



**Universidad
de Holguín**

FACULTAD
DE INGENIERÍA
DPTO. INGENIERÍA MECÁNICA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero Mecánico**

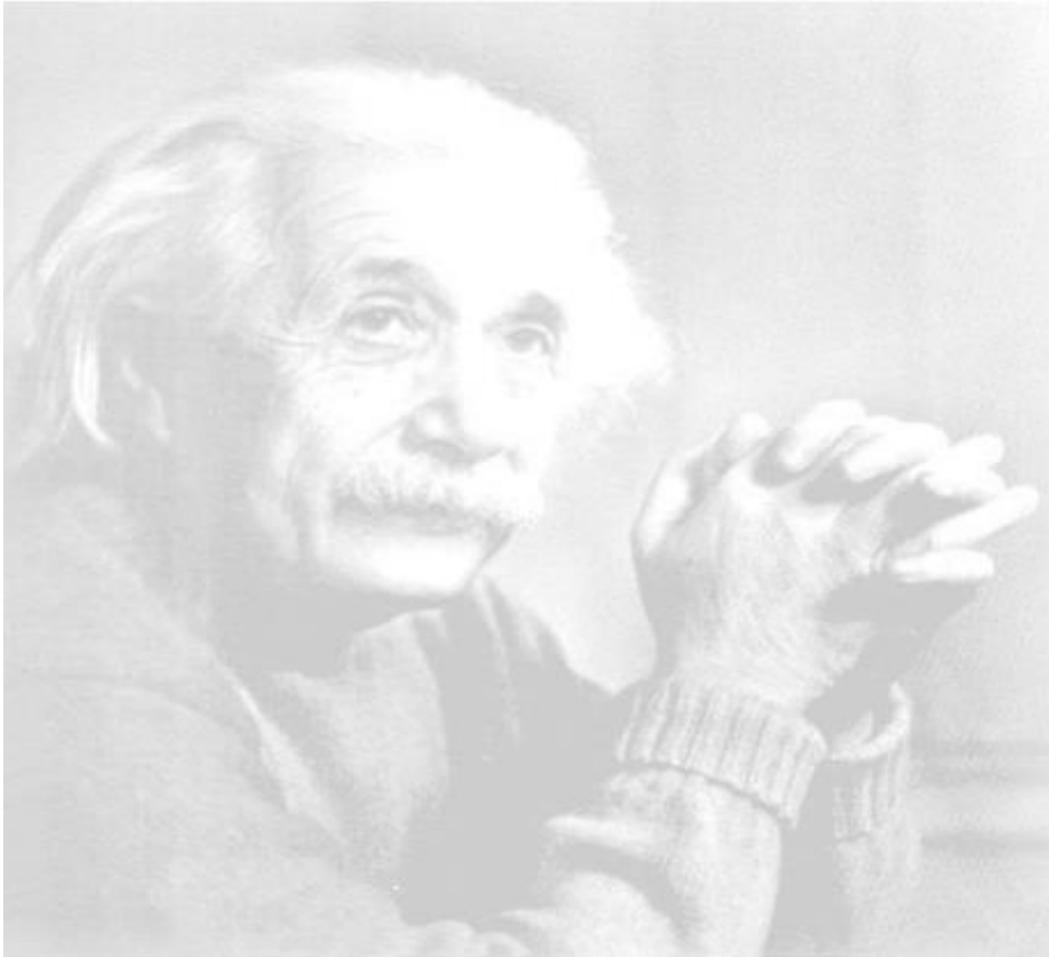
**Título: Metodología para la evaluación al sistema de mantenimiento
aplicado a las cosechadoras de caña CCA-5000**

Autor: Zenia Perdomo Santiesteban

Tutor: Dr. C. Fernando Daniel Robles Proenza

Holguín 2018

PENSAMIENTO



Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad.

Albert Einstein

AGRADECIMIENTOS

A esos padres geniales que tengo, a quienes admiro, respeto y debo todo lo que soy. Ellos son mi mayor inspiración, mi fuerza y mi más grande tesoro. A ustedes que fueron los responsables de mi formación y educación, que me guiaron por el buen camino y me enseñaron a no rendirme jamás. Para ustedes que lo han sacrificado todo para verme crecer y sienten mis logros como si fueran suyos. Nunca me van alcanzar las palabras para agradecerle.

A mi abuela que siempre ha querido lo mejor para mí, por ser mi segunda madre, por inculcarme tantas cosas buenas y enseñarme que en la vida hay que luchar para conseguir lo que queremos.

A Barberán y toda su familia por ser personas muy especiales, por siempre apoyarme.

A mi familia por su apoyo incondicional, gracias tía Kirenia por preocuparte siempre por mí.

A mis compañeros inseparables Susana, Roberto y Nolvis por ayudarme en todo lo que he necesitado. Por ser personas especiales en mi vida durante estos 5 años, nunca los voy a olvidar.

A mi gran amigo Arney y a toda su familia por siempre estar presente y por inculcarme el estudio y el seguir adelante.

A mi tutor Fernando Daniel Robles Proenza por su tiempo y dedicación, sin usted hubiera sido imposible realizar este trabajo.

Al colectivo de trabajadores de la Fábrica Héroes del 26 de julio y la Empresa CEDEMA por brindarme su apoyo incondicional y a todos los profesores que durante toda la carrera me transmitieron su conocimiento, me inculcaron responsabilidad y se esforzaron porque fuera mejor estudiante cada día.

A todas mis amistades, pues juntos compartimos muchos recuerdos.

A todas aquellas personas que de una forma u otra me han ayudado a realizar este sueño.

DEDICATORIA

A mi madre por ser mi paradigma de consagración y abnegación, por siempre estar ahí y apoyarme, por poder contar con su confianza y su apoyo incondicional siempre. Por enseñarme a sobreponerme a los problemas y salir adelante. Eres mi guía y mi ejemplo.

A mi padre por tantas enseñanzas.

A mi abuela y tía por darme su apoyo incondicional y vivir conmigo cada día durante estos 5 años.

A toda mi familia por siempre apoyarme.

A todos mis amigos por estar conmigo en las buenas y malas, nunca los voy a olvidar.

Quisiera dedicarles este éxito a todas las personas que de una forma u otra han contribuido a mi formación personal y profesional, las palabras no son suficientes para expresar las dimensiones de mi agradecimiento.

A todos, infinitas gracias.

RESUMEN

El presente trabajo de diploma aborda aspectos esenciales para la mejora del sistema de mantenimiento que se aplicará a la cosechadora de caña CCA-5000. Tiene como objetivo desarrollar una metodología para evaluar la calidad de la gestión de su mantenimiento. Este análisis se apoya en métodos reconocidos internacionalmente para evaluar la calidad de la gestión de los sistemas de mantenimiento y en las experiencias logradas, en este sentido, en el sector industrial azucarero. Por la naturaleza de este tipo de máquinas y sus peculiares condiciones de explotación, fue necesario introducir comprobaciones y encuestas, a expertos del diseño y a usuarios en condiciones de cosecha. Esta nueva metodología se aplicará al sistema de mantenimiento de la cosechadora de caña CCA-5000, cuando entre en plena explotación, garantizando con ello, un programa de mejora continua que propiciará vías y métodos para actuar de forma sistémica sobre el sistema de mantenimiento y combinando acciones correctivas, preventivas y predictivas para lograr niveles competitivos en el funcionamiento de esta nueva máquina.

SUMMARY

Present diploma's work shows the essential aspects for the improvement of the maintenance system that will be applied to the CCA-5000 Sugar Cane Harvester machine. Its objective is to develop a methodology to evaluate the quality of its maintenance management. This analysis is based on internationally recognized methods to evaluating the management quality of maintenance systems and in the advance experiences in the sugar industry. Due to the nature of this type of machines and their peculiar exploitation conditions, it was necessary made tests and surveys to consult designer experts and users in harvesting conditions. This new methodology will be applied to the maintenance system of the Sugar Cane Harvester machine CCA-5000, when it enters in full exploitation, guaranteeing a continuous improvement program that will support ways and methods to act systemically on the maintenance system and combining corrective, preventive and predictive actions to achieve competitive levels in the operation of this new machine.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
1.1 Corte mecanizado de la caña en Cuba.....	7
1.2 Conceptos básicos e ideas acerca de la evolución y la concepción del mantenimiento.	11
1.3 Fundamentos de la auditoría de mantenimiento.....	15
1.4 Organización general para el desarrollo y evaluación de la auditoría a la gestión de la calidad del mantenimiento	19
1.5 Herramientas complementarias para la evaluación cualitativa del estado de la gestión de mantenimiento	25
1.6 Criterio de Evaluación de la auditoría al mantenimiento.....	30
1.7 Experiencias de la evaluación de la calidad de la gestión del mantenimiento en industrias del territorio	33
Conclusiones del capítulo.....	37
CAPÍTULO II: Metodología para la evaluación del sistema de mantenimiento aplicado a las cosechadoras de caña CCA-5000	38
2.1 Principio de funcionamiento y componentes principales de la cosechadora de caña CCA – 5000.....	38
2.2 Sistema de Mantenimiento Previsto para la cosechadora de caña CCA-5000	42
2.3 La gestión del mantenimiento. Su influencia y eficacia en las vías para establecer un programa de mejora continua en el mantenimiento aplicado a las cosechadoras de caña CCA-5000	48
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	55
CONCLUSIONES GENERALES	56
RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	63

INTRODUCCIÓN

La agricultura de los tiempos actuales exige de una óptima explotación de los procesos mecanizados, concentración, especialización de la producción, incremento de la productividad del trabajo sobre la base de los rendimientos agrícolas y disminución de los costos de producción.

En Cuba a través de los años se ha desarrollado el cultivo de la caña como una de las principales fuentes de riquezas. Inicialmente este cultivo se cortaba manualmente por los esclavos como un método muy barato impuesto por los colonizadores, luego de la abolición de la esclavitud este producto se cosechaba por obreros y campesinos que se dedicaban a este cultivo como su trabajo cotidiano, pero todavía manualmente. Antes del triunfo de la Revolución cubana, el primero de enero de 1959, las condiciones de trabajo en los campos cañeros cubanos eran pésimas y no había ninguna preocupación de los gobernantes de turno por una mejoría en la calidad de vida de los macheteros que participaban en la cosecha cañera.

En 1959 hay cambios radicales en el ámbito económico y social en Cuba. Se inicia una etapa nueva en el campo de la mecanización agrícola y es cuando comienzan a utilizarse a inicios de la década de los 60 en mayor escala las cosechadoras cañeras que mejoraron en sus inicios, de forma discreta la producción de azúcar. Estas producciones se incrementaron paulatinamente.

En el país no existía ningún grado de mecanización en el corte y alza de la caña hasta 1961 que comienza a destacarse la colaboración soviética con relación a las nuevas máquinas cosechadoras que cumplían parte del proceso tecnológico de la cosecha, esta colaboración es comprendida en el período de 1963 a 1969 (Silveira, 1980).

A partir de la necesidad de sustituir el parque de máquinas existentes en el país por otras de mayor rendimiento productivo, fiabilidad y confort, con el propósito de que puedan laborar en campos de alto rendimiento, el 27 de junio de 1977 en Holguín se inaugura la fábrica de combinadas cañeras "60 Aniversario de la Revolución de Octubre", por el comandante en jefe Fidel Castro con el objetivo de producir cosechadoras de caña y desarrollar la fabricación de nuevos prototipos cada vez mejores y con favorables

condiciones de trabajo. De esta manera comienza todo un proceso de especialización y desarrollo en las cosechadoras de caña cubanas.

La agricultura cañera cubana está necesitada de una máquina cosechadora que cumpla con todos los requisitos y exigencias agro técnicas, técnicas-explotativas y económicas, que logre altos índices productivos, de calidad del material cosechado, así como un aceptable grado de fiabilidad, los cuales garanticen un alto nivel de competitividad, tanto en el mercado cubano, como internacional (Informe comparativo, Cosechadora 4000 vs KTP-2M, Centro de estudio de desarrollo de Maquinarias Agrícolas (en lo adelante CEDEMA) 2000), es por eso que dentro del programa de investigaciones del sistema de cosecha de caña de azúcar en Cuba, la cosechadora es un tema principal para su perfeccionamiento constante. Con el objetivo de elevar la producción de azúcar en el país debido a un alza del precio de la misma en el mercado mundial, se elaboró una tarea técnica y encomendada al CEDEMA para desarrollar un nuevo modelo de cosechadora cañera, siendo esta una forma de sustituir la importación de las costosas máquinas CASE IH. Como fruto del trabajo de los especialistas del CEDEMA fue fabricado el prototipo de prueba, combinada cañera autopropulsada CCA-5000 sometiéndola a un mes de pruebas en los campos del central "Antonio Guiteras Holmes" en la provincia de Las Tunas. En este tiempo se presentaron algunos fallos que afectan directamente la productividad de la máquina encareciendo el proceso de explotación y mantenimiento.

En los últimos tiempos, la actividad de mantenimiento ha sufrido variación en su concepción de trabajo, pasando a ser de una actividad reactiva de apaga fuegos a una actividad con enfoque proactivo, debido a que los paros imprevistos son cada vez más costosos con su considerable dosis de pérdida de credibilidad que es lo mismo que decir pérdida de mercado. Lo que le proporciona a la actividad de mantenimiento una visión de negocio, pues se convierte en un factor de vital importancia dentro de la estructura competitiva de la empresa. Por otra parte, sistemas más avanzados de mantenimiento permiten una mayor disponibilidad de equipamiento con una significativa reducción de los costos y un desarrollo ascendente en cuanto a confiabilidad operacional se refiere. Esto contribuye a la implantación de un sistema de

gestión de seguridad y además representa pasos firmes para la introducción de un programa de mejora continua (Acosta, 2012).

La actividad final de cualquier entidad organizada está dada como: Producción = Operación + Mantenimiento, donde al segundo factor de este binomio, se le atribuye la responsabilidad de reducir el tiempo de paralización de los equipos que afectan la operación, reparación en tiempo oportuno de los daños que reducen el potencial de ejecución de los servicios, garantía de funcionamiento de las instalaciones, de manera que los productos o servicios satisfagan criterios establecidos por el control de la calidad y estándares preestablecidos (AZCUBA, 2013).

El empleo de las técnicas de mantenimiento en estos momentos tiene un gran auge en el mundo debido a los beneficios que estos aportan a la economía alargando el tiempo de explotación de los equipos y constituye una forma de reducir importaciones de máquinas y piezas, pero si el mantenimiento no es el correcto o no se aplica como es debido estos traen consigo grandes gastos de recursos materiales y humanos.

La tecnología utilizada en la producción se ha convertido en un factor de alto nivel y confiabilidad. Esta lleva implícito un alto costo, el cual debe evitarse que alcance niveles aún mayores, y esto se logra cuando el costo de mantenimiento, como parte fundamental del valor añadido de una empresa, disminuye, sin dejar de garantizar la disponibilidad de los activos productivos. Para ello se hace necesario un mantenimiento organizado, eficiente y desarrollado que garantice a un costo competitivo la disponibilidad de sus activos productivos. Toda empresa que desee mantenerse competitiva tiene, indispensablemente, que dirigir y prestarle una especial atención al mantenimiento de su equipamiento.

El mantenimiento es una disciplina integradora que ha tenido un desarrollo vertiginoso en la industria y es la encargada de garantizar la disponibilidad del equipamiento de la empresa a un bajo costo. No se concibe una industria moderna sin una debida política de manutención de la tecnología con que produce. Sencillamente porque del mantenimiento depende de la funcionalidad, disponibilidad y conservación de su estructura productiva. Esto significa un incremento importante de la vida útil de los equipos y sus prestaciones. Es por

ello que el mantenimiento desarrolla técnicas y métodos para la detección, control y ejecución de actividades que garanticen el buen desempeño de la maquinaria. Lo anterior resulta imposible sin una eficiente estrategia y organización de esta disciplina en cada empresa (Acosta, 2012).

Para poder asimilar las nuevas tendencias que proporcionan estas ventajas, se hace necesario conocer de manera precisa la situación en que se encuentra el estado de la gestión de la calidad en el mantenimiento para tomar las medidas que sean necesarias y la única manera de saberlo es ejecutando un control y evaluación a la función.

El diseño, desarrollo, fabricación y uso de la cosechadora de caña CCA-5000 conlleva a que se implementen acciones efectivas para lograr evaluar con precisión el desempeño de esta nueva máquina, teniendo previsto antes de su fabricación seriada en Cuba, cómo realizar esta evaluación y qué aspectos se deben tener en cuenta, con especial atención al mantenimiento de las mismas.

Las cosechadoras de caña en Cuba, han utilizado varios sistemas de mantenimiento. Sin embargo, no existen antecedentes de estudios de evaluación de la efectividad de los sistemas de mantenimiento aplicados en estas complejas máquinas.

Situación Problemática: La carencia de vías para establecer una evaluación sistemática de las acciones de mantenimiento en las cosechadoras de caña cubanas, limitan las posibilidades de realizar mejoras continuas en estos complejos sistemas, aspecto de vital importancia para alcanzar resultados de nivel mundial en la cosecha cañera.

Problema de investigación: ¿Cómo desarrollar una metodología para evaluar la calidad de la gestión del sistema de mantenimiento utilizado en las cosechadoras de caña CCA-5000?

Objeto de estudio: Sistema de mantenimiento de las cosechadoras de caña CCA-5000.

Campo de acción: Calidad de la gestión del sistema de mantenimiento de la cosechadora de caña CCA-5000.

Hipótesis: Si se logra desarrollar exitosamente una metodología para el sistema de gestión de la calidad del mantenimiento en las cosechadoras de caña CCA-5000, entonces se podrán definir un conjunto de acciones necesarias para elevar la efectividad de su sistema de mantenimiento e implementar mejoras continuas y sostenidas en el empleo del mismo.

Objetivo general: Desarrollar una metodología para evaluar la calidad de la gestión del mantenimiento en las cosechadoras de caña CCA-5000.

Tareas de la investigación:

1. Estudio bibliográfico sobre las tendencias en el diseño y fabricación de las máquinas cosechadoras de caña.
2. Caracterización de los antecedentes de auditorías de mantenimiento aplicadas en el territorio, en el sector industrial.
3. Elaboración de la nueva metodología para las cosechadoras de caña CCA-5000.
 - Revisión de documentación histórica sobre el mantenimiento de cosechadoras de caña en Cuba.
 - Entrevistas a expertos.
 - Encuestas a técnicos y operadores.
4. Elaboración del informe final.

Métodos de investigación:

1. Teóricos:

- Modelación: permite la creación de modelos, estudia nuevas relaciones y cualidades del objeto de estudio, es justamente el proceso mediante el cual se crean modelos con vistas a investigar la realidad, existiendo una correspondencia objetiva entre el modelo y el objeto, se utiliza el Software profesional Microsoft Excel y Word de Office para la obtención gráficos.

2. Empíricos:

- Entrevista: se utilizó para la interacción con los clientes, para obtener información acerca del problema en cuestión. Su uso constituye un medio para el conocimiento cualitativo de las características particulares de un proceso y puede influir en el posterior análisis y diseño de la nueva metodología para la evaluación de la gestión del sistema de mantenimiento aplicado a las cosechadoras de caña CCA-5000.
- Consulta con expertos: se realizaron visitas a la entidad donde se contactó con los trabajadores, especialistas e ingenieros del área de mantenimiento. Y se realizaron de igual forma consultas periódicas con profesores de temas vinculados con el trabajo.
- Revisión de documentos: en busca de información de auditorías realizadas al mantenimiento.

Resultados esperados:

Al desarrollar la metodología para evaluar la calidad de la gestión del mantenimiento en las cosechadoras de caña CCA-5000 se deben obtener los problemas existentes en cuanto al mantenimiento del equipo.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Corte mecanizado de la caña en Cuba

Desde el surgimiento de las primeras ideas del corte mecanizado, Cuba estuvo vinculada a este proceso, entre los factores que contribuyeron a ello tenemos: la proximidad del país en relación con el polo de desarrollo mundial en esta esfera, los Estados Unidos de América y a la existencia de un elevado número de dueños de centrales azucareros de origen norteamericano (Ricardo, 2011).

En el año 1912 se produce un hecho que catalizó el desarrollo de la mecanización, la introducción del motor de combustión interna como parte de las máquinas y su fuente de energía principal, realizada por George D. Luce, el cual efectuó varios ensayos y consideró que en el año 1914 su máquina, estaba lista para la comercialización y fueron adquiridas por Australia, Hawái y Cuba. En el año 1915 en Matanzas en el Central “Rosario” (hoy Rubén Martínez Villena) se probaron las cosechadoras de George D. Luce. Algunas de las pruebas fueron filmadas con fines de promoción, era una máquina de arrastre acoplada a un tractor de 4 cilindros y 4 tiempos de 40 caballos de fuerza, fue la cosechadora D. Luce la primera en el mundo en venderse en varios países.

Hasta la década del 50 del siglo XX las máquinas transitaron por diferentes etapas evolutivas en las cuales influyen, por una parte, los adelantos tecnológicos ocurridos implantados en otras ramas como la militar y automotriz, y por otro, los avances que se fueron registrando en la ciencia en este campo, como son el uso de métodos estadísticos, perfeccionamiento de la técnica y medios de medición, la modelación, la teoría de sistemas y métodos de cálculo más fiables. Unido a esto el interés económico que despertó el desarrollo de la cortadora de caña desde la década de los 20 que se afianzó en los años 30 del pasado siglo y se continúa fortaleciendo hasta la actualidad debido a la existencia de las grandes empresas industriales destinadas a la fabricación de la maquinaria agrícola en general.



Figura 1.1: Cortadora de caña de azúcar (Luce). Fuente: (Ricardo, 2011).

En Cuba el desarrollo y la investigación de la mecanización cañera se inician en los primeros años de la Revolución. A finales de la primera zafra de 1961 debido a las nuevas condiciones sociales que eliminaron el desempleo se registra un déficit de macheteros por lo que el Comandante Ernesto Che Guevara, entonces Ministro de Industria y máximo precursor de la mecanización en Cuba, crea en ese año una comisión para atender la cosecha de caña.

Las primeras máquinas que se desarrollaron en Cuba no dieron el resultado deseado, requerían de una gran organización de la agricultura cañera y el aumento de la producción que se obtenía no compensaba el esfuerzo realizado (Pérez, 2006).

Así técnicos y especialistas cubanos continuaron trabajando en diferentes planes de desarrollo y paralelamente a esto, se recibe la colaboración de la extinta Unión Soviética e inaugurada personalmente por el Líder de la Revolución Cubana, Fidel Castro, entonces se construye en 1977 la fábrica de combinadas cañeras " 60 Aniversario de La Revolución de Octubre" con un costo de 47 millones de pesos (El portal de la industria cubana). Una de sus creaciones fueron las unidades de combinadas autopropulsoras KTP (ver figura 1.2).

Debido al constante perfeccionamiento de las máquinas combinadas cosechadoras de caña de azúcar, se le da continuidad al Programa de

Investigación del Sistema de Cosecha de Caña de Azúcar en Cuba. Entre las décadas de los años 60 y 70 del siglo XX se produce el refinamiento en la calidad de terminación de estas máquinas, proporcionado por la influencia de la ciencia en su perfeccionamiento, la tecnología de fabricación, empleo de robots, el empleo de la computación como apoyo a los cálculos, el surgimiento de nuevos materiales y la suma de experiencias obtenidas durante los años de búsqueda y mejoras. Estas máquinas en general con esquemas más o menos similares, se caracterizan por poseer mejores condiciones de trabajo para el operador, confort, uso de accionamientos hidráulicos que posibilitan la regulación del movimiento de avance, altura de corte según las condiciones de explotación, así como el movimiento reversible para el caso de atoros en su proceso tecnológico, mayor fiabilidad de sus órganos de trabajo, motor potente y más económico. Estas máquinas con algunas limitaciones resuelven el problema de la mecanización cañera en el mundo.

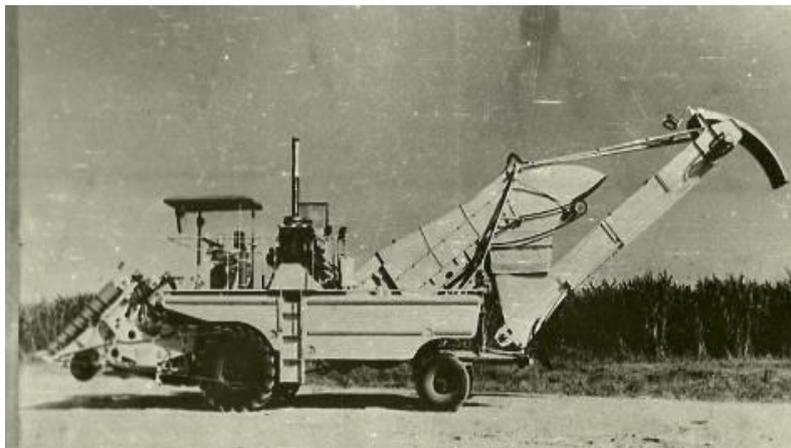


Figura 1.2: Cosechadora de caña de azúcar KTP-1. Fuente: (Ricardo, 2011).

La cosechadora de caña CCA-5000 representa un avance significativo en la mecanización de la caña de azúcar. Esta máquina es capaz de cosechar un surco o hilera (sin dañar los plantones) en cañaverales con marcos de siembra desde (1.4 a 1.6) m, lo cual significa mejor calidad de corte y aumento de productividad con un mínimo de pérdidas de materia prima.



Figura 1.3: Cosechadora de caña de azúcar KTP-2. Fuente: Max (Archivo personal).

La cosechadora de caña CCA-5000 tiene un tamaño comparable a los modelos actuales de la competencia a nivel mundial (ver figura 1.4). Con un adecuado balance de carga que le permite mejor desplazamiento y maniobrabilidad con excelentes condiciones operacionales, ha sido diseñada con un nuevo concepto revolucionario respecto a las anteriores cosechadoras KTP, esta característica aumenta significativamente el costo-beneficio de la máquina. Esta cosechadora fue concebida con el objetivo de simplificar los mantenimientos. Los accesos a los componentes del motor, sistema hidráulico y mecánico son fáciles, lo que proporcionan rapidez en los servicios con mayor seguridad. En el diseño no se olvidó al operador para ganar mayor productividad, reservó el confort, buena visibilidad y facilidad operacional. Los mandos ubicados en una distribución continua aseguran comodidad y funcionalidad durante las jornadas de trabajo.

El conocimiento y la experiencia para el uso de la máquina, lo tiene el personal de asistencia técnica de la Empresa “60 Aniversario de la Revolución de Octubre” (KTP). Sus profesionales, entrenados para prestar los mejores servicios, tienen la tecnología y las herramientas adecuadas para realizar los diagnósticos correctos.

El soporte técnico avanzado del CEDEMA, es la garantía para el buen rendimiento de la máquina y su mayor productividad (Senfort ,2014).



Figura 1.4: Cosechadora de caña CCA-5000. Fuente: (Informe combinada cañera CCA-5000).

1.2 Conceptos básicos e ideas acerca de la evolución y la concepción del mantenimiento.

Por su parte Anzola (1992), lo describe como Aquel que permite alcanzar una reducción de los costos totales y mejorar la efectividad de los equipos y sistemas.

El Centro Internacional de Educación y Desarrollo (en lo adelante CIED), filial de PDVSA (1995), define al mantenimiento como: El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorable y de acuerdo a las normas de protección integral.

Para Moubray (1997), el mantenimiento significaba: Acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas.

El mantenimiento es el conjunto de actividades dirigidas a garantizar, al menor costo posible, la máxima disponibilidad del para la producción; visto esto a través de la prevención de la ocurrencia de fallos y de la identificación y señalamiento de las causas del funcionamiento deficiente del equipamiento (Tavares, 2000).

Otra definición la ofrece De la Paz (2003) expresando que: El Mantenimiento es la totalidad de las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos fijos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste y con el fin de alargar su vida útil, para lograr una mayor disponibilidad y cumplir con calidad y eficiencia su función productiva y de servicio, conservando el medio ambiente y la seguridad del personal.

El mantenimiento debe garantizar que los equipos e instalaciones realicen la función productiva y de servicios para lo que están destinados, con la máxima eficiencia, calidad y con la menor afectación posible al medio ambiente y al personal que los atiende, a partir de la observación de las condiciones de trabajo y las acciones realizadas para alargar su vida útil, lograr una mayor disponibilidad y que se produzcan la menor cantidad de fallas posibles.

Históricamente el mantenimiento ha evolucionado a través del tiempo, Moubray (1997), explica en su texto que, desde el punto de vista práctico del mantenimiento, se diferencian enfoques de mejores prácticas aplicadas cada una en épocas determinadas. Para una mejor comprensión de la evolución y desarrollo del mantenimiento desde sus inicios y hasta nuestros días, Moubray distingue tres generaciones.

La primera generación cubre el periodo hasta el final de la II Guerra Mundial, en esta época las industrias tenían pocas máquinas, eran muy simples, fáciles de reparar y normalmente sobredimensionadas. Los volúmenes de producción eran bajos, por lo que los tiempos de parada no eran importantes. La

prevención de fallas en los equipos no era de alta prioridad gerencial, y solo se aplicaba el mantenimiento reactivo o de reparación.

La segunda generación nació como consecuencia de la guerra, se incorporaron maquinarias más complejas, y el tiempo improductivo comenzó a preocupar ya que se dejaban de percibir ganancias por efectos de demanda, de allí la idea de que los fallos de la maquinaria se podían y debían prevenir, idea que tomaría el nombre de mantenimiento preventivo. Además, se comenzaron a implementar sistemas de control y planificación del mantenimiento, o sea las revisiones a intervalos fijos.

Y la tercera generación se inicia a mediados de la década de los 60 donde los cambios, a raíz del avance tecnológico y de nuevas investigaciones, se aceleran. Aumenta la mecanización y la automatización en la industria, se opera con volúmenes de producción más altos, se le da importancia a los tiempos de parada debido a los costos por pérdidas de producción, alcanzan mayor complejidad las maquinarias y aumenta nuestra dependencia de ellas, se exigen productos y servicios de calidad, considerando aspectos de seguridad y medio ambiente y se consolida el desarrollo de mantenimiento preventivo.

Tradicionalmente, se consideran tres tipos de mantenimiento distintos: predictivo, preventivo, y correctivo: (Rosaler, 2002)

- Mantenimiento predictivo, también llamado mantenimiento a condición.
- Mantenimiento preventivo, que puede ser de dos tipos: sustitución o reacondicionamiento cíclico.
- Mantenimiento correctivo, también llamado trabajo al fallo.

El mantenimiento predictivo o mantenimiento a condición consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar un fallo antes de que ocurra. Por ejemplo, la inspección visual del grado de desgaste de un neumático es una tarea de mantenimiento predictivo, dado que permite identificar el proceso del fallo antes que este ocurra. Estas tareas incluyen, inspecciones (ejemplo: inspección visual del grado de desgaste), monitoreo (ejemplo: vibraciones, ultrasonido), chequeos (ejemplo: nivel de aceite). Tienen en común que la decisión de realizar o no una acción correctiva depende de la

condición medida. Por ejemplo, a partir de la medición de vibraciones de un equipo puede decidirse cambiarlo o no. Para que pueda evaluarse la conveniencia de estas tareas, debe necesariamente existir una clara condición de fallo potencial. Es decir, debe haber síntomas claros de que el fallo está en el proceso de ocurrir.

El mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución o de trabajo hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o componente. Estas tareas solo son válidas si existe un patrón de desgaste: es decir, si la probabilidad de fallo aumenta rápidamente después de superada la vida útil del elemento. Debe tenerse mucho cuidado, al momento de seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea de mantenimiento), no confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacerse. Por ejemplo, al evaluar el plan de mantenimiento a realizar sobre el impulsor de una turbina, se puede decidir realizar una tarea preventiva (sustitución cíclica del impulsor), tarea que en general se puede hacer dado que el fallo, generalmente, responde a un patrón de desgaste (patrón B de los 6 patrones de fallo del RCM). Sin embargo, en ciertos casos podría convenir realizar alguna tarea predictiva (tarea a condición), que en muchos casos son menos invasivas y menos costosas.

El mantenimiento correctivo o trabajo a la rotura. Si se decide que no se hará ninguna tarea proactiva (predictiva o preventiva) para manejar un fallo, sino que se reparará el mismo una vez que ocurra, entonces el mantenimiento elegido es un mantenimiento correctivo. ¿Cuándo conviene este tipo de mantenimiento? Cuando el costo del fallo (directos, indirectos) es menor que el costo de la prevención, o cuando no puede hacerse ninguna tarea proactiva y no se justifica realizar un rediseño del equipo. Esta opción solo es válida en caso que el fallo no tenga consecuencias sobre la seguridad o el medio ambiente. Es obligatorio en caso contrario hacer algo para reducir o eliminar las consecuencias del fallo.

Algunos autores definen el mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallos, como un cuarto tipo de mantenimiento, que consiste en la prueba de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos dispositivos serán capaces de brindar la protección requerida cuando

sean necesarios. En el mantenimiento detectivo no se está reparando un elemento que falló (mantenimiento correctivo), no se está cambiando ni reacondicionando un elemento antes de su vida útil (mantenimiento preventivo), ni se están buscando síntomas de que un fallo está en el proceso de ocurrir (mantenimiento predictivo). Por lo tanto, el mantenimiento detectivo es un cuarto tipo de mantenimiento. A este mantenimiento también se le llama búsqueda de fallos o prueba funcional, y al intervalo para el cual se realiza esta tarea se le llama intervalo de búsqueda de fallos, o FFI, por sus siglas en inglés (*Failure-Finding Interval*). Por ejemplo, arrojar humo a un detector contra incendios es una tarea de mantenimiento detectivo. Aunque conceptualmente, este tipo de mantenimiento, puede ser también entre los sistemas predictivos.

1.3 Fundamentos de la auditoría de mantenimiento

De acuerdo con Raña (2008), la auditoría del mantenimiento consiste en la evaluación, análisis y valoración objetiva, periódica y sistemática de las funciones y características esenciales del servicio, para comprobar la corrección del sistema de gestión de mantenimiento empleado y su evolución en el tiempo. La auditoría se caracteriza por depender de varios principios. La adhesión a esos principios es un requisito previo para proporcionar conclusiones de la auditoría que sean pertinentes y suficientes, y para permitir a los auditores trabajar independientemente entre sí para alcanzar conclusiones similares en circunstancias similares.

Las auditorías externas son llevadas a cabo por personal externo a la organización, la opinión de un auditor de este tipo añade credibilidad independiente a los resultados presentados a la dirección. El desarrollo del trabajo de un auditor independiente no está supervisado por personal de la entidad y en consecuencia debe tener claramente definidos los términos de referencia y alcances de la auditoría. El valor de su dictamen depende sobre todo de su reputación profesional en cuanto a su independencia mental y su objetividad.

Calidad: grado en que los conjuntos de características esenciales cumplen con la necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria con el objetivo de satisfacer al cliente (NORMALIZACIÓN, 2014).

Sistema de Gestión: sistema para establecer la política y los objetivos, y para lograr dichos objetivos (NORMALIZACIÓN, 2014).

Sistema de Gestión de la Calidad: sistema de gestión para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad (NORMALIZACIÓN, 2014).

Auditoría de Gestión: consiste en el examen y evaluación que se realiza en una entidad, para establecer el grado de Economía, Eficiencia y Eficacia en la planificación, control y uso de sus recursos y comprobar la observancia de las disposiciones pertinentes, con el objetivo de verificar la utilización más racional de los recursos y mejorar las actividades o materias examinadas (UCI, 2010).

Eficiencia: se refiere a la relación entre los recursos consumidos y la producción de bienes y servicios. La eficiencia se expresa como porcentaje, comparando la relación materia – producción con un estándar aceptable (norma). La eficiencia aumenta en la medida en que un mayor número de unidades se producen utilizando una cantidad dada de insumos. Trabajar con eficiencia equivale a decir que la entidad debe desarrollar sus actividades siempre bien. Una actividad eficiente maximiza el resultado de un insumo dado o minimiza el insumo de un resultado dado (UCI, 2010).

Eficacia: resultados que brindan los efectos deseados (UCI, 2010).

Efectividad: es la capacidad de lograr un efecto deseado, esperado o anhelado (UCI, 2010).

Mantenimiento: es la totalidad de las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a garantizar y mejorar los indicadores técnico-económicos de la producción como son: seguridad, fiabilidad, vida útil, disponibilidad técnica, rendimiento, calidad y costos de mantenimiento en el proceso productivo, con el fin de garantizar el plan de producción. En otras palabras, el mantenimiento es una actividad técnica administrativa destinada a promover la continuidad ininterrumpida del funcionamiento en condiciones operacionales y de conservación adecuadas de todo el equipamiento (Peña, 2009).

Para la realización de una auditoría el auditor debe de conocer el terreno de la planta completa o dónde se concentran los recursos destinados al

mantenimiento, los almacenes de repuestos y los usuarios de servicios que efectúan el mantenimiento. Un contacto en directo de cómo operará el mantenimiento en las áreas de trabajo.

Para auditar y evaluar el estado de la gestión de la calidad en el mantenimiento es necesario trabajar organizadamente, para enfrentar esta tarea se propone utilizar como referencia la NC-ISO 19011:2011 "Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y el medio ambiente".

Los auditores y las personas que gestionan un programa de auditoría deberían:

- Desempeñar su trabajo con honestidad, diligencia y responsabilidad.
- Observar y cumplir todos los requisitos legales aplicables.
- Demostrar su competencia al desempeñar su trabajo.
- Desempeñar su trabajo de manera imparcial, es decir, permanecer equitativo y ser pacífico en todas sus acciones.
- Ser sensible a cualquier influencia que se pueda ejercer sobre su juicio mientras lleva a cabo una auditoría.
- Presentación imparcial: la obligación de informar con veracidad y exactitud.

Las conclusiones e informes de la auditoría deberían reflejar con exactitud las actividades de auditoría. Se debería informar de los obstáculos significativos encontrados durante la auditoría y de las opiniones divergentes sin resolver entre el equipo auditor y el auditado. La comunicación debería ser veraz, exacta, objetiva, oportuna, clara y completa.

- Debido cuidado profesional: la aplicación de diligencia y juicio al auditar.

Los auditores deberían proceder con el debido cuidado, de acuerdo con la importancia de la tarea que desempeñan y la confianza depositada en ellos por el cliente de la auditoría y por otras partes interesadas. Un factor importante al realizar su trabajo con el debido cuidado profesional es tener la capacidad de hacer juicios razonados en todas las situaciones de la auditoría.

- Confidencialidad: seguridad de la información.

Los auditores deberían proceder con discreción en el uso y la protección de la información adquirida en el curso de sus tareas. La información de la auditoría no debería usarse inapropiadamente para beneficio personal del auditor o del cliente de la auditoría, o de modo que perjudique el interés legítimo del auditado. Este concepto incluye el tratamiento apropiado de la información sensible o confidencial.

- Independencia: la base para la imparcialidad de la auditoría y la objetividad de las conclusiones de la auditoría.

Los auditores deberían ser independientes de la actividad que se audita siempre que sea posible, y en todos los casos deberían actuar de una manera pacífica y libre de conflictos de intereses. Para las auditorías internas, los auditores deberían ser independientes de los responsables operativos de la función que se audita. Los auditores deberían mantener la objetividad a lo largo del proceso de auditoría para asegurarse de que los hallazgos y conclusiones de la auditoría estarán basados sólo en la evidencia de la auditoría.

Para las organizaciones pequeñas, puede que no sea posible que los auditores internos sean completamente independientes de la actividad que se audita, pero deberían hacerse todos los esfuerzos para eliminar el sesgo y fomentar la objetividad.

- Enfoque basado en la evidencia: el método racional para alcanzar conclusiones de las auditorías fiables y reproducibles en un proceso de auditoría sistemático.

La evidencia de la auditoría debería ser verificable. En general se basará en muestras de la información disponible, ya que una auditoría se lleva a cabo durante un periodo de tiempo delimitado y con recursos finitos. Debería aplicarse un uso apropiado del muestreo, ya que está estrechamente relacionado con la confianza que puede depositarse en las conclusiones de la auditoría.

Realizados los pasos anteriores corresponde ahora colocar todos los antecedentes juntos, llenar las planillas y organizar todas las observaciones anotadas, complementándolas con lo que el auditor pudo apreciar en terreno. El informe final, aparte de las planillas, debe contener un análisis de las causas que llevan a las actuales situaciones con deficiencias, aspectos mejorables y recomendaciones para el cambio, y una secuencia de recomendaciones con prioridades para ayudar a la administración del mantenimiento a abordar los problemas que la auditoría detectó (NORMALIZACIÓN, 2012).

1.4 Organización general para el desarrollo y evaluación de la auditoría a la gestión de la calidad del mantenimiento

La auditoría se caracteriza por depender de varios principios (como se muestra anteriormente). Éstos hacen de la auditoría una herramienta eficaz y fiable en apoyo de las políticas y controles de gestión, proporcionando información sobre la cual una organización puede actuar para mejorar su desempeño. La adhesión a esos principios es un requisito previo para proporcionar conclusiones de la auditoría que sean pertinentes y suficientes, y para permitir a los auditores trabajar independientemente entre sí para alcanzar conclusiones similares en circunstancias similares (Acosta, 2012).

La realización de una auditoría al mantenimiento no es otra cosa que comprobar cómo se gestiona cada uno de los 10 puntos indicados a continuación.

1. Disponer de mano de obra en la cantidad suficiente y con el nivel de organización necesario.
2. Mano de obra suficientemente calificada para acometer las tareas que sea necesario llevar a cabo.
3. El rendimiento de dicha mano de obra sea lo más alto posible.
4. Disponer de los útiles y herramientas más adecuadas para los equipos que hay que atender.
5. Los materiales que se empleen en mantenimiento cumplan los requisitos necesarios.
6. El dinero gastado en materiales y repuestos sea el más bajo posible.

7. Disponer de los métodos de trabajo más adecuados para acometer las tareas de mantenimiento.
8. Las reparaciones que se efectúen sean fiables, es decir, no vuelvan a producirse en un largo periodo de tiempo.
9. Las paradas que se produzcan en los equipos como consecuencia de averías o intervenciones programadas no afecten al Plan de Producción, y, por tanto, no afecten a nuestros clientes (externos o internos).
10. Disponer de información útil y fiable sobre la evolución del mantenimiento que nos permita tomar decisiones (Garrido, 2014).

La auditoría no consiste en completar el formulario de preguntas, sino que se debe aprovechar la oportunidad para realizar una serie de entrevistas con un número significativo de especialistas del mantenimiento y conjuntamente con personas que reciben atención o interactúan con el mismo. Hay temas comunes que afloran durante la auditoría los cuales a menudo conducen a otras áreas de investigación. Los temas comunes como entrenamiento, abastecimiento de partes, sobre-tiempos y comunicaciones internas son los más recurrentes durante el proceso de auditoría. Tales situaciones se dejan anotadas en el espacio destinado a observaciones en la planilla de toma de datos y evaluación, para un análisis posterior al proceso de evaluación (Espinosa, 2012).

El auditor debe juntar los datos mediante la auditoría del mantenimiento. Estos datos deben ser una revisión representativa de los registros históricos del equipamiento, el costo del trabajo y materiales, movimientos de inventarios, índices para medir la eficiencia, etc. Es importante que cualquier dato ingresado a la planilla debe de ser validado a fin de que este antecedente refleje fielmente la situación actual, o sea, el auditor debe profundizar en el concepto y no asumir la primera impresión acerca del desempeño del factor medido.

El objetivo que se persigue al realizar una auditoría no es juzgar al responsable de mantenimiento, no es cuestionar su forma de trabajo, no es crucificarle: es saber en qué situación se encuentra un departamento de mantenimiento en un momento determinado, identificar puntos de mejora y determinar qué acciones

son necesarias para mejorar los resultados (Garrido, 2014).

Desde luego es posible tratar de marcar unas directrices de lo que debería ser una gestión ideal o excelente, lo que podríamos definir como una gestión de clase mundial. Una vez definida, no tendremos más que comparar esa gestión ideal con la que se lleva a cabo en una planta concreta, y determinar así si cada uno de los pequeños aspectos en que puede dividirse la gestión de la planta está gestionado de la mejor forma posible. Todos aquellos puntos que se aparten de esa gestión excelente serán puntos de mejora.

Los aspectos que se proponen para definir esa gestión ideal o de clase mundial y para comparar posteriormente esa gestión ideal del mantenimiento con la que se realiza en una planta concreta, son los siguientes:

- Determinar los objetivos claves que deben alcanzarse.
- Determinar los factores que afectan al cumplimiento de esos objetivos.
- Fijar un estándar de excelencia: ¿cómo debería ser la gestión ideal de cada uno de esos factores?
- Comprobar la situación de cada uno de esos factores, elaborando y contestando un cuestionario que permita detectar dónde la gestión es acertada y dónde no lo es.

Se comienza por tratar de resumir el objetivo general mencionado anteriormente, en cinco objetivos clave de un departamento de mantenimiento:

1. El mantenimiento que se realice debe asegurar una vida útil para el equipo y para cada uno de sus elementos.
2. La disponibilidad de la planta debe alcanzar al menos el valor determinado como objetivo.
3. La capacidad de producción debe alcanzar al menos el valor determinado como objetivo.
4. El consumo de materias primas y otros recursos no debe superar un máximo determinado.
5. Todo lo anterior (vida útil, disponibilidad, capacidad y consumo de materias primas) debe alcanzarse al costo más bajo posible.

Las técnicas de auditorías son procedimientos especiales utilizados por los auditores para obtener las evidencias necesarias y formarse un juicio profesional y objetivo sobre la materia examinada.

Para lograr una mayor efectividad en la auditoría a la calidad del mantenimiento, hay autores que dividen en seis etapas, todos los campos de una buena gestión al mantenimiento como son los casos de (Acosta, 2012) y (Espinosa, 2012).

Se comienza con la caracterización del tipo de mantenimiento que se practica en la empresa, información clave para el auditor, en especial si es externo, a fin que las acciones de mejoramiento que recomiende sean acordes con la estructura, forma y prácticas de mantenimiento de la organización auditada.



Figura 1.5: Estructura del proceso de auditoría al mantenimiento (Espinosa, 2012).

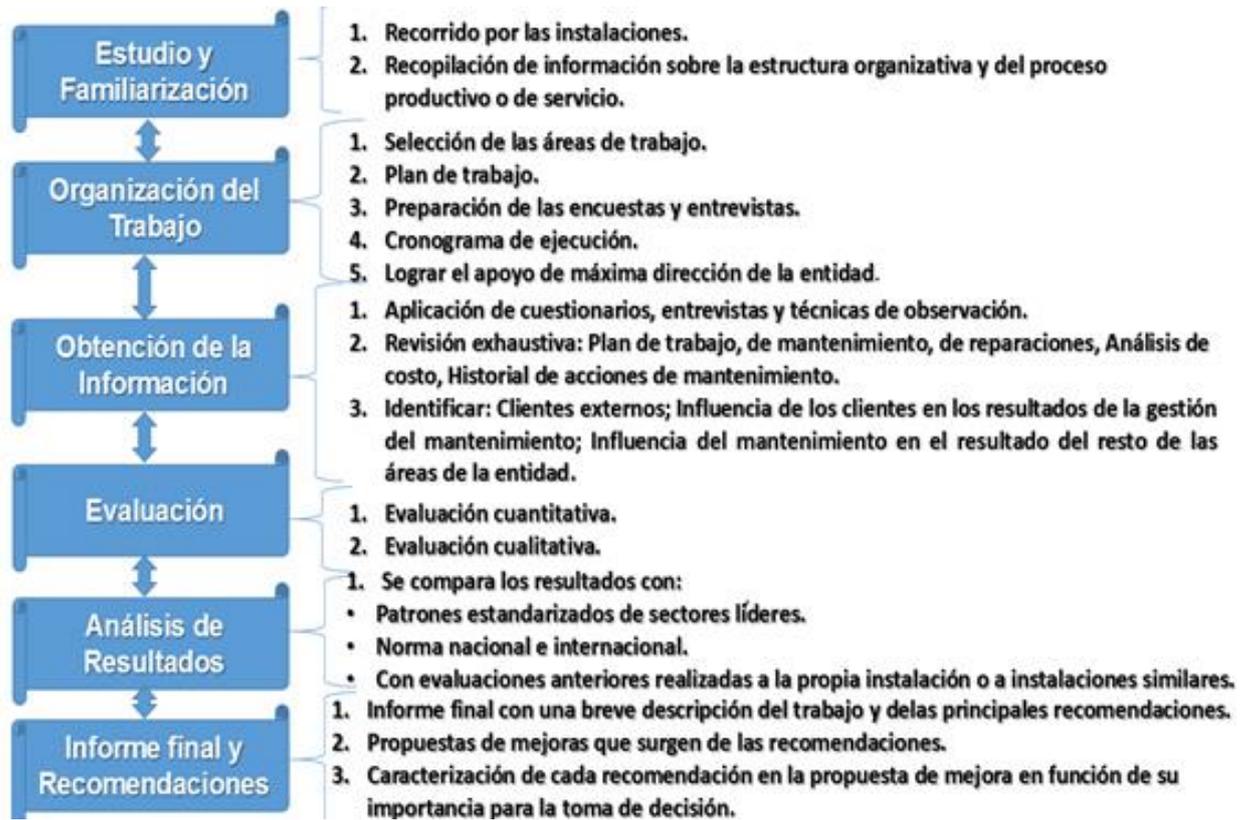


Figura 1.6: Etapas para el diagnóstico y evaluación de la gestión de la calidad en el mantenimiento (Acosta, 2012).

Estudio y familiarización: es un trabajo de terreno que permitirá a los inspectores conocer en la situación que está la instalación, esta fase es sumamente importante y no se puede pasar por alto ni delegar, ya que a partir de ese conocimiento es que se podrá modelar el cuestionario valorativo y las encuestas a realizar, así como trazar la estrategia y dirección de las acciones. El estudio y familiarización consiste en hacer un recorrido por la entidad a evaluar y conocer sus áreas productivas o de servicios, sus obreros y técnicos, la gerencia, la tecnología, el equipamiento, los sistemas de garantía de la calidad existentes y toda aquella información que permita conocer por dentro la instalación y sus recursos humanos (Acosta, 2012).

Organización del trabajo: la planificación del trabajo tiene una importancia significativa en el empleo racional del tiempo y en el impacto moral ante la organización sujeta a evaluación. Se elabora un Plan de Trabajo y un Cronograma de Ejecución, los cuales se analizan con el gerente de la

organización o su representante y una vez aprobados, son de estricto cumplimiento por todas las partes (Acosta, 2012).

Obtención de información: consiste en desarrollar, a través de la técnica de recolección de información, las entrevistas personales, encuestas, cuestionarios, técnicas de observación y realizar una revisión exhaustiva de documentos (planes de trabajo, plan de mantenimiento preventivo, plan de reparaciones, análisis de costos, histórico de acciones de mantenimiento), esta etapa brindará la información necesaria para evaluar el estado de la gestión de la calidad en el mantenimiento en la instalación.

En esta etapa es esencial la identificación de todas las partes involucradas con la gestión de mantenimiento, es decir, los clientes internos y externos, la manera en que estos se relacionan con el área de mantenimiento y la influencia que tienen sobre la gestión para poder examinar los resultados y cuantificarlos de ser posible. Es importante determinar a su vez cómo influye el mantenimiento en el trabajo de cada una de las áreas del centro (Acosta, 2012).

Evaluación: una vez debidamente organizada y clasificada la información obtenida producto de las encuestas, entrevistas, observaciones, cuestionarios y revisión de documentos, el equipo controlador procederá a evaluar el trabajo (Acosta, 2012).

Análisis de resultados: con los resultados obtenidos a partir de la evaluación de los problemas que presenta la organización se analiza el estado de la gestión de la calidad en el mantenimiento. Se establecen comparaciones con patrones estandarizados de sectores líderes, normativas tanto nacionales como internacionales y si procediera, con la propia organización en etapas anteriores u otras evaluaciones similares. El cumplimiento de esta etapa es esencial si se considera en toda su magnitud su utilidad práctica, el análisis de los resultados permitirá elaborar un informe final con un cuerpo de recomendaciones que permitirán tomar las medidas que posteriormente si se aplican resolverán los problemas detectados en la entidad evaluada (Acosta, 2012).

Informe final y Recomendaciones: el informe indica, con expresión numérica las áreas que requieren mayor atención, en él se agrupan los puntos débiles, se apuntan las acciones correctivas de manera que sirva de ayuda a los directivos de la organización a establecer sus objetivos y las oportunidades de mejora. Las inspecciones sucesivas o recurrentes posibilitarán el seguimiento y medición de su plan de mejoras. Se entregará dos informes, uno ejecutivo y otro extenso, el primero será una síntesis del segundo destinado para altos ejecutivos que lo puedan requerir, el extenso, como indica su nombre, será detallado y constituirá una verdadera herramienta de trabajo.

1.5 Herramientas complementarias para la evaluación cualitativa del estado de la gestión de mantenimiento

Para la evaluación cualitativa se puede emplear cualquiera de los métodos siguientes: el análisis de Pareto, La Matriz DAFO y Estadígrafo de tendencia Anual Móvil. Estos métodos, que deben ser del dominio del ingeniero en mantenimiento, aparecen con un grado de detalles que permite directamente su utilización incluyéndose ejemplos de su aplicación. La evaluación cualitativa es un poderoso instrumento de trabajo para poder identificar las deficiencias detectadas y convertirlas en oportunidades de mejora, lo analizado anteriormente no es suficiente para alcanzar este objetivo. Es necesario aplicar convenientemente algunos modelos matemáticos que facilitarán encontrar el camino estratégico adecuado según las características de la organización estudiada. Se plantearán tres conocidos métodos con resultados comprobados en la práctica, esto no significa en ningún modo que son los únicos, queda al criterio del jefe del equipo evaluador decidir cuál o cuáles serán los más convenientes según sea el caso (Acosta, 2012).

Matriz DAFO:

DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) o SWOT en inglés (*Strengths, Weakness, Oportunities and Threat*). El análisis DAFO ha alcanzado una gran importancia dentro de la dirección estratégica de la empresa. Su objetivo consiste en concretar, en un gráfico o una tabla resumen, la evaluación de los puntos fuertes y débiles del área de Mantenimiento

(competencia o capacidad para generar y sostener sus ventajas competitivas) con las amenazas y oportunidades externas, en coherencia con la lógica de que la estrategia debe lograr un adecuado ajuste entre sus capacidades internas y su posición competitiva externa.

Las fortalezas y debilidades internas resultan importantes puesto que pueden ayudarnos a entender la posición competitiva del área en un entorno de negocio concreto. Un primer paso, por tanto, consiste en analizar el ambiente competitivo que rodea al departamento de mantenimiento. Cada empresa ha de decidir cuáles son las variables factores críticos de éxito (en lo adelante FCE) apropiadas a utilizar según los mercados y segmentos en los que compete.

Una vez definidos los FCE se debe realizar un proceso de benchmarking o análisis comparativo con los mejores competidores. Este proceso puede llevar incluso a identificar nuevas oportunidades.

El desarrollo práctico de la matriz se completa analizando de forma aislada cada cuadrante. Es decir, si se elige el primero (1-1...Puntos Fuertes-Amenazas) se tendrán que identificar cada uno de los puntos fuertes que la empresa en cuestión tiene y cada una de las amenazas que posee del exterior, de forma que cada intersección deberá ser analizada para estudiar las consecuencias y las acciones que de dicha situación puedan derivarse. Con esta información se podrá ir orientando la futura formulación de la estrategia.

1-1 Estrategias defensivas: la empresa está preparada para enfrentarse a las amenazas.

1-2 Estrategias ofensivas: es la posición en la que toda empresa quisiera estar. Debe adoptar estrategias de crecimiento.

2-1 Estrategias de supervivencia: la empresa se enfrenta a amenazas externas sin las fortalezas internas necesarias para luchar contra la competencia.

2-2 Estrategias de reorientación: a la empresa se le plantean oportunidades que puede aprovechar, sin embargo, carece de la preparación adecuada. La

empresa debe establecer un programa de acciones específicas y reorientar sus estrategias anteriores (Acosta, 2012).

Diagrama de Pareto

Comúnmente, esta ley se conoce como el principio del ABC o ley del 80-20. Esta ley significa que, de manera general, entre una serie de objetos (activos, equipos, piezas, personal) alrededor del 20% de los elementos representan el 80% de los problemas o desviaciones (Acosta, 2012).

De esta forma los objetos o elementos se clasifican en:

1. Clase A– Los más importantes (control por importancia).
2. Clase B– Importancia intermedia (control por excepción).
3. Clase C– Los menos importantes.

Limitaciones del Análisis de Pareto

Aunque el análisis de Pareto es altamente efectivo en la identificación de los problemas más significativos de cualquier sistema, el mismo tiene tres limitaciones:

1. Enfoque en el pasado: el análisis de Pareto desarrolla las características relacionadas para una determinada actividad y el sistema se apoya solamente en los números y tipos de problemas encontrados en el pasado.
2. La variabilidad en los niveles de resolución de valoración de riesgo: Decidir cómo agrupar elementos de una actividad o sistema para un análisis de Pareto es un ejercicio subjetivo. Puede producir las variaciones significativas en el tiempo exigido para realizar el análisis y en el nivel de resolución en los resultados. Los elementos agrupados a un alto nivel pueden enmascarar variaciones significativas entre los elementos en cada grupo. Por otro lado, agrupándose los elementos a muy bajo nivel pueden indicar falsas importancias relativas de componentes individuales.

3. Dependencia de la disponibilidad y pertinencia de datos: la calidad de un análisis de Pareto es completamente dependiente de la disponibilidad de datos pertinentes y fiables de la actividad o sistema que se analiza. Una operación diligente en la obtención de datos confiables es esencial para un análisis exitoso (Acosta, 2012).

Metodología de cálculo del análisis de Pareto

1. Planteamiento del problema, definición de los resultados esperados, definición del periodo a analizar, obtención de información y recolección de datos.

2. Agrupación conveniente de los datos obtenidos, iniciando el listado de mayor a menor, o sea, primero se ubica la bomba que mayores gastos tuvo en el periodo analizado y así sucesivamente.

3. Cálculo del porciento acumulado por rubro.

4. Cálculo de la suma acumulada de las magnitudes, al valor de cada rubro se le suma el valor del rubro anterior, excepto el primero que se mantiene inalterable.

5. Cálculo de la suma acumulada del porcentaje por Rubro, al valor del porciento acumulado por rubro se le suma el valor del porciento acumulado del rubro anterior, excepto el primero que se mantiene inalterable.

6. Clasificación por clase, este paso es sumamente importante, una vez llenadas convenientemente las columnas se calcula el 20% de la muestra y se suman sus porcentos acumulados por rubro, este resultado aporta el porciento de gastos que representa el 20% de la muestra y da cumplimiento a la regla conocida como el 20 x 80.

7. Construcción del Diagrama de Pareto. Con los datos anteriores se construye un gráfico de barras.

Es importante:

- Construir diagramas con características y periodos iguales para poder notar las mejoras encontradas a partir de la aplicación de estrategias y medidas.
- Los planes de mejoras deben dirigirse al 20% de los rubros en análisis.
- Debe notarse que después de un plan de medidas pueden alterarse el orden de las barras, esto significará que se ha disminuido el efecto rubro.
- En caso que después de un plan de medidas se alteren el orden de las barras, buscar entonces si ha disminuido la longitud, lo cual significará una mejora equivalente a la magnitud de la disminución (Acosta, 2012).

Histograma de Tendencia Total Anual Móvil

En inglés *Moving Annual Total* (en lo adelante MAT) es un histograma que permite monitorear si una variable de interés se mantiene estable, o si tiende a incrementarse o a disminuir en el tiempo. Posibilita conocer de inmediato cualquier tendencia que permita evaluar su comportamiento respecto a periodos anteriores, ayuda a establecer comparaciones y a tomar decisiones para mejorar el comportamiento en el futuro. De fácil elaboración, requiere de información confiable de al menos dos años.

Construcción del gráfico

La curva de tendencia se construye sobre la base de añadir a los datos de los últimos doce meses el nuevo mes del presente y restar su homólogo del año anterior. El resultado de esta operación con cada uno de los meses del año analizado será la curva de TAM, se plotea en la horizontal según correspondan los valores acumulados en cada mes, obsérvese que el valor de diciembre de TAM coincide con el valor máximo acumulado, a partir de ahí se construye la curva de TAM, la cual indicará el comportamiento de la variable objeto de estudio. Si la tendencia es mantenerse horizontal entonces expresa un comportamiento que tiende a lo estable, si por el contrario tiende a subir o a bajar, entonces en dependencia de las características de la variable en estudio reflejará el comportamiento que pudiera ser positivo o negativo (Acosta, 2012).

1.6 Criterio de Evaluación de la auditoría al mantenimiento

Cada elemento auditado y evaluado a partir de las respuestas obtenidas en las entrevistas, las observaciones realizadas en las visitas a las instalaciones, los documentos revisados y otros mecanismos de comprobación utilizados, conformarán la evaluación general que tendrá la siguiente estructura:

Nivel 5 (Excelencia): la organización está revisando continuamente los sistemas e introduce mejoras. Es reconocida como líder entre las empresas de punta. Es necesario obtener entre 91 y 100 puntos en la evaluación cuantitativa.

Nivel 4 (Competencia): la organización ha implementado sistemas y mejoras y mantiene bajo control la gestión de la calidad en el Mantenimiento. Es necesario obtener entre 81 y 90 puntos en la evaluación cuantitativa.

Nivel 3 (Comprensión): la organización y los individuos están desarrollando planes de mejoras para los sistemas, los mismos están siendo aplicados gradualmente. Es necesario obtener entre 71 y 80 puntos en la evaluación cuantitativa.

Nivel 2 (Conciencia): la organización y los individuos se dan cuenta que las prácticas actuales son inadecuadas y que se imponen cambios para mejorar el sistema. Es necesario obtener entre 60 y 70 puntos en la evaluación cuantitativa.

Nivel 1 (Inocencia): la organización no está atenta a las nuevas alternativas existentes. No hay planes para dar el cambio a prácticas actuales y mejora continua. El sistema no está bajo control. Se establece cuando se obtiene menos de 60 puntos en la evaluación cuantitativa (Acosta, 2012).

Modelo matemático propuesto para la evaluación cuantitativa

En la tabla 1 se muestra un ejemplo de las áreas de actuación y su desglose en dependencia de las características de la institución, esta propuesta no constituye una regla es solo un ejemplo, debe ser modificada

convenientemente según sea el caso, utilizando un método de expertos, esta propuesta facilita la operación de cálculo.

En la columna A (tabla 1) se ponderan sobre 100 la importancia y repercusión relativas de cada área respecto al total de la gestión de mantenimiento.

Ponderación de funciones: en la columna B (tabla 1) se ponderan sobre 100 las funciones dentro de cada área según su importancia y repercusión relativas.

Tratamiento de datos: a continuación, se operan los datos de las columnas A, B y C en las columnas D y E según se indica en los respectivos encabezamientos de cada columna (Expresiones 1.1; 1.2 y 1.3).

$$D = \frac{B * C}{10} \quad 1.1$$

$$E = \frac{A * D}{100} \quad 1.2$$

$$C = \frac{\frac{(Media)}{B} * 100}{10} \quad 1.3$$

Los valores de la columna C se obtienen calculando el porcentaje de cumplimiento de los componentes de cada función (Acosta, 2012).

Tabla 1: Ponderación de funciones de cada área de actuación y sus funciones.

A	Área de actuación	B	C										D	E	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
20	Organización General	100													
	Política														
	Informática														
	Informe y reportes														
	Almacenes														

Áreas de Actuación de la Gestión del Mantenimiento

Desde un punto de vista práctico se hizo necesario dividir la Gestión de Mantenimiento en las llamadas Áreas de Actuación, no solo para poder evaluar el nivel del trabajo, sino para facilitar su estudio y la introducción del proceso de mejora continua en cada uno de sus aspectos, debido a que desde una visión general es muy difícil enfrentarlo dada su complejidad y amplitud. La decisión de dividir el área de mantenimiento en áreas de actuación como apoyo al trabajo de evaluación, resulta un elemento sumamente valioso, pues permite detectar las fortalezas y debilidades de la gestión de mantenimiento y por lo tanto actuar sobre ellas, ya sea reforzando unas o corrigiendo las otras. Es importante considerar las condiciones del escenario en que se está desarrollando la actividad para poder apreciar las oportunidades que este pudiera brindar y aprovecharlas al máximo. Así como conocer las barreras o amenazas que hay que vencer (Acosta, 2012).

Tabla 2: Ejemplo de áreas de actuación y funciones de la Gestión de Mantenimiento (Acosta, 2012).

Área de Actuación	Funciones
Organización general	<ul style="list-style-type: none">- Política- Informática- Informes- Almacenes
Recursos Humanos	<ul style="list-style-type: none">- Capacitación- Entrenamiento- Estimulación
Control económico	<ul style="list-style-type: none">- Costo- Indicadores económicos- Presupuesto- Plan económico
Planificación, programación y control	<ul style="list-style-type: none">- Planificación- Programación- Control- Ordenes de trabajo- Tercerización
Ingeniería del Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none">- Seguridad- Tecnología

1.7 Experiencias de la evaluación de la calidad de la gestión del mantenimiento en industrias del territorio

En el territorio de Holguín se han desarrollado diferentes investigaciones acerca de la evaluación de la calidad del mantenimiento en diferentes industrias, como por ejemplo se destacan, la Empresa Poligráfica de Holguín (ARGRAF), General “José Miró Argenter”; la Empresa de Cigarros “Lázaro Peña”, integrada al Grupo Empresarial TABACUBA; el Complejo Agro Industrial (CAI) Cristino Naranjo, ubicado en el municipio Cacocum; la Unidad Empresarial de Base Pedro Díaz Coello (Embotelladora); Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos (EMCOMED); la Empresa de Hilandería “Inejiro Asanuma”, Gihilan, municipio Gibara; (MICONS) Grupo Empresarial Industrial de la Construcción, Empresa de Materiales de Construcción; Empresa Azucarera Holguín, UEB Central Azucarero “Urbano Noris Cruz”.

De esta manera se han desarrollado experiencias partiendo de investigaciones realizadas a las diferentes empresas ya mencionadas, en busca de una nueva metodología para la evaluación y gestión de la calidad del sistema de mantenimiento y como ejemplo fundamental, se puede destacar el trabajo realizado en el central azucarero (CAI) López – Peña que pertenece al grupo empresarial AZCUBA (Casa, 2014).

El Central López-Peña es una industria azucarera ubicada en la calle A del municipio Báguano de la provincia Holguín. Esta fue fundada en 1917 pero no es hasta 1919 que realiza la primera zafra; llevando inicialmente el nombre de Central de Báguano. Al triunfar la revolución adopta el nombre de López-Peña en honor a los dos mártires del sector azucarero Hugo López y Carlos Peña. Constituye la principal fuente de empleo del territorio. Opera con una potencia de molida diaria de 340 y 320 mil arrobas de cañas en épocas de zafra.

En la empresa de referencia, se trabaja en función de mejorar paulatinamente las condiciones del mantenimiento y con ello el estado técnico de los equipos y piezas, teniendo como premisas que estuvo inactiva por más de cuatro años, lo que trajo un deterioro de la industria en general, además se quedó prácticamente sin equipos, por lo que hubo que armar la industria con las

piezas que quedaron de otros ingenios, las cuales los requerimientos técnicos no eran los más recomendables. Se entregó todo el módulo de repuestos que se tenía, lo que ha traído como consecuencias que en la actualidad todavía no se ha alcanzado el completamiento de este, no obstante, se trabaja cada día en pos de mejorar esta situación y llegar a tener la disponibilidad técnica a la altura de los mejores ingenios del país (Peña, 2009).

Con la transformación del MINAZ en AZCUBA el mantenimiento se concentra en un Sistema Integral de Servicios, en tres niveles y que da la posibilidad de poner todos los recursos en función del sistema, desde la recepción y procesamiento de la caña, hasta el destino final de la producción, los cuales forman una cadena que hacen posible un mejor aprovechamiento de las capacidades instaladas para lograr los objetivos de la producción, y por esta vía obtener una disminución de los costos de producción de la empresa y la UEB.

El mantenimiento en AZCUBA, incluye los métodos más adecuados con el objetivo de convertir la producción de azúcar y derivados en verdaderas fábricas de alimentos por sus exigencias de higiene y competitividad, por lo que la estructura creada debe dar respuesta a la integración de todos los elementos que conforman el mantenimiento, visto como un servicio y concebido para todo el año (AZCUBA, 2013).

Para desarrollar la auditoría y evaluación a la calidad de la gestión de mantenimiento, este se dividió en áreas de actuación no solo para poder evaluar los niveles de trabajo, sino facilitar los estudios y la introducción del proceso de mejora continua en cada uno de sus aspectos (Acosta,2012).

Áreas de actuación en las que se dividió el sistema de gestión de mantenimiento en el central CAI López-Peña.

1. Organización general del mantenimiento
2. Recursos humanos
3. Control económico
4. Programación, planificación y control
5. Ingeniería del mantenimiento

La evolución del sistema de gestión de mantenimiento consistió en un cuidadoso y detallado análisis de cada una de las áreas de actuación mencionada.

Etapas en las que se dividió la auditoría:

1. Estudio y familiarización con la organización objeto de estudio
2. Organización del trabajo
3. Obtención de la información
4. Evaluación
5. Análisis de resultados
6. Informe final
7. Recomendación

Para evaluar cualitativamente el resultado cuantitativo obtenido al realizar las evaluaciones se establece para el resumen de la gestión del mantenimiento:

- Excelente $D > 90$
- Bien $D > 80$
- Regular $D > 60$
- Mal o Crítico $D > 40$

Para las áreas de actuación se estableció una evaluación independiente para las funciones para poder determinar el estado en que se encuentran:

- Excelente $C > 9$
- Bien $C > 7$
- Regular $C > 5$
- Mal o Crítico $D > 2$

Tabla 3: Evaluación cuantitativa

No.	Categoría de la gestión de Mantenimiento	META	Calificación del Mantenimiento	%
1.	Organización General del Mantenimiento	20	16,00	80,00
2.	Recursos Humanos	15	13,50	90,00
3.	Control Económico	15	13,73	91,50
4.	Planificación, programación y control	30	26,55	88,50
5.	Ingeniería de Mantenimiento	20	18,00	90,00
	Total	100	87,78	Bien

Como el total de la calificación del mantenimiento es de 87,78 y se encuentra en el intervalo de 80 a 90 recibe la evaluación de bien.

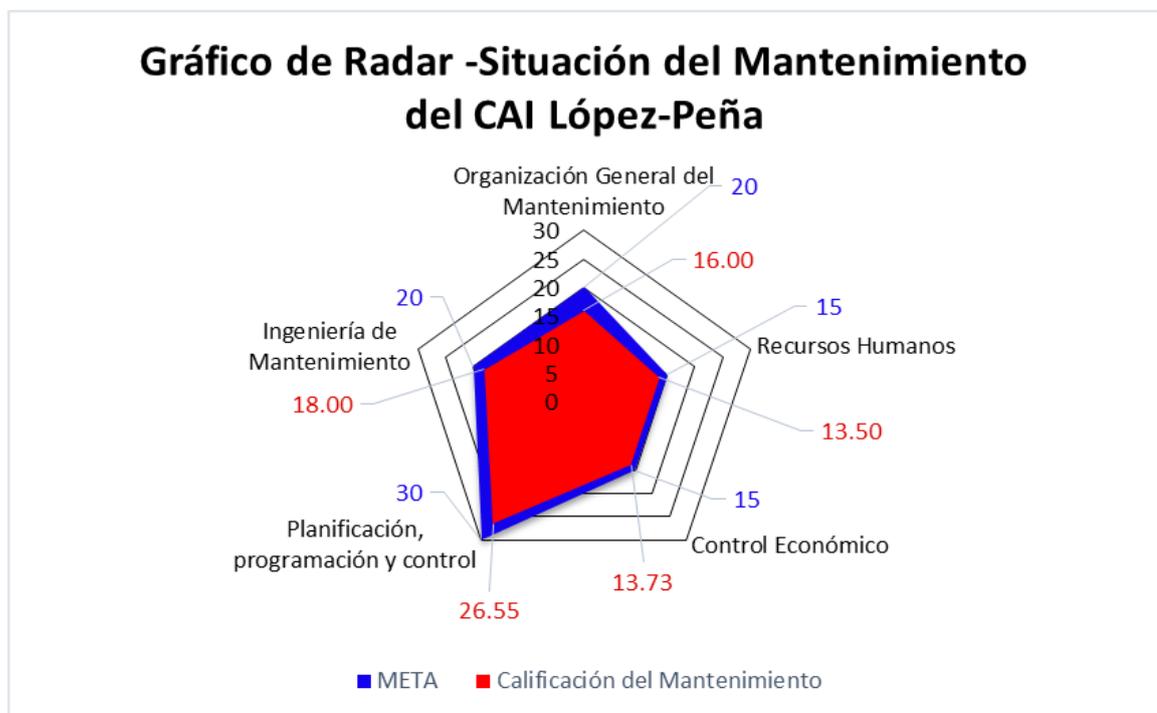


Figura 1.6: Gráfico de Radar de la situación del mantenimiento del central CAI López-Peña.

Conclusiones del capítulo

1. En la actualidad existe una tendencia a utilizar sistemas de gestión de mantenimiento que centran la atención en la detección de los fallos funcionales y aplican novedosos métodos de análisis de las causas y consecuencias de los mismos.
2. Existen métodos integradores y de alta efectividad, en la Ingeniería de Mantenimiento, se encuentran los de (Acosta, 2012) y (Espinosa, 2012), ambos establecen una secuencia lógica y racional para lograr la evaluación y el perfeccionamiento de la gestión del mantenimiento con la calidad requerida.
3. El Sistema actual de mantenimiento de la cosechadora de caña CCA-5000 es incompleto y no tiene en cuenta en su totalidad la tendencia de la ingeniería del mantenimiento basado en los métodos de Acosta y Espinosa. No existe ninguna metodología que incluya métodos aplicables a la máquina, lo que no garantiza un desempeño adecuado y buen funcionamiento futuro del equipo, se relaciona con un efectivo sistema de mantenimiento que favorezca la elevación de su confiabilidad, aspecto esencial para lograr mayores índices de productividad y resultados de alta competitividad internacional.

CAPÍTULO II: Metodología para la evaluación del sistema de mantenimiento aplicado a las cosechadoras de caña CCA-5000

2.1. Principio de funcionamiento y componentes principales de la cosechadora de caña CCA – 5000

Como se explica anteriormente, la cosechadora de caña CCA-5000 tiene un tamaño comparable a los modelos actuales de la competencia a nivel mundial. Ha sido diseñada con un nuevo concepto revolucionario respecto a las anteriores cosechadoras KTP, esta característica aumenta significativamente el costo-beneficio de la máquina. Esta cosechadora fue concebida con el objetivo de simplificar los mantenimientos. Es fácil el acceso a componentes del motor, sistema hidráulico y mecánico, lo que proporciona rapidez en los servicios y mayor seguridad. Con la nueva cabina el operador de la cosechadora de caña CCA-5000 tiene mayor confort, visibilidad y facilidad operacional.

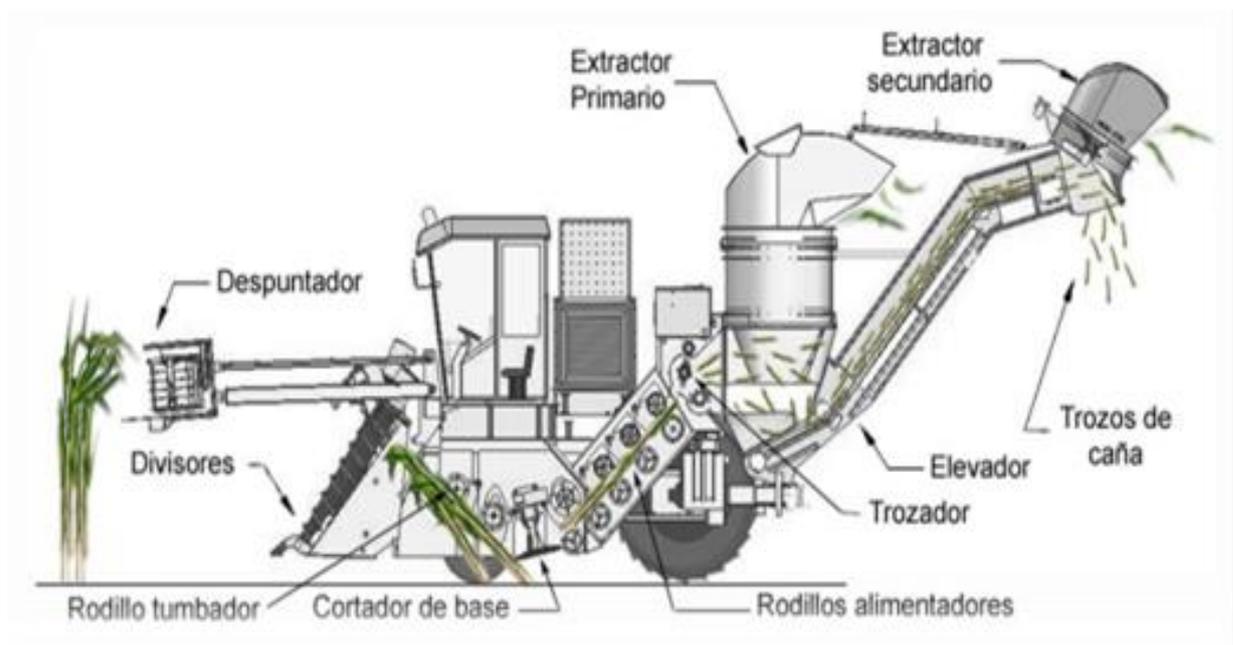


Figura 2.1: Flujo tecnológico de la combinada cañera CCA-5000.

Fuente: Informe combinada cañera CCA-5000.

Sistemas y componentes principales de la máquina (ver figura 2.1).

1.-Despuntador: tritura las hojas y el cogollo, esparciéndolo de modo uniforme sobre el suelo.

2.-Divisores de línea: cortan las cañas del surco vecino que dificultan el trabajo de la cosechadora.

3.-Divisores helicoidales: levantan y separan las cañas del surco que se está cosechando.

4.-Rodillo tumbador: orienta e inclina el haz de cañas que se va a cortar, facilitando la operación del corte de base y la alimentación de la máquina.

5.-Cortador de base: corta la caña en su base y conduce el haz de caña al rodillo levantador.

6.-Rodillo levantador: levanta el haz de caña cortado por el cortador de base, dirigiéndolo hacia el interior de la máquina hasta los rodillos alimentadores.

7.-Rodillos alimentadores: trasladan el haz de cañas hasta los rodillos trozadores.

8.- Rodillos trozadores: cortan la caña en trozos y los lanza a la cámara del extractor primario.

9.- Extractor primario: realiza la limpieza de los trozos, retirando las hojas, pajas y otras impurezas.

10.-Elevador de tablillas: conduce los trozos por la estera hasta la descarga. Tiene piso perforado para permitir que salgan la tierra y otras impurezas.

11.-Extractor secundario: realiza la segunda limpieza de los trozos retirando las impurezas.

Principales requisitos de explotación de la combinada cañera CCA-5000

1. Capacidad de cosecha en caña verde por hora de tiempo de trabajo principal: 50 toneladas/hora.

2. Índice de consumo máximo de lubricante total en masa: 0,80% del consumo de combustible.
3. Duración del mantenimiento técnico de turno no mayor de 10 horas.
4. Coeficiente de seguridad tecnológica: mayor de 0,98.
5. Coeficiente de seguridad técnica: mayor de 0,95.
6. Tiempo de explotación económica no menos de: 7 años.

Requisitos técnicos esenciales en la cosechadora de caña CCA – 5000:

1. La cosechadora tiene un corta cogollo desmenuzador regulable en altura en un rango de 1 a 4 metros.
2. Desde la cabina del operador se controla y realiza la regulación de la altura del corte. Posee un sistema automático de copiado del relieve del suelo para mantener constante la regulación realizada de este parámetro.
3. La máquina está dotada de espirales dobles separadores de la caña del surco.
4. Posee cuchillas de corte laterales con desplazamiento de arriba abajo y viceversa con accionamiento opcional desde la cabina.
5. Presencia de mecanismos hidráulicos con hidromotores y circuitos que permiten la reversibilidad, con mangueras que resisten dos veces o más las presiones de trabajo normales de los sistemas óleo hidráulicos. Los sistemas hidráulicos que se utilizan en la máquina tienen elementos que están estandarizados u homologados con los diferentes productores que comercializan en el mundo agregados y componentes óleos hidráulicos.
6. La cosechadora está equipada con sistemas de protección y señalización en la cabina con parada automática del motor cuando lo requiera para los casos de:
 - Baja presión de lubricación del motor principal.
 - Alta temperatura del agua de refrigeración del motor principal.
 - Bajo nivel del agua de refrigeración del motor en el radiador.

- Indicación de obstrucción del filtro de depuración del aire de admisión del motor principal.
 - Indicación de presencia de agua en el filtro primario o de depuración basta del combustible del motor principal.
 - Indicación de obstrucción de los filtros de los sistemas hidráulicos de la cosechadora.
 - Alta temperatura del lubricante de los sistemas hidráulicos.
 - Bajo nivel en los sistemas hidráulicos producto de una rotura que ocasione altas pérdidas de lubricantes.
7. La capacidad del tanque de combustible permite el trabajo ininterrumpido de 10 horas con carga normal con un 5 a 10 % de reserva.
 8. La máquina posee un solo transportador de descarga, con piso rasurado longitudinalmente que permita la eliminación de tierra, y el mismo debe girar en su base 170 grados para cosechar surcos contiguos con una altura de la descarga al transporte de 4 metros como mínimo. El transportador cuenta con un deflector en su descarga que permita la distribución uniforme de los trozos de caña en el transporte.
 9. El sistema de limpieza es automático, de manera que garantiza los requisitos aerotécnicos planteados, el sistema tiene un método de regulación desde la cabina del operador que permita mantener el nivel de limpieza y pérdidas requeridas de acuerdo a las condiciones, variedades y rendimientos agrícolas donde se coseche. Además, las impurezas que se depositarán en el campo, tienen un deflector que permita dirigir a voluntad desde la cabina el chorro de materias extrañas hacia el área cosechada.
 10. La longitud del trozo de caña debe estar en el rango de (200 a 250) mm con un 85 % de los trozos con corte limpio como mínimo y una desviación del trozado no mayor del 20 % de la longitud inferior. El trozador debe contar además con un sistema de fijación de las cuchillas que permita un cambio rápido de las mismas.
 11. La traslación de la cosechadora será hidrostática permitiendo el desplazamiento de la cosechadora en una gama continua de velocidades

de (0 a 25) Km por hora hacia delante y hacia atrás, con la posibilidad adicional de velocidad para el trabajo de (0 a 10) Km, por hora hacia delante y hacia atrás.

12.El radio de giro máximo de la cosechadora es mayor de 6 metros.

13.Los puntos de lubricación son de fácil acceso.

14.Posee sistema de alumbrado para trabajo nocturno.

2.2. Sistema de Mantenimiento Previsto para la cosechadora de caña

CCA-5000

En la agricultura es de vital importancia que la maquinaria se encuentre preparada de forma adecuada para el trabajo, debido a las particularidades de la producción en determinados periodos agro-técnicos. Los agregados agrícolas, en la mayoría de los casos, trabajan en condiciones extremas, caracterizadas por altos niveles de polvo, humedad, temperatura, suelos irregulares y en ocasiones, enlodados, entre otros factores. El polvo, por ejemplo, se asienta en superficies de los agregados, contaminando las grasas y lubricantes. El desplazamiento por superficies irregulares trae por consecuencia vibraciones, carga irregular del tren de rodaje y desajustes y holguras en sujeciones y uniones. La resistencia de los implementos varía constantemente debido a las diferentes condiciones del suelo, esto provoca la carga irregular del motor y el desgaste de las transmisiones. Como resultado de estos factores pueden disminuir considerablemente los índices de explotación de las máquinas e inclusive, pueden ocurrir paros de los agregados por desgaste técnico si no se cumplen con calidad en el período establecido las actividades encaminadas a mantener la maquinaria en buen estado técnico, garantizando con ello la fiabilidad de las cosechadoras.

El prototipo de cosechadora de caña autopropulsada CCA-5000 fue concebida con un sistema de mantenimiento muy semejante al de otras cosechadoras de prestaciones similares que han cosechado caña en las condiciones de explotación de Cuba.

De las referencias más importantes, en este sentido, está la experiencia acumulada durante décadas de uso de las combinadas cañeras cubana KTP y

las prácticas en este sentido en las cosechadoras importadas, donde se destacan, los sistemas de mantenimiento usados por las cosechadoras CASE.

Respecto a las combinadas KTP-1, el jefe de pelotón se responsabilizaba con la ejecución de los mantenimientos según el programa previsto (ver figura 2.3). La realización de los mantenimientos (mantenimiento diario m1, m2 y m3) se realizaban directamente en el campo siendo asistido técnicamente por medio de talleres móviles (novias), no existiendo para tales efectos un lugar adecuado, cada pelotón de combinada contaba con un taller móvil atendido por un mecánico "B", el noviero y el operador que participaba en la realización de los mantenimientos. Para la ejecución de las operaciones de los mismos se confeccionaban guías (ver anexo1), siendo estas de gran importancia, ya que recogían una serie de regulaciones de la combinada para su correcto estado técnico.

Referente a la organización de las reparaciones de las máquinas era una mezcla de operaciones especializadas e individuales (ver figura 2.1). Ejemplo: sistema hidráulico, freno, transmisiones motrices y transmisiones en general. El resto de los mecanismos realizaban su reparación por los operadores y mecánicos, además existía la brigada de especialización de control de piezas y la asistencia brindada por la fábrica de combinadas.



Figura 2.2: Esquema del proceso tecnológico empleado en la reparación. Fuente: Raúl Atá, (1974).

Es necesario significar que el Sistema de Mantenimiento aplicado a las antiguas cosechadoras de caña KTP, recogen las distintas operaciones a realizar por el número y especialidad de los obreros con los procesos tecnológicos necesarios en una determinada secuencia de trabajo. Sin embargo, los planes no especifican la periodicidad de los mantenimientos a realizar, por lo que el sistema se convierte netamente en un sistema correctivo.

Carta tecnológica organizativa		Tipo de equipo: Combinada Cañera Modelo: KTP-1		Operación: Mantenimiento Diario	
No. orden	Operaciones	Cantidad de obreros	Calificación de los obreros	Herramientas, instrumentos y equipos necesarios	Secuencia de trabajo
1	2	3	4	5	6
1	Limpia la combinada	2	Calificado de mecánico	2 ganchos 1 compresor 1 pistola de presión 2 pares de guantes	Se elimina la tierra, la paja de los restos de caña cortada, de las siguientes partes: receptoras, el picador, los transportadores, las cadenas, la malla protectora del radiador y el motor
2	Chequear el estado de los embaques de seguridad del eje intermedio	2	Obrero calificado de mecánico y obrero auxiliar	1 llave de cubo 12 mm 1 llave española 30 mm 1 pinza	Se pone en marcha el motor y se hace girar los discos del aparato de corte, posteriormente se desconecta el sistema agrícola por medio de su palanca y el frenaje de los discos debe ser de 10-15 segundos.
3	Chequear apriete de los discos rotatorios	2	Mecánico y auxiliar	1 llave de ojo 24 mm calzo de madera de (15x20x30) cm	Con el motor en marcha se levanta el tren delantero hasta su posición máxima y se coloca el calzo de madera debajo de la lengüeta de contraporte. En esta posición se aprietan los 12 tornillos (6 en cada disco)

Figura 2.3: Sistema de Mantenimiento en las cosechadoras de caña KTP-1. (Fragmento).

Fuente: Guerrero (1979).

En la actualidad, por su amplia aplicación y conocimiento en el sector agrícola cañero, el Sistema de Mantenimiento de las Cosechadoras de Caña CASE ha sido seleccionado para aplicarlo al prototipo CCA-5000. Este sistema recoge dos grupos de acciones, diferenciadas en Mantenimiento Técnico Diario y Mantenimiento Técnico.

El Mantenimiento técnico diario (ver anexo 2) el cual indica tres operaciones: limpiar, revisar y engrasar, que deben ser ejecutadas a los distintos sistemas de la máquina. Sin embargo, no se significa en la documentación disponible, cuáles de estas acciones cotidianas, deben ser realizadas antes, durante o después de finalizada la jornada de trabajo. Esta carencia, deja manos de la responsabilidad del operador de acometer las distintas acciones especificadas por el fabricante, cuando lo considere oportuno.

Tabla 4: Mantenimiento Técnico Diario. Fragmento.

No.	Definición	Limpiar	Revisar	Engrasar
1	Caja de filtro de aire	X	X	
2	Indicador de polvo	X	X	
3	Entrada de filtro de aire (gomas y presillas)	X	X	
4	Nivel de aceite del motor		X	
5	Nivel de líquido refrigerante del radiador		X	
6	Nivel de aceite hidráulico en depósito		X	
7	Nivel de aceite de la caja de bombas		X	
8	Nivel de aceite del cortador base		X	
9	Nivel de aceite del cortador		X	
10	Comprobación del juego en las piernas del corte base		X	
11	Deformación en los discos de corte		X	
12	Salidero por los sellos de las piernas del corte base		X	
13	Jaula alimentadora de las piernas del corte base		X	
14	Respiradero del cortador de la base		X	
15	Respiradero de la caja de la		X	

	bomba			
16	Respiradero de la caja del respirador		X	
17	Respiradero del tanque de combustible		X	
18	Respiradero del tanque hidráulico		X	
19	Cubo de los rodamientos del extractor primario	X	X	
20	Rodamiento de los ejes del transportador de descarga		X	X
21	Tablillas del transportador de descarga		X	
22	Apriete de las contratueras del cilindro de dirección		X	X
23	Bisagras del divisor línea (sinfines)		X	X
24	Brazos del corta cogollo		X	X
25	Extremos del cilindro de giro del transportador		X	X

La propuesta de Mantenimiento Técnico está organizada para los distintos conjuntos de la cosechadora: (ver anexo 3)

1. Motor

2. Parte Hidráulica

3. Parte Delantera

-Corta Cogollo

-Divisores de Línea

4. Mecanismo de Corte Lateral

5. Cortador Base

6. Tren de Tambores alimentadores

- 7. Mecanismo Tronzador
- 8. Extractor Primario
- 9. Transporte de Carga
- 10. Extractor Secundario
- 11. Suspensión Delantera
- 12. Reductores Traseros
- 13. Frenos

Tabla. 2. Mantenimiento Técnico. Fragmento.

N o .	Motor	Revisar	Limpiar	Engrasar	Cambio	Periodicidad
1	Electrólito de la batería	X				50 horas
2	Filtros de los gases del cárter	X	X			250 horas
3	Elemento filtrante del purificador de aire	X	X		X	250 horas
4	Tensión de la correa	X				50 horas
5	Calibración de las válvulas y la unidad inyectora	X				1200 horas
6	Filtro decantador de agua y limpieza fina					250 horas
7	Aceite de motor					250 horas
8	Filtro centrifugo de aceite del motor				Lavar	250 horas
9	Filtro de aceite del motor				X	250 horas
	Parte hidráulica					
1	Filtros hidráulicos de succión de la transmisión	X	X			250 horas
2	Filtros hidráulicos de retorno al tanque	X	X			750 horas
3	Filtros hidráulicos de succión en el tanque		X			Entre zafras

4	Aceite hidráulico de la caja de bombas				X	250 horas
5	Rodamiento del árbol del ventilador del enfriador de aceite			X		50 horas
6	Eje de accionamiento de las bombas de traslación	X		X		50 horas

Las limitaciones del sistema utilizado están relacionadas con los plazos fijos propuestos. Es evidente que los mismos son tiempos asignados por el fabricante y no tienen en cuenta las condiciones reales de explotación de nuestro país ni tampoco aparecen referenciados como un resultado de la aplicación de técnicas de control de tiempos o de estudios de fiabilidad.

2.3. La gestión del mantenimiento. Su influencia y eficacia en las vías para establecer un programa de mejora continua en el mantenimiento aplicado a las cosechadoras de caña CCA-5000

Para diseñar una auditoría a la gestión de la calidad en el mantenimiento, es necesario utilizar una guía que permita encerrar en un cuerpo único todos aquellos aspectos que influyen en la función, que esté dotado de procedimientos y lineamientos y evitar que se obvien u omitan pasos por insignificantes que parezcan. El aporte sustantivo de una auditoría a la gestión de la calidad en el mantenimiento es el conocimiento explícito de los problemas detectados a los diferentes niveles de dirección, beneficiando fundamentalmente al desarrollo de la entidad, pues conocer detalladamente las principales deficiencias permite trabajar en su erradicación (Acosta, 2012).

La gestión de la calidad del mantenimiento se divide en áreas de actuación, que no son más que subsistemas que abarcan las diferentes tareas, funciones y responsabilidades, esta fragmentación del sistema permite su más fácil estudio y posterior evaluación. La evaluación consiste en un detallado y cuidadoso análisis y calificación de cada una de las áreas de actuación. Posteriormente estas puntuaciones se ponderan y totalizan para obtener la valoración de cada área y el total de la gestión.

Para controlar eficazmente la calidad de cualquier proceso o sistema se deben tener en consideración los aspectos fundamentales que responden directamente a la gestión de la calidad en el mantenimiento. Estos elementos no deben escapar al estudio y deben tener un orden lógico.

No obstante, para la evaluación general producto del control de la actividad, considerando los aspectos cualitativos y cuantitativos contará con un criterio donde cada elemento auditado y evaluado, a partir de las respuestas obtenidas en las entrevistas, las observaciones realizadas en las visitas a las zonas de cosechas o prueba, los documentos revisados y otros mecanismos de comprobación utilizados, conformarán la evaluación general que tendrá la estructura analizada (Acosta, 2012), que en este caso, es una cosechadora de caña CCA-5000, durante su proceso de prueba o explotación.

Luego de todos los análisis realizados y la sistematización de los distintos temas, la metodología que se propone para la evaluación de la calidad de la gestión del mantenimiento consta de la siguiente estructura:



Figura 2.4: Metodología propuesta para la evaluación de la calidad del sistema de mantenimiento en las cosechadoras de caña CCA-5000

La metodología propuesta para la evaluación de la calidad del mantenimiento en las cosechadoras de caña CCA-5000, consta de seis etapas como se muestra en la figura 2.4. Cada etapa se subdivide en los aspectos fundamentales (áreas de actuación) que se deben tener en cuenta para el desarrollo de la evaluación al mantenimiento.

Etapas 1: Caracterización de la cosechadora de caña CCA-5000

Como se explica anteriormente, la cosechadora de caña CCA-5000 tiene un tamaño comparable a los modelos actuales de la competencia a nivel mundial. Fue concebida con el objetivo de simplificar los mantenimientos. Es fácil el acceso a componentes del motor, sistema hidráulico y mecánico, lo que proporciona rapidez en los servicios y mayor seguridad. Para poder realizar una correcta caracterización de la cosechadora es necesario tener en cuenta aspectos como: datos técnicos, flujo tecnológico, las indicaciones para su uso, teniendo en cuenta los manuales de usuario tanto para el uso como para el mantenimiento, las especificaciones, particularidades de cada máquina con los sistemas, componentes principales y los requisitos técnicos esenciales.

Etapas 2: Organización del proceso de evaluación

La auditoría se caracteriza por depender de varios principios, como se ha explicado anteriormente. Éstos hacen de este tipo de auditoría una herramienta eficaz y fiable en apoyo de las políticas y controles de gestión, proporcionando información sobre la cual una organización puede actuar para mejorar su desempeño. El auditor debe juntar los datos mediante la auditoría del mantenimiento. A estos datos se le debe hacer una revisión muy detallada, teniendo en cuenta que para lograr una correcta organización del proceso se debe desarrollar con todo el personal especializado:

- Operador.
- Cortador manual auxiliar.
- Especialista de mantenimiento.
- Operador taller/almacén móvil. (Noviero).
- Supervisor de campo.
- Diseñadores.

- Fabricantes.

Además, en esta etapa se introduce a la metodología, las reuniones de sensibilización como uno de los aspectos fundamentales, donde se analizarán las principales acciones acerca de la gestión del mantenimiento, así como la revisión de los cronogramas propuestos y se preparan las encuestas y entrevistas a aplicar.

Es de gran importancia que todos los expertos encuestados conozcan el objetivo de la evaluación a realizar, su trascendencia y su importancia para lograr un producto de alta prestación y competitividad, con la nueva cosechadora de caña CCA-5000. Por ello la reunión de sensibilización, es un momento clave del éxito de la evaluación a realizar.

Etapa 3: Obtención de información

Consiste en desarrollar, a través de la técnica de recolección de información, las entrevistas personales, encuestas, cuestionarios, técnicas de observación y realizar una revisión exhaustiva de documentos (Planes y costos de mantenimiento, salario y estimulación, historial de acciones de mantenimiento y la aplicación de los instrumentos), esta etapa brindará la información necesaria para evaluar el estado de la gestión de la calidad del mantenimiento en la cosechadora de caña CCA-5000.

Etapa 4: Evaluación

Una vez organizada y clasificada la información obtenida producto de la aplicación de los instrumentos de investigación (encuestas, entrevistas, observaciones, cuestionarios y revisión de documentos), el equipo controlador procederá a evaluar el trabajo.

La etapa evaluativa comienza cuando se ha cumplido la etapa de obtención de información, pues es esta información la principal fuente para realizar el análisis, debidamente organizada y clasificada, obtenida a partir de las encuestas, entrevistas, observaciones y revisión de documentos. La evaluación

se divide en dos etapas fundamentales, tendrá un carácter cualitativo y cuantitativo.

Evaluación cualitativa

Esta se basa en la evaluación de aspectos como:

- El resultado de los procesos.
- El desempeño laboral.
- El costo-beneficio de las acciones de mantenimiento.
- La efectividad de la cadena de mando.

Una vez analizado estos aspectos se llevan los resultados al Diagrama de Pareto y a la Matriz DAFO si fuera necesario.

Evaluación cuantitativa

Para llevar a cabo la evaluación cuantitativa es necesario utilizar un modelo matemático (ver las expresiones 1.1; 1.2 y 1.3), una vez obtenido los resultados de la aplicación de los instrumentos y como ejemplo de la ponderación de funciones de cada área de actuación y sus funciones (ver tabla 1).

Etapas 5: Análisis de resultados

Con los resultados obtenidos a partir de la evaluación de los problemas existentes se analiza el estado de la Gestión de la Calidad en el Mantenimiento. Se establecen comparaciones con patrones estandarizados de sectores líderes, normativas tanto nacionales como internacionales y si procediera, con la propia organización en etapas anteriores u otras evaluaciones similares. El cumplimiento de esta etapa es esencial si se considera en toda su magnitud su utilidad práctica, el análisis de los resultados permitirá elaborar un informe final con un cuerpo de recomendaciones que posibilitarán tomar las medidas y si se aplican resolverán los problemas detectados.

Etapa 6: Informe final

El informe indica, con expresión numérica las áreas que requieren mayor atención, en él se agrupan los puntos débiles, se apuntan las acciones correctivas y las inspecciones sucesivas o recurrentes posibilitarán el seguimiento y medición de su plan de mejoras y la propuesta de planes para una nueva evaluación.

La metodología que se propuso anteriormente tiene aspectos fundamentales que la diferencian de los métodos existentes usados para evaluar la gestión de la calidad del mantenimiento:

- Una cosechadora de caña tiene condiciones de empleo distintas a las de una fábrica.
- Su ciclo de trabajo es intenso, hasta 24 horas, en un periodo de 3 a 6 meses.
- Un gran volumen de los servicios de mantenimiento se hace en el área de cosecha.
- Hay gran influencia de las condiciones climáticas, en la actividad productiva y de mantenimiento.
- Los expertos principales, generalmente están en el campo, a pie de máquina.
- Los métodos de Acosta y Espinosa fueron desarrollados con el objetivo de evaluar el sistema de mantenimiento en fábricas y empresas, no establecen cada cuánto tiempo se volverá a desarrollar la metodología para evaluar el mantenimiento, y si fueron erradicados los problemas detectados al aplicar la auditoría, sin embargo, la cosechadora de caña tiene condiciones de trabajo distintas a las de una fábrica, ya que su mayor tiempo de explotación está en el campo.
- Se toma como experiencia la evaluación desarrollada al central azucarero López-Peña porque tanto el central, como la cosechadora de caña trabajan en el mismo periodo (3 a 6 meses), solo en la etapa de zafra.

- Se introduce en la nueva metodología propuesta el concepto de ciclo cerrado, para una vez aplicada poder definir qué aspectos por cada área de actuación necesitan de mayor atención, y proponer el plan de mejora continua para la nueva evaluación.

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

1. Todas las metodologías existentes son para realizar auditorías en el sistema de mantenimiento en fábricas y empresas, por lo que el proceso de adaptación de las mismas a las condiciones de cosecha mecanizada, implicó análisis y propuestas, que hicieran posible emplear los principios básicos de las metodologías conocidas y los aspectos distintivos del proceso productivo de la cosecha de la caña de azúcar.
2. Se adaptó la metodología usada en fábricas y empresas, para la evaluación de la calidad de la gestión del mantenimiento como vía de mejora continua a la cosechadora de caña CCA-5000.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Se propone una metodología para la evaluación de la calidad de la gestión del mantenimiento a la cosechadora de caña CCA-5000, como vía de mejora continua, teniendo como base, las experiencias obtenidas de su aplicación a distintas empresas. Especial atención se le presta a los resultados obtenidos en el CAI López Peña, por sus buenos resultados y porque los tiempos de explotación coinciden, al suponer que ambas entidades solo operan en el periodo de zafra.
2. Se ha elaborado una metodología teniendo en cuenta criterios internacionales de otras metodologías existentes y que usan las principales herramientas y adelantos de la ingeniería del mantenimiento para llevarla a cabo y aplicarla a la cosechadora de caña CCA-5000.
3. Se introduce en la metodología el concepto de ciclo cerrado para garantizar acciones sistemáticas en la mejora continua del sistema de mantenimiento de la cosechadora de caña CCA-5000.
4. Con la aplicación consecuente de esta metodología se puede garantizar una efectiva política de mantenimiento en la CCA-5000 cuando comience su explotación masiva. Auditorías

RECOMENDACIONES

1. Implementar la metodología desarrollada para la evaluación del sistema de gestión de mantenimiento en la cosechadora de caña CCA-5000 en próximos periodos de pruebas y explotación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguinaga Barragán, Álvaro. Confiabilidad Operacional para la ingeniería del Mantenimiento. 8º CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA MECÁNICA. Cusco, 23 al 25 de octubre de 2007. Disponible en www.pucp.edu.pe (Consultada el 10 de febrero del 2015).
2. Aladon. (2000) Reliability Centered Maintenance. An Introduction. / Revisado el 11 de abril de 2014. / Disponible en: <http://www.aladon.co.uk/10intro.html>.
3. Altmann, Carolina, ¿Cómo mejorar la Confiabilidad de un Sistema Complejo? Disponible en www.confabilidad.net (Consultada el 9 de febrero del 2015).
4. Améndola, L, (2003). Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento. Revisado el 16 de noviembre de 2007. Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/notas/propulsores.asp>
5. AZCUBA, G. E. Política para La Organización del Mantenimiento en La Empresa Azucarera y las Unidad Empresarial Base Central Azucarero. La Habana, AZCUBA, 2013.
6. Cálculo y fundamentación económica de las variantes de fabricación de máquinas cosechadoras. Revista Ingeniería Mecánica 4 (2001) 27-32.
7. Carolina Altmann. El Análisis de Causa Raíz como herramienta en la mejora de la Confiabilidad.
8. Casa Pupo, Oniel. Evaluación de la calidad del sistema de mantenimiento del CAI López-Peña. Trabajo de diploma, Universidad de Holguín, Oscar Lucero Moya, 2014.
9. CEDEMA. Informe Ensayo Tecnológico Explotativo. Zafra 2013/2014.
10. CEDEMA. Informe Ensayo Tecnológico Explotativo. Zafra 2014/2015.
11. Conferencia No. 11. Análisis de Fallo. Gestión e Ingeniería del Mantenimiento.
12. De Abreu, J, (2001). Aplicación de una Metodología de Mantenimiento en el Centro Refinador Paraguaná, que permita evaluar y elaborar Planes de Mantenimiento bajo la herramienta de confiabilidad Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en Reversa (MCC – R). Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. Facultad de Ingeniería. Universidad Simón Bolívar. Caracas. Venezuela.

13. De Abreu, J. (2001). Aplicación de una Metodología de Mantenimiento en el Centro Refinador Paraguaná, que permita evaluar y elaborar Planes de Mantenimiento bajo la herramienta de confiabilidad Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en Reversa (MCC – R). Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. Facultad de Ingeniería. Universidad Simón Bolívar. Caracas. Venezuela.
14. De la Paz Martínez, Estrella M, (2003). Actualidad y perspectivas del mantenimiento en los servicios públicos. Curso de IV Congreso Cubano de Mantenimiento.
15. Díaz P. Andrés L. y Rodríguez E. Frank L. "Análisis del comportamiento de la fiabilidad de las combinadas KTP-2M en la cosecha de Saccharum officinarum (Caña de azúcar) y las pérdidas que ocasionan". Universidad de Pinar del Río. Cuba. 2006.
16. Ellmann, H, (1996). Costo beneficio de la implantación de RCM2, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Revisado el 10 de abril de 2014. Disponible en <http://www.mantencion.com/articulos/rev26art1.php3>
17. Ellmann, H. (1996) Costo beneficio de la implantación de RCM2, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. / Revisado el 10 de abril de 2014. / Disponible en <http://www.mantencion.com/articulos/rev26art1.php3>
18. Espinosa, Fernando. Auditoría para la efectividad del mantenimiento. Universidad de Talca, 2012.
19. FUENTE, F. E. Auditoría a La Efectividad del Mantenimiento. Talca, Chile, Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica. Universidad de Talca, 2012.
20. GARRIDO, S. G. 106-105 Cuestiones a plantear en una auditoría al mantenimiento, 2014b. (2014). Disponible en: www.santiagogarciagarrido.com
21. GARRIDO, S. G. 3.6 Preguntas propuestas para auditorías, 2014a. (2014). Disponible en: www.sites.google.com
22. IGARZA DOMÍNGUEZ, Rafael. Metodología integral para la evaluación de los índices tecnológicos-explotativos, de fiabilidad y las pérdidas de granos en el proceso de cosecha de la máquina cosechadora de arroz modelo New Holland TC 57. Tesis de maestría. Universidad de Holguín, Cuba. 2012.
23. Informe combinada cañera CCA-5000, CEDEMA 2014.
24. Informe comparativo; Cosechadora 4000 vs KTP-2M, CEDEMA 2000.
25. Labañino Fernández, Jorge Enrique. "Análisis del sistema de mantenimiento del decorador 6cpx800 de la empresa de envases de aluminio (ENVAL)". Director: Dr. C. Fernando Robles Proenza. Tesis

presentada en opción al Título Académico de Máster en Mantenimiento y Reacondicionamiento de Máquinas. Universidad Oscar Lucero Moya de Holguín, Departamento de Ingeniería Mecánica. 2013

26. Lebeque Simón, Fernando. Consulta de experto. M.Sc del grupo de cosechadoras CEDEMA. 2015.
27. Lezana, E. [1996] Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM). / Revista Mantenimiento. España. No 91, pp. 25-36.
28. Moubray, J, (1997). Reliability Centered Maintenance. Industrial Press Inc. Navarrete et al., [s/f] Gestión y calidad del mantenimiento. Centro de Estudios de Ingeniería de Mantenimiento. ISPJAE. Ciudad de la Habana.
29. Navarro Ojeda, M. N. Aspectos más importantes sobre la metódica para el
30. NORMALIZACIÓN, O. I. D. Sistema de Gestión de la Calidad. ISO 9001: 2000, Oficina Nacional de Normalización, 2000.
31. NORMALIZACIÓN, O. N. D. Directrices para la Auditoría de los Sistemas de Gestión. NC ISO 19011:2011, Oficina Nacional de Normalización, 2012.
32. NORMALIZACIÓN, O. N. D. Glosario de Terminología Sobre Calidad. La Habana, Oficina Nacional de Normalización, 2014. 7.
33. PALMER, H. R. A. and M. D. L. C. TRONCOSO-FLEITAS. Auditoría integral de mantenimiento en instalaciones hospitalarias, un análisis objetivo Ingeniería Mecánica. La Habana., 2011. 14 No 2: 107-118.
34. PALMER, H. R. A. Auditoría y evaluación de la gestión de la calidad en el mantenimiento. La Habana, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría., 2012.
35. Paneque Leyva, Ismel. El análisis de criticidad para el estudio de Confiabilidad Operacional de la cosechadora de caña CASE IH – 7000. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Mecánico. Informe inédito. Universidad de Holguín. 2009. 58 h.
36. Peña, E, (2009). 'Estrategia de Mantenimiento en el CAI López-Peña'. Báguano: AZCUBA.
37. Pérez Pupo, J.R. Consulta de experto. Dr.C del grupo de cosechadoras CEDEMA.
38. Polanco Aballes, I. Consulta de experto. M.Sc del grupo de cosechadoras CEDEMA. 2015.
39. Poveda Guevara, Alejandro J, (2006). Aplicación de la Metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para el desarrollo de Planes de Mantenimiento. Disponible en:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/20586/1/Articulo%20CICYT%20APOVEDA%20RCM.pdf> (Consultado 28 de marzo de 2016).

40. Raña González, Luz del Alba (2008): Auditoría del Mantenimiento, En Enfoque económico para la toma de decisiones en Mantenimiento, Centro de Estudio de Ingeniería en Mantenimiento, CEIM, Facultad de Ingeniería Mecánica, CUJAE.
41. Ricardo Aballes, C.M. Consulta de experto. M.Sc del grupo de cosechadoras CEDEMA. 2015.
42. Ricardo Aballes, C.M. Perfeccionamiento del mecanismo paralelogramo del cortacogollo desfibrador para la cosechadora cañera cubana CCA-5000. Tesis de maestría Universidad de Holguín. Documento inédito. 2011.
43. Ricardo Aballes, C.M. Perfeccionamiento del mecanismo paralelogramo del cortacogollo desfibrador para la cosechadora cañera cubana CCA-5000. Tesis de maestría Universidad de Holguín. Documento inédito. 2011.
44. RODRÍGUEZ, C. B. and C. M. G. D. PERALTA. Sistema integral de gestión de mantenimiento para la industria de fabricación de azúcar de caña.: Ciencias Holguín. Holguín, 2002. Año VIII, octubre- diciembre 2002.
45. RODRÍGUEZ, C. B. and R. URQUIZA. ¿Cómo evaluar la efectividad de la gestión de mantenimiento en la empresa? Holguín, Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Holguín, 2006.
46. RODRÍGUEZ, C. B. and R. URQUIZA. Efectividad en la gestión del mantenimiento. Holguín, Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Holguín, 2010.
47. RODRÍGUEZ, C. B.; B. C. RÁMIREZ, et al. Rentabilidad de la gestión del mantenimiento en los centrales azucareros cubanos. 2º Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica, ISPJAE. Ciudad de la Habana, (septiembre 2000), 2000.
48. Rosaler, Robert C. (2002). Manual del Ingeniero de Planta. Mac-Graw-Hill/Interamericana de Editores, S.A. de C.V
49. Sanz Sacristán, J, (2001). Importancia del mantenimiento para mejorar la eficiencia de una instalación. Aplicación del método RCM. Revisado el 19 de noviembre de 2007. Disponible en: <http://www.puntex.es/mantenimiento/141sanz.html>
50. Senfort Betancourt, Julio M, Organización del trabajo, mantenimiento y obtención de índices de calidad de la cosechadora de caña CCA-5000 en el CAI Antonio Guiteras, Trabajo de diploma, Universidad de Holguín, Oscar Lucero Moya, 2014.

51. Silveira, R. J. Máquinas Agrícolas. Ministerio de Educación Superior. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1980.
52. Silveira, R. J. Máquinas Agrícolas. Ministerio de Educación Superior. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1980.
53. Suárez P., Rodríguez Y. y Márquez, K. "Determinación y análisis de los principales índices de explotación de las cosechadoras de caña CAMECO". Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 15. No: 4. 2006.
54. Tavares, L. A, (2000). Tercerización de Mantenimiento. Revista Electrónica de Mantenimiento, Diciembre N°3.
55. TAVARES, L. A. Auditorías de mantenimiento. 1er Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento. León, México, 2003.
56. UCI, (2010). 'Ecu Red'. Auditorías de gestión. La Habana: Universidad de Ciencias Informática. Disponible en: www.ecured.cu
57. Zaldívar Salazar, M. C.; Sanfort Navarro, J. El mantenimiento predictivo, vía para la dirección de la fiabilidad de las máquinas agrícolas. Revista Tecnología en Marcha. Vol. 16 N°3. 1995.
58. Zaldívar, Mario. "El diagnóstico técnico y su pertenencia en la teoría de la fiabilidad en las máquinas cosechadoras de caña KTP". Universidad de Holguín. Cuba 2000.

ANEXOS

Anexo 1: Carta tecnológica organizativa del mantenimiento diario de la combinada cañera KTP-1. Fragmento.

CARTA TECNOLÓGICA ORGANIZATIVA.		TIPO DE EQUIPO: COMBINADA CAÑERA		OPERACION MANTENIMIENTO DIARIO		PAG.
		MODELO: KTP-1				
# ORDEN	OPERACIONES	CANTIDAD DE OBREROS	CALIFICACION DE LOS OBREROS	HERRAMIENTAS INSTRUMENTOS Y EQUIPOS NECESARIOS.	SECUENCIA DE TRABAJO	
1	2	3	4	5	6	
1	Limpiar la combinada.	2	Sr calif. de mecánico,	2 ganchos 1 compresor 1 pistola de presión. 2 pares de guantes.	Se elimina la tierra, la paja de los restos de caña cortada de las siguientes partes: receptoras, el picador, los transportadores, las cadenas, la malla protectora del radiador, y el motor.	
2	Chequear el estado de los embragues de seguridad del eje intermedio.	2	Obrero con calif. de mecánico y obrero auxiliar.	1 llave de cubo 12 mm 1 llave española 30mm 1 pinza.	Se pone en marcha el motor y se hacen girar los discos del aparato de corte, posteriormente se desconecta el sistema agrícola por medio de su palanca y el frenaje de los discos debe ser de 10 a 15 segundos. En caso de que los frenaje de los discos no se efectúe a los 10 ó 15 segundos será necesario regular, para esto se saca la guardie del embrague y se aprieta la tuerca de regulación hasta que el frenaje se efectúe en el tiempo establecido.	
3	Chequear apriete de los discos rotar.	2	Mecánico y auxiliar.	1 llave de ojo 24 mm Calzo de madera de 15x20x30 cm.	Con el motor en marcha se levanta el tren delantero hasta su posición máxima y se coloca el calzo de madera debajo de la lengüeta de contraporte. En esta posición se aprietan los 12 tornillos (6 en cada disco).	

1	2	3	4	5	6	PAG. 2
4	Chequear el apriete y filo de las cuchillas del picador.	2	Mecánico y auxiliar.	1 llave de ojo de 24 mm 1 llave española de 22-24 mm.	El obrero auxiliar se coloca frente al volante y lo hace girar hasta colocar las cuchillas del tambor superior en posición horizontal, en esta posición el mecánico revisa el filo y aprieta los tornillos (6) de las cuchillas. Esta operación se repite para la otra cuchilla del tambor superior. Para las cuchillas del tambor inferior el auxiliar hace girar el volante hasta colocar las cuchillas en posición vertical, en esta posición se revisa el filo y se aprietan los tornillos de la otra cuchilla. En caso necesario se afilan o cambian las cuchillas.	
5	Chequear el estado, fijación y tensión del transportador I y su rastrillo.	2	Mecánico y auxiliar.	1 llave española 19 mm 1 " " 24 " 1 " " 12 " 1 " de ojo de 15" 1 " española 36 " 1 pinza 1 regla graduada.	El mecánico se introduce debajo de la combinada donde se encuentra el mecanismo tensor del transportador chequea la tensión de las cadenas moviendo hacia arriba una tablilla. En caso necesario tensar la cadena, para esto se afloja el tornillo que une el bastidor con el tensor, por medio del tensor se regula la tensión de la cadena. Esta operación se repite en la otra cadena del transportador. Cuando no se tenga que tensar se aprietan los dos tornillos del bastidor. Para chequear el apriete de los tornillos de las tablillas trabajan dos obreros el mecánico y el auxiliar, primero se quita la cadena de transmisión del 1er. transportador despues el auxiliar se coloca sobre el conductor I y con la llave 36 gira el transportador en dirección de trabajo.	

1	2	3	4	5	6	PAG. 3
						El mecánico se introduce en la cámara de despa-je y ve el estado de las cadenas y las tablillas. También se aprietan los tornillos de las tablillas.
6	Chequear la regulación de las cuchillas del picador.	2	Mecánico y auxiliar	Calibrador de hojas de 1 a 2 mm.		El obrero hace girar el volante hasta colocar las cuchillas de los tambores superior e inferior en posición para efectuar la medición del huelgo que es de 1 a 2 mm. Esta medición de los 6 tornillos que fijan las cuchillas.
7	Chequear el estado, fijación y tensión del transportador II y su ras-trillo.	2	Mecánico y auxiliar.	1 llave española 24 mm 1 " " 36 " 1 " " 12 " 1 " de ojo 13 " 1 regla graduada.		El mecánico se coloca sobre la bomba hidráulica del transportador de descarga, desde esta posición chequea la tensión de la cadena del transportador moviendo la misma hacia arriba para poder determinar si están bien tensados. En caso necesario tensar la cadena por medio del tornillo hasta obtener la tensión permitida. Para chequear el apriete de los tornillos de las tablillas el auxiliar quita la cadena de la transmisión del 2do. transportador y hace girar el transportador en la dirección de trabajo. El mecánico se introduce por la cámara de despa-je y se sitúa en el transportador de descarga para observar el estado de las cadenas y las tablillas del transportador, simultáneamente aprieta los tornillos de las tablillas.

1	2	3	4	5	6	PAG. 4
8	Comprobar que gire sin dificultad el embrague de giro libre del reductor II.	1	Obrero con calificación de mecánico.			El mecánico se coloca al lado del reductor # 2 y hace girar la polea del reductor en la dirección de las manecillas del reloj por medio de las 5 correas para ver si tiene giro libre embrague.
9	Comprobar el nivel de la gasolina en el tanque y restituir el nivel máximo.	2	Operador y un obrero auxiliar.	Una vasija con gasolina.		El operador chequea visualmente el depósito de gasolina para ver si está lleno, en caso contrario el obrero auxiliar rellenará el mismo.
10	Comprobar el nivel en el tanque del sistema hidráulico principal.	2	Naviero y un obrero cual-quiera.			Se revisa el nivel con la varilla del tanque el aceite y en caso necesario rellena hasta el nivel máximo.
11	Comprobar el nivel en el tanque del sistema hidráulico del transportador de descargar y en los levantadores de cosecha.	2	Naviero y un obrero cual-quiera.	Varilla medidora de nivel.		El naviero revisa el nivel con la varilla de la novia y en caso necesario se llenará hasta el nivel máximo.
12	Engrasar con grasa múltiple (parte izquierda).	1	Obrero sin calificación de mecánico.			Se engrasa la parte derecha de la combinada según su movimiento de trabajo, el rotor un punto. <u>Parte Izquierda:</u> El rotor del disco un punto. En el volante un punto.

Anexo 2: Mantenimiento técnico diario de la cosechadora de caña CCA-5000

No.	Definición	Limpiar	Revisar	Engrasar
1	Caja de filtro de aire	X	X	
2	Indicador de polvo	X	X	
3	Entrada de filtro de aire (gomas y presillas)	X	X	
4	Nivel de aceite del motor		X	
5	Nivel de líquido refrigerante del radiador		X	
6	Nivel de aceite hidráulico en depósito		X	
7	Nivel de aceite de la caja de bombas		X	
8	Nivel de aceite del cortadora base		X	
9	Nivel de aceite del cortador		X	
10	Comprobación del juego en las piernas del corte base		X	
11	Deformación en los discos de corte		X	
12	Salidero por los sellos de las piernas del corte base		X	
13	Jaula alimentadora de las piernas del corte base		X	
14	Respiradero del cortador de la base		X	
15	Respiradero de la caja de la bomba		X	
16	Respiradero de la caja del respirador		X	
17	Respiradero del tanque de combustible		X	
18	Respiradero del tanque hidráulico		X	
19	Cubo de los rodamientos del extractor primario	X	X	
20	Rodamiento de los ejes del transportador de descarga		X	X
21	Tablillas del transportador de descarga		X	
22	Apriete de las contratueras del cilindro de dirección		X	X
23	Bisagras del divisor línea (sinfines)		X	X
24	Brazos del corta cogollo		X	X
25	Extremos del cilindro de giro del transportador		X	X
26	Brazos (espejelos) del cilindro de giro del transportador			
27	Radiadores de aceite y agua	X	X	
28	Aletas del extractor primario/secundario	X	X	X
29	Tambor alimentador gallego	X	X	X
30	Tambores flotantes	X	X	
31	Piso del transportador	X	X	
32	Tolva del transportador	X	X	
33	Rozamiento en las mangueras hidráulicas		X	
34	Zapata (patín) y pirulitos de los sinfines	X	X	
35	Segmentos del cortador de base		X	
36	Segmentos del corta cogollo		X	
37	Cuchillas del picador		X	
38	Lectura de vacío en las filtros de la traslación hidrostática		X	
39	Ajustes de las tuercas en las ruedas traseras y delanteras		X	
40	Agua en el filtro decantador de combustible	X	X	
41	Presión de aire de los neumáticos		X	

Anexo 3: Mantenimiento técnico de la cosechadora de caña CCA-5000

No	Motor	Revisar	Limpiar	Engrasar	Cambiar	Periodicidad
1	Electrólito de la batería	X				50 horas
2	Filtros de los gases del cárter	X	X			250 horas
3	Elemento filtrante del purificador de aire	X	X		X	250 horas
4	Tensión de la correa	X				50 horas
5	Calibración de las válvulas y la unidad inyectora	X				1200 horas
6	Filtro decantador de agua y limpieza fina					250 horas
7	Aceite de motor					250 horas
8	Filtro centrifugo de aceite del motor				Lavar	250 horas
9	Filtro de aceite del motor				X	250 horas
	Parte hidráulica					
1	Filtros hidráulicos de succión de la transmisión	X	X			250 horas
2	Filtros hidráulicos de retorno al tanque	X	X			750 horas
3	Filtros hidráulicos de succión en el tanque		X			Entre zafras
4	Aceite hidráulico de la caja de bombas				X	250 horas
5	Rodamiento del árbol del ventilador del enfriador de aceite			X		50 horas
6	Eje de accionamiento de las bombas de traslación	X		X		50 horas
	Parte delantera					
	Corta cogollo					
1	Engrase de los rodamientos del disco de corte			X		50 horas
	Divisores de línea					
1	Engrase de los rodamientos de los sinfines	X		X		Diario
2	Engrase de los cooplíng entre el motor hidráulico y los sinfines	X		X		750 horas
	Mecanismo de corte lateral					
1	Comprobación y ajuste del disco de corte	X				50 horas
	Cortador de base					
	Cambio de aceite			X		250 horas
	Juego entre los piñones	X				250 horas
	Tren de tambores alimentadores					

1	Tambor tumbador					
2	Engrase de los coopling del motor H con el tambor	X		X		750 horas
3	Ajuste y sujeciones	X				50 horas
4	Comprobación del desgaste de las aletas	X				500 horas
	Tambor alimentador					
1	Engrase de los coopling del motor H con el tambor	X		X		750 horas
2	Ejes de sujeción	X		X		50 horas
3	Ajuste y sujeciones	X				50 horas
4	Estado de las aletas	X				500 horas
	Tambores flotantes o superiores					
1	Ejes de sujeción	X		X		50 horas
2	Coopling del motor H con el tambor	X		X		750 horas
3	Ajuste y sujeciones	X				50 horas
4	Dispositivo de tope	X				250 horas
	Primer tambor inferior					
1	Coopling del motor H con el tambor	X		X		750 horas
2	Ajuste y sujeciones	X				50 horas
3	Estado de las aletas	X				500 horas
	Segundo tambor inferior					
1	Coopling del motor H con el tambor	X		X		750 horas
2	Rodamientos	X		X		50 horas
3	Ajuste y sujeciones	X				50 horas
4	Estado de las aletas	X				500 horas
	Tercer tambor inferior					
1	Coopling del motor H con el tambor	X		X		750 horas
2	Ajuste y sujeciones	X				50 horas
3	Estado de las aletas	X				50 horas
	Tambores fijos o inferiores					
1	Rodamientos			X		50 horas
2	Coopling del motor H con el tambor	X		X		250 horas
3	Ajuste y sujeciones	X				50 horas
	Mecanismo trozador					
	Picador					
1	Cambio de aceite				X	250 horas
2	Cavidad entre sellos de la caja de engranajes del picador	X		X		50 horas
3	Rodamientos	X		X		50 horas
4	Juegos de los piñones	X				500 horas
5	Regulación del volante	X				50 horas
6	Regulación de las cuchillas	X				250 horas
7	Ajuste del rodamiento del volante	X				250 horas

8	Respiradero		X			50 horas
	Extractor primario					
1	Desgaste en el anillo	X				1200 horas
2	Estructura soporte en la cámara de limpieza	X				50 horas
3	Giro del extractor primario	X				50 horas
4	Estado de la cadena de giro	X				250 horas
5	Estado de los rodillos de giro	X				250 horas
6	Rodamientos	X		X		50 horas
7	Peso de las aspas	X				500 horas
8	Juego de los rodamientos	X				250 horas
9	Ajuste de la sujeción de la columna (trípode)	X				250 horas
10	Estrías del árbol motriz			X		500 horas
	Transporte de descarga					
	Mecanismo de giro					
1	Desgaste del tope del elevador	X				750 horas
2	Rodamientos del apoyo central de giro	X		X		50 horas
3	Rodamientos de apoyo del elevador	X		X		50 horas
	Accionamiento del elevador					
1	Coopling del motor hidráulico con el eje	X		X		250 horas
2	Rodamientos de las estrellas locales	X		X		250 horas
3	Mover las tablillas del transportador un eslabón en la cadena				X	500 horas
4	Tensión de la cadena	X				250 horas
	Extractor secundario					
1	Giro del extractor secundario	X				50 horas
2	Engrase de los rodamientos	X		X		50 horas
3	Tensión de la cadena de giro	X				250 horas

Anexo 4: Encuestas para la evaluación de la calidad del mantenimiento en las cosechadoras de caña CCA-5000

(aplicadas a los diseñadores, fabricantes y explotadores en todos sus niveles).

DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

ENCUESTA 1: Organización de la actividad de mantenimiento en general

Valore los siguientes aspectos según usted considere su presencia en la organización, considere cinco la máxima puntuación y uno la mínima

De un valor de 1 a 5 clasifique	5	4	3	2	1
Nivel de organización del control de la calidad de los trabajos realizados y contrapartidas.					
¿Existen las herramientas y medios necesarios para acometer los trabajos de reparaciones y mantenimiento?					
¿Se elabora y ejecuta un Plan de Capacitación que da respuesta a las necesidades del personal de mantenimiento?					
¿Existe la documentación técnica disponible? (Planos generales y de detalle, normas e instrucciones de los fabricantes, listas de recambios de cada máquina o instalación, catálogos).					
¿Se hace un análisis sistematizado de las averías más frecuentes o crónicas, con el fin de erradicarlas?					
¿La ejecución de los trabajos de mantenimiento se realiza partiendo de un análisis y dando instrucciones detalladas a los operarios, indicando herramientas a utilizar?					



ENCUESTA 2: Organización y capacitación

Tenga la amabilidad de responder las siguientes preguntas:

1. ¿Existe un Jefe de Mantenimiento o encargado de la actividad?
¿Representa los intereses de la actividad?
2. ¿Está organizado el control de la calidad de los trabajos realizados?
¿Existe un Sistema de garantía de la calidad? ¿Qué opina de este aspecto?
3. ¿Se da el adecuado esfuerzo y actitud para la consecución de los objetivos? O sea, ¿Los trabajadores de mantenimiento aportan todo su esfuerzo con orgullo?
4. ¿Se mide de alguna manera la satisfacción del cliente interno y externo?
Esto significa si se reúnen para analizar los resultados del trabajo y se da seguimiento.
5. ¿Reciben entrenamiento y/o capacitación los ingenieros, operarios, mecánicos, electricistas y demás personal de mantenimiento?
Si: _____ No: _____ No sé: _____

¿Con qué intervalos se llevan a cabo estos entrenamientos?
6. Si tiene alguna propuesta respecto al sistema de capacitación del personal de Mantenimiento, favor de exponerla.



ENCUESTA 3: Criterios de clientes

Tenga la amabilidad de responder las siguientes preguntas:

1. ¿Qué puede decir sobre la calidad del trabajo desempeñado por los trabajadores de Mantenimiento?
2. ¿Considera que los trabajadores de Mantenimiento tienen interés por resolver con calidad los servicios solicitados?
3. ¿Cómo valora la comunicación con el área de Mantenimiento? ¿Existen vínculos de camaradería? ¿Es fácil solicitarles ayuda?
4. ¿Cómo es la atención del área de Mantenimiento, a las reclamaciones por reiteración de problemas? ¿Muestran interés por resolver las situaciones?

ENCUESTA 4: Piezas de repuesto

Tenga la amabilidad de responder las siguientes preguntas:

1. ¿Existe una real disponibilidad de repuestos ante demanda? Evalúe en Buena, Regular o Mal. Explique brevemente la situación actual. Exponga los equipos con mayores dificultades.
2. ¿Se gestionan las demandas de piezas y su suministro de forma que se adquieran cuando se necesitan? ¿De quién es responsabilidad? ¿Se le informa y se da respuesta al personal de mantenimiento del estado de los suministros?
3. ¿Se cuenta con stocks y definidos los niveles de mínimos, máximos y punto de reorden?

Si: _____ No: _____ No sé: _____
4. ¿Cuándo es necesario fabricar, recuperar o adaptar una pieza? ¿Cómo cataloga la respuesta del área de maquinado y soldadura?
5. ¿Cuándo es necesario encargar a terceros la fabricación de una pieza? ¿Cómo cataloga la agilidad de la respuesta obtenida?



Anexo 5: Cuestionarios para la evaluación de la calidad del mantenimiento en las cosechadoras de caña CCA-5000

(aplicados a los diseñadores, fabricantes y explotadores en todos sus niveles).

DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.

Cuestionario 1: Organización general del mantenimiento, política general.

1. Plantilla de cargos:

a. Actualizada y completa	5 pts	
b. Incompleta y/o con más de un año de antigüedad	4 pts	
c. Desactualizada u obsoleta	3 pts	
d. No existe	0 pts	

2. Descripción de las funciones disponibles para:

a. Todos los puestos de mantenimiento	5 pts	
b. Hasta el 80 % de todos los puestos de mantenimiento	4 pts	
d. Hasta el 65 % de todos los puestos de mantenimiento	3 pts	
e. Menos del 50% de todos los puestos de Mantenimiento	0 pts	

3. Asignación organizacional del mantenimiento

a. Responsabilidades totalmente documentadas	5 pts	
b. Responsabilidades claras, buena información, buena comunicación	4 pts	
c. Supervisión y coordinación informal entre mantenimiento y operación, algunas discrepancias en la información sobre el trabajo	3pts	
d. Mantenimiento responde a operación	1 pt	
e. Líneas de autoridad confusas	0 pts	

4. Política general y directrices de Mantenimiento

a. Existe la Política de Mantenimiento.	5 Ptos.	
b. Existe la Política de Mantenimiento pero no está actualizada.	4 Ptos.	
c. No existe la Política de Mantenimiento.	0 Ptos.	



Cuestionario 2: Planificación, programación y control.

PROGRAMACIÓN.

1. Los programas de los trabajos de mantenimiento son emitidos:

a. Semanalmente.	5 pts	
b. Cada 15 días.	4 pts	
c. Diariamente.	2 pts	
d. Cualquier otra frecuencia.	1 pto	
e. No se emiten.	0 pto	

2. El Jefe de Mantenimiento y el Director se reúnen para programar:

a. Semanalmente	5 pts	
b. Cada 15 días.	4 pts	
c. Diariamente	2 pts	
d. Cualquier otra frecuencia.	1 pto	
e. No se reúnen.	0 pto	

3. Programa de Mantenimiento Preventivo.

a. Existe la Programación anual actualizada a partir del Plan anual de Mantenimiento.	5 pts	
b. Existe una programación.	3 pts	
c. El programa se elabora por la experiencia	2 pts	
d. No existe el Programa anual de Mtto.	1 pto	

4. Programador.

a. Existe un programador.	5 pts	
b. La programación de las tareas las hace el Jefe de Mantenimiento.	3 pts	
c. No existe evidencia de que se programen las tareas.	0	

PLANIFICACIÓN.

1. Planificación de los recursos.

a. Existe la Planificación de recursos a partir del Plan anual de Mantenimiento.	15 pts	
b. Existe una planificación de recursos.	10 pts	
c. La planificación se elabora por la experiencia	5 pts	
d. No existe Planificación.	0 pto	



CONTROL.

1. Control del cumplimiento del Plan de Mantenimiento

a. Existe evidencia del Control del cumplimiento estricto del Plan.	10 ptos	
b. El Plan no se controla correctamente.	8 ptos	
c. El Plan no se controla.	0 ptos	

Cuestionario 3: Orden de trabajo

1. OT que tienen reportadas las horas hombre.

a. 100%	5 pts	
b. Hasta el 80%	4 pts	
c. Hasta el 65%	3 pts	
d. Menos del 50 %	2 pts	

2. OT que tienen reportados los materiales.

a. 100%	5 pts	
b. Hasta el 80%	4 pts	
c. Hasta el 65%	3 pts	
e. Menos del 50%	2 pts	

3. OT que tienen detallada la descripción de los trabajos a ejecutar.

a. 100%	5 pts	
b. Hasta el 80%	4 pts	
c. Hasta el 65%	3 pts	
e. Menos del 50%	2 pts	

4. OT que tienen detallada la descripción de los trabajos realizados.

a. 100%	5 pts	
b. Hasta el 80%	4 pts	
c. Hasta el 65%	3 pts	
e. Menos del 50%	2 pts	



5. OT cerradas que tienen la firma de conformidad del cliente.

a. 100%	5 pts	
b. Hasta el 80%	4 pts	
c. Hasta el 65%	3 pts	
e. Menos del 50%	2 pts	

6. OT cerradas que tienen la firma del Jefe de Mantenimiento.

a. 100%	5 pts	
b. Hasta el 80%	4 pts	
c. Hasta el 65%	3 pts	
e. Menos del 50%	2 pts	

7. Porcentaje del total de los trabajos ejecutados por mantenimiento que son cubiertos por una OT

a. 100%	5 pts	
b. Hasta el 80%	4 pts	
c. Hasta el 65%	3 pts	
e. Menos del 50%	2 pts	

Cuestionario 4: Documentación, medio ambiente y SST

1. Estado de la documentación Técnica.

Excelente	10 ptos	
Bueno	8 ptos	
Regular	5 ptos	
Malo	2 pto	

2. Existencia del expediente histórico del equipamiento.

Existe más del 90%	5 ptos	
Entre el 70 y el 89%	4 ptos	
Entre el 40 y el 69%	3 ptos	
Menos del 40%	2 ptos	



1. Política de Seguridad.

a. Existe la Política de Seguridad en el Área de Mantenimiento y está implementada.	20 ptos.	
b. Existe la Política de Seguridad en el Área de Mantenimiento pero no está implementada.	15 ptos.	
c. No existe la Política de Seguridad en el Área de Mantenimiento, pero se cumplen algunas regulaciones internas.	10 ptos.	
d. No existe la Política de Seguridad en el Área de Mantenimiento y no se observan medidas de ningún tipo.	0 pts.	

2. Se hacen análisis de trabajo seguro en las actividades de mantenimiento con riesgo.

a. Existen regulaciones de seguridad para trabajos peligrosos y se cumplen al 100%	20 ptos.	
b. Existen regulaciones de seguridad para trabajos peligrosos pero no se cumplen al 100%.	10 ptos.	
c. No existen regulaciones de seguridad para trabajos peligrosos	0 pts.	

MEDIO AMBIENTE.

Agregue 3 puntos por cada cuestión que se cumpla.

Se tienen en cuenta medidas para evitar la deposición de desechos y emisión de gases prohibidos al m/a	
Formación ambiental de los trabajadores.	
Compra de productos ecológicos.	
Se recompensa las iniciativas ambientales.	
Se organizan objetivos y Planes Ambientales.	



Cuestionario 5: Reportes

REPORTES E INFORMES.

1. Agregar un punto por cada reporte que se haga de:

a. Consumo de energía eléctrica	
b. Consumo de energía eléctrica en hora pico	
c. Consumo de Fuel-oil	
d. Consumo de Diesel	
e. Consumo de GLP	
f. Consumo de agua	
g. Cantidad de operaciones de Mantenimiento con medios propios	
h. Cantidad de operaciones de Mantenimiento con Terceros	
i. Total de operaciones de Mantenimiento planificadas	
j. Total de operaciones de Mantenimiento imprevistas	
k. Imprevistos / total operaciones de Mantenimiento	
l. Gasto de Mantenimiento contratados a Terceros	
m. Gasto de operaciones de Mantenimiento (GOM)	
n. Gasto total de Mantenimiento (GTM)	
o. GOM / Habitantes Existentes	
p. GOM / Ingresos netos	
q. GOM / GTM	

Anexo 6: Pruebas realizadas al prototipo de prueba, combinada cañera CCA-5000 en los campos del CAI Antonio Guiteras Holmes de la provincia las Tunas

