
140701	Tanque calentador agua 1		
140801	Tanque Calentador agua 2		
140901	Ventilador de las Prensas		

Fuente: elaboración propia

5.3.3.2 Denominación.

Descripción del Código empleado para la identificación numérica de todo lo relacionado con el proceso de extracción de palma.

Primer dígito: señala la sección a la que pertenecen los elementos

Segundo dígito: subsección del mismo

Tercer dígito: equipo o maquinaria dentro de la subsección o sección

Cuarto dígito: elemento independiente intrínseco al equipo o maquinaria

Tabla 12. Código ASCII

Código ASCII	COLOR	DESCRIPCION
#330000		Representa la sección de Extracción
#000099		Representa la sección de Palmisteria
#FF9900		Representa la sección Expellers
#006600		Representa la sección de Manejo de Agua y Vapor

Fuente: Elaboración Propia

- El segundo hace referencia a la subseccion a la que se le realiza el mantenimiento.
- El primer color representa la sección a la que pertenece la maquina o el elemento

6 CONCLUSIONES

- Se logro Elaborar un Programa de mantenimiento preventivo para las maquinas del área de extracción de la empresa Padelma Ltda. Que permitirá logros como el ahorro progresivo en la estructura de costos de la empresa.
- Al finalizar el diseño del programa se lograron elaborar formatos indispensables en la labor de inspección y seguimiento del mantenimiento, tales como registro de mantenimiento, frecuencia de cambio de los elementos del equipo, formato de órdenes de trabajo.
- Se lograron identificar problemas comunes entre Padelma Ltda. Y otras empresas del mismo sector, en otros casos ajenas a este.
- Se compilo información sobre la maquinaria del área de Extracción de la empresa que permitirá llevar un mejor control sobre las tareas de mantenimiento de cada una de ellas.
- Sustancialmente se lograra reducir los tiempos de paro en el área de extracción lo que lleva a un incremento de los niveles de producción de la empresa, por consiguiente de las ventas debido a que se aumenta la disponibilidad de la maquinaria.
- Con el presente programa de mantenimiento Se lograra en alto grado concientizar a empleados y directivos Sobre la necesidad del mantenimiento preventivo, ya que se demuestra operativa y económicamente que contribuye a incrementar los niveles de eficiencia y productividad de la empresa, logrando así posicionarla dentro del amplio mercado nacional e internacional.
- Se creó una base de datos necesaria para la administración y seguimiento del programa de mantenimiento preventivo.

7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar programas más técnicos y actualizados que permitan la automatización de la planta tanto en mantenimiento Preventivo como predictivo en aras de mejorar la productividad de la empresa, lo que permitiría monitorear de forma local y remota las labores que día a día se realizan.

- Se recomienda mayor grado de capacitación a los operarios de la diversa maquinaria disponible en la planta extractora, así mismo al personal del área administrativa ya que este es eje central para el buen funcionamiento de un plan de mantenimiento o de mejoramiento.

- Se hace necesario recomendar a la empresa Padelma LTDA la ejecución de una segunda fase del programa de mantenimiento el cual se basaría en la adquisición elaboración o compra de un software de mantenimiento que contribuya en la mejora de la eficiencia del programa diseñado.

- Para todas las labores relacionadas con el mantenimiento se recomienda llevar a cabo por medio de ordenes de trabajo, a las cuales se les debe realizar minuciosos seguimientos.

- Se recomienda especialmente a la empresa iniciar el proceso de Certificación ya que Resulta relevante reconocer que la empresa no se encuentra certificada en ISO 9000 ni en otro tipo de norma a fin con esta,

sin embargo se recomienda la realización periódica de revisiones o auditorias para que se mantenga en optimas condiciones el programa de mantenimiento preventivo.

- Se hace necesario la contratación de un técnico instrumentista el cual se dedicaría a las mediciones de la maquinaria, resaltando que jugara un rol importante en el desarrollo e implementación el programa de mantenimiento preventivo.

BIBLIOGRAFIA

- JOHAN MOUMBRA Y Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, editorial a ladón 2004
- HENAO MARTINEZ, John Harby. Implementación plan mantenimiento planeado bombas EMI-CMM-AM, 2005. Propuesta de investigación. (Maestría Mantenimiento Industrial. Universidad EAFIT.
- KERGUELEN, María Carolina. Implementación de un programa de mantenimiento para empresa Industrias Kent & Sorrento, 2001. Trabajo de grado. (UPB). Facultad de ingeniería mecánica. MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios: enfoque sistemático.
- LC MORROW Manual de mantenimiento industrial: organización, ingeniería mecánica, eléctrica, química, civil, procesos y sistemas.
- FRANCISCO T SÁNCHEZ, Martín Pérez A, otros Mantenimiento mecánico de maquinas industriales

BIBLIOGRAFIA WEB

- <http://www.mantenimientomundial.com>
- <http://www.fedepalma.com>
- <http://www.emsatcolombia.com/>
- <http://www.mantenimientomundial.com>
- <http://www.cenipalma.org>

ANEXOS

GENERALIDADES DE LA EMPRESA PALMAS OLEAGINOSAS DEL MAGDALENA (PADELMA LTDA).

- **FILOSOFIA**

Uno de los principios que identifica a padelma es el humanismo las personas en primer lugar la actividad económica al servicio del hombre. Por tanto, nuestro objetivo empresarial viene determinada por su aporte al bienestar de la sociedad y como consecuencia de esa labor eficiente se obtiene los recursos suficientes para retribuir a las personas que lo han hecho posible, compensar a los inversores que asumieron el riesgo y garantizar la renovación e inversión para seguir creando empleo.

A partir de este principio la filosofía de padelma se basa en la calidad del servicio integral y en las satisfacciones de sus clientes y colaboradores; en el compromiso del entorno rural, en su desarrollo sostenible y el requerimiento del respeto del medio ambiente. Padelma está formada por un grupo de personas que aúnan: compromiso, transparencia, integración, credibilidad, innovación, solidaridad y pasión por el entorno rural.

- **MISION**

Padelma limitada cultiva, recolecta y extrae productos primarios de la palma africana, cumpliendo con un procesamiento basado en los estándares de calidad agroindustrial con el fin de ofrecer un excelente producto a nuestros clientes a nivel nacional e internacional además, procura generar fuentes de trabajo, cultura organizacional, protección al medio ambiente y mejora de la calidad de vida de sus colaboradores de sus familias y la región.

- **VISION**

Ser reconocidos como una de las empresas de mayor liderazgo y prestigio en la zona bananera y del departamento del magdalena.

- **OBJETIVOS**

Generar una fuente de trabajo permanente que produzca beneficios a los socios a los trabajadores y a la comunidad.

- **EXTRATEGIAS**

- a) Adoptar un modelo de producción sostenible en armonía con el medio ambiente.
- b) Generar prácticas operacionales comprometidas con la responsabilidad social.
- c) Crear una sinergia entre los beneficios empresariales y la satisfacción de todos los actores.
- d) Utilizar procedimientos que permitan minimizar los riesgos y aumentar los beneficios.
- e) Desarrollar herramientas corporativas que garanticen el mejoramiento continuo
- f) Implementar mecanismos necesarios para trascender el entorno globalizado.
- g) Establecer compromisos de libertad de asociación de acuerdo a los lineamientos del reglamento interno de trabajo y de ley.
- h) Respetar al trabajador sin distinción de sexo raza condición política social o religiosa y al derecho a la reproducción en su etapa laboral.
- i) Garantizar que nuestros trabajadores sean mayores de edad.
- j) Incentivar la producción de los trabajadores dentro de la empresa de acuerdo su nivel educativo y experimental.
- k) Condenar el abuso sexual, maltrato físico y psicológico en el lugar de trabajo.

REGISTRO DE MANTENIMIENTO

NOMBRE DEL EQUIPO:			EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS	REPUESTOS INSUMOS, FUNGIBLES		
TIPO DE EQUIPO:						
MARCA:						
MODELO:						
REFERENCIA:						
SERIE:			VARIABLES DE CONTROL			
SERVICIO EN EL QUE SE ENCUENTRA UBICADO:						
N° PLACA O CÓDIGO DE INVENTARIO:						
FECHA DE REALIZACIÓN DE (DD/MM/AAAA)			DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD REALIZADA	OBSERVACIONES	NOMBRE DEL PROFESIONAL O TÉCNICO RESPONSABLE	FIRMA DEL PROFESIONAL O TÉCNICO
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	CALIBRACIÓN	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				

PADELMA LTDA
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
RUTINAS MANTENIMIENTO DE FABRICA
SECCION DESFRUTDO

Codigo	Sistema	Subsistema	Actividad	Codigo Actividad	Periodicidad	Estado	Realizado por	Frecuencia
130000	DESFRUTADO	SUB-SECCION: DESFRUTADO						
130101		Pùente grúa	Analisis visual general del elemento		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7
130102		Motor de Elevación.	verificación de contactores estado de limpieza		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7
			Verificar el voltaje de acuerdo a la rata especifica					
130103		Reductor de elevación.	verificación de fluidos ruidos y otros		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7
130104		Motor de traslación	verificación de contactores estado de limpieza		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7
			verificación de fluidos ruidos y otros					
130105		Reductor de traslación	verificación de fluidos ruidos y otros		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7
130106		Motor de Volteo	verificación de contactores estado de limpieza		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7

			Verificar el voltaje de acuerdo a la rata					
			especifica					
130107		Reductor de volteo	verificación de fluidos ruidos y otros		Diario	Funciona miento	Mecánico	M 1/7
130201		Tolva alimentadora	inspección de la tolva alimentadora		Diario	Funciona miento	Mecánico	M 1/7
130202		Motor del alimentador	verificación de contactores estado de limpieza		Diario	Funciona miento	Mecánico	M 1/7
			Verificar el voltaje de acuerdo a la rata especifica					
130203		Reductor del alimentador	verificación de fluidos ruidos y otros		Diario	Funciona miento	Mecánico	M 1/7
130301		Desfrutador	tambor desfrutador estado de platinas verificación de partes		Diario	Apagado	Mecánico	M 1/7
130302		Motor desfrutador	verificación de contactores estado de limpieza		Diario	Funciona miento	Mecánico	M 1/7
			Verificar el voltaje de acuerdo a la rata especifica					
130303		Reductor desfrutador	verificación de fluidos ruidos y otros		Diario	Funciona miento	Mecánico	M 1/7
130401		Sin fin desfrutador	verificar Estado de tornillo sin fin estado de laminas o aspas		Diario	Apagado	Mecánico	M 1/7
130402		Motor sin fin desfrutador	verificación de contactores estado de limpieza		Diario	Funciona miento	Mecánico	M 1/7
130403		Reductor sin fin desfrutador	verificación de fluidos ruidos y otros		Diario	Funciona miento	Mecánico	M 1/7
130501		Sin fin a elevadores de fruta	verificar Estado de tornillo sin fin estado de laminas o aspas		Diario	Apagado	Mecánico	M 1/7
130502		Motor sin fin a	verificación de contactores estado de		Diario	Funciona	Mecánico	M 1/7

		elevadores	limpieza			miento		
130503		Reductor sin fin elevadores	verificación de fluidos ruidos y otros		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7
130601		Elevador de fruta 1	Examen visual de estructura del elevador		Diario	Apagado	Mecánico	M 1/7
130602		Motor elevador de Fruta 1	análisis de ruidos inspección visual de contactores		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7
130603		Reductor elevador de fruta 1	fluidos reconocimiento de ruidos o partes alteradas		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7
130701		Elevador de fruta 2	Examen visual de estructura del elevador		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7
130702		Motor elevador de Fruta 2	análisis de ruidos inspección visual de contactores		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7
130703		Reductor elevador de fruta 2	fluidos reconocimiento de ruidos o partes alteradas		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7
130801		Sin fin distribuidor de Fruta	análisis de tornillo sin fin estado de aspas		Diario	Apagado	Mecánico	M 1/7
130802		Motor Sin fin distribuidor de fruta	verificación de contactores estado de limpieza		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7
130803		Reductor sin fin distribuidor de fruta	verificación de fluidos ruidos y otros		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7
130901		Banda de Raquis	examinar las bandas verificación visual de rodillos y otros		Diario	Apagado	Mecánico	M 1/7
130902		Motor Banda de Raquis	verificación de contactores estado de limpieza		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7
130903		Reductor Banda de Raquis	verificación de fluidos ruidos y otros		Diario	Funcionamiento	Mecánico	M 1/7

Modelo de hoja de vida de equipos

PALMAS OLEAGINOSAS DEL MAGDALENA LTDA. PADELMA LTDA. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO					
SECCIÓN:	HOJA DE VIDA DE EQUIPO	sub.-SECCIÓN:	DIGESTIÓN Y PRENSADO		
EQUIPO:	PRENSA NC 2	CÓDIGO:	140501		
Fabricante:	Industrias ABR Ltda. (Bucaramanga)	Capacidad:	10 Ton/hora		
Año Fabricación:	2000	APM salida:	10.0 - 11.0		
Fecha Instalación:	Junio del 2000	NC Maquina:	PMV0012		
Modelo.	PSD 10 ASM				
	Componentes Principales		Cantidad	Observaciones	
Juego de Ejes de Transmisión			1		
Juego de Piñones Rectos (Z=16)			1		
Corona de Bronce (Z=59)			1		
Juego de Tornillos Sin fines de Prensado			1		
Canasta Perforada			1		
Juego de Strainer o Coladores (2 Curvos - 2 Planos)			1		
Platos de Desgaste			2		ext=270,Dint=152,t=12
Eje de Fijación Rosca Izquierda de 1¼"			1		
Eje de Fijación Rosca Derecha de 1¼"			1		
Tuerca Rosca Izquierda de 1¼"			1		
Tuerca Rosca Derecha de 1¼"			1		
Tubo Guía Rosca Izquierda del Portahidraulico			1		

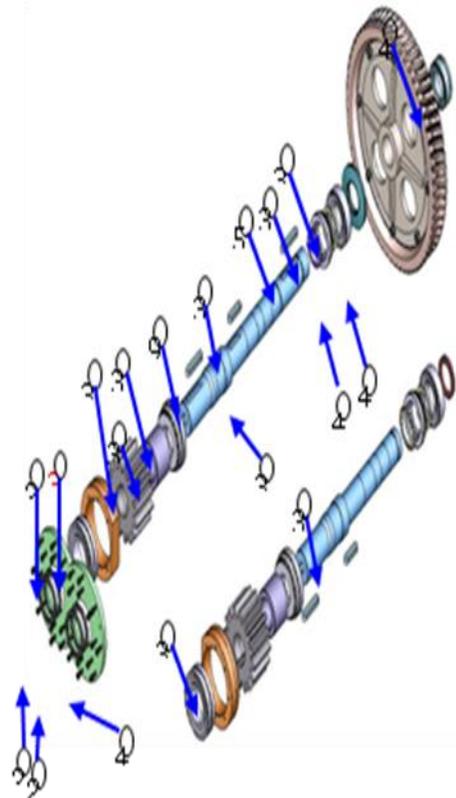
Tubo Guía Rosca Derecha del Portahidraulico			1		
Conos de Ajuste			2		
Punteras Cónicas			2		
Eje de Alargadera Rosca Izquierda			1		
Eje de Alargadera Rosca Derecha			1		
Rodamiento 22215 C/W33/C3 (Sin fin de la Transmisión)			2	Marca SKF	
Rodamiento 32214 J2 (Sin fin de la Transmisión)			2	Marca SKF	
Rodamiento 22224 E/C3 (Housing de la Transmisión)			2	Marca SKF	
Rodamiento 29320 E (Housing de la Transmisión)			2	Marca SKF	
Rodamiento 29420 E (Housing de la Transmisión)			2	Marca SKF	
Rodamiento 22220 E/C3 (Housing de la Transmisión)			2	Marca SKF	
Arandela de Retención MB20 (Housing de la Transmisión)			1	Marca SKF	
Tuerca de Fijación KM20 (Housing de la Transmisión)			1	Marca SKF	
Retenedor 120 X 150 X 12 (Housing de la Transmisión)			2		
Retenedor 75 X 95 X 13 (Sin Fin de la Transmisión)			2		
Retenedor 150 X 180 X 12 (Housing Porta canasta)			4		
Retenedor 110 X 87.45 X 5/(" (Porta hidráulico)			4		
Polea Tipo B de seis canales de Ø 170 mm (Motor)			1		
Polea Tipo B de seis canales de Ø 720 mm (Prensa)			1		
Correa B - 120			6		
Conjunto del Gato Hidráulico Completo			1		
Motor Asea Boverly 30HP a 860 RPM			1		
Motor Siemens 1,2 HP a 1138 RPM			1		
SISTEMA ELECTRICO					
Accionamiento:	Arranque eléctrico trifásico Estrella - Triángulo con tensión eléctrica de tres fases a 220 V, 60 Hz.				
Motor:	ABB	Modelo:	MBT - TCCV	Numeración:	M9 76- 114 80
Forma Constr.:	IM B3	Protección:	IP56	Cl.	F

		n:		Aislamiento:	
Amperios:	86	Cos φ :	0,75	Rodamiento:	6313 – 6312
Factor de Servicio:	1,0	Peso:	300 Kg.	Temperatura:	40 °C
Diam. Eje Salida:	60 mm	Cuña:	18 mm	Tipo Servicio:	Continuo
Eficiencia:	87,8				
PROTECCION ELECTRICA					
Breaker:	Merlin Gerin NS160N 160 amp.				
Contactador (es):	Telemecanique LC1 D4011 (2); Telemecanique LC1 D2510				
Térmico:	Telemecanique LR2 D3357 37 - 50 amp.; calibrado a 43 amp.				
Auxiliar:	Telemecanique LA1 DN11				
Temporizador:	Telemecanique LA2 DT2 0,1 - 30 Seg.				
TIPOS DE TRANSMISIONES DE POTENCIA					
Motor- Housing de Transmisión					
Tipo:	La transmisión entre el motor y el housing de la prensa e realiza a través de 6 correas trapezoidales tipo B - 120.				
Polea Motor:	\varnothing Ext= 170 mm, \varnothing interior= 60 mm y cuñero = 18 mm				
Polea Reductor:	\varnothing Ext= 720 mm, \varnothing interior= mm y cuñero =				
	con embrague para evitar sobrecarga.				
SITEMA ELECTRICO DE LA UNIDAD HIDRAULICA					
Accionamiento:	Arranque eléctrico trifásico Directo con tensión eléctrica de tres fases a 220 V, 60 Hz.				
Motor:	SIEMENS	Modelo:	1LA3 095 YB60	Numeración:	
Tamaño	90 L	Potencia:	1.8 HP	RPM:	1700
Forma Constr.:	IM B3	Cos:	0,86	Roda	620

				mientos:	5
Amperios:	5,9	Diam. Eje Salida:	24 mm	CUÑA:	8 mm
PROTECCION ELECTRICA					
Guardamotor:	M25 TM10 6 - 10 Amp.				
Contactora:	Telemecanique LC1D1210				
Térmico:	Telemecanique LR2 D1312 4-6 amp. (calibrado a 4)				
HOROMETRO					
		H.TRABAJADAS	HORA FIJA	PROX. CAMBIO	
02/01/2009	21507,72	2193	19314,23	20314,23	
			HORAS ESTIPU	MESES ESTIPU	
	PRENSA 2	CANASTAS DE PRENSADO	2000		
		TORNILLOS DE PRENSADOS	1000	20314,23	
		MEDIA LUNA INOXIDABLE	2000		
		DOBLE U ESCURRIDORA	2000		
		U ESCURRIDORA	2000		
		TORNILLOS DE CABEZA AVELLANADAS	2000		
		FLANCHE DE SALIDA	2000		
		CONO DE AJUSTE	2000		
		RODAMIENTOS PRENSA	8000		
		RETENEDORES PRENSA	2000		
		RODAMIENTOS MOTOR	3500		
		RODAMIENTOS REDUCTOR	7000		
		KIT SELLOS GATOS HIDRAULICOS	1000	20314,23	
		CORREAS	2000		

Registro general de equipos de la fábrica.

REGISTRO GENERAL DE EQUIPOS DE FABRICA	
C:\Manteniminet\Equipos de Fabrica	
100000	SECCION: EXTRACCION DE ACEITE DE PALMA
140000	SUBSECCION: DIGESTION-PRENSADO
140101	Digestor N° 1
140201	Digestor N° 2
140301	Digestor N° 3
140401	Prensa N° 1
140501	Prensa N° 2
140601	Prensa N° 3
140701	Unidad hidráulica de Prensa 1
140801	Unidad hidráulica de Prensa 2
140901	Unidad hidráulica de Prensa 3
141001	Tanque calentador de agua 1
141101	Tanque Calentador de agua 2
141201	Ventilador de las Prensas
	Eje central monotornillo prensa 2



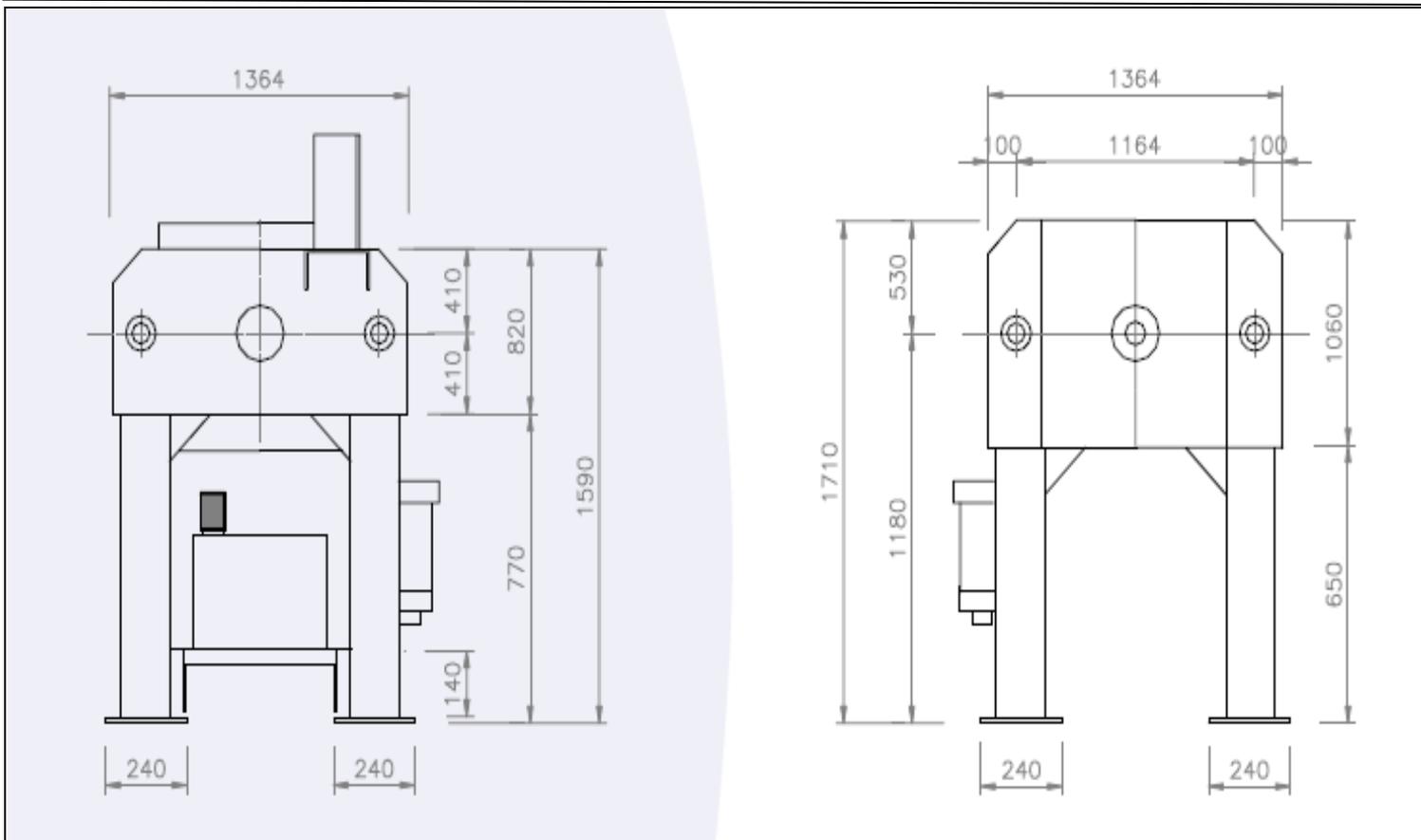
Base de datos Equipos de extractora

PALMAS OLEAGINOSAS DEL MAGDALENA LTDA PADELMA LTDA DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO					
It.	Equipo	Cant	Referencia - Capacidad	Motor	Reductor
1	Báscula Camionera	1	Prometalico 60.000 kg		
	Indicador Pesaje	1	Brazo digital		
	Medidor Peso	1	Módulo 533 Electroscale		
	Impresora Tiquetes	1	Módulo 331 Electroscale		
2	Tolvas Recibo Fruta	13	14300 kg c/u - hidráulico		
3	Unidad Hidráulica Tolva	1	Incluye presoestado Rexroth	6.6HP-1200RPM Siemens	Bomba Rexroth
4	Chasis - Vagones Cocinado	74	1300 kg c/u		
5	Cabrestante	1		6.6HP-1800 RPM Siemens	Ramfé MRS130N3

**Relación de Secciones y
Subsecciones de los
Equipos Año 2009**

	SECCION	SUBSECCIONES			Equipos
Dígito Nº 1	NOMBRE	Dígito Nº 2	Tipo de Proceso	Material o Fluido Manejado	Cantidad de Hojas de Vida
1	ACEITE ROJO	1	Recepción	Racimos	6
		2	Esterilización	Racimos	5
		3	Desfrutado	Racimos	11
		4	Digestión y Prensado	Frutos	12
		5	Clarificación	Aceite Rojo	10
		6	Deshumificación	Aceite Rojo Seco	8
		7	Almacenamiento	Aceite	7

FILTRO PRENSA 2 VISTA FRONTAL Y POSTERIOR



TEMA	INFORME MENSUAL MANTENIMIENTO	FECHA:	
		CÓDIGO:	
		PRESENTADO A:	GERENTE
		PRESENTADO POR:	ADMINISTRADOR PLANTA

TIPO DE INFORME GERENCIAL (TEMA)

JUSTIFICACION
1.
2.
3.
4.

OBJETIVOS (FRENTE AL PLAN DE MANTENIMIENTO)
1.
2.
3.

BENEFICIOS (CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS)
1.
2.
3.
4.

REQUERIMIENTOS (ÁREAS IMPLICADAS - RESPONSABLES)
1.
2.
3.
4.
5.

PRESUPUESTO MES	VALOR	FUENTE FINANCIAMIENTO

RESULTADOS ESPERADOS (INDICADORES DE GESTION Y EVALUACION - GRÁFICOS)
1.
2.
3.
4.
5.

	INFORME MENSUAL MANTENIMIENTO	FECHA:	
	TEMA	CÓDIGO:	
		PRESENTADO A:	
		PRESENTADO POR:	

ASPECTOS	PROCESOS O INDICADORES BÁSICOS
TÉCNICOS	
HUMANOS	
ADMINISTRATIVOS	
LEGALES	
FINANCIEROS	
INFRAESTRUCTURA	
OTROS	

PROCESO DE ANÁLISIS Y APROBACIÓN		
CARGO	ROL O ACCIÓN	VISTO BUENO

DECISIONES TOMADAS
1.
2.
3.
4.

COMPROMISOS Y ASUNTOS PENDIENTES		
Actividad	Responsable	Fecha de Entrega

Fecha próxima reunión	Hora	Lugar

TEMA	INFORME MENSUAL MANTENIMIENTO	FECHA:	
		CÓDIGO:	
		PRESENTADO A:	
		PRESENTADO POR:	

EVALUACIÓN DE IDEAS O PROYECTOS EMPRENDEDORES
--

NOMBRE DE LA IDEA O PROYECTO	CÓDIGO	FECHA
ASPECTOS GENERALES	SI	NO
¿Está la idea definida en términos claros y precisos?		
¿Se tienen claramente identificados los objetivos?		
¿Las características de los proveedores satisfacen los requerimientos del plan de mantenimiento?		
¿Se describe con claridad el proceso técnico requerido para la elaboración del programa planeado?		
¿La idea parte de una necesidad, oportunidad o ausencia de algo?		
¿La idea tiene elementos diferenciadores, innovadores o de valor agregado?		
¿Se define con claridad las fortalezas de la idea frente a otras alternativas comparables?		
¿Se definen estrategias de valor para cumplir el objetivo?		
¿Está claramente identificado el beneficio que obtendrá la empresa?		
¿Está claramente definida la idea en sus diferentes etapas de implementación?		
¿Está claramente definido el presupuesto y la relación costo vs beneficio de la idea?		
¿Está claramente conformado el equipo y los responsables tienen las competencias específicas para la realización de la idea?		

PROCESO DE ANÁLISIS Y APROBACIÓN		
CARGO	ROL O ACCIÓN	VISTO BUENO

