

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

VICERRECTORÍA ACADÉMICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una planta
de cosecha de carnes de res y cerdo**

**MODALIDAD PROYECTO PARA OPTAR POR EL GRADO DE BACHILLERATO EN INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA**

Autor: Leonel Antonio Pérez Díaz

Tutor: Carlos Calderón Borge

Sede, Aranjuez

Marzo, 2019

Contenido

Dedicatoria y agradecimientos	9
Resumen	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
Planteamiento del Problema.....	12
Objetivos	12
Objetivo General.	12
Objetivos Específicos.	12
Proyecciones	14
Alcances	14
Limitaciones	14
Justificación.....	15
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL	16
Antecedentes	16
Antecedente #1	19
Antecedente #2	21
Antecedente #3	22
Antecedente #4	23
Antecedente #5	16
Antecedente #6	18

Marco teórico	25
Mantenimiento.....	25
Gestión Económica.....	34
Gestión del mantenimiento asistido por ordenador. (GMAO)	37
Análisis de criticidad	42
Indicadores de mantenimiento.....	46
Sistemas en serie y paralelo.....	50
Proceso Productivo.....	53
Proceso de faenado	53
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	69
Enfoque de la investigación.	69
Método de investigación	69
Fuentes de información	69
Variables	70
Definición conceptual.....	70
Definición instrumental	70
Definición operacional	71
Instrumentos	72
Proceso para la recolección y análisis de datos.....	72
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS	74

Diagnóstico	74
Reseña histórica.....	74
Ubicación.....	76
Líneas de producción.....	77
Departamento de Mantenimiento de la empresa.	77
Selección del equipo para plan de mantenimiento	79
Peladora de cerdos	83
Pistola GP4.....	93
Aturdidor EC-2-1.....	97
Gestión del mantenimiento asistido por ordenador.	101
Capacitación del personal.....	103
Costos de implementación.....	105
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
Conclusiones:.....	109
Recomendaciones.....	111
CAPÍTULO VI: PROPUESTA.....	114
Descripción	114
Objetivos	114
Plan de mantenimiento para los equipos seleccionados.....	115
Gantt de mantenimiento programado.....	123

Documentos de mantenimiento.....	124
ANEXO.....	131
APÉNDICE.....	134

Lista de tablas

Tabla 1 Criticidad de los activos físicos.	44
Tabla 2 Continuación criticidad de los activos físicos.	45
Tabla 3 Criticidad de los equipos seleccionados.....	81
Tabla 4 Actividades de mantenimiento actuales en la planta.	86
Tabla 5 Mantenimiento programado sugerido para la peladora de cerdos.	88
Tabla 6 Ahorro en la compra de Raspadores.	89
Tabla 7 Potencia demandada por el motorreductor de la peladora.	90
Tabla 8 Gastos de operación de la peladora de cerdos.....	90
Tabla 9 Comparación del CAUE al cambiar al proveedor de los raspadores.....	91
Tabla 10 Actividades de mantenimiento preventivo actuales pistola GP4.....	95
Tabla 11 Mantenimiento preventivo sugerido para la pistola GP4.....	96
Tabla 12 Actividades de mantenimiento preventivo actuales del aturdidor.	98
Tabla 13 Mantenimiento programado sugerido para el aturdidor.....	99
Tabla 14 Actividades y duración del temario de capacitación.....	104
Tabla 15 Costos de implementación del plan de mantenimiento.....	106
Tabla 16 Estimación de gastos de mantenimiento anuales en equipos críticos.	106
Tabla 17 Actividades de mantenimiento preventivo en pistola GP4.	115
Tabla 18 Actividades de mantenimiento preventivo en aturdidor de cerdos.	118
Tabla 19 Actividades de mantenimiento preventivo en la peladora de cerdos.	121

Lista de figuras

Figura 1 Ciclo de vida de un activo físico.....	36
Figura 2 Coste del ciclo de vida.....	37
Figura 3 Pilares de un software para gestión del mantenimiento.....	41
Figura 4 Representación de los indicadores de mantenimiento.....	47
Figura 5 Configuraciones de activos.....	51
Figura 6 Flujo de la corriente para provocar una electronarcosis.....	56
Figura 7 Comportamiento de la corriente alterna.....	57
Figura 8 Posición del electrodo.....	59
Figura 9 Signos de la fase tónica.....	61
Figura 10 Signos de la fase clónica.....	62
Figura 11 Tiempo para desangrado.....	62
Figura 12 Proceso de sangrado de los cerdos.....	64
Figura 13 Proceso de escaldado de los cerdos.....	65
Figura 14 Proceso de depilado de los cerdos.....	66
Figura 15 Eviscerado de los cerdos.....	67
Figura 16 Acabado de los cerdos.....	68
Figura 17 Logo de la Coopecarnisur R.L.....	75
Figura 18 Ubicación de Coopecarnisur R.L.....	76
Figura 19 Paradas de planta por averías en equipos.....	79
Figura 20 Tipos de averías en la peladora de cerdos por número de eventos.....	80

Figura 21 Peladora de cerdos.	84
Figura 22 Corriente máxima del motor peladora.	89
Figura 23 Precios de energía y demanda para la planta.	90
Figura 24 Pirómetro con imagen termográfica modelo flir TG165.	92
Figura 25 Pistola GP4 de la empresa Hennesey.....	93
Figura 26 Aturdidor de cerdos EC-2-1.....	97
Figura 27 Calendario de tareas de mantenimiento.	101
Figura 28 Información del activo.	102
Figura 29 Escenarios de gastos de mantenimiento.	107
Figura 30 Comparativa de los gastos por paro de producción contra los producidos por la pérdida de un cliente.	108

Dedicatoria y agradecimientos

A mis padres, por ofrecerme un apoyo incondicional en la obtención de mis sueños y metas, y todos los sacrificios realizados por ellos para permitirme mi desarrollo profesional. También, les quiero agradecer por la motivación y los consejos durante toda esta etapa de mi vida.

A mi hermano, porque siempre que lo he necesitado él ha tenido la disposición de ayudar.

Resumen

El objetivo de este trabajo de investigación es establecer cuál es el plan de mantenimiento preventivo para los equipos con más alta criticidad en la planta de Coopecarnisur R.L.

Se definen los objetivos generales y específicos de la investigación y se mencionan las limitantes encontradas.

Se desarrollan los conceptos teóricos utilizados como base técnica para el estudio, utilizando el concepto de mantenimiento preventivo como el punto de partida para la planta. Se explica el proceso productivo, para una mejor comprensión de las diferentes etapas del proceso.

Al final se presenta una propuesta de mantenimiento para la empresa, donde se incluyen todas las actividades de mantenimiento requeridas por los equipos seleccionados, los tiempos de ejecución y la persona que se va a encargar de realizar las tareas. Además, se sugiere las actividades de mantenimiento programado, según lo mostrado en el diagrama de Gantt desarrollado. Se crearon los documentos de mantenimiento que permitan llevar registros e históricos de los trabajos realizados, para poder generar los indicadores básicos de mantenimiento.

Se recomienda a la empresa que no todo su mantenimiento sea correctivo, el enfoque que debe tener es combinar los diferentes tipos de mantenimientos alcanzado la confiabilidad, calidad y mantenibilidad al menor costo posible

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En la industria la competitividad de las empresas está determinada por la confiabilidad de sus procesos, la calidad de sus productos y el precio que tienen en el mercado. Las empresas siempre buscan la mejor relación precio ganancia en cada una de sus transacciones, ahora no solo se analiza el precio de adquisición de un activo, actualmente, lo que se busca es el costo del activo a lo largo de su vida útil.

Es, en este punto, donde el mantenimiento industrial viene a realizar su aporte para garantizar que los activos que adquiere la empresa son los mejores del mercado. Después de dicha adquisición los encargados de mantenimiento tienen que trabajar para que los equipos alcancen su vida útil dentro de los costos proyectados.

Otro pilar fundamental es la confiabilidad de los equipos, si ésta no se pudiera garantizar, se pondría en riesgo vidas humanas. En la época moderna con máquinas como los ascensores, los aviones, las plantas de emergencia que se utilizan en los hospitales, entre muchos otros ejemplos, no se tolera una falla funcional por culpa de una reducción de gastos en el área del mantenimiento o un servicio negligente en estos.

Según lo anteriormente mencionado, queda claro que el mantenimiento es parte fundamental de la industria moderna.

Planteamiento del Problema

¿Cuál es el plan de mantenimiento adecuado para el área de faenado en la planta de cosecha de carnes de Coopecarnisur R.L., que está ubicada en Las Juntas de Pacuar de Pérez Zeledón?

Objetivos

Objetivo General.

Diseñar el plan de mantenimiento más adecuado para el área de faenado en la planta de cosecha de carnes de Coopecarnisur R.L., que está ubicada en las Juntas de Pacuar, Pérez Zeledón; mediante el establecimiento de las tareas adecuadas que permitan lograr una mayor confiabilidad de los equipos.

Objetivos Específicos.

- Diagnosticar las condiciones de operación y mantenimiento actuales mediante la entrevista de operarios y el encargado de mantenimiento para determinar el tipo de mantenimiento de los equipos.
- Seleccionar los equipos que tienen prioridad para un plan de mantenimiento en el área de faenado por medio de visitas a la planta y el análisis de criticidad para priorizar los recursos de mantenimiento.

- Establecer las actividades de mantenimiento preventivo de los equipos evaluados mediante el estudio de los correspondientes manuales y el análisis de los conocimientos de los operarios para definir las actividades óptimas de mantenimiento.
- Definir frecuencias y duración del mantenimiento en los equipos según lo especificado por el fabricante y las buenas prácticas de mantenimiento para evitar el exceso o la falta de mantenimiento.
- Establecer el programa de capacitación del personal de mantenimiento a través de una evaluación de los conocimientos previos de los encargados de la toma de decisiones contra las nuevas necesidades con el fin de mejorar la gestión del mantenimiento.
- Determinar el costo de instaurar un plan de mantenimiento en Coopecarnisur R.L. mediante estimación de los costos asociados a las nuevas tareas de mantenimiento con el fin de evaluar si es conveniente implementarlo.

Proyecciones

Alcances

El trabajo realizado en esta tesis incluye la entrega de un plan de mantenimiento preventivo a la empresa Coopecarnisur R.L. El plan de mantenimiento contiene un manual de mantenimiento para los equipos seleccionados, donde se indica las actividades, frecuencias y duración de las actividades de mantenimiento.

Limitaciones

La empresa se encuentra ubicada en Pérez Zeledón, limitando la cantidad de visitas por desarrollar, debido a los costos en tiempo y desplazamiento desde San José.

No existe una hoja de registro actualizada que indique las modificaciones a las que han sido sometidos los equipos.

La empresa no cuenta con fichas históricas que generen una retroalimentación, donde se realice un análisis post mórtem de las fallas que han presentado los equipos.

La empresa no cuenta con un histórico que permita analizar los costos por activos.

Justificación

Coopecarnisur R.L. tiene la misión de brindar un servicio sacrificio de res y cerdo, cumpliendo con estándares de estricta calidad. Es, por este motivo, que desde que inició con el proceso de sacrificio ha trabajado en la mejora continua, pasando de ser una planta de sacrificio solo para consumo local a una planta con la mayor categoría nacional, e incluso, ser acreditada para exportación.

A través de la tecnificación de los procesos que tiene y el aumento de los volúmenes de trabajo, la Cooperativa ha implementado estándares que permitan medir la eficiencia del departamento de Producción. Estos indicadores se utilizan en la toma de decisiones y han evidenciado la necesidad de pasar del mantenimiento correctivo a un mantenimiento que anticipe a las fallas, reduciendo las paradas no planificadas, las pérdidas que se generan cuando un equipo por un mal mantenimiento produce defectos de calidad que tienen como consecuencia el reprocesamiento o el cargo de asumir el pago al cliente por las partes dañadas.

Existen otros costos que no son fáciles de cuantificar, pero tienen un alto impacto para la empresa, como puede ser la pérdida de confianza de los clientes que en el futuro podría ser la fuga de clientes con la lógica afectación de los ingresos.

Por tanto, una debida gestión de mantenimiento es una oportunidad para demostrar la adecuada vida útil de los equipos, los beneficios en la seguridad de los procesos productivos y reducción de gastos en mantenimiento.

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

Antecedentes

Antecedente #1

Título: Propuesta de plan de mantenimiento preventivo basado en la norma Covenín 3049-93 para la planta de mezcla de fluidos de perforación en la empresa Proamsa, Maturín Estado Managas.

Autor: Ing. José Cedeño.

Institución: Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño.

Año: 2013.

En la tesis el ingeniero José Cedeño elabora un plan de mantenimiento preventivo, basado en la norma Covenín 3049-93. El fin del trabajo realizado por el ingeniero era optimizar las operaciones de la planta, fue necesario establecer la condición actual de los equipos y maquinarias, así mismo, identificar las fallas que afectan su funcionamiento, y en consecuencia analizar los costos que se generan para la puesta en marcha de un plan de mantenimiento. La propuesta pretende que con mejoras del plan de mantenimiento preventivo en todas sus etapas, garantizar un mejor funcionamiento de las maquinarias permitiendo la disminución de las fallas recurrentes que puedan presentarse.

Logró identificar las deficiencias y jerarquizar las fallas de acuerdo a técnicas de análisis en los cuales se reflejan las causas y efectos que producen a la planta, el impacto en la seguridad, medio

ambiente y en las operaciones para así poder tener su orden de prioridad en la ejecución del mantenimiento. De esta manera se logró determinar cuáles eran las fallas más críticas de acuerdo a la frecuencia de falla y el impacto que tuvieron en las operaciones.

Antecedente #2

Título: Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para sistemas de aire en plantas de extracción de líquidos del gas natural.

Autor: Ing. Carlos Salazar.

Institución: Universidad de Oriente.

Año: 2009.

En su tesis, el ingeniero Carlos Salazar realizó un diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para sistemas de aire en plantas de extracción de líquido de gas natural, como caso específico la Planta de Extracción San Joaquín, con fines de evitar la utilización excesiva de las horas extras de mantenimiento, las recurrentes alarmas, fallas y paradas en los equipos. El trabajo tuvo la limitante de que la planta no tenía historiales de mantenimiento, por lo que el ingeniero decidió priorizar los equipos según la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad y luego realizó un análisis de modos de fallos y efectos de falla a los componentes críticos

Antecedente #3

Título: Modelo de Gestión de Mantenimiento Piloto para Walmart Costa Rica.

Autor: Ing. Carlos Alonso Badilla Castañeda.

Institución: Tecnológico de Costa Rica.

Año: 2017

El ingeniero Carlos en su tesis analiza la situación actual del mantenimiento en la empresa Walmart. Encontrando que la relación entre mantenimiento preventivo y el correctivo es, 51% de mantenimiento correctivo y 49% de mantenimiento preventivo. Plantea que una de las causas es el crecimiento tan acelerado que presenta la empresa, donde en 10 años ha cuadruplicado el número de tiendas en Costa Rica, pasando de 70 a 260 en el 2017.

Además, de evidenciar la importancia de utilizar un software para la gestión del mantenimiento que permita generar un registro histórico de las órdenes de trabajo, los tiempos de ejecución de éstas.

Mostró cómo mediante la metodología de Covenin se determinó el grado de madurez del departamento de Mantenimiento, permitiendo centrar esfuerzos en los puntos más débiles de la estructura.

El efecto que tiene la utilización de la herramienta Balanced Scorecard para definir una estrategia que permita alcanzar los objetivos de mantenimiento de la empresa.

La repercusión que tiene el RCM como técnica para determinar las tareas mínimas necesarias para asegurar la disponibilidad de los activos, según el ambiente operacional del equipo.

Indica que, actualmente, es necesario una mayor capacitación para los trabajadores debido a que los equipos están muy automatizados. Creando estándares que aseguren el correcto mantenimiento.

Antecedente #4

Título: Diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento para la Empresa Laboratorio Óptico Topex S.A.

Autor: Ing. Christian Araya Rojas.

Institución: Tecnológico de Costa Rica

Año: 2017

En su tesis el ingeniero Christian Araya Rojas explica la necesidad de tener un mantenimiento que garantice la confiabilidad y disponibilidad de los equipos. Desarrolló un análisis de modos de efectos y fallas, con el que obtuvo las fallas más significativas que pueden suceder. Estableciendo el costo de la implementación de un plan de mantenimiento en la empresa.

Expresa la necesidad de una comunicación activa entre departamento de Mantenimiento y el departamento de Producción, para una reducción en los costos de mantenimiento. El impacto económico y las ventajas que puede generar para la empresa un plan de mantenimiento preventivo.

También, expone la necesidad de la utilización de indicadores de mantenimiento. Ayudándose con documentos de mantenimiento y la normalización del uso de estos en la empresa. Para encontrar dónde está la mayor oportunidad de mejora de la empresa en el área de mantenimiento.

Como un stock adecuado puede disminuir los tiempos necesarios para la realización de las distintas tareas de mantenimiento. Para lograr esto, el ingeniero se dio la tarea de crear diversos inventarios de control y establecer un lugar adecuado para el almacenaje de éste.

Antecedente #5

Título: Implementación de Pilares del TPM en la Empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

Autor: Ing. Ricardo Coto Brenes.

Institución: Tecnológico de Costa Rica.

Año: 2017

En su tesis el ingeniero Ricardo Coto Brenes muestra cómo las tareas de limpieza, orden y estandarización pueden llegar a generar reducciones en los tiempos de paro. Para reducir las pérdidas por averías y desperdicios. Con la ayuda de la técnica conocida como TPM, inicia con la aplicación de las 5S, luego el mantenimiento autónomo es implementado, delegando a los operadores ciertas tareas de mantenimiento.

La importancia de una adecuada codificación de los equipos, para generar referencias efectivas por parte del departamento de Mantenimiento. También, se mejora la señalización en los manómetros para facilitar la interpretación de la condición actual de los equipos.

Además, indica el efecto que tiene una ficha histórica para generar indicadores de mantenimiento que permitan comparar la gestión de éste.

Muestra cómo se puede medir el impacto generado por la mejora de uno de los indicadores de mantenimiento. Particularmente la mejora de un 2% en disponibilidad representa un ahorro de \$125 508 por año para la empresa.

También, demuestra la efectividad del desarrollo de un plan de mantenimiento con el uso del TPM como técnica principal para el desarrollo de éste.

Antecedente #6

Título: Organización del Sistema de Gestión de Mantenimiento para la planta envasadora de gas Tomza en Cartago.

Autor: Ing. Andrea Cordero Camacho.

Institución: Tecnológico de Costa Rica.

Año: 2017.

En la tesis la ingeniera Andrea Cordero Camacho expone la necesidad de un cambio cultural donde se busque un balance entre el mantenimiento correctivo y el preventivo, utilizó la norma ISO 9001:2008 explicando que esta norma necesita:

- Determinar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización.
- Establecer la secuencia e interacción de estos procesos.
- Precisar los criterios y métodos necesarios para asegurarse de que, tanto la operación como el control de estos procesos sean eficaces.
- Asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de estos procesos.
- Realizar el seguimiento, la medición cuando sea aplicable y el análisis de estos procesos.
- Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.

De los puntos anteriores mostró la necesidad del uso de los documentos de mantenimiento para recolectar esta información.

La importancia de las bases de datos que permitan el adecuado almacenamiento de la información que es necesaria en los principales documentos del mantenimiento.

Explica cómo la situación actual del mantenimiento en la empresa, le genera costos elevados. Dado que cada vez que se origina una falla, no se tiene en stock el repuesto para una pronta atención de la avería, es necesario que el técnico se desplace al comercio para adquirir éste.

Los costos asociados a una vida útil del equipo inferior a la estimada por el fabricante y el impacto que tiene sobre el ROI. (Retorno sobre la inversión)

Marco teórico

Mantenimiento

Introducción.

Según García (2010) mantenimiento ha evolucionado conforme las necesidades de la industria han variado, de la siguiente manera:

Se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado por conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la Revolución Industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran, básicamente, correctivas, dedicando todo su esfuerzo por solucionar las fallas que se producían en los equipos.

A partir de la Primera Guerra Mundial, y, sobre todo de la Segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino, sobre todo, prevenirlas, actuar para que no se produzcan. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento: personal cuya función es estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas. El personal indirecto, que no está involucrado directamente en la realización de las tareas, aumenta, y con él los costes de mantenimiento. Pero se busca aumentar la fiabilidad de producción, evitar las

pérdidas por averías y sus costes asociados. Aparece el Mantenimiento Preventivo, el Mantenimiento Predictivo, el Mantenimiento Proactivo, la Gestión del Mantenimiento Asistida por Ordenador, y el Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM). El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en el análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Se podría decir que RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica.

Paralelamente, sobre todo a partir de los años 80s, comienza a introducirse la idea de que puede ser rentable volver de nuevo al modelo inicial: que los operarios de producción se ocupen del mantenimiento de los equipos. Se desarrolla el TPM, o Mantenimiento Productivo Total, en el que algunas de las tareas normalmente realizadas por el personal de mantenimiento son ahora realizadas por operarios de producción. Esas tareas «transferidas» son trabajos de limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones. Se pretende conseguir con ello que el operario de producción se implique más en el cuidado de la máquina, siendo el objetivo último de TPM conseguir cero averías. Como filosofía de mantenimiento, TPM se basa en la formación, motivación e implicación del equipo humano, en lugar de la tecnología.

TPM y RCM no son formas opuestas de dirigir el mantenimiento, sino que ambas conviven en la actualidad en muchas empresas. En algunas de ellas, RCM impulsa el mantenimiento, y con esta técnica se determinan las tareas por efectuar en los equipos; después, algunas de las tareas son transferidas a producción, en el marco de una política de implantación de TPM. En otras plantas, en cambio, es la filosofía TPM la que se impone, siendo RCM una herramienta más para la determinación de tareas y frecuencias en determinados equipos.

Por desgracia, en otras muchas empresas ninguna de las dos filosofías triunfa. El porcentaje de empresas que dedican todos sus esfuerzos a mantenimiento correctivo y que no se plantean

si esa es la forma como se obtiene un máximo beneficio (objetivo último de la actividad empresarial) es muy alto. Son muchos los responsables de mantenimiento, tanto de empresas grandes como pequeñas, que creen que estas técnicas están muy bien en el campo teórico, pero que en su planta no son aplicables: parten de la idea de que la urgencia de las reparaciones es la que marca y marcará siempre las pautas por seguir en el departamento de Mantenimiento.

Tipos de mantenimiento.

Sánchez (2006) clasifica el mantenimiento de manera más generalizada diciendo que “Existen varios tipos de mantenimiento con diferencias en cuanto a objetivos, planificación, recursos necesarios, etc. En la actualidad, en las grandes industrias, ninguna de estos tipos se utiliza exclusivamente, sino que se realiza un mantenimiento planificado que combina los diferentes tipos con el objetivo de optimizar los costes globales y la disponibilidad de los equipos” (p.10)

Para Sánchez (2006) existen términos como TPM (Total Productive Maintenance), RCM (Reliability Based Maintenance) que lo que hacen es cambiar el enfoque de la planificación del mantenimiento. Sin embargo, él considera que las tipologías básicas del mantenimiento son:

Mantenimiento ante fallo. También, llamado mantenimiento frente a rotura (Breakdown Maintenance), se refiere a las operaciones de mantenimiento que tienen lugar tras el fallo y cuyo objetivo fundamental es la rápida devolución de la máquina a las condiciones de servicio. Para ello, se pone énfasis en sustituir o reparar rápidamente las piezas que han fallado.

Si bien, es un tipo de mantenimiento poco desarrollado, en la actualidad, se utiliza masivamente junto con el mantenimiento correctivo debido, en unos casos, a un

desconocimiento más avanzado de las técnicas de mantenimiento y a la falta de organización, aunque en otros casos está plenamente justificado por ser el método más eficiente.

La ventaja fundamental de este método es la rapidez de la puesta en funcionamiento de la máquina y que las diferentes piezas se usan hasta que fallan, agotando de este modo su vida útil.

Sin embargo, las desventajas que presenta este método son numerosas, pudiéndose destacar las siguientes:

En este tipo de mantenimiento, no se busca la causa de la avería (que no necesariamente se encuentra en la pieza que ha fallado) por lo que, tras la reparación, la avería se repetirá en un corto espacio de tiempo.

Por ejemplo, si existe un desequilibrio en un eje de una máquina se producirá un desgaste rápido de los rodamientos y como consecuencia un deterioro de estos. La acción reparadora se limitará a sustituir los rodamientos defectuosos. Sin embargo, el problema de fondo no se solucionará en tanto no se corrija el desequilibrio existente.

El trabajo de mantenimiento no puede ser planificado, dado que no se sabe cuándo se va a producir el fallo (imposibilidad de previsión). Así, el fallo puede producirse cuando el personal técnico de mantenimiento no está en la planta (durante la noche, por ejemplo) lo que retrasa la reparación y puesta en servicio. Además, en el caso de que varios fallos se produzcan simultáneamente, el personal de mantenimiento puede sufrir una acumulación puntual de trabajo que impida el restablecimiento normal de la fabricación de forma inmediata.

Obliga a la existencia de repuestos suficientes para cubrir las eventuales reparaciones y evitar largas paradas esperando a que los repuestos lleguen a la planta, lo que incrementa el coste de material inmovilizado y de almacén.

Si la reparación no es rápida el fallo de la máquina puede dar lugar a una pérdida económica importante al producirse una para de producción, especialmente, en máquinas críticas dentro la línea.

Las averías, al ser imprevistas, pueden ser graves para la máquina, ya que el fallo de un elemento puede dar lugar al fallo de otro elemento conectado al mismo. En ocasiones, el fallo de una pieza pequeña y poco costosa provoca un fallo catastrófico en la máquina que se traduce en una pérdida económica importante.

Las averías imprevistas pueden dar lugar a siniestros con consecuencias graves para el personal o el resto de las instalaciones. Así, este tipo de mantenimiento no reduce el riesgo de daños en los trabajadores ni en las instalaciones.

Mantenimiento Correctivo. Este tipo de mantenimiento tiene las mismas características que el anterior (mantenimiento ante fallo) salvo en que considera necesario no solo reparar la máquina averiada, sino también, buscar, diagnosticar y corregir la causa real que provocó el fallo.

Las ventajas e inconvenientes de este método son las mismas que en el mantenimiento ante fallo, con la salvedad de que, al reparar la causa original del fallo, se previene la rápida reaparición de éste.

Este método, más indicado que el mantenimiento ante fallo (no correctivo), sólo es aplicable cuando existe disponibilidad suficiente de equipos de repuesto y la sustitución es rápida, económica, y no supone interrupciones ni perjuicios en el proceso productivo. Esto suele ser así en el caso de máquinas sencillas y baratas y de las cuales existen varias unidades en la planta industrial, lo que permite con un repuesto reducido cubrir gran parte de los eventuales fallos.

En estos casos, probablemente el mantenimiento correctivo sea más económico y eficiente que cualquier otro.

Mantenimiento preventivo. Es un tipo de mantenimiento cuyo objetivo consiste en prevenir el fallo. El mantenimiento preventivo más común es el planificado (PPM, Planned Preventive Maintenance). Se basa en el establecimiento de una rutina de sustitución de piezas a intervalos periódicos de tiempo. En la mayoría de los casos la sustitución de un componente se realiza sistemáticamente, independientemente del estado de la pieza, basándose en el número de ciclos realizados o el tiempo de trabajo de la máquina y en la información histórica del tiempo medio entre fallos (MTBF, Mean Time Between Failure) del componente. De este modo tratan de evitarse los fallos inesperados. El éxito del método radica en una adecuada elección de los intervalos de sustitución de las piezas.

Este tipo de mantenimiento, también, incluye las operaciones preventivas que se ejecutan, aprovechando alguna coyuntura (máquina parada por cuestiones de producción, máquina parada por avería de otra pieza, etc.) que permita obtener un beneficio al realizar en ese momento la sustitución de la pieza a la que se aplica prevención (mantenimiento preventivo de oportunidad).

La ventaja de este método, frente al mantenimiento correctivo, es que la planificación del mantenimiento es más sencilla, produciéndose un menor número de imprevistos y paradas no programadas de producción. Además, reduce la necesidad de almacenamiento de repuestos, ajustando la adquisición de estos a los períodos planificados de inspección. El método es especialmente indicado para aquellos componentes que tienen una curva de deterioro claramente dependiente del número de ciclos, como por ejemplo, los filtros. De hecho, el

cambio de aceite y filtros o bujías en un automóvil es un claro ejemplo de la aplicación de una estrategia de mantenimiento preventivo.

Sin embargo, este método tiene algunas desventajas, entre las que cabe reseñar:

Puede resultar antieconómico si los períodos de sustitución de piezas no están correctamente definidos (no se agota la vida útil de las piezas), labor complicada dado el elevado número de factores variables que pueden afectar a la vida de algunas piezas.

La intervención preventiva sobre la máquina por un operario puede introducir nuevos fallos en ésta, debidos a errores humanos en los trabajos de sustitución, fallos que no se habrían producido sin dicha intervención.

En máquinas cuyo funcionamiento no es continuo, esta estrategia obliga a incorporar contadores de diversos tipos para controlar los períodos de intervención.

La probabilidad de fallo del sistema no se reduce si la sustitución se realiza dentro del rango de vida útil de la pieza (zona plana de la curva de la bañera), produciéndose en cambio un coste económico al reemplazar una pieza que aún podía funcionar correctamente por mucho tiempo.

Las paradas de producción necesarias para realizar las operaciones de mantenimiento preventivo afectan al ritmo normal de producción y pueden suponer un coste elevado que algunos casos puede no recuperarse. Esto puede paliarse, en parte, en los casos en que la sustitución se realiza aprovechando paradas de la producción que, igualmente, debían realizarse por otros motivos técnicos.

Mantenimiento Predictivo. Este método, también llamado mantenimiento basado en la condición (condition-based maintenance, o condition monitoring) corrige las desventajas del mantenimiento preventivo, cambiando las sustituciones periódicas por inspecciones periódicas en las que no se sustituyen piezas, sólo se analiza el estado de la máquina mediante la medida

de una serie de parámetros objetivos. Cuando los parámetros medidos demuestran la inminencia de un fallo, se actúa con una operación correctiva que subsana la causa del fallo y repara o sustituye las piezas dañadas o desgastadas.

La medida de los parámetros se realiza sin necesidad de parar la máquina ni interrumpir la producción. En algunos casos, la medida del valor de estos parámetros se realiza de forma continua, dando lugar al mantenimiento predictivo online o continuo; en otros la medida se realiza con una periodicidad definida. El intervalo de inspección debe fijarse en un tiempo que permita detectar variaciones en el estado de la máquina, caso de que las haya habido, y corregir o sustituir los elementos necesarios antes de que se produzca el fallo.

Algunos de los parámetros más usados como indicador del estado de la máquina o de algunos de sus componentes son el nivel de ruido, el nivel de vibración, el nivel de partículas metálicas en el lubricante, la temperatura, u otros parámetros característicos del funcionamiento de cada máquina en concreto (caudal, presión en el caso de bombas, intensidad o voltaje para máquinas eléctricas). De todos ellos el nivel de vibración es el más universalmente usado en el mantenimiento predictivo de maquinaria, por ser uno de los que permite detectar con mayor fiabilidad un gran número de potenciales fallos.

El mantenimiento predictivo está especialmente indicado en aquellas máquinas en las que un fallo produce un elevado riesgo para la seguridad (grandes máquinas, máquinas que trabajan con materiales peligrosos, vehículos de transporte de personas, instalaciones de energía nuclear) o tiene un coste elevado, bien por la posibilidad de fallo catastrófico de la máquina (máquinas únicas, caras), bien por provocar una parada de producción (máquinas críticas en una línea de producción).

Las ventajas más destacadas de este tipo de mantenimiento son:

Los periodos de vida de las piezas pueden agotarse al máximo, disminuyendo el número de intervenciones y evitando los fallos inesperados.

Se reduce la necesidad de almacenamiento de piezas, pues las que hayan de sustituirse pueden adquirirse con la suficiente antelación.

La inspección con técnicas adecuadas permite detectar el origen de los problemas de la máquina y sólo sus síntomas y, además, sin necesidad de parar su funcionamiento.

La información histórica sobre la evolución de los parámetros permite un mejor conocimiento de las máquinas, de su funcionamiento y de sus modos de fallo.

Cuando ha de realizarse la reparación ésta es más rápida ya que se ha detectado previamente el punto en el que ha de trabajarse.

Mejora la seguridad de la planta al reducirse la probabilidad de producción de accidentes como consecuencia de fallos imprevistos.

Sin embargo, la introducción de este método de mantenimiento no está exenta de inconvenientes. Algunos de ellos son:

La necesidad de una mayor formación del personal en las diferentes técnicas de inspección y en la interpretación de los valores de los parámetros obtenidos, de forma que se evite la aparición de fallos o la realización de paradas innecesarias como consecuencia de una mala interpretación de los parámetros.

La inversión necesaria en diferentes equipos de medida y registro de parámetros y en la elaboración de una base de datos adecuada.

La falta de experiencia sobre el valor de los parámetros que indica un estado peligroso de la máquina, especialmente en las etapas iniciales, con las consiguientes dudas sobre el momento cuando la parada para la reparación es obligada.

El posible aburrimiento de los operarios por la toma de datos que normalmente se van repitiendo, sin producirse cambios en grandes períodos determinados, antes de que aparezca una situación crítica.

Gestión Económica

Para González (2005) la visión que se tenía de mantenimiento ha evolucionado para adquirir relevancia en la competitividad de las empresas, exponiendo su idea de la siguiente forma:

La contabilidad de costes ha sido relacionada tradicionalmente con la determinación de los precios de los productos de las empresas ($\text{precio} = \text{coste} + \text{beneficio}$) y, de ahí, que la contabilidad de costes en mantenimiento haya sido muy a menudo una asignatura pendiente de un gran número de empresas industriales, pues se ha considerado como un “coste indirecto” más. Como es obvio, a medida que los requisitos de competitividad de las empresas se han ido incrementado, a la determinación de los costes de los productos, sobre todo para intentar reducir estos, se ha unido el estudio y establecimiento de coste de otras unidades de actividad. Éste es el caso del mantenimiento que, a pesar de ser un segmento importantísimo en todo proceso industrial y con gran repercusión económica, no ha sido hasta hace poco objeto de estudio en detalle desde el punto de vista financiero y contable.

Cuando las empresas han utilizado técnicas de auditoría y control para hacer más evidente y patentes los costes totales de la actividad empresarial y destacar en qué áreas se puede mejorar, ha aparecido la necesidad de revisar los costes departamento a departamento y, para ello, es absolutamente imprescindible disponer de una contabilidad analítica de gestión y desagregada que permita su estudio detallado equipo a equipo, técnica a técnica, etc.

Además de la mejora de la competitividad antes tratada, basándose, entre otras iniciativas, en la reducción de los costes integrales de producción, el análisis de los costes totales de los ciclos de vida de las inversiones (life cycle cost) ha exigido, también, a las empresas analizar no sólo los costes ya conocidos de primera adquisición, sino aquellos otros que repercuten muy directa e intensamente en el coste de toda su vida productiva; costes de capacitación, costes de mantenimiento, costes de utilización y, por último, costes de retirada y eliminación.(p.347)

Muchas empresas solo piensan en el costo de adquisición del equipo, olvidándose de otros costes que están asociados a lo largo del ciclo de vida, para Gonzáles (2005) esto es:

Uno de los aspectos que se ha tratado en apartados anteriores es el relativo a la necesidad de disponer de una desagregada contabilidad analítica en la gestión de mantenimiento. Es básico para evaluar el coste de explotación (operación, mantenimiento correctivo y preventivo) a lo largo de la vida de cualquier activo de nuestra empresa. Este coste se ha de tener en cuenta a la hora de evaluar una inversión.

El análisis de los costes de ciclo de vida (LCC, life cycle cost) es una iniciativa relativamente reciente, pues sólo desde hace unas décadas, (seguramente fruto del relativo desprecio y falta de control sobre los mantenimientos) se consideran a la hora de evaluar una determinada inversión con cualquiera de las fórmulas contablemente conocidas (TIR, VAN, etc.). El valor, o coste empresarial real, de un bien no es ni mucho menos estrictamente el que aparece en la oferta del fabricante potencialmente adjudicatario. Hay que sumarle lo que cuesta explotarle. El coste de mantenimiento de cualquier sistema es cada vez más significativo, aunque se luche obviamente por su reducción. Es normal un coste anual de mantenimiento del 3 al 5% respecto del valor de primera inversión, y teniendo una vida útil de entre 10 y 20 años, puede hacerse

una fácil relación entre el importantísimo peso relativo que tiene el mantenimiento de dicho activo frente a su coste de primera adquisición o inversión. (p.357).

Todo equipo sigue un proceso desde que se concibe su adquisición hasta que se tiene que disponer para su desecho. En la figura 1, se observa el proceso que tiene todo activo físico.

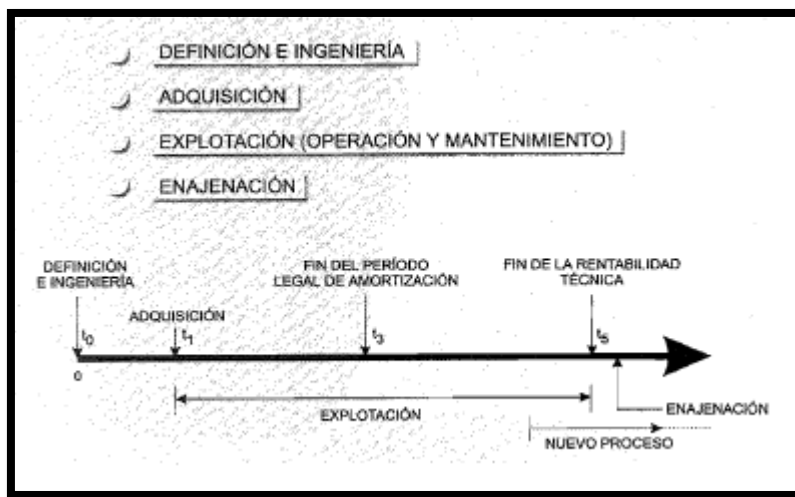


Figura 1 Ciclo de vida de un activo físico.

Fuente: Gonzales, 2005

Según González (2005) “el punto de rentabilidad técnica es aquel en el que, desde un punto de vista de coste de ciclo de vida unitario, la línea de ingresos o de beneficios que aporta dicha maquinaria o instalación es igual o superior a la línea de costes”. En la figura 2, se puede observar la gráfica de coste del ciclo de vida.

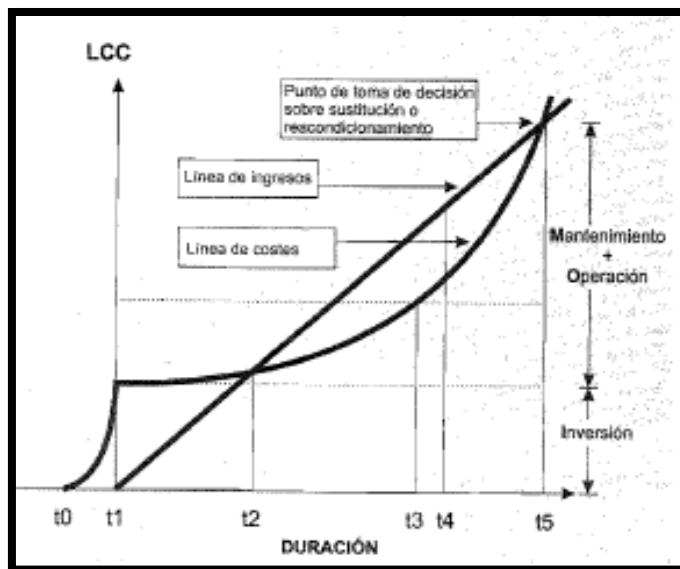


Figura 2 Coste del ciclo de vida.

Fuente: González, 2005

Gestión del mantenimiento asistido por ordenador. (GMAO)

Muchas empresas solo piensan en el costo de adquisición del equipo, olvidándose de otros costes que están asociados a lo largo del ciclo de vida, para Gonzales (2005) esto es:

No se le escapará a ningún lector que la cantidad de datos y variables que se están introduciendo al concebir un sistema de mantenimiento avanzado, exige incuestionablemente disponer de una herramienta de ayuda, tanto para la propia gestión en sí (planificación, lanzamiento, control de trabajos, de mano de obra, etc.), como para todo el seguimiento técnico de las nuevas “mantecnologías” que se está intentando implementar como alternativa a los mantenimientos preventivos rutinarios.

El volumen de información por manejar en un Departamento de Mantenimiento actualizado es enorme. Piense sólo lo que implica tener totalmente al día el inventario de nuestros equipos,

tanto desde el punto de vista intrínsecamente técnico (planos, listados de repuestos, normativas de aplicación específica, etc.) como desde el punto de vista de la gestión asociada a su explotación y mantenimiento (órdenes preventivas y correctivas, insumos utilizados, amortizaciones, reformas o modificaciones, etc.). Por utilizar algún ejemplo extraído de los múltiples existentes en la bibliografía recomendada, se puede indicar que en aeropuerto de una ciudad media con alrededor de 7.000 sistemas a mantener y 20.000 referencias de repuestos en sus almacenes, puede generar aproximadamente 100.000 órdenes de trabajo cada año. Una empresa de fabricación de bienes de equipo, con 2.000 sistemas o máquinas fabriles, trabajando a tres turnos, puede generar 150.000 órdenes de trabajo y, por último, una red ferroviaria de transporte público con un parque de alrededor de 1.000 coches puede generar 250.000 órdenes de trabajo al año.

Por si los ejemplos anteriores fueran ya de por sí poco elocuentes, las empresas actuales tienden a una globalización cada vez mayor y, sin lugar a dudas, los sistemas de Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador (a partir de ahora GMAO), que se tratará en ese apartado, nunca van a poderse implantar de forma aislada en empresas modernas.

Con total seguridad van a tener que interrelacionarse con otros sistemas y otras bases de datos de la compañía: contabilidad, nóminas, almacenes, etc. De ello, se deriva otra necesidad complementaria: no sólo será necesario tener un sistema potente, rápido y sobre todo adecuado a nuestros requerimientos (y no a la inversa: no son nuestros requerimientos los que deben adecuarse al sistema), sino que éste deberá adquirirse con la idea clara y preconcebida de su obligatoria conectividad con otros sistemas. (p.415)

Hasta hace unos años existía una duda entre todos los expertos y responsables de Mantenimiento sobre la conveniencia de que su sistema de gestión informatizado se desarrollase internamente o se escogiese alguno de los paquetes comercialmente disponibles. Actualmente, hoy en día la elección es bastante fácil. La competitividad del mercado, la necesidad de continuas actualizaciones y la enorme oferta disponible al respecto aconseja, sin lugar a duda, y salvo raras excepciones, acudir a un paquete o sistema de mercado. Hace veinte años o quizás menos no hubiese sido tan rotundos, pero ahora sí. En este sentido, por ejemplo, según la encuesta de la Asociación Española de Mantenimiento (AEM) del año 2000, la utilización de programas informáticos comerciales frente a los desarrollos propios ha subido un 17% entre 1995 y 2000, lo que ratifica la opinión expuesta.

Esta situación y tendencia entraña un importantísimo riesgo que desde este apartado introductorio se quiere recalcar. Cuando se va a adquirir un paquete de mercado, la mayoría de los vendedores los ofrecen como sistemas totalmente abiertos y configurables a los deseos de cliente o usuario. Normalmente eso no es del todo cierto. Si aborda un proceso como el que se tratará en este apartado y es usted el máximo responsable, delimite clara y contractualmente esas posibilidades de personalización, pues luego, una vez adquirido un determinado paquete, la mayoría de los que hemos sufrido experiencias con ellos tenemos la percepción de que el sistema es extremadamente rígido y que los responsables del suministrador harán todos los esfuerzos posibles por que sea la organización de mantenimiento la que se ajuste al propio paquete informático y nunca al revés.(p.416)

También, es bien cierto que no se debe ser extremadamente cerrados y que, por muy satisfechos que estemos con la gestión de nuestro mantenimiento, siempre habrá potenciales mejoras y propuestas que puedan ser de ayuda, provenientes de la empresa informática. Sin lugar a dudas, hay que estar abiertos a ellas, pero es conveniente estar alerta sobre un aspecto importantísimo que los informáticos nunca perciben y que es crucial a la hora de implantar uno de estos sistemas: el usuario final. Si al responsable de a pie de obra, a los mandos intermedio o hasta a los operarios de mantenimiento se les va a solicitar -como es lógico- que sean ellos los que utilicen y se interrelacionen con el nuevo sistema informático (abrir órdenes, cerrar órdenes, actualicen históricos, etc.), es básico que el sistema tenga en cuenta sus requerimientos de usuario final; la facilidad de uso de las pantallas, el paso de unas sesiones a otras, la facilidad para utilizar la búsqueda de datos en el sistema, los formatos habitualmente establecidos, etc. Deben ser aspectos por tener muy en cuenta y sobre los que hay que dar la máxima participación a dichos usuarios finales para que, desde el principio, “hagan suyo” el nuevo sistema. Si, además, su gestión de mantenimiento ya estaba en todo o en parte informatizada, seguramente habrá funciones y rutinas con las que usted y su equipo estén totalmente satisfechos, así como formatos y flujos de información que, seguramente y tras mucho tiempo de esfuerzo, les funcionan a la perfección. Exija, sin lugar a dudas, que el nuevo sistema se adecue a lo ya establecido cuando ello sea óptimo, y, sobre todo, cuando sea requerido por los mandos intermedios y oficiales que van a utilizar el sistema a pie de obra. No hay que olvidar que el nuevo sistema GMAO debe ser una herramienta de ayuda, nunca una complicación adicional para la ya ardua y compleja labor de mantenimiento ni, por supuesto, una herramienta burocratizadora que exija estar horas y horas delante de la pantalla introduciendo datos, sacando estadísticas, actualizando históricos, etc. (p. 417)

En la figura 3 de Sánchez (2006) muestra los pilares que debe tener un software de GMAO para que la empresa pueda obtener el máximo provecho.



Figura 3 Pilares de un software para gestión del mantenimiento.

Fuente: Sánchez, 2006

Análisis de criticidad

Para García (2010) siempre que se elabore un plan de mantenimiento, es necesario priorizar el uso de los recursos que se tienen disponibles, para alcanzar el máximo impacto, y lo describe de la siguiente manera:

No todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importante que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, se debe destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa.

Pero ¿cómo diferenciamos los equipos que tienen una gran influencia en los resultados de los que no la tienen? Cuando tratamos de hacer esta diferenciación, estamos realizando el Análisis de Criticidad de los equipos de la planta.

Comencemos distinguiendo una serie de niveles de importancia o criticidad:

Equipos críticos. Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.

Equipos importantes. Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.

Equipos prescindibles. Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño coste adicional.

Opcionalmente, algunas empresas prefieren incluir una categoría más: los equipos altamente críticos. Se pretende con la introducción de esta nueva categoría distinguir entre dos tipos de equipos críticos distintos: equipos más críticos y equipos menos críticos.

Véase, en segundo lugar, qué criterios se puede utilizar para clasificar cada uno de los equipos en alguna de las categorías anteriores. Debemos considerar la influencia que una anomalía tiene en cuatros aspectos: producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

Producción. Cuando valoramos la influencia que un equipo tiene en producción, nos preguntamos cómo afecta a ésta un posible fallo. Dependiendo de que suponga una parada total de la instalación, una parada de una zona de producción preferente paralice equipos productivos, pero con pérdidas de producción asumible o no tenga influencia en producción, se clasificará el equipo como A, B, o C.

Calidad. El equipo puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final, una influencia relativa que no acostumbre a ser problemática o una influencia nula.

Mantenimiento. El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien, un equipo con un coste medio en mantenimiento; o, por último, un equipo con un muy bajo coste, que normalmente no dé problemas.

Seguridad y medio ambiente: Un fallo del equipo puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio o para las personas, y que además, tenga cierta probabilidad de fallo; es posible también que un fallo del equipo pueda ocasionar un accidente, pero la probabilidad de eso ocurra puede ser baja; o, por último, puede ser un equipo que no tenga ninguna influencia en seguridad.

La tabla 1 es la propuesta por García para valorar la criticidad de un equipo, puede ser la siguiente:

Tabla 1 Criticidad de los activos físicos.

Fuente: García, 2010

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A Crítico	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.		Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales)	

Tabla 2 Continuación criticidad de los activos físicos.

Fuente: García, 2010

<p>B</p> <p>Importante</p>	<p>Necesita revisiones periódicas (anuales).</p>	<p>Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al plan de producción).</p>	<p>Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.</p>	<p>Coste Medio en Mantenimiento.</p>
<p>C</p> <p>Prescindible</p>	<p>Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.</p>	<p>Poca influencia en producción.</p>	<p>No afecta a la calidad</p>	<p>Bajo coste de Mantenimiento.</p>

Indicadores de mantenimiento

Para controlar es necesario tener indicadores que permitan generar comparaciones a través del tiempo. Los tres indicadores más importantes para el departamento de Mantenimiento son la disponibilidad, la confiabilidad y la mantenibilidad.

Como disponibilidad se define la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento cuando sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, el tiempo activo de reparación, el tiempo inactivo, el tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), el tiempo administrativo, el tiempo de funcionamiento sin producir y el tiempo logístico Ramakumar (1996), citado por Mora (2009).

Es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un equipo. La mayoría de los usuarios asegura que necesitan la disponibilidad de un equipo tanto como seguridad. Hay varios métodos para lograrlo, y uno es construir un equipo que cuando falle sea fácil de recuperar, y el otro es que sean confiables y, por lo tanto, demasiado costosos Mora 2009, citando a Knezevic (1996).

$$\text{Disponibilidad operacional} = A_o = \frac{MTBM}{MTBM + \overline{M}'}$$

Ecuación 1 Fórmula para calcular disponibilidad operacional.

Fuente: Mora, 2009

Donde: MTBM = Tiempo medio entre mantenimientos.

\overline{M}' = Relación de tiempo para las actividades de mantenimiento.

$$\overline{M}' = \frac{\frac{MTTR}{MTBM_c} + \frac{M_p}{MTBM_p}}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}} \quad MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}$$

Ecuación 2 Tiempo medio de las actividades de mantenimiento.

Fuente: Mora, 2009

Donde: MTTR= Tiempo medio para reparar.

$MTBM_c$ = Tiempo medio de mantenimiento correctivo.

$MTBM_p$ = Tiempo medio de mantenimiento preventivo.

En la figura 4, se observa los tres indicadores más importantes para llevar la gestión del mantenimiento, a estos se les llama KPI (key performance indicators).

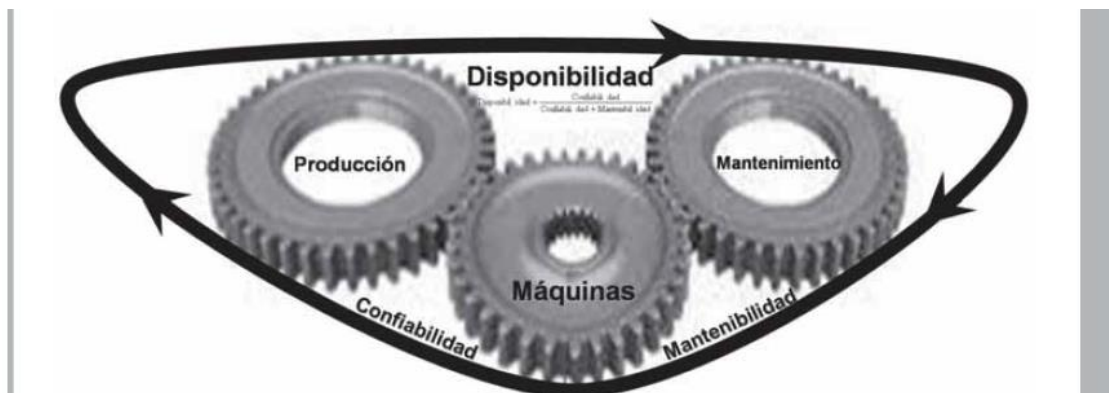


Figura 4 Representación de los indicadores de mantenimiento.

Fuente: Mora, 2009.

La medida de la confiabilidad de un equipo es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo (ESReDa, 1998). Si no hay fallas, el equipo es 100% confiable; si la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad del equipo es aún aceptable, pero si es muy alta, el equipo es poco confiable. Un equipo con muy buen diseño, con excelente montaje, con adecuadas pruebas de trabajo en campo y con un apropiado mantenimiento nunca debe fallar (en teoría); sin embargo, la experiencia demuestra que incluso los equipos con mejores diseños, montajes y mantenimientos fallan alguna vez (Bazovsky, 2004).

La confiabilidad está estrechamente relacionada con la calidad de un producto y es con frecuencia considerada un componente de ella. La calidad se define cualitativamente como la cantidad de satisfacción en cuanto a los requerimientos de los usuarios de un producto. La confiabilidad se interesa por cuánto tiempo el producto continúa en funcionamiento después de entrar en operación. Una baja calidad del producto implica disminución de su confiabilidad, de la misma manera que una calidad alta implica confiabilidad elevada. (Mora, 2009)

Se denomina mantenibilidad a la probabilidad de que un elemento, máquina o dispositivo, puedan regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva (funcional o de servicio), mediante una reparación que implica realizar unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción. La normalidad del sistema al restaurarse su funcionalidad se refiere a su cuerpo y a su función. (Mora, 2009)

La mantenibilidad se asocia a la facilidad con que un elemento o dispositivo se puede restaurar a sus condiciones de funcionalidad establecidas, lo cual implica tener en cuenta todas las características y hechos previos ocurridos antes de alcanzarse ese estado de normalidad, tales como: diseño, montaje, operación, habilidades de los operarios, las modificaciones realizadas, las reparaciones anteriores, la capacidad de operación, la confiabilidad, los mantenimientos realizados a lo largo y ancho de la vida útil del equipo, el entorno, la legislación pertinente, la calidad de los repuestos, la limpieza, el impacto ambiental que genera, etc., que influyen directamente en el grado de mantenibilidad del equipo. (Mora, 2009)

Sistemas en serie y paralelo

La estructura en serie “es aquella en que todos los componentes deben funcionar adecuadamente para que funcione el sistema. Una falla en uno de los componentes implica la no funcionalidad de todo el sistema” (Bajaria (1983); Forcadas (1983) y Bazovsky (2004)), citados por Mora (2009).

La confiabilidad de un sistema en serie disminuye (o decrece) si la confiabilidad de cualquiera de sus componentes disminuye (o decrece); y aumenta (o crece) si el número de componentes crece (Gnedenko y otros, 1999), citados por Mora (2009).

$$R_S = R(x_1) * R(x_2) \dots R(x_n)$$

Ecuación 3 Confiabilidad para un sistema en serie.

Fuente: Mora, 2009

Donde:

R_S es la confiabilidad del sistema en serie

R(x_n) es la confiabilidad propia de cada elemento que constituye el sistema en serie

En muchas ocasiones, se mezclan los sistemas en serie y paralelo, la figura 5 muestra diferentes combinaciones posibles en sistemas de activos.

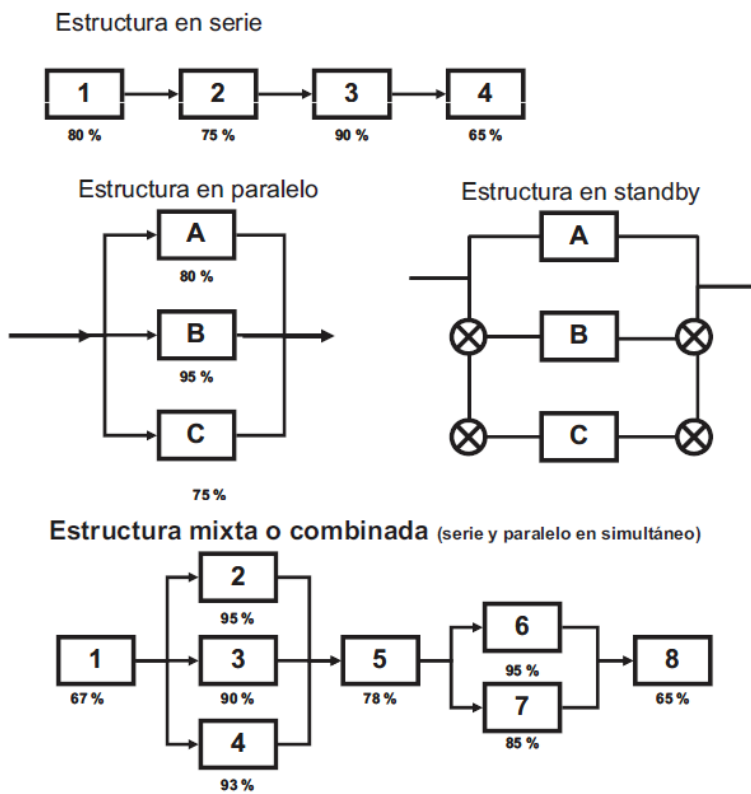


Figura 5 Configuraciones de activos.

Fuente: Mora, 2009.

Las estructuras en paralelo o redundantes solo fallan si todos los componentes del sistema dejan de funcionar.

$$R_p = 1 - \prod_{j=1}^N (1 - R(x_j))$$

Ecuación 4 Confiabilidad de sistema en paralelo.

Fuente: Mora, 2009

Donde:

R_p es la confiabilidad del sistema en paralelo

R(x_j) es la confiabilidad propia de cada elemento que compone el sistema en paralelo

Proceso Productivo

Proceso de faenado

Faenado es el proceso ordenado sanitariamente para el sacrificio de un animal porcino, con el objeto de obtener carne en condiciones óptimas para el consumo humano. El faenamamiento se debe llevar a cabo cumpliendo normas técnicas y sanitarias. (epmrq, s.f). Este se divide en:

1. Recepción.
2. Estabulación.
3. Aturdimiento.
4. Sangrado y degüello.
5. Escaldado.
6. Depilado.
7. Eviscerado.
8. Acabado.

Proceso de recepción.

Desembarco animal a muelle en ascensor de forma organizada y secuencia, por jaulas, del piso superior al inferior del vehículo. El muelle de recepción consta de un puesto de admisión donde se recogerá toda la documentación requerida, se elaborará registro de entrada, etc. (Illesca, Ferrer, Bacho, 2012)

Proceso de estabulación.

Espera en corrales, por lotes, antes de ser sacrificado 6-7 horas, a una temperatura entre 15 -20 °C. A los animales sólo se les suministra agua y se limpian con duchas que sirve como relajante. Una hora antes del sacrificio se realiza inspección veterinaria (ante mórtem) para detectar animales enfermos. (Illesca, 2012)

Proceso de aturdimiento.

Aunque cada una de las fases del proceso de sacrificio es importante, por normativas nacionales de bienestar animal, el aturrido es minuciosamente controlado para garantizar que el cerdo no sienta dolor. World Animal Protection (s.f) explica el proceso de la siguiente manera:

Los métodos de insensibilización eléctrica, si se utilizan de forma correcta y con los parámetros eléctricos adecuados, minimizan el sufrimiento de los animales y tienen poco efecto en la calidad de la canal y de la carne. Sin embargo, si se utilizan mal pueden provocar dolor, sufrimiento y aumentar la incidencia de fracturas, petequias (salpicaduras) y defectos en la carne (PSE), lo que ocasiona importantes pérdidas para la industria.

Los métodos de insensibilización de dos puntos se utilizan desde hace más de 50 años y durante ese periodo los modelos y la eficiencia de esos equipos mejoraron. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de insensibilización de dos puntos se utiliza de forma manual, con la aplicación de los electrodos en la cabeza del cerdo. De esa forma, su eficacia depende exclusivamente del operador.

La electronarcosis es un método reversible en el que se transmite corriente eléctrica a través del cerebro del animal. La conducción de la corriente promueve la epilepsia, gran mal, que impide la actividad cerebral y provoca la despolarización inmediata de las células neuronales,

lo que resulta en inconsciencia e impide la traducción del estímulo del dolor, al igual que la crisis epiléptica en humanos.

El estímulo del dolor se produce en cerca de 150 a 200 milésimas de segundo y la electronarcosis provoca la insensibilización en un promedio de 15 milésimas de segundo, lo que garantiza que los cerdos no sientan dolor al aplicar los electrodos de forma correcta. (p.53)

El efecto de la electronarcosis en el cerdo es solo temporal, por lo tanto, el objetivo es inducirlo a la inconsciencia inmediata y garantizar que dure hasta el momento de su muerte, que ocurre después del desangrado.

Descarga eléctrica. (electronarcosis). Inmovilización del animal y paso de una corriente cabeza-corazón con una intensidad determinada (1,3 A), durante unos 3-7 segundos. Provoca pérdida de conciencia del animal por un estado de contracción muscular, desapareciendo el ritmo respiratorio, reflejo corneal y sensibilidad al dolor. El degollado o sangrado hay que ejecutarlo con rapidez antes de que desaparezca la contracción muscular.

Para inducir una crisis epiléptica generalizada en cerdos de terminación, es necesario aplicar una mínima de 1,3A durante por lo menos 3 segundos. Se exige un voltaje mínimo de 240V para alcanzar ese amperaje en el tiempo recomendado.



Figura 6 Flujo de la corriente para provocar una electronarcosis.

Fuente: World Animal Protection, s.f.

Sin embargo, para insensibilizar de forma eficiente a los cerdos adultos, como las reproductoras y los verracos, la corriente mínima requerida es de por lo menos 3A para cada animal.

Al utilizar bajo voltaje, no siempre es posible alcanzar el amperaje necesario en el tiempo deseado de 3 segundos; por lo tanto, es posible que los cerdos reciban una descarga eléctrica dolorosa antes del inicio de la inconsciencia.

Se debe controlar todos los días la eficiencia de los equipos de insensibilización, evaluando los siguientes elementos:

Signos de una insensibilización eficiente en los cerdos;

Limpieza diaria de los electrodos, para evitar los puntos de oxidación y corrosión, así como controlar la conducción de la corriente mínima requerida de 1,3A;

No utilizar el insensibilizador eléctrico si él no alcanza la corriente suficiente (como mínimo 1,3A) en 3 segundos;

Contar con dispositivos de alarma para indicar la duración exacta de la aplicación de los electrodos;

Tener un monitor visible para el operador que indique claramente la corriente y el voltaje que se está aplicando.

La corriente eléctrica puede presentarse de algunas formas, entre las cuales la más común es la corriente alterna (CA). Ese tipo de corriente tiene un formato de onda senoidal, que cambia la dirección del flujo y se genera a partir del suministro de la red eléctrica.

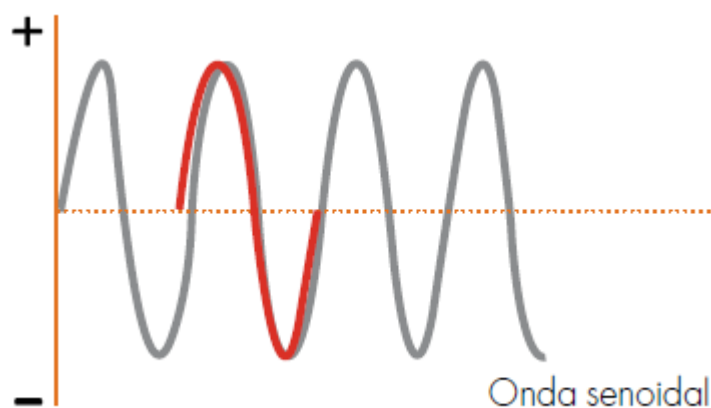


Figura 7 Comportamiento de la corriente alterna.

Fuente: World Animal Protection, s.f.

La frecuencia de la corriente, que se mide en Hertz (Hz), representa cuántas veces la onda se repite en un segundo.

La frecuencia de la corriente suministrada directamente desde la red eléctrica (tomacorriente) es de 60Hz, lo que significa que se generan 60 ciclos de ondas senoidales en un segundo.

Existen muchas variaciones en la corriente, el voltaje y la frecuencia que se utilizan en las plantas comerciales, pero no todas las combinaciones se evaluaron de forma científica.

Al evaluar la eficacia de cualquier sistema de insensibilización, los parámetros eléctricos y los efectos en el comportamiento de los cerdos se deben controlar de forma conjunta. Es esencial que todos los sistemas de insensibilización tengan un monitor o pantalla que muestre la corriente, el voltaje y la frecuencia que se está aplicando. (p.56)

Insensibilización eléctrica con baja frecuencia: por lo general, se utilizan 50 ó 60Hz de ondas senoidales y corriente alterna en el electrodo cardiaco para causar la fibrilación cardíaca y la muerte del cerdo. Ese sistema se denomina también electrocución o muerte por paro cardíaco;

Insensibilización eléctrica con alta frecuencia: para la insensibilización eléctrica por lo general se utilizan corrientes con alta frecuencia (superiores a 100Hz). Su utilización se debe restringir al electrodo de la cabeza y no se debe usarlo para el electrodo cardíaco, pues las altas frecuencias no causan fibrilación cardíaca y la muerte del cerdo. En ese sistema, la rapidez para la realización del desangrado es esencial, pues, cuanto mayor sea la frecuencia, menor será el tiempo de inconsciencia.

Para que la insensibilización sea eficiente, los electrodos deben estar posicionados en ambos lados de la cabeza y adecuadamente adheridos a la piel, en la zona cerca de la inserción de las orejas. Con ello, la corriente fluirá por el trayecto más corto (del electrodo pasando por la piel, cráneo y cerebro del cerdo), lo que reducirá la resistencia del recorrido.

Sin embargo, se ve en algunos mataderos más pequeños la dificultad para inmovilizar a los cerdos (ausencia de restrainer) y variación en el formato de la cabeza que perjudican la aplicación de los electrodos en el lugar correcto. Se evaluaron diferentes posiciones (alternativas) que se pueden aceptar, según se describe a continuación.

La posición 1 es la ideal y el operario debe priorizarla, a su vez, las posiciones 2, 3, 4 y 5 son aceptables.

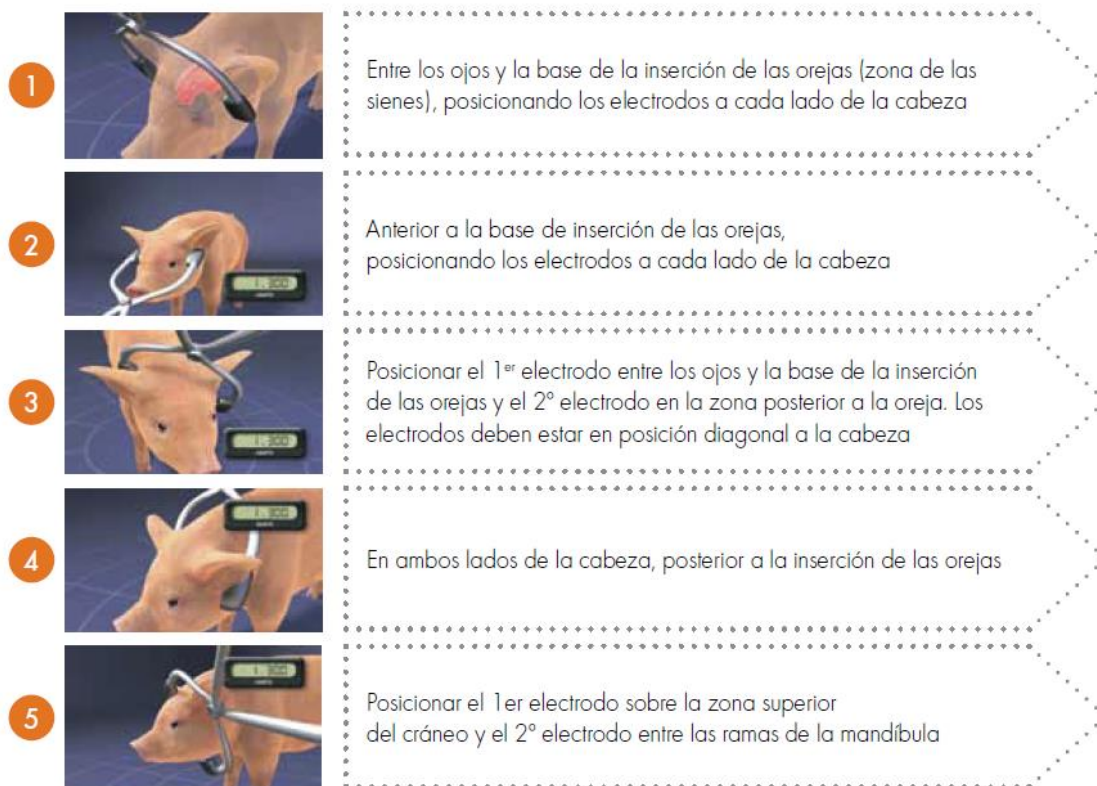


Figura 8 Posición del electrodo.

Fuente: World Animal Protection, s.f.

Los electrodos nunca deben aplicarse en una zona lejos del cerebro o con gran sensibilidad, como el morro, pues el efecto es extremadamente doloroso y se perderá parte de la corriente necesaria en el trayecto hasta alcanzar el cerebro.

Los electrodos nunca deben aplicarse en cualquier otra parte del cuerpo del cerdo, como los miembros posteriores, para forzarlos a moverse o inmovilizarlos para facilitar la insensibilización.

La correcta posición y el mantenimiento diario de los electrodos requieren habilidad y los operarios deben recibir capacitación para desarrollar con eficiencia dichas etapas y evitar que el animal sienta dolor.

Si el primer contacto falla y el cerdo manifiesta signos de conciencia, el operario deberá repetir de inmediato el procedimiento de insensibilización.

Ningún animal podrá pasar consciente a la operación de desangrado. Por lo tanto, el matadero deberá tener un insensibilizador portátil en el lugar (equipo de reserva/emergencia), para utilizarlo en los cerdos que presenten signos de sensibilidad.

Los cerdos nunca deben manifestar reacción de dolor, como vocalización durante la aplicación de los electrodos en la piel. Eso puede ser un signo de que la corriente no es suficiente para causar la inmediata inconsciencia.

Es muy importante que haya una evaluación regular y frecuente en los cerdos que se están insensibilizando, así como el control de los parámetros eléctricos. Eso garantizará que todos los animales pasen a la etapa de desangrado debidamente inconscientes.

Cuando los cerdos son correctamente insensibilizados, pasan por dos fases, que se denominan tónica y clónica. (p.58)

<ul style="list-style-type: none"> • Inconsciencia, con colapso inmediato (caída); • La musculatura se contrae; 		
<ul style="list-style-type: none"> • Elevación de la cabeza, flexión de los miembros traseros y extensión de los delanteros (estaquillado). La fase tónica puede continuar por algunos segundos; aunque cese el flujo de la corriente eléctrica, los cerdos todavía pueden manifestar esos signos; 		
<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de respiración rítmica en la zona del flanco y del morro; 		
<ul style="list-style-type: none"> • La pupila se dilata (midriasis); 		
<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de reflejo corneal; 		
<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de reflejo de sensibilidad a estímulos dolorosos. 		

Figura 9 Signos de la fase tónica.

Fuente: World Animal Protection, s.f.

- Ausencia de respiración rítmica;
- Ausencia de reflejo corneal;

- Pedaleo o patadas involuntarios;

- Relajación gradual de la musculatura.



Figura 10 Signos de la fase clónica.

Fuente: World Animal Protection, s.f.

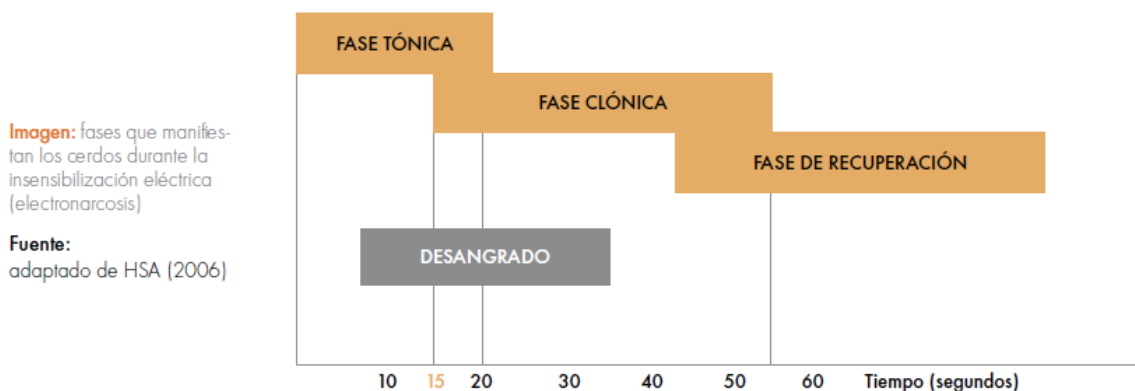


Figura 11 Tiempo para desangrado.

Fuente: World Animal Protection, s.f.

Si el cerdo no se desangra, la fase clónica disminuirá de forma gradual y, por fin, cesará; el animal recuperará la conciencia y volverán la respiración rítmica y otros reflejos. Por ello, es sumamente importante que el cerdo se desangre de inmediato, luego de la insensibilización.

Al utilizar los parámetros eléctricos adecuados y aplicar los electrodos en el lugar correcto durante 3 segundos, el tiempo promedio de recuperación de los reflejos en los cerdos es:

Respiración rítmica: cerca de 41 segundos. El control de la respiración rítmica puede hacerse en el morro o en la zona del flanco, cuando el cerdo todavía esté en la mesa de desangrado;

Reflejo corneal: cerca de 47 segundos. En la evaluación práctica, ese reflejo es difícil de verificar y, muchas veces, se confunde con el reflejo de los párpados, lo que puede resultar en casos de falsos positivos. Por lo tanto, no debe evaluarse de forma aislada;

Respuesta de sensibilidad: cerca de 57 segundos. Ese reflejo puede evaluarse en la zona del tabique nasal (prueba de compresión), en la piel o en la oreja (prueba del pellizco);

Reflejo de enderezamiento de la cabeza e intento de recuperar la postura: cerca de 65 segundos, lo que indica la total recuperación de la conciencia y la sensibilidad.

Para detectar una falla en la insensibilización, se deben evaluar en conjunto algunos de los signos de arriba. La respiración rítmica es un buen parámetro de confirmación de dichos signos.

Todo cerdo debe desangrarse luego de la insensibilización, en un tiempo máximo de 15 segundos. Lo ideal es hacer el desangrado en cerca de 10 segundos, cuando el cerdo todavía se encuentra en la fase tónica. Eso facilitará el trabajo del operario y garantizará una mayor eficiencia y seguridad en el proceso. (p.60)

Proceso de sangrado y degüello.

Extracción máxima cantidad de sangre en el menor tiempo posible (duración unos 5 minutos). La sangre supone entre el 4-5% del peso vivo del animal. Se practica mediante degüello. La sangre es acumulada en depósitos. (Illesca, 2012)

Sistemas: animal colgado en vertical (mejor desangrado y mayor cantidad de sangre) o en horizontal en mesa (menor cantidad de sangre). La presencia o retención de sangre en animal significa que la carne se estropeará antes y presentará un aspecto desagradable. (Illesca, 2012)



Figura 12 Proceso de sangrado de los cerdos.

Fuente: Quiroga, 1992

Proceso de escaldado.

Illesca (2012) explica el proceso de escaldado de la siguiente forma:

Ablandamiento de la piel para posterior depilación, combinando humedad y elevada temperatura (60-65 °C). Se puede ejecutar de distintos modos.

Inmersión en agua caliente en “cuba de escaldado”. Es importante renovar el agua de las cubas cada 3-6 horas para mejorar la calidad bacteriológica y evitar la contaminación de los pulmones.

Verticalmente con aspersión en túnel, sobre todo en donde se quiere mantener la pata, como en cerdo Ibérico.

Con vapor en túnel durante 5-6 minutos. No necesidad de reciclar agua.

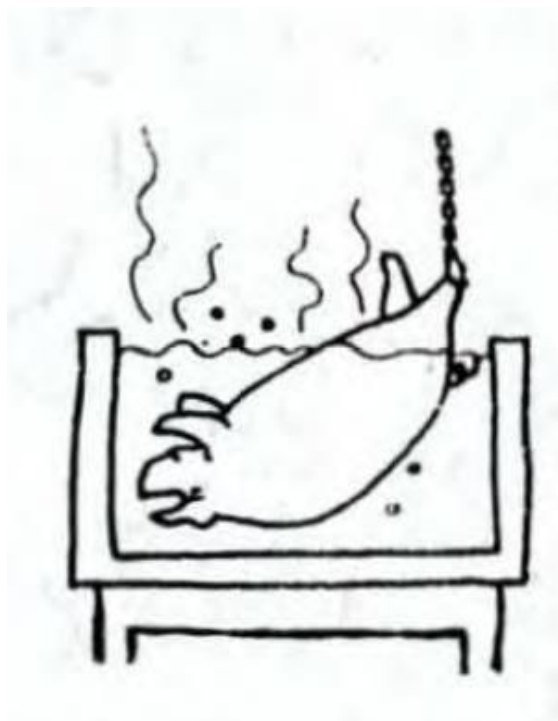


Figura 13 Proceso de escaldado de los cerdos.

Fuente: Quiroga, 1992

Proceso de depilado.

Máquina peladora: cilindros giratorios con rascadores metálicos para eliminar cerdas, perfectamente calibrados para evitar daños a la canal. Se somete a una ducha caliente (62-62,5 °C) de agua y líquido antiespumante para facilitar trabajo. El pelo cae en un cañón que se descarga por aspiración.

Máquina flageladora: secado por medio de látigos de goma mecánicos para limpiar y secar la superficie de la piel.

En horno, chamuscado o flameado: eliminación de los restos de pelos o cerdas de forma automática mediante la acción del fuego. Éste proviene de columnas de quemadores alimentados por gas programados para activarse durante un determinado tiempo e intensidad. Posteriormente, un operario repasa con soplete las partes menos accesibles. Finalizada la operación se somete a el canal a una ducha con agua pulverizada para enfriamiento. (Illesca, 2012)



Figura 14 Proceso de depilado de los cerdos.

Fuente: Quiroga,1992

Proceso de eviscerado.

Apertura de la canal por el pecho y extracción de vísceras torácicas y abdominales, con separación de vísceras rojas y blancas, en un sistema móvil de bandejas (blancas) y ganchos (rojas) dispuestos en paralelo a la canal.



Figura 15 Eviscerado de los cerdos.

Fuente: Quiroga, 1992

Proceso de acabado

Apertura total de la canal y retirada de mantecas. Extracción de los excesos de grasa para conseguir un aspecto más homogéneo de la canal. Se aplica, además una ducha de agua fría para eliminar restos de sangre y otros tejidos.

Las grasas son retiradas para procesar para posterior consumo (bollería, etc.) y los decomisos se arrojan a un contenedor verde.

Apertura y cortes cabeza. Separación de ésta si el veterinario la considera decomiso. Las cabezas aptas pasan con la canal separadas en carros a la zona de despique.

Sellos sanitarios (5 por cada media canal: 2 en lomo, uno en jamón, panceta y paleta) y etiquetado de la canal mediante código de barras.

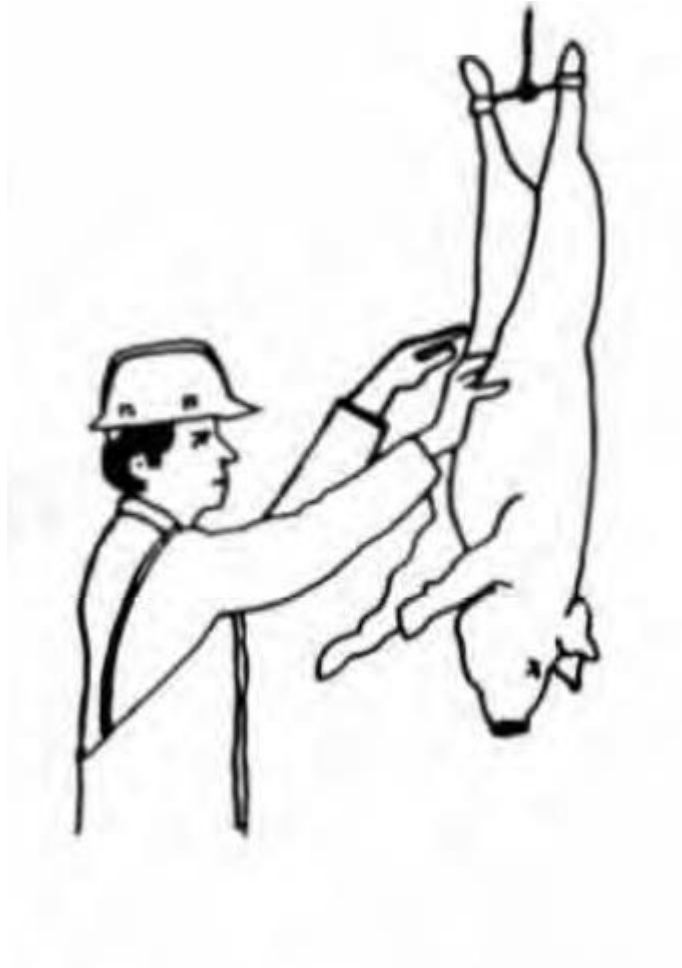


Figura 16 Acabado de los cerdos.

Fuente: Quiroga, 1992

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Enfoque de la investigación.

Este estudio es considerado cuantitativo porque examina las condiciones del mantenimiento en la planta, mediante variables como el número de averías y los paros de planta. Es considerado como no experimental, porque no se manipulan las variables solo analiza el comportamiento histórico de éstas.

Método de investigación

Esta investigación es exploratoria, debido a que en la empresa no se ha realizado ningún estudio de este tipo. También, es descriptiva, porque se observa, aprende y describe la situación actual de la empresa.

Fuentes de información

En este estudio, se va a realizar entrevista a los operarios de los equipos y los encargados de mantenimiento, también, los manuales de los activos seleccionados se van a utilizar como un recurso para determinar las tareas requeridas por los equipos. Además, se va a utilizar la asesoría de expertos para aquellas máquinas que así lo requieran.

Variables

Definición conceptual

Tiempo de fallas:

Es el tiempo de parada de producción no programada que supere los 15 minutos.

Número de fallas:

El número de fallas, es una variable que cuenta el número de eventos que generaron una parada no programada en la planta con un paro mayor a 15 minutos.

Costo de fallas:

La última variable es el costo de las fallas, es una variable económica que permite estimar el impacto que tiene una falla de un equipo crítico y los gastos de mantenimiento.

Definición instrumental

Tiempo de fallas:

Es registrada en un reloj de pared de la marca Casio modelo IQ-02S-7, luego de reestablecer la producción el operario registra la fecha.

Número de fallas:

Ésta variable se obtiene de la hoja en Excel en la que se lleva el registro de los paros de producción.

Costo de fallas:

El instrumento para medir la variable fueron las facturas de compras realizadas por la empresa y el análisis económico previo del retorno sobre la inversión realizado por la empresa por uno de sus nuevos servicios.

Definición operacional**Tiempo de fallas:**

Luego de reestablecer la producción el operario registra la fecha, el tiempo de parada de planta y se incluye el motivo de la parada, luego de reestablecer la producción el operario registra la fecha en el archivo de Excel.

Número de fallas:

Para medirla fue necesario realizar un conteo de los eventos de los últimos doce meses de los sistemas que presentaban mayor número de incidencias en ese periodo, que están registradas en el documento de Excel.

Costo de fallas:

Para obtener estos datos fue necesario solicitar al departamento de contabilidad los gastos generados por mantenimiento del último año y también el cálculo del retorno sobre la inversión hecho por la empresa de uno sus activos nuevos para proyectar las pérdidas por pérdidas de un cliente.

Instrumentos

En este estudio, se utilizarán diferentes instrumentos para poder realizar los cálculos adecuados, va a utilizar Excel para ordenar el número de paradas de planta y la duración de éstas. Se seleccionó un software para la gestión del mantenimiento asistido por ordenador (GMAO) como herramienta principal, para tener un registro de los documentos de mantenimiento más importantes de las máquinas seleccionadas. Para ampliar la información obtenida en el registro histórico de averías se va a proceder a realizar entrevistas al personal de mantenimiento.

Proceso para la recolección y análisis de datos

Una vez definido el problema por resolver en la tesis, se procede a la creación del objetivo general y los específicos que permitan alcanzar la meta. Para adquirir la información que permita la elaboración de un plan de mantenimiento, se procederá a conocer el proceso productivo que tiene mayor importancia en la generación de ganancias de la planta donde se busque un historial de fallas y entrevistas al personal, esto solo va a ser posible con visitas de campo. Se hará uso de una metodología para establecer la criticidad de los equipos, para enfocar el plan de mantenimiento en los tres activos con mayor criticidad de la empresa.

Las fallas y averías van a graficarse para determinar cuál es el equipo que está generando la mayor parte de los fallos y el impacto de estos en la producción.

Luego se van a buscar los documentos de mantenimiento y el plan de mantenimiento preventivo que se aplica en esos equipos. Se procede a revisar el entorno de trabajo y compararlo contra el especificado por el fabricante, para luego desarrollar las tareas de mantenimiento preventivo que mejor se ajusten. El personal va a ser capacitado en el área que tenga mayor potencial de mejora.

Con la información anteriormente señalada se va a proceder a la toma de decisiones.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Diagnóstico

Reseña histórica

En 1999, un grupo de carniceros del centro de San Isidro, Pérez Zeledón, ante información no formal de que el matadero municipal lo iban a vender y por la insatisfacción en el servicio de matanza que estaban recibiendo consultaron a la administración municipal sobre dicha venta a lo que se les respondió afirmativamente y al preguntar de la posibilidad que tenían ellos como carniceros de adquirirlo se les contestó que como personas individuales era poco probable; lo recomendado sería que se organizaran y constituyeran una cooperativa. Ese mismo año, con 28 integrantes, se inició los trámites de formalización y en noviembre del mismo año se realizó la asamblea constitutiva y en febrero del 2000 la cooperativa ya estaba legalizada.

A principios de este mismo año la posibilidad de vender el matadero municipal se desvaneció por razones legales y administrativas, sin embargo, se mantuvo el contacto con la administración municipal por la opción de arriendo, alternativa que, en diciembre siguiente, por las mismas razones de la posible venta, igualmente el arriendo se descartó. Afortunadamente, los trámites para construir un matadero se habían iniciado desde principios del año.

A partir del año 2001 se inició el ante proyecto, en el 2002 se comienza con los trámites legales y el financiamiento.

Este trámite de financiamiento tuvo muchos escollos que superar y no fue hasta enero de 2008 que se realiza el primer desembolso, la construcción finaliza a mediados del 2009 y la matanza de bovinos y porcinos inicia la operación de la planta proceso. En este primer mes, se sacrifican 315 reses y 531 cerdos, representando el 40% aproximadamente de la matanza de Pérez Zeledón, en marzo de 2011 se sacrifican 1450 reses y 1400 cerdos lo que representa aproximadamente el 90%.

Además de los servicios de venta de res y cerdo a canal y la venta de funda natural para embutir chorizo.

La buena administración de la Cooperativa ha permitido un crecimiento continuo, respaldándose en números. Para diciembre del 2018, el sacrificio durante el mes de diciembre se aproximó a los 7000 cerdos.

En la actualidad la Cooperativa la integran 50 asociados (a) se generan 45 empleos directos y está certificada con el análisis de peligros y puntos críticos de control (por sus siglas en inglés, HACCP).



Figura 17 Logo de la Coop Carnisur R.L.

Fuente: Facilitado por la empresa.

Ubicación

Se encuentra ubicada aproximadamente a 20 km de San Isidro del General. Esta ubicación le otorga una ventaja competitiva respecto de otros mataderos que se encuentran en la Gran Área Metropolitana, porque para muchos productores de la zona la cercanía es uno de los factores importantes. Pero también, tiene la desventaja de que es bastante difícil conseguir servicios de mantenimiento especializados en la actividad, porque se encuentra a casi 100 km de otro matadero, reduciéndose los posibles oferentes que se encuentran familiarizados con las máquinas que son utilizadas exclusivamente para esta actividad.

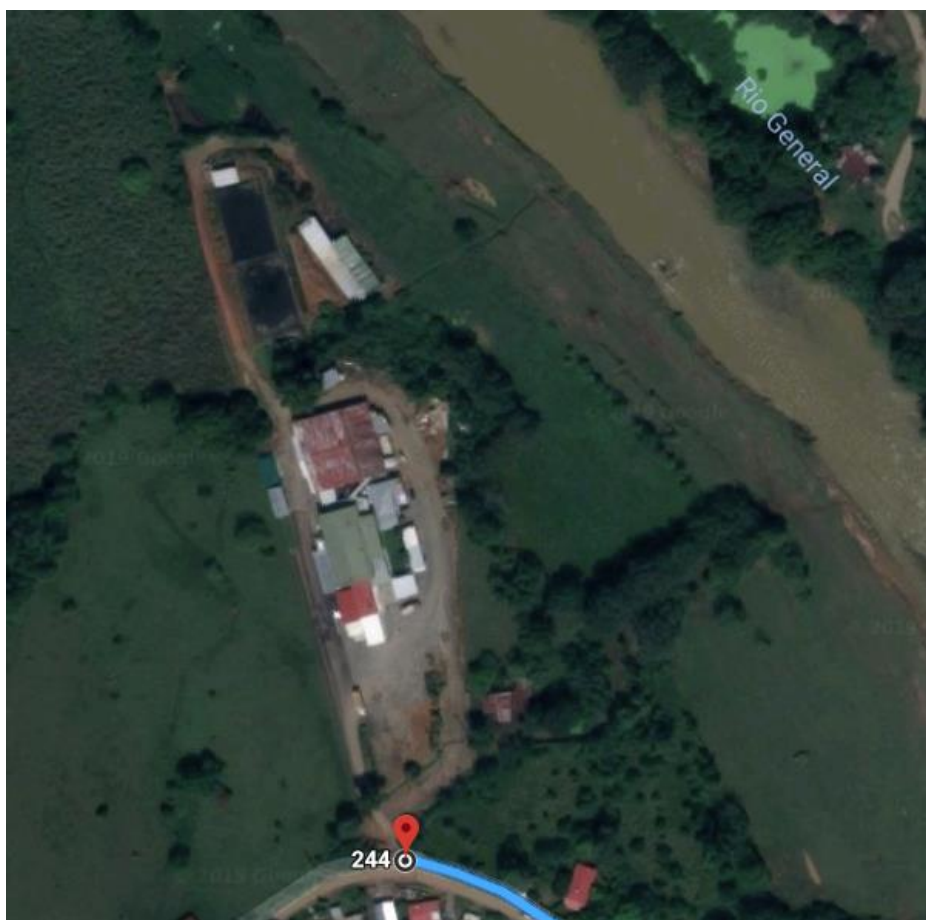


Figura 18 Ubicación de Coopecarnisur R.L.

Fuente: Google Maps

Líneas de producción

Coopecarnisur R.L tiene una línea para sacrificio de res y otra para el sacrificio de cerdos. El 65% de los ingresos de la planta corresponde al sacrificio de cerdos, y todos los cerdos sacrificados tienen que pasar por la peladora. El promedio de cerdos por hora en la planta es bastante competitivo a nivel nacional, el potencial de mejora está en aumentar la disponibilidad y confiabilidad actuales del equipo. Esto solo se puede lograr con el mantenimiento adecuado del equipo, la instalación en las condiciones óptimas de cada una de sus partes y una operación consciente.

Departamento de Mantenimiento de la empresa.

Coopecarnisur R.L. no tiene un departamento con conocimientos en la gestión del mantenimiento. Algunas de las desventajas que tiene para la empresa este modelo de gestión, está en que no existe documentos de mantenimiento que permitan llevar un histórico de las averías ocurridas en la planta, permitiendo su posterior análisis.

La mejora continua forma parte de los objetivos de la empresa, por este motivo, la empresa ha mostrado una gran disposición en contratar asesorías de alta calidad, con personal debidamente cualificado. Este punto va a ser mostrado en la sección donde se trabajó con el plan de mantenimiento de la peladora de cerdos.

Cuando la empresa inició operación todas labores de mantenimiento eran tercerizadas, posteriormente, la empresa ha buscado un balance entre los trabajos de mantenimiento que se realizan en la empresa y los que se tercerizan. Actualmente, la empresa cuenta con un técnico eléctrico, éste se ha formado en el INA, y es el encargado del mantenimiento a tiempo completo de la planta.

Aunque la formación del técnico que se encarga del mantenimiento es únicamente eléctrica, él ha adquirido experiencia en la parte mecánica de manera empírica. Esta persona se encarga en la planta de las bombas sumergibles, los cuadros eléctricos, cableado, soldaduras, cambio de rodamientos, lubricación de los equipos.

Mediante entrevistas se determina que la persona no tiene conocimientos en refrigeración, neumática, hidráulica, electrónica (no está especializado), vapor, mecánica (solo lo que ha aprendido empíricamente), entre otras áreas.

Es importante destacar que aún no existe un programa de capacitaciones para el personal de mantenimiento que permita la mejora continua del recurso humano. Al final se va a realizar una sugerencia de capacitaciones que permitan al encargado de mantenimiento mejorar en sus tareas cotidianas dentro de la empresa.

También, se encontró que el departamento de Producción sí lleva en el Excel un registro de todas las averías que signifiquen un paro mayor a 15 minutos. Una vez estudiado esos registros se observa que no aportan toda la información necesaria para determinar las causas de las fallas más frecuentes, pero sí puede utilizarse como un punto de partida.

Selección del equipo para plan de mantenimiento

Primero se van a estudiar las fallas más comunes en Coopecarnisur R.L y luego se procede con un análisis de criticidad de los activos para la selección para el plan de mantenimiento. Se le solicitó a Producción el registro de las averías en la empresa en el periodo que comprende de enero del 2018 a noviembre del 2018. En la figura se observa el impacto y la frecuencia de las averías.

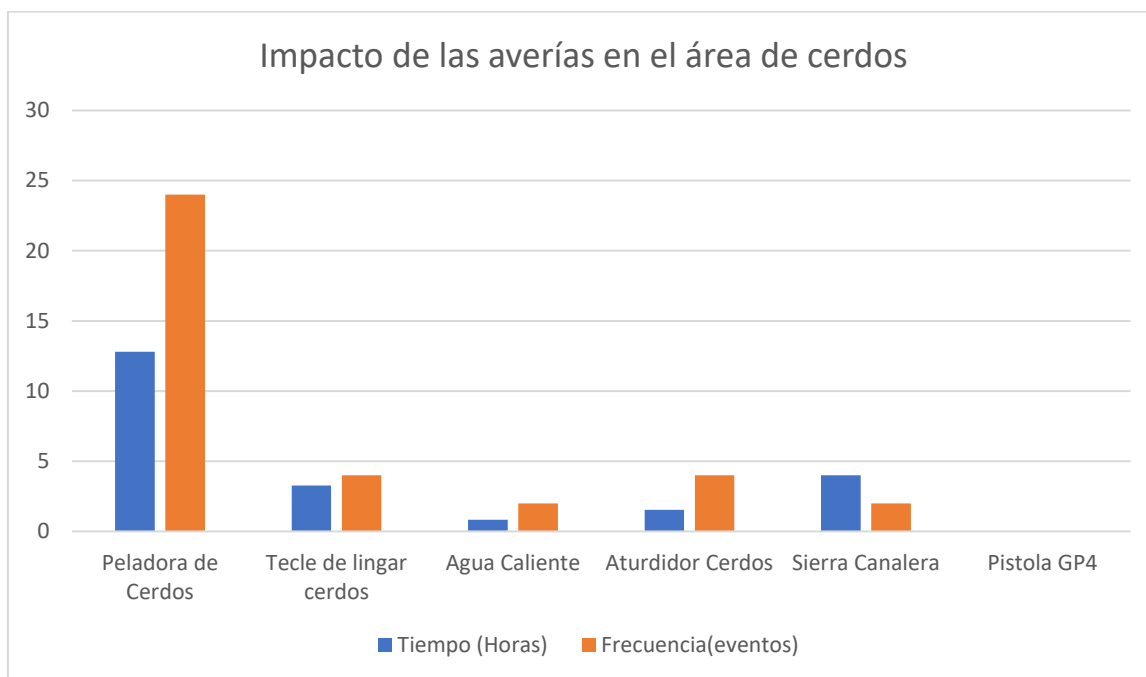


Figura 19 Paradas de planta por averías en equipos.

Fuente: Autor

La confiabilidad y disponibilidad de la peladora son muy bajas. Por este motivo, la mayor parte de los esfuerzos se van a dedicar a este equipo.

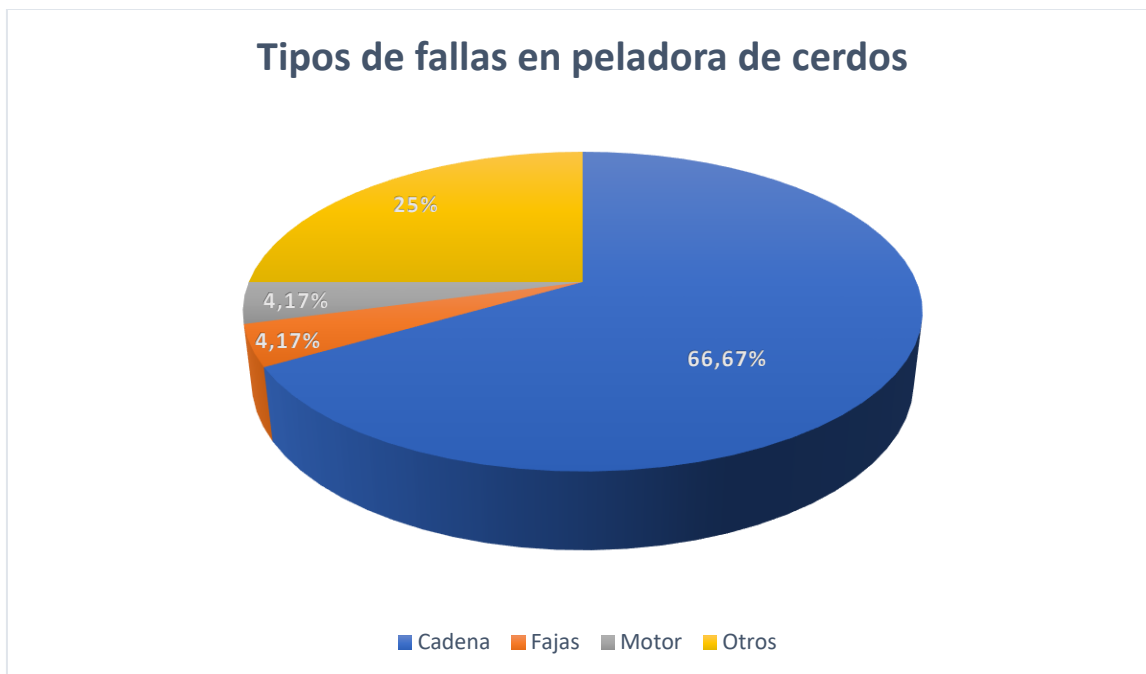


Figura 20 Tipos de averías en la peladora de cerdos por número de eventos.

Fuente: Autor

El número de fallas que ocurre en la cadena de transmisión de potencia entre el reductor y el eje de la máquina, representan un 66,67% de total.

Clasificación de Criticidad.

En la tabla 2, se observa los resultados al aplicar un análisis de criticidad de los equipos de la planta. Se utilizó la tabla 1 y lo explicado en el marco teórico para el desarrollo de esta tabla.

Tabla 3 Criticidad de los equipos seleccionados

Equipo	Seguridad	Producción	Mantenimiento	Calidad
Peladora	B	A	A	A
Pistola GP4	C	A	A	A
Aturdidor	B	A	A	B
Tecele	B	B	B	C
Sierra Canalera	B	B	B	A
Agua caliente	B	C	B	B

Aunque en Coopecarnisur R.L. se encuentran varios equipos con una criticidad A en alguna de las cuatro áreas estudiadas, solo estos tres activos tienen criticidad A en dos o más áreas. Mostrando la urgencia de contar con un plan de mantenimiento que garantice la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

La peladora es el único equipo en el que no se cuenta con redundancias, pero según la clasificación de Santiago García, este equipo puede ser dividido en sistemas, elementos y componentes. Para el caso de la peladora se puede decir que tiene un sistema de agua caliente para suavizar el pelo de los cerdos, un sistema hidráulico que se encarga de mover los cerdos entre la

paila, los raspadores y la mesa de acabado y, también, tiene un sistema depilador que elimina la mayoría de los pelos del cerdo.

Para que la empresa evite tener que hacer la inversión en un equipo de pelado de cerdos, ésta es subdivida en componentes y solo se va a tener redundancia en los componentes que generan averías recurrentes y los que tienen un costo muy alto en caso de falla.

En el caso de la pistola GP4 existe la ventaja de tener dos en planta elevando la disponibilidad, al tener equipo redundante. Este equipo requiere un plan de mantenimiento porque es la base para la comercialización de los canales de cerdos de la planta. Además, en un correo que se redactó al distribuidor en América se encontró que los costos de mantenimiento son muy altos, por ejemplo:

- Sensor óptico principal \$ 4500.
- Recalibración \$ 1500.
- Carcasa \$950.
- Cable para comunicación serial y alimentación \$440.

Aquí, tiene que hacerse hincapié que Costa Rica aún no cuenta con un taller de servicio, ante cualquier falla en la máquina es necesario esperar la visita desde Brasil o hacer el envío a ese país. Para una visita a planta la empresa tiene que pagar todos los viáticos desde Brasil y también tiene que pagar por los servicios requeridos de mantenimiento y las partes no se incluyen. Para hacer efectiva una garantía, solo puede ser operada por personal que apruebe el examen que hace el representante en América (Didai).

El aturridor de cerdos, también, tiene redundancia en planta, pero la gravedad de un funcionamiento incorrecto de éste radica en que las autoridades sanitarias pueden parar el proceso indefinidamente, en caso de un mal aturrido de los animales. Además, en Pérez Zeledón no existe un servicio de mantenimiento para este tipo de equipos.

Peladora de cerdos

Descripción del equipo.

En sus inicios la empresa contaba con otra peladora de cerdos que les permitía procesar entre 18 y 20 cerdos por hora, con la peladora actual se puede llegar a procesar entre 60 y 65 cerdos por hora. Actualmente, la empresa descarta realizar esta tarea manualmente, porque incrementa mucho los costos y reduce la rentabilidad.

Esta máquina no cuenta con manuales de mantenimiento ni operación, su fabricación fue bastante empírica. Pero se puede decir que, está formada por elementos hidráulicos, elementos de transmisión de potencia por cadenas, motores eléctricos, un motorreductor y el eje principal con raspadores que se encargan de depilar el cerdo.



Figura 21 Peladora de cerdos.

Fuente: Suministros M. Lizondo (s.f)

La peladora, actualmente, está provocando la mayoría de las averías en la planta, generando gastos por paradas de planta, y, por el elevado costo que tienen los mantenimientos de emergencia.

Una de las paradas en este equipo ocurrió en octubre del 2018, cuando el reductor de la máquina quedó inservible después de que sus rodamientos fallaran, ese reductor tenía 3 meses en operación y las consecuencias de la parada en la planta no fueron mayores porque la falla se presentó al final del proceso productivo. Ese día se tardó 12 horas para tener nuevamente la máquina en operación.

Coopecarnisur R.L. procede a la compra de un reductor nuevo con el que se busca aumentar la robustez y la confiabilidad de la peladora. Por ese motivo, es importante incluir un plan de mantenimiento preventivo donde se verifique los niveles del lubricante y se realice el cambio de éste según lo recomendado por el fabricante.

Tareas de mantenimiento en la peladora de cerdos.

Para determinar las tareas de mantenimiento por realizar en la peladora de cerdos, fue necesario conocer el modelo de gestión del mantenimiento. Durante las visitas a la planta se establecieron entrevistas, en las que el operario y el personal de mantenimiento describieron las actividades que realizaban.

Se determinó que el personal no tenía rutinas ni protocolos de mantenimiento establecidos, por lo que fue necesario realizar consultas al manual del reductor, consultas a proveedores y el contrato de una asesoría a una empresa especializada en reductores. En el apéndice, se muestra la fórmula probabilística que se utiliza para determinar los tiempos de las actividades de mantenimiento, y considera muestras tomadas en diferentes días.

En la tabla 4, se muestra las actividades que se vienen realizando en la peladora de cerdos

Tabla 4 Actividades de mantenimiento actuales en la planta.

Actividad	Frecuencia	Encargado
Limpieza de la peladora	FP	Personal de limpieza producción
<p>Observaciones: No existe estandarización de los tiempos de mantenimiento, no existe un instructivo, ni protocolo donde se especifique cómo se deben elaborar las actividades. Tampoco se tiene mantenimiento programado, el cambio de aceite se realiza aleatoriamente.</p>		

FP= Al finalizar el proceso.

Este equipo ha presentado múltiples fallas y paradas de planta, que son producto de una inadecuada gestión del mantenimiento.

Después de realizar consultas a proveedores y analizar las averías que han tenido un mayor impacto, se llegó a las actividades de mantenimiento que están en la tabla 5. Otras actividades se observan en diagrama de Gantt que está en la propuesta presentada a la empresa, porque estas actividades corresponden a un mantenimiento programado.

Como en la planta no existe mantenimiento programado, fue necesario incluir un diagrama de Gantt con el cambio de aceite del reductor de velocidad. Como el manual del reductor recomienda el cambio de aceite anual, pero el ingeniero que visitó la empresa dice que en las condiciones de trabajo a las que va a ser sometido puede realizarse el cambio a los dos años, se recomienda realizar el cambio de aceite anualmente.

Para las cadenas de las peladoras se recomienda mantener el mantenimiento correctivo, porque aunque el número de fallas es elevado el tiempo de cambio no es mayor a los 10 minutos y su frecuencia es aproximadamente una vez al mes. Y lo único que se cambia es el eslabón que fallo y no toda la cadena.

En el diagrama de Gantt se incluyó una actividad de mantenimiento programado que es la medición de las vibraciones del reductor. Esto va a permitir crear un historial en el que se pueda observar si existe una tendencia al aumento de las vibraciones en el equipo y anticiparse a una posible falla.

Para el plan de mantenimiento de la peladora fue necesario dividir el equipo en subsistemas (reducción de velocidad, depilado, etc...) ya que el equipo tiene bastantes subsistemas y para éste trabajo solo se les realizó un plan de mantenimiento para el sistema subsistema de reducción de velocidad y el de depilado de los cerdos.

Tabla 5 Mantenimiento programado sugerido para la peladora de cerdos.

Actividad	Frecuencia	Tiempo	Encargado
01	Limpieza del equipo	Diaria	Personal limpieza
02	Verificar nivel de aceite se encuentre en la marca de nivel superior y la inferior.	Diaria	Técnico
03	Revisar fugas de aceite.	Diaria	Técnico
04	Temperatura del reductor no supere los 70 °C.	Quincenal	Técnico
05	Revisar los raspadores	Quincenal	Técnico

Raspadores.

Se le solicita a la empresa Diequinsa una cotización de raspadores para la peladora de cerdos, debido al deterioro que presentan estos. Estos deben alcanzar una vida útil de 2 años. También se solicita una cotización F & M Soluciones y se compara contra una factura de compra de unas unidades a Visava.

Con el tipo de cambio a 615 colones la venta se comparan los precios en la tabla 6.

Tabla 6 Ahorro en la compra de Raspadores.

	Visava	F&M Soluciones	Diequinsa
Valor unitario	€73450	€59500	€36 170
Ahorro por unidad	€0	€13950	€37 280
Ahorro en 40 unidades	€0	€558000	€1491200

Mediciones de campo para determinar el consumo de energético de la peladora.



Figura 22 Corriente máxima del motor peladora.

Fuente: Autor

Tabla 7 Potencia demandada por el motorreductor de la peladora.

	En vacío	Con Carga	Sobrecarga
Corriente Máxima	11.2 A	19 A	27.2 A
Potencia Demandada	3.65 Kw	6.31 kW	8.97 Kw

Publicado en el Alcance 217 del 19 de diciembre del 2018	
C. <u>Precios mensuales:</u>	
Para consumos menores o iguales que 3 000 kWh	
Por cada kWh	¢ 120.10
Para consumos mayores de 3 000 kWh	
Cargo por energía, por cada kWh	¢ 71.86
Cargo por potencia, por cada kW	¢ 11 878.17

Figura 23 Precios de energía y demanda para la planta.

Fuente: Instituto Costarricense de Electricidad

Tabla 8 Gastos de operación de la peladora de cerdos.

Demanda	¢ 899 415
Energía 1500 horas	¢ 1 136 746.5
Mantenimiento	¢ 1 000 000
Total	¢ 3 036 161.5

Los gastos de operación de la peladora son el resultado de una aproximación numérica, no se está incluyendo el factor de potencia en el cálculo eléctrico.

Costo anual uniforme equivalente.

Tabla 9 Comparación del CAUE al cambiar al proveedor de los raspadores.

	Visava	F & M Soluciones	Diequinsa
Costo inicial	₡ 20 000 000	₡ 20 000 000	₡ 20 000 000
Raspadores	₡ 2 938 000	₡ 2 380 000	₡ 1 446 800
Costo Operación	₡ 5 974 161.5	₡ 5 416 161.5	₡ 4 482 961.5
Tasa	15 %	15 %	15 %
Salvamento	₡ 0	₡ 0	₡ 0
Años	10	10	10
Caue	₡ 9 959 202.75	₡ 9 404 202.75	₡ 8 468 002.75

El valor final del activo se obtiene, según lo permitido por Hacienda en el reglamento de la ley sobre la renta en el anexo 2.

Representa un ahorro en el costo anual uniforme equivalente de un 15% con el cambio de proveedor de raspadores.

Temperatura.

Después del tiempo la temperatura es la variable física que más se mide, llevar un registro con el histórico de las temperaturas de un equipo, permite toma de decisiones para evitar que se presente una avería con una parada de planta asociada. La temperatura va a ser medida en la superficie del reductor.



Figura 24 Pirómetro con imagen termográfica modelo flir TG165.

Fuente: IVY TOOLS

Pistola GP4

Descripción del equipo.

Equipo que permite una clasificación subjetiva de la calidad de los cerdos, permitiendo establecer el precio que se va a pagar en función de la calidad de éste. El incremento en el sacrificio de cerdos, gracias a la adquisición del activo, fue cercano al 30%. Reduciendo el impacto de los costos fijos de producción y aumentando las ganancias. En la figura se observa el activo.



Figura 25 Pistola GP4 de la empresa Hennessey.

Fuente: Hennessey Grading System

Solo el personal que aprobó el examen realizado por Didai está autorizado a operar el equipo, en caso contrario, se pierde la garantía ofrecida por la empresa.

Tareas de mantenimiento en pistola GP4.

Para determinar las tareas de mantenimiento por realizar en la pistola GP4, se entrevistó al operario y el personal de mantenimiento, que describieron las actividades que realizaban.

Se determinó que el personal no tenía rutinas ni protocolos de mantenimiento establecidos, por lo que fue necesario realizar consultas a los manuales de la pistola GP4. Al estudiar el manual facilitado por Didai (representante en América del equipo) se estableció que era muy escueto, por lo que se procedió a pedirle los manuales que entregaba Hennessy System. Al final se contaba con 4 manuales brindados por Hennessy y un manual brindado por Didai, una vez leídos estos manuales se procedió a resumir y tropicalizar las actividades de mantenimiento. Los tiempos de las actividades se encontraron realizando 6 mediciones distintas y se utilizó una fórmula probabilística para obtener la duración de las actividades. En la tabla 10, se muestra las actividades que se realizaban en la pistola GP4 de mantenimiento.

Este equipo contaba con la adecuada capacitación del personal para su mantenimiento y la empresa solo permite que sea operada por dos de sus trabajadores. La pistola GP4 cuenta con un estuche en el que se almacena el equipo necesario para la actividad 01 de la tabla 10, también se incluye el lubricante que debe utilizarse para la actividad 02.

En la actividad 04, se tiene que utilizar un patrón para comprobar si el equipo está calibrado. Didai recomienda calibrar cada 2 años, actualmente, se recomienda calibrar cuando el equipo opere fuera de la tolerancia aceptada por sus clientes ($\pm 0,4$)

En el manual de operación elaborado por Hennessy se permite utilizar agua a temperaturas de hasta 82 grados Celsius por lapso intermitente que no supere los 5 segundos de exposición. Para evitar el error humano, se recomienda que la limpieza siempre sea con alcohol isopropílico a temperatura ambiente.

Los operarios fueron notificados que cualquier comportamiento anormal del equipo tiene que ser inmediatamente informado al departamento de Mantenimiento.

El operario del equipo se encuentra calificado para determinar si las cuchillas tienen el filo correcto. El kit básico de la pistola, trae una herramienta exclusiva para realizar la actividad 05 y desde que se compró a finales del 2017 solo se cambió una cuchilla quedando 3 en stock, recomendándose un cambio anual.

Se recomienda tener en stock dos cables de alimentación y comunicación, porque es la pieza que más fallas presenta y sin este cable no es posible operar el equipo, además de que los tiempos de importación son de casi 2 meses.

Tabla 10 Actividades de mantenimiento preventivo actuales pistola GP4.

Ítem	Actividad	Frecuencia	Responsable
01	Limpieza y secado del equipo.	Diaria	Operario
02	Lubricar con aceite de silicona las guías deslizantes.	Diaria	Operario
03	Comprobar la calibración del equipo con la unidad patrón(± 0.4).	Diaria	Operario
04	Comprobar el estado de las cuchillas.	Diaria	Operario
05	Afilar la cuchilla	Mensualmente	Operario
06	Cambio de cuchillas	Anual	Operario
Observaciones: No se controlan los tiempos de las actividades de mantenimiento, el operario no lleva un registro de los cambios de cuchillas ni el afilado.			

Las actividades de mantenimiento recomendadas están en la tabla 11. Otras actividades se observan en diagrama de Gantt que está en la propuesta presentada a la empresa, porque estas actividades corresponden a un mantenimiento programado.

Se recomendó desactivar las actualizaciones automáticas de Windows, porque ya sucedió en el pasado que en una de esas actualizaciones se desconfiguró la comunicación serial establecida entre el equipo y la computadora, por ese motivo, se recomienda un mantenimiento que incluya realizar las actualizaciones necesarias de manera manual una vez cada seis meses, como se programa en el diagrama de Gantt.

Tabla 11 Mantenimiento preventivo sugerido para la pistola GP4.

Ítem	Actividad	Frecuencia	Duración	Responsable
01	Limpieza y secado del equipo.	Diaria	27 min	Operario
02	Lubricar con aceite de silicona las guías deslizantes.	Diaria	3 min	Operario
03	Comprobar la calibración del equipo con la unidad patrón (± 0.4).	Diaria	5 min	Operario
04	Comprobar el estado de las cuchillas.	Diaria	5 min	Operario
05	Afilarse la cuchilla	Mensualmente	15 min	Operario
06	Cambio de cuchillas	Anual	7 min	Operario

Aturdidor EC-2-1

Este equipo se utiliza para cumplir con las leyes de bienestar animal en el país. La función de éste, es introducir al cerdo en una electronarcosis antes de ser sacrificado, de esta manera el animal no es consciente. En la planta el regente veterinario es el encargado de determinar si el equipo está operando adecuadamente. En la figura 11, se observa dicho aturdidor. Este equipo se importa desde Alemania.



Figura 26 Aturdidor de cerdos EC-2-1.

Fuente: Karl Schermer

Tareas de mantenimiento en aturdidor EC-2-1.

El mantenimiento por realizar en el aturdidor fue obtenido entrevistando al operario y el personal de mantenimiento, que describieron las actividades que llevaban a esto.

Se determinó que el personal no tenía rutinas ni protocolos de mantenimiento establecidos, por lo que fue necesario realizar consultas al manual del aturdidor. Al estudiar el manual se determinó que no se realizaban rutinas básicas de mantenimiento para garantizar su buen funcionamiento. Los tiempos de las actividades se encontraron realizando 6 mediciones distintas y se utilizó una fórmula probabilística para obtener la duración de las actividades, la misma se observa en el apéndice. En la tabla 12, se muestra las actividades que se realizaban en el aturdidor.

Tabla 12 Actividades de mantenimiento preventivo actuales del aturdidor.

Ítem	Actividad	Frecuencia	Responsable
01	Remueva la suciedad del equipo	Diaria	Operario
02	Verifique si el equipo presenta daños visibles	Diaria	Operario
Observaciones: No se controlan los tiempos de las actividades de mantenimiento, no realizan tareas de mantenimiento básicas			

Las actividades de mantenimiento recomendadas están en la tabla 13. Otras actividades se observan en diagrama de Gantt que está en la propuesta presentada a la empresa, porque estas actividades corresponden a un mantenimiento programado.

En este equipo todas las actividades de mantenimiento preventivo son realizadas por el operario, y cuando se tomaron los tiempos de cada actividad se descubrió que la mayoría era para desplazarse a la bodega y buscar las herramientas. Por este motivo, se solicitó a la empresa la adquisición de una pequeña caja de herramientas para que se guarden el desatornillador, el cepillo de acero, el trapo para limpiar y los electrodos de repuesto. Lográndose una reducción de los tiempos iniciales que se usaban para desplazarse a la bodega y encontrar la herramienta.

Se agregaron las actividades 03, 04,05 y 06 porque cualquier resistencia que aporte un falso contacto o suciedad en los electrodos generaba un aturrido incorrecto. Las consecuencias que tiene para la planta un mal aturrido es no cumplir con bienestar animal, que a su vez, es una no conformidad con las que las autoridades pueden detener la planta.

Tabla 13 Mantenimiento programado sugerido para el aturridor.

Ítem	Actividad	Frecuencia	Duración	Responsable
01	Remueva la suciedad del equipo	Diaria	15 min	Operario
02	Verifique si el equipo presenta daños visibles	Diaria	5 min	Operario
03	Limpie los electrodos de las tenazas con un cepillo de acero.	Diaria	5 min	Operario
04	Afile los electrodos.	Diaria	10 min	Operario
05	Ajuste los tornillos de los electrodos.	Diaria	2 min	Operario
06	Examine el estado del cable de alimentación de los electrodos.	Diaria.	2 min	Operario

El diagrama de Gantt se incluye una actividad de mantenimiento programado para el aturridor donde se le da mantenimiento a nivel electrónico. Esto se puede hacer en la planta porque se cuenta con 3 aturridores y siempre se tiene uno en operación y otro como respaldo. El tercer aturridor está en mantenimiento.

Los electrodos conforme se van afilando, sufren desgaste. Se recomienda realizar un cambio de electrodos en las tenazas cada 5 meses, aunque en la planta no existía un cambio programado de esta parte, mucho de su mal funcionamiento se debía al mal contacto que producía un electrodo muy desgastado.

Gestión del mantenimiento asistido por ordenador.

La empresa no tiene documentos de mantenimiento que permitan realizar un análisis de fallas adecuadamente, por este motivo, se va a proponer un software para la gestión del mantenimiento. Para hacer y llevar un control del mantenimiento de los equipos, se va a utilizar un software para la gestión del mantenimiento asistido por ordenador. La plataforma seleccionada como herramienta de GMAO, se llama Limble.

Fue seleccionada sobre otras plataformas de gestión del mantenimiento como Fractal, IBM Maximo, eMaint, Hippo CMMS, entre otros. Porque tiene un módico precio, tiene soporte en español, los tiempos de respuesta nunca han pasado 48 horas, permite llevar indicadores de mantenimiento, también facilita el control de los costos de mantenimiento, agregar los datos de los activos, un calendario intuitivo, manejo de stock para la bodega de mantenimiento, manejo de distintos roles de usuario.

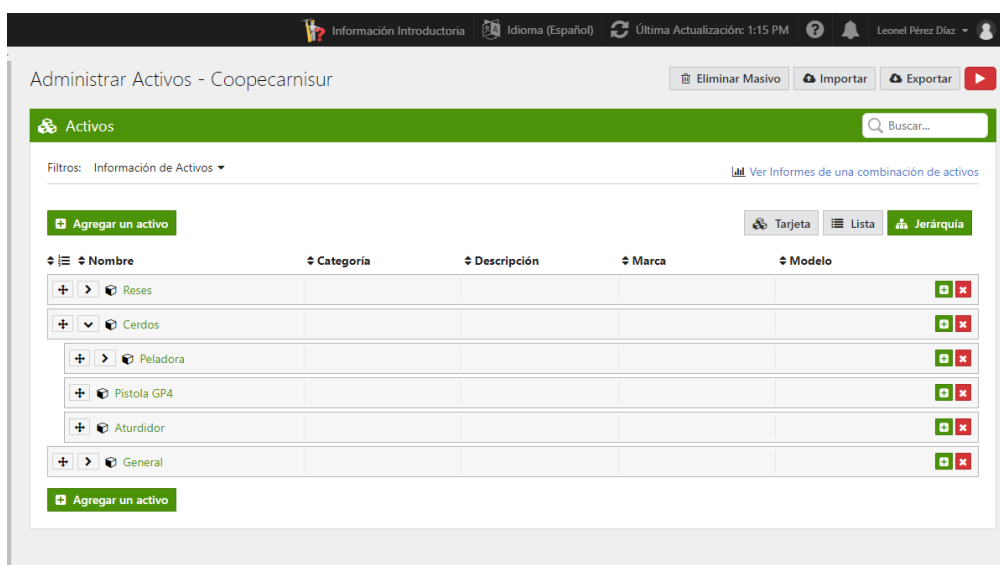


Figura 27 Calendario de tareas de mantenimiento.

Fuente:Autor

Información

Marca Karl Schermer
Modelo EC-2-1
Voltaje Entrada 230 V Monofásico
Potencia 300 W

Info MP OT Parts Registro Reportes

Información - Mantener información del activo, incluyendo el número de ID, lecturas de medidores, manuales y más.

Nombre: Aturdidor - Cerdos

1	Marca	Karl Schermer	📶 👁 🗑
2	Modelo	EC-2-1	📶 👁 🗑
3	Voltaje Entrada	230 V Monofásico	📶 👁 🗑
4	Potencia	300 W	📶 👁 🗑
5	Frecuencia	60 Hz	📶 👁 🗑
6	Manuales	<p>EC-2-1_manual_12-2017.pdf</p> <p>test-resistor_TW-2_manual_01-2014.pdf</p>	📶 👁 🗑

Figura 28 Información del activo.

Fuente: Autor

Capacitación del personal.

La mayor barrera encontrada durante las visitas y entrevistas al personal que se encarga del mantenimiento en la planta, está en el uso de la herramienta de GMAO. Aunque en los meses de diciembre y enero se instó al uso de la herramienta por parte del personal, se encontró que mucha de la información agregada no era relevante para la toma de decisiones en el área de mantenimiento.

Esto refleja la necesidad de designar responsables y sus deberes. Por este motivo, se piensa en designar al encargado de mantenimiento como responsable de mantener con la herramienta el nivel de inventarios disponibles y la encargada de compras tiene que registrar todas las facturas de mantenimiento en el sistema.

En otras áreas el personal va a requerir capacitación, pero aún no son prioridad. A continuación, se muestra un cronograma con un temario y las actividades por desarrollar.

Tabla 14 Actividades y duración del temario de capacitación.

Actividad	Duración
Introducción al mantenimiento	2 horas
Responsabilidades del personal	2 horas
Gestión económica del mantenimiento	2 horas
GMAO	
Registro de activos	2 horas
Manejo de inventario	3 horas
Órdenes de trabajo	3 horas
Costos de mantenimiento	3 horas
Programación del mantenimiento	3 horas
Evaluación de los avances	2 horas

También, se crea la propuesta de evaluar al personal después de cada capacitación, para generar un compromiso real.

Costos de implementación

Las inversiones para instaurar un plan de mantenimiento en la planta van a dirigirse por tener un stock de repuestos para los equipos seleccionados, que reduzca los costos por indisponibilidad. Además, tiene que contemplar la capacitación del personal que permita entender cuál es la función del mantenimiento en la planta y la responsabilidades asignadas a cada persona. Luego se hace la propuesta de que la planta contrate el servicio de asesoría en la gestión del mantenimiento, para que se esté evaluando la instauración del plan en toda la planta.

Para obtener los costos de los repuestos, fue necesario realizar consultas al proveedor y revisar las facturas que se encontraban de compras anteriores.

Para agilizar el registro y manejo de los costos de mantenimiento, se sugiere la adquisición a la planta de 3 licencias del software de gestión del mantenimiento. Las licencias van a ser para el encargado de compras, el encargado de mantenimiento en la planta y la última licencia para el asesor de mantenimiento. Solo es necesario la compra de una computadora para el encargado de mantenimiento en planta.

Para determinar los costos de las capacitaciones y la asesoría en el mantenimiento, el costo de la hora profesional utilizada fue la del Colegio de Ingenieros y Arquitectos es de ₡25800. La capacitación para el personal a constar de 22 horas, donde se pretende ver los temas básicos del mantenimiento, pero todos los contenidos van a ser tropicalizados a las condiciones de la planta. La asesoría es de 4 horas semanales donde se estudian los avances realizados en la instauración del plan de mantenimiento y se estudian las futuras mejoras que pueden ser implementadas.

Tabla 15 Costos de implementación del plan de mantenimiento.

Actividad	Unidad	Cantidad	Valor	Total
Gastos varios	N/A	N/A	¢2 309 775	¢2 309 775
Raspadores	Unidades	20	¢ 36 170	¢ 726 400
Licencias GMAO	Unidades	3	¢ 251 160	¢ 753 480
Computadora	Unidades	1	¢ 350 000	¢ 350 000
Tenazas	Unidades	1	¢ 530 560	¢ 530 560
Cable datos Pistola GP4	Unidades	4	¢ 188 370	¢ 717 600
Capacitaciones	Horas	22	¢ 25 800	¢ 567 600
Asesoría en mantenimiento	Horas	208	¢ 25 800	¢ 5 366 400
Total				¢ 10 971 815

N/A= no aplica

Debido a la falta de un control de costos por activos, fue necesario estimar los gastos de mantenimiento de los equipos críticos mediante una aproximación. La misma se fundamenta en el gasto de mantenimiento es alrededor de un 5% anual del valor de compra del activo. En la tabla 16 se muestra estos valores.

Tabla 16 Estimación de gastos de mantenimiento anuales en equipos críticos.

Peladora de cerdos	Pistola GP4	Aturdidor de cerdos
¢ 19 000 000	¢ 20 000 000	¢ 7 195 500
Gastos aproximados de mantenimiento anual		¢2 309 775

En la empresa realizaron un estudio del retorno sobre la inversión que tuvo la adquisición de la pistola GP4 debido a los nuevos clientes generados a prestar el servicio de clasificación de canal de los cerdos. El resultado fue que la inversión de la pistola se recuperó en 3 meses, éste dato va a utilizarse para estimar el impacto de la pérdida de esos clientes. Además, la empresa facilitó los costos de mantenimiento de los equipos del año anterior según el estado de resultados, en la figura 29 se muestran los datos.

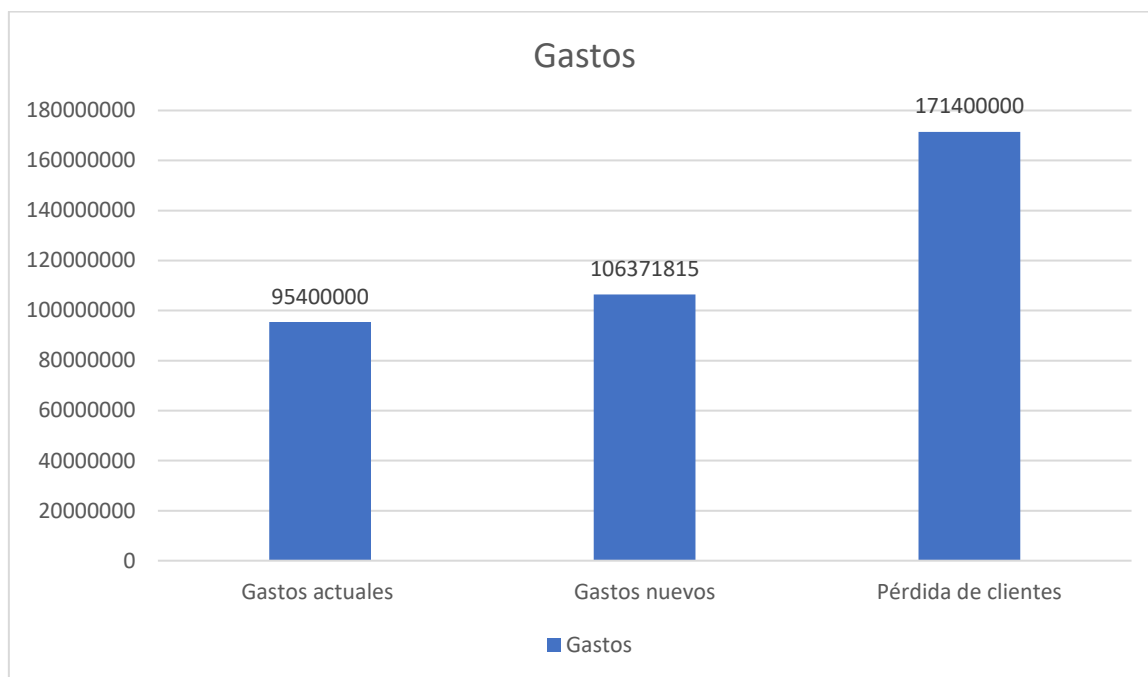


Figura 29 Escenarios de gastos de mantenimiento.

Fuente: Autor.

En la figura 29, se agrega a los costos de mantenimiento lo que significaría la pérdidas de clientes por una falla funcional de la pistola GP4. Los gastos actuales de mantenimiento podrían elevarse sí por falta de mantenimiento se pierden clientes.

En la figura 30 se compara los costos de tener un paro en la planta con los gastos contra los ingresos que se dejan de percibir por la pérdida de un cliente. Para éste cálculo fueron pedidos a la empresa los costos generados por tener al equipo de trabajo del área de sacrificio detenido durante una hora, el encargado de la empresa incluyó las cargas sociales y además el tiempo las horas se calcularon como horas extras, para tener el peor escenario. El valor aproximado es de ₡60000 y la mayor avería presentada en la línea de cerdos demoró casi 12 horas en ser reparada, ésta no se encuentra registrada en el histórico de paros de planta porque se presentó al final de la producción y no afectó al proceso, pero para estimar los costos se utilizó ése escenario. Es evidente que los gastos más representativos son los que se producen al perder un cliente.

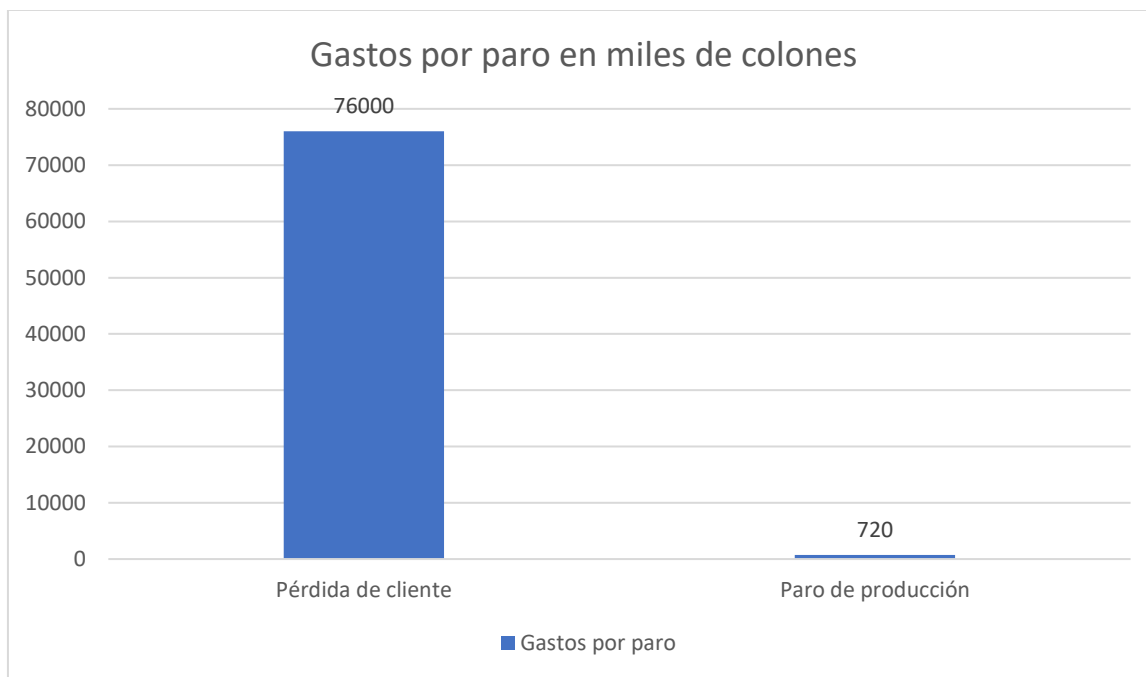


Figura 30 Comparativa de los gastos por paro de producción contra los producidos por la pérdida de un cliente.

Fuente: Autor

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

1. Se determinó el tipo de mantenimiento que se tiene en la planta, y que el personal, no está organizado adecuadamente en su gestión. Por ese motivo la mayoría es correctivo.
2. Se logró aplicar una herramienta que permitiera priorizar el equipo, para el diseño de un plan de mantenimiento. Porque la planta tiene muchos activos, pero los de mayor criticidad son la peladora de cerdos, el aturridor de cerdos y la pistola GP4.
3. Fueron establecidas las actividades de mantenimiento preventivo que requería las máquinas seleccionadas, al no existir una programación previa de estas tareas, fue necesario recurrir a los manuales y la experiencia del encargado de mantenimiento de la planta.
4. Se establecieron las frecuencias de las tareas de mantenimiento, tropicalizando el mantenimiento según el entorno operacional, la criticidad y el modo de operación del equipo.

5. Se logró la necesidad de capacitación de las personas que toman decisiones en las actividades de mantenimiento. Fue establecido un programa de capacitaciones en fundamentos del mantenimiento.

6. Se determinó el costo de instaurar un plan de mantenimiento, la mayor parte de la inversión va a estar en adecuar el recurso humano para la recolección de la información relevante. Por ese motivo fue importante seleccionar las personas que más impacto pueden tener en dicha área.

7. Se diseñó un plan de mantenimiento por etapas y tiene que contemplando las diferentes áreas que se ven afectadas con el mismo. La propuesta desarrollada delimitó la cantidad de equipos, analizó los recursos disponibles, estudió el impacto de los costos y tropicalizó las tareas de mantenimiento para la planta.

Recomendaciones

Se recomienda adquirir un software para la gestión del mantenimiento que permita gestionar la información generada en las labores diarias de mantenimiento. Además de adquirir el software, tiene que darse un seguimiento en el que se audite el aprovechamiento del software por el personal designado a trabajar con el mismo y se tiene que complementar con capacitaciones que generen el conocimiento, la consciencia del valor de los activos y la importancia de su adecuada gestión en las empresas.

Coopecarnisur R.L. utiliza equipos de marcas de alto renombre en el área de sacrificio de reses y cerdos. Las mismas van a requerir que se cumpla con un plan de mantenimiento tropicalizado al contexto operacional.

En muchas ocasiones no existe un compromiso verdadero durante las capacitaciones a las que se envía al personal, por este motivo se propone que además de las capacitaciones se realice exámenes para exigir un compromiso total de las partes involucradas.

La empresa debe tener un presupuesto para el departamento de mantenimiento que le permita tener cierta autonomía para la toma de decisiones, y lo obligue al máximo aprovechamiento de los recursos disponibles.

También se recomienda a la empresa destinar una parte de su presupuesto para la capacitación del personal y asesorías por parte de externos especialistas en el ámbito donde se pretende fortalecer o mejorar un proceso, esto porque muchas decisiones que se toman con bases débiles tienen costos ocultos que van a perjudicar la rentabilidad de la empresa. Esto es muy evidente cuando se compra equipos con baja eficiencia, baja confiabilidad o que no se encuentran diseñados para el entorno de trabajo donde se va a instalar.

Debe crearse un plan que garantice la mejora continua del departamento de mantenimiento, esto puede ser medido mediante indicadores como lo son la confiabilidad, la disponibilidad, los costos, la mantenibilidad, etc.

Un histórico de variables físicas como la temperatura y las vibraciones, con el debido análisis va a permitir a Coopecarnisur R.L. anticiparse a las fallas y las averías en equipos críticos. Se recomienda capacitar a una persona para la recolección de los datos y posteriormente que sea analizada por una persona con criterio para decidir si intervenir o no el equipo.

Coopecarnisur R.L. debe aspirar a tener dentro las tareas de mantenimiento de los equipos más importantes, el mantenimiento predictivo y programado. Este va a servir como insumo para alimentar al mantenimiento programado.

Se recomienda llevar los costos de mantenimiento por activos, permitiendo una toma de decisiones más efectiva para un análisis económico en el que se determine si es más conveniente reparar o sustituir el activo.

Se sugiere a la empresa seguir con el estudio del plan de mantenimiento para los otros subsistemas de la peladora de cerdos, esto va a generar nuevas tareas de mantenimiento para alcanzar mayores valores de confiabilidad.

Se recomienda a la empresa seguir la investigación para el diseño del plan de mantenimiento para los otros activos de la empresa para obtener una optimización de los costos de mantenimiento y la confiabilidad de la planta.

Se recomendó a Coopecarnisur R.L. realizar la compra del reductor ofrecido por la empresa Potencia Fluida y Mecánica. Producto de esta recomendación se procedió con la compra de este y se tiene programado la entrega para la tercera semana de marzo. Además, se recomendó la compra de los raspadores con la empresa Diequinsa porque ellos son importadores directos y el ahorro generado se acerca a un 50%.

Se recomendó la construcción de un simulador de cerdos como el que ofrece Karl Schermer, para estar comprobando la correcta operación del aturdidor de cerdos. El mismo fue diseñado y utilizado para reclamar una garantía a fabrica sin la necesidad de tener que enviar el equipo, con videos fue suficiente para que Karl Schermer realizara el envío de una unidad de repuesto para reemplazar la que estaba en garantía.

Se recomienda tener un Stock de 2 cables de alimentación y datos para la pistola GP4. Pero como los costos de envío se mantienen casi fijos para 2 cables que para 4 se decide realizar la compra de 4 unidades. Esta compra va a ser realizada en el mes de marzo y se espera que las unidades estén en la empresa en un periodo inferior a 4 semanas.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Descripción

Como resultado de la investigación realizada en Coopecarnisur R.L., se elabora un conjunto de herramientas que permitan estandarizar las frecuencias, tiempos y tareas de mantenimiento preventivo del equipo seleccionado. Además, se incluye un plan de mantenimiento programado y los documentos de mantenimiento básicos que deberían utilizarse en la planta.

Objetivos

Presentar una propuesta de mantenimiento preventivo para los equipos seleccionados. Además, incluye un manual descriptivo de algunas de las tareas de mantenimiento que tiene que realizar los operarios para facilitar las actividades que tienen que realizarse en los equipos.

Proponer documentos que permitan administrar la gestión del mantenimiento y un diagrama de Gantt con el mantenimiento programado del 2019 para los equipos seleccionados.

Plan de mantenimiento para los equipos seleccionados

Pistola GP4.

Tareas de mantenimiento.

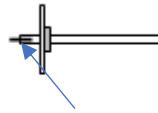
Las tareas de mantenimiento se basan en el manual y la capacitación brindada por la empresa Didai Tecnología LTDA. Durante esta visita se recibió una capacitación de 2 días y el personal fue evaluado para determinar su conocimiento del equipo.

Tabla 17 Actividades de mantenimiento preventivo en pistola GP4.

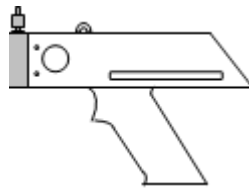
Ítem	Actividad	Frecuencia	Duración	Responsable
01	Limpieza y secado del equipo.	Diaria	27 min	Operario
02	Lubricar con aceite de silicona las guías deslizantes.	Diaria	3 min	Operario
03	Comprobar la calibración del equipo con la unidad patrón.(± 0.4)	Diaria	5 min	Operario
04	Comprobar el estado de las cuchillas.	Diaria	5 min	Operario
05	Afilar la cuchilla	Mensualmente	15 min	Operario
06	Cambio de cuchillas	Anual	7 min	Operario

Pasos para el mantenimiento del equipo:

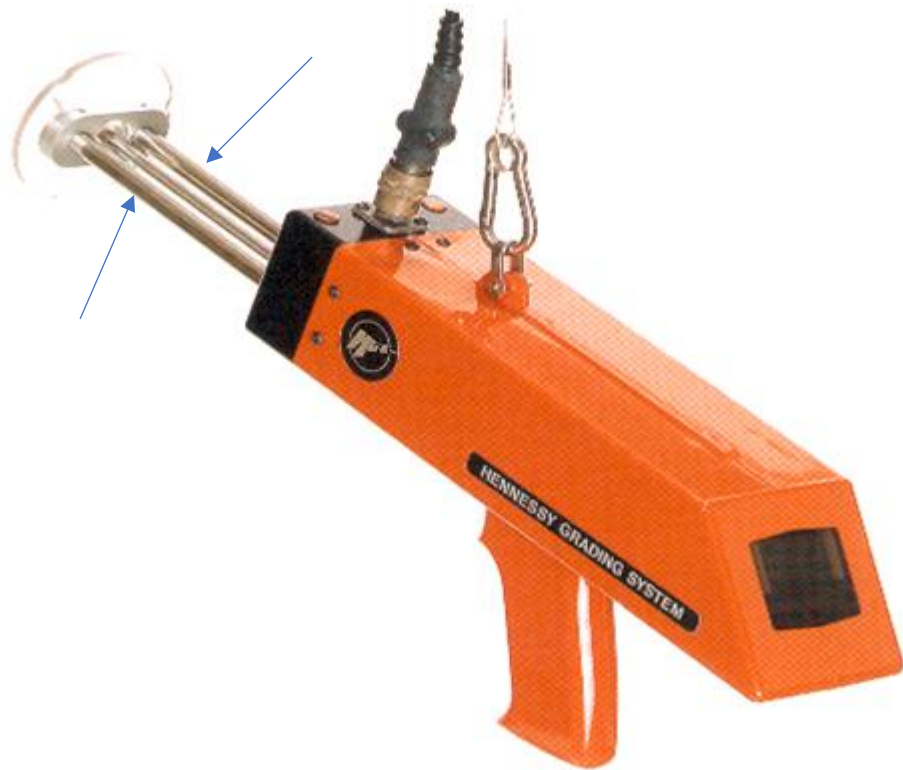
1-Utilice agua jabonosa para limpiar la punta y la cuchilla de la pistola. El agua nunca debe superar los 40 °C.



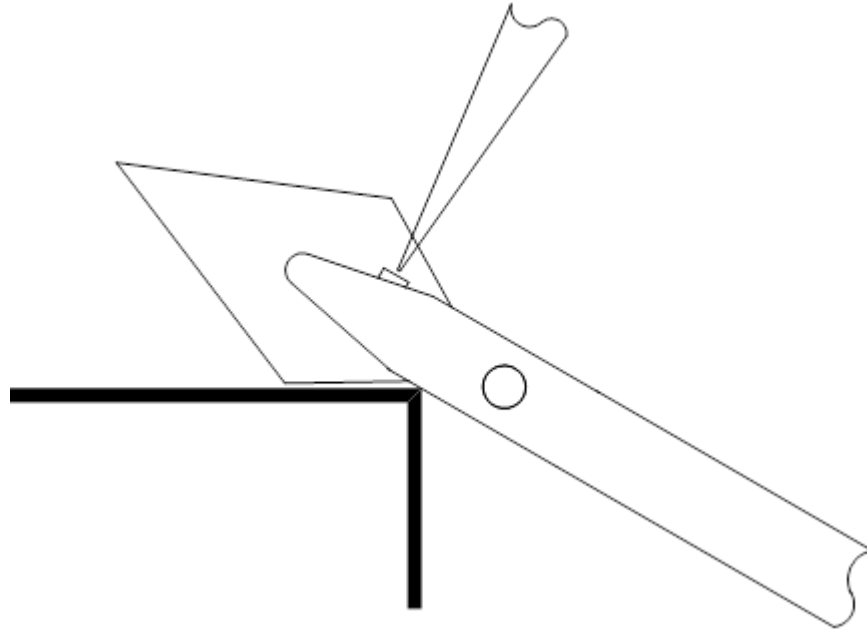
2-Limpie el cuerpo y los conectores de la pistola con alcohol isopropílico.



3-Lubrique las varillas guía con el aceite silicona lubricante Hennessy.



4-Afilarse la cuchilla de la pistola. Para realizar el afilado, la cuchilla debe ser previamente retirada de la pistola, en la imagen se muestra el procedimiento.



Aturdidor de cerdos EC-2-1

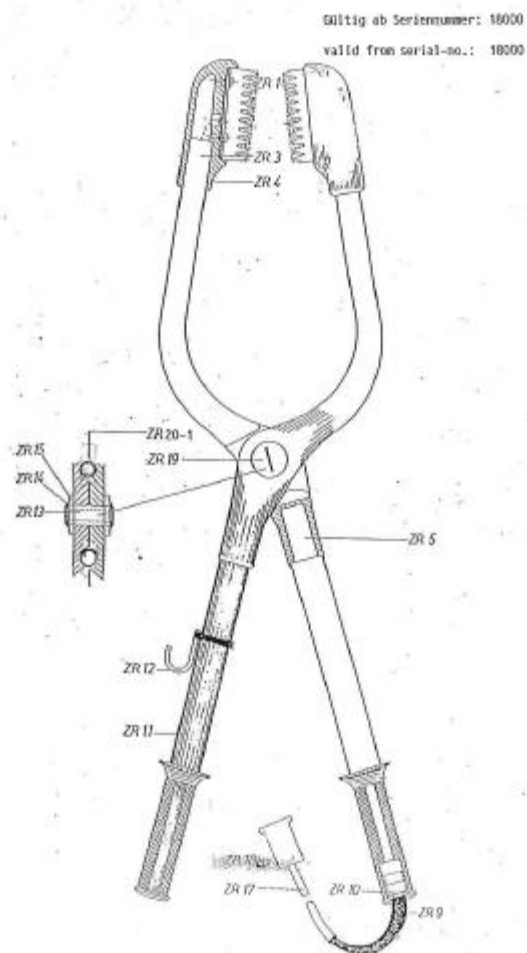
Tareas de mantenimiento.

Las tareas de mantenimiento se basan en el manual y en la experiencia vivida en la empresa.

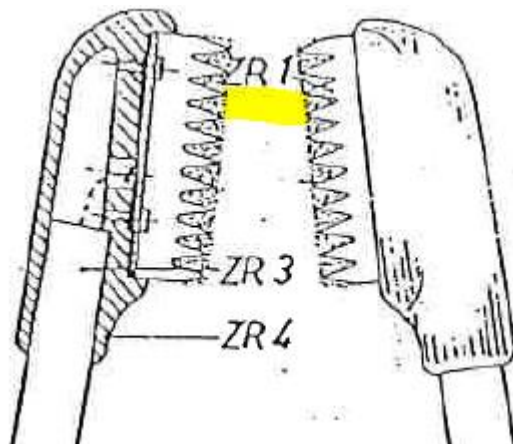
Tabla 18 Actividades de mantenimiento preventivo en aturdidor de cerdos.

Ítem	Actividad	Frecuencia	Duración	Responsable
01	Remueva la suciedad del equipo	Diaria	15 min	Operario
02	Verifique si el equipo presenta daños visibles	Diaria	5 min	Operario
03	Limpie los electrodos de las tenazas con un cepillo de acero.	Diaria	5 min	Operario
04	Afile los electrodos.	Diaria	10 min	Operario
05	Ajuste los tornillos de los electrodos.	Diaria	2 min	Operario
06	Examine el estado del cable de alimentación de los electrodos.	Diaria.	2 min	Operario

Las partes que sufre mayor desgaste durante su operación son las piezas de la tenaza. Por este motivo el mantenimiento está enfocado en ellas y no en la unidad de transformación del aturdidor.



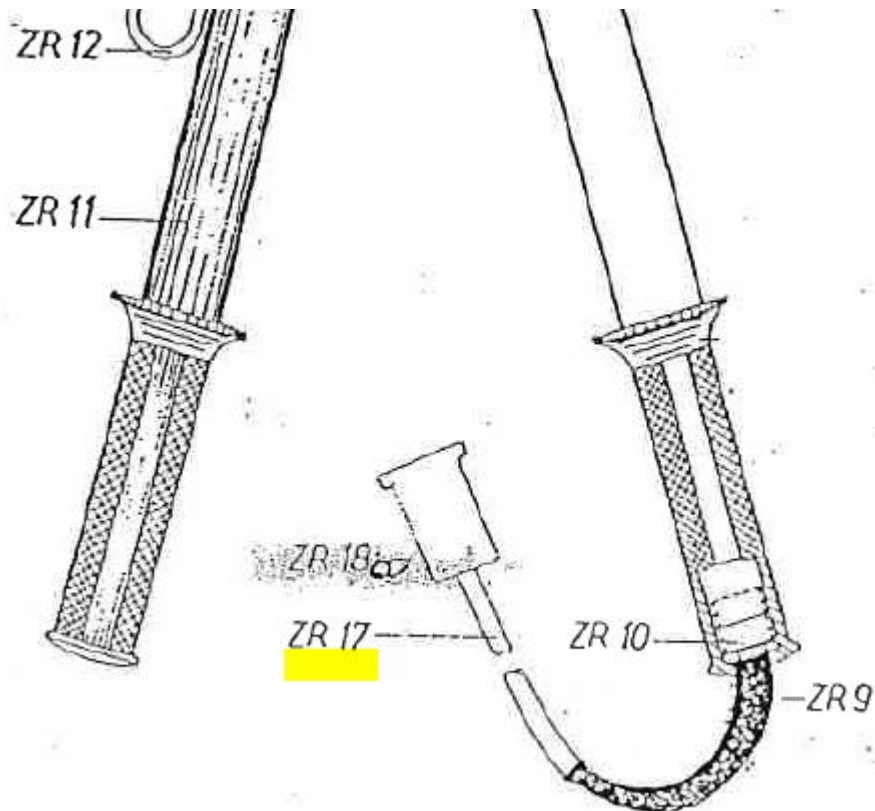
- 1-Elimine la suciedad de las tenazas y de la unidad de transformación.
- 2-Verifique si el equipo presenta daños visibles, en caso de encontrarlos repórtelos.
- 3-Limpie los electrodos con un cepillo de acero.



4-Afile los electrodos.

5-Ajuste los tornillos ZR1-A.

6-Examine el cable ZR-17.



7-Asegúrese de guardar el equipo en un lugar seco.

Observaciones:

Para todas las labores de mantenimiento el equipo debe encontrarse desconectado.

Peladora de cerdos.

Tareas de mantenimiento.

Se crea un resumen de las tareas de mantenimiento que deben aplicarse a la peladora de cerdos, en la tabla 4.

Tabla 19 Actividades de mantenimiento preventivo en la peladora de cerdos.

Ítem	Actividad	Frecuencia	Duración	Responsable
01	Limpieza del equipo	Diaria	40 min	Personal limpieza
02	Verificar nivel de aceite entre la marca superior y la inferior.	Diaria	5 min	Técnico
03	Revisar fugas de aceite.	Diaria	5 min	Técnico
04	Temperatura del reductor no mayor a 70 °C.	Quincenal	15 min	Técnico
05	Revisar estado de los raspadores	Quincenal	30 min	Técnico

- 1-El nivel del aceite debe encontrarse entre las marcas rojas del indicador de nivel de aceite.
- 2-Se va a utilizar el pirómetro con imagen termográfica para obtener la temperatura del reductor.
- 3-El estado de los raspadores debe ser determinado por un trabajador con pericia para decidir si ya llegaron al final de su vida útil.

Observaciones:

Todas las actividades de revisión de la peladora de cerdos tienen que ser realizadas con el equipo sin carga, para evitar que las condiciones variables de operación sean interpretadas como un mal funcionamiento.

La temperatura de la superficie del reductor nunca debe ser superior a 70 °C. Tiene que respetarse los puntos señalados durante la capacitación, para realizar la medición.

Cualquier operación anormal del equipo debe ser notificada inmediatamente a el encargado de mantenimiento.

Gantt de mantenimiento programado

Tabla 13 Actividades de mantenimiento programados frecuencia mensual o mayor para el equipo de alta criticidad de la planta.

Actividad	Frecuencia	Encargado	Duración	2019											
				Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Peladora															
Medición de vibraciones	1 mes	TP	20 min	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cambio de lubricante	1 año	TP	1 hora											L	
Capacitación personal	6 meses	EM	2 hora		L						L				
Revisión minuciosa fugas	6 meses	TP	1 hora		L						L				
Cambio de raspadores	6 meses	TP	1 día		L						L				
Pistola GP4															
Calibración de la pistola	2 años	RP	2 semanas					K							
Capacitación personal	6 meses	EM	4 horas					K						K	
Certificación personal	3 años	RP	3 días					K							
Mantenimiento Computadora	1 año	EM	1 día					K							
Aturdidor EC-2-1															
Capacitación personal	6 meses	EM	4 horas						M						M
Cambio de tenazas aturdidor	3 años	TP	10 minutos												
Mantenimiento electrónico	1 año	EM	2 días											M	
Cambio de electrodos	5 meses	TP	20 minutos	M					M					M	

Las actividades deben realizarse la primera semana de cada mes.

L= Lunes K= Martes M= Miércoles J= Jueves V = Viernes S = Sábado D = Domingo

Documentos de mantenimiento

		Ficha técnica						
Código Interno:				Proveedor:		Año:		
Fecha compra:				Precio:				
Datos Máquina								
Equipo:				Modelo:		Serie:		
Peso:	kilogramos.	Dimensiones.()metros						
Criticalidad:								
Sistemas								
Eléctrico		Voltaje.	Voltios.	Corriente.	Amperios.	Frecuencia.	Hz	
Hidráulico		Insumos						
Refrigeración								
Lubricación								
Neumático								
Característica Técnicas								
Motores Eléctricos								
No	Función	Potencia (kW)	Voltaje (V)	Amperaje (A)	RP M	HZ	Marca	Modelo
Observaciones:								

		Orden de trabajo		
No. Orden Trabajo:		Fecha:	Hora:	Código Máquina:
Horas trabajo estimadas:		Especialidades requeridas:		
Costos estimados materiales:		Costos estimados mano de obra:		
No.	Descripción trabajos a realizar	Prioridad		
		Urgente	Normal	Baja
		Horas perdidas de producción.		
		Tipo Mantenimiento:		
Materiales				
No.	Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total



Requisición

Fecha:		Número:			
Item	Descripción	Actividad	Unidad	Cantidad	Solicitado por
Observaciones					
Responsable:		Autorizó:		Revisó:	

REFERENCIAS

- Amendola, L. (s.f.). Factores claves para la implementación de la gestión de activos físicos. 96. Valencia, España.
- Arata, A., & Arata, A. (2013). *Ingeniería de la confiabilidad*. RIL Editores.
- Araya, C. (2017). *Diseño de un plan de mantenimiento para la empresa Laboratorio Óptico Topex S.A. (Tesis de Pregrado)*. Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- Badilla, C. (2017). *Modelo de gestión mantenimiento piloto para Walmart Costa Rica (Tesis de Pregrado)*. Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- Blanco, E. (2017). *Implementación de pilares del TPM en la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda. (Tesis de Pregrado)*. Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- Cedeño, J. (2013). *Propuesta de plan de mantenimiento preventivo basado en la norma Covenín 3049-93 para la planta de mezcla de fluidos de perforación en la empresa Proamsa, Maturín estado Monagas.(Tesis de Pregrado)*. Maturín: Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño.
- Colegio Federado de ingenieros y arquitectos. (s.f.). Obtenido de <http://cfia.or.cr/descargas2018/varios/hora-profesional-setiembre2018.pdf>
- Cordero, A. (2017). *Organización del sistema de gestión del mantenimiento para la empresa envasadora de gas Tomza en Cartago. (Tesis de pregrado)*. Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- Empresa Pública de Rastro de Quito. (s.f.). *EPMRQ*. Obtenido de <http://www.epmrq.gob.ec/index.php>

- García, S. (2010). *Organización y gestión integral del mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- González, F. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Hennessy Grading Systems. (s.f.). *Hennessy Technology*. Obtenido de <http://www.hennessy-technology.com/index.php/grading/>
- Illesca, J., Ferrer, S., & Bacho, O. (2012). *Porcino guía práctica*. Madrid: Mercasa.
- Instituto Costarricense de Electricidad. (s.f.). *Grupo ICE*. Obtenido de <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/669c79e9-84c9-4682-b63b-136238ebc7e2/Tarifas+actuales.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mwYVYno>
- IVY TOOLS. (s.f.). Obtenido de <https://www.ivytools.com/FLIR-TG165-Imaging-IR-Thermometer-p/flir-tg165.htm>
- Karl Schermer. (s.f.). *Karl Schermer Apparatebau*. Obtenido de <http://www.karl-schermer.de/schermer/index.php/de/>
- Mora, L. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. Ciudad de México: Alfaomega.
- Quiroga, G., & Ortiz, V. (1992). *Planta de Sacrificio de Ganado*. Bogotá: Sena.
- Salazar, C. (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para sistemas de aire en plantas de extracción de líquidos del gas natural. (Tesis de Pregrado)*. Barcelona: Universidad de Oriente.
- Sánchez, F. (2006). *Mantenimiento mecánico de máquinas*. Castelló de la Plana: Universitat Jaume I.

Suministro M. Lizondo. (s.f.). *Interempresas*. Obtenido de <http://www.interempresas.net/Alimentaria/FeriaVirtual/Producto-Peladoras-de-cerdos-Lizondo-2-Cerdos-133158.html>

Tavares, L., Esmeraldo, J., Calixto, M., & Poydo, P. (2013). *Mantenimiento centrado en el negocio*. León: Noria.

World Animal Protection. (s.f.). *Sacrificio Humanitario de Porcinos*. Obtenido de http://portaleducativobienestaranimal.org/sites/default/files/livro_abate_wspa_cerdos_esp_anol%20copy.pdf

ANEXO



VISAVA DE TUIS S.A.
 Cédula Jurídica No. 3-101-513114
 200 metros al Oeste y 25 Norte del Café Volo - Barrio San José, Curridabat
 Tel. (506) 2271-6317 / 2271-6319 / 2271-6320 FAX (506) 2271-6321
 www.visavaagroindustrial.com
 Apdo. Postal 11813 - 1000 San José



COTIZACION No. Ag180858

AGOSTO 26, 2018

CLIENTE: COOPECARNISUR R.L.
 Perez Zeledon

At: Sr. Leonel Pérez
 Gerente General

CANT.	CODIGO	DESCRIPCION DE PRODUCTO	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
40	40 21 05-0	SCRAPERS LONGWOOD 7 estrellas Durastar plus	¢ 65.000,00	¢ 2.600.000,00
		<p><u>FORMA DE PAGO:</u> 50% por anticipado</p> <p>50% _ 15 días después de recibido el equipo</p>		
			13% Impuesto	338.000,00
VALIDES DE OFERTA: 8 días			TOTAL	¢2.938.000,00
<p>PLAZO DE ENTREGA: 45 días después de recibida Orden de Compra y 50% del valor total por anticipado</p> <p>Lugar de Entrega: En sus instalaciones</p>			<p>José Montiel Asesor Técnico Bio Control Cel. 8898-4707 jmontiel@biocontrol.cr</p>	



Cotización

Coopcamleur R.L

Scraper para peladora de cerdos

Cantidad: 10

Detalles técnicos:

Fabricación en caucho con refuerzo de nilón

Fabricación mediante 4 láminas de 7 mm de espesor aproximadamente

Puntos de sujeción de herramienta de raspado y anclaje reforzado con bucheng de acero

Inoxidable para evitar ruptura por exceso de presión sobre el caucho

Herramientas de raspado fabricadas en acero Inoxidable 304 de 3/16 de espesor

Costo por unidad: **¢ 59,500.00**

Costo por 10 unidades: **¢595,000.00**

APÉNDICE

$$T = \frac{(T_M + 4T_P + T_m)}{6}$$

Donde:

T = Tiempo de la actividad

T_M = Tiempo máximo

T_P = Tiempo promedio

T_m = *Tiempo mínimo*