



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

“IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) EN EL GRUPO ELECTRÓGENO FG-WILSON P- 300 DE LAS GRANJAS AVÍCOLAS DE LA EMPRESA PROCESADORA NACIONAL DE ALIMENTOS ZONA BUCAY.”

MARCO ANTONIO ZAVALA GAIBOR

Trabajo de Titulación Proyecto de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Postgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de MAGÍSTER EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

RIOBAMBA – ECUADOR

OCTUBRE – 2017



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

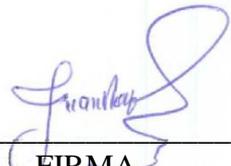
CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado “IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) EN EL GRUPO ELECTRÓGENO FG-WILSON P-300 DE LAS GRANJAS AVÍCOLAS DE LA EMPRESA PROCESADORA NACIONAL DE ALIMENTOS ZONA BUCAY.” De Responsabilidad del Ing. Marco Antonio Zavala Gaibor. Ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

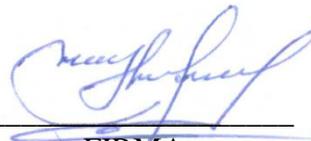
Dr. Juan Vargas Guambo; M.Sc.
PRESIDENTE


FIRMA

Ing. Washington Zabala Morocho; M.Sc.
DIRECTOR


FIRMA

Ing. Marco Santillán Gallegos; M.Sc.
MIEMBRO


FIRMA

Ing. Jorge Freire Miranda; M.Sc.
MIEMBRO


FIRMA

Riobamba, Octubre 2017

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Marco Antonio Zavala Gaibor, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado de la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



FIRMA

0602981060

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Marco Antonio Zavala Gaibor, declaro que el presente **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, es de mi auditoria y que los resultados expuestos son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor/a, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría

Riobamba, Octubre 2017



Marco Antonio Zavala Gaibor

FIRMA

CI. 0602981060

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, Antonio, Lucrecita, mi eterna gratitud a ellos por estar siempre pendientes y presentes en todo momento de mi vida, sus bendiciones diarias y la motivación permanente, por siempre estarán en mi mente y en mi corazón.

Marianita, Armando y Cecilia, mis queridos hermanos también les dedico con mucho cariño, por darme esa alegría y motivación permanente sin lugar a duda siempre confiaron en mi capacidad de hacer todas las cosas y metas planteadas.

A mi novia Mayte, por confiar en mí, su paciencia y apoyo incondicional.

Marco Antonio

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la IPEC, por formarme profesionalmente con la aportación de conocimiento de sus docentes

Al Ing. Washington Zabala, por su confianza, su preocupación permanente y su motivación fueron necesarias para la culminación de este proyecto.

Al Ing. Marco Santillán, Ing Jorge Freire, asesores académicos de mi trabajo por sus acertadas decisiones y oportunas recomendaciones.

Mi grato agradecimiento al Dr. José Antonio Granizo, a más de docente un gran amigo, eternamente agradecido.

Marco Antonio

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xv
LISTA DE ANEXOS	xvi
LISTA DE ECUACIONES	xvii
RESUMEN	xviii
SUMARY	xix

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Introducción	1
1.2 Problema de la investigación	2
1.2.1 <i>Planteamiento del problema</i>	2
1.2.2 <i>Formulación del problema</i>	3
1.2.3 <i>Sistematización del problema</i>	3
1.2.4 <i>Justificación de la investigación</i>	4
1.3 Objetivos de la investigación	5
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	5
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
1.3 Hipótesis	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO	6
2.1 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	7
2.1.1 <i>Norma ISO 14224</i>	8
2.1.2 <i>Norma SAE JA: 1011</i>	9

2.1.3	<i>Norma SAE JA: 1012</i>	9
2.2	Objetivos y beneficios del RCM	9
2.3	Las siete preguntas del RCM	10
2.3.1	<i>Funciones y parámetros de funcionamiento</i>	11
2.3.2	<i>Fallas funcionales</i>	12
2.3.3	<i>Modos de falla (Causas de falla)</i>	13
2.3.4	<i>Efectos de falla</i>	17
2.3.5	<i>Consecuencia de falla</i>	18
2.3.6	<i>Tareas de mantenimiento</i>	20
2.3.7	<i>Acciones “a falta de”</i>	20
2.4	Hoja de información	21
2.5	Diagrama de decisión de RCM	22
2.6	Análisis de criticidad de los equipos	24
2.7	Grupo Natural de Trabajo (GNT)	26
2.8	Grupo electrógeno FG WILSON P300	28
2.8.1	<i>Generalidades</i>	28
2.8.2	<i>Parámetros básicos del grupo</i>	30
2.8.3	Sistemas principales y características del grupo electrógeno	32
2.8.3.1	<i>Características mecánicas</i>	33
2.8.3.2	<i>Características eléctricas</i>	38
2.8.3.3	<i>Características sistema de control</i>	40
2.8.4	Análisis de operación del grupo electrógeno	41
2.9	Marco Conceptual	43

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.1	Tipo de estudio	48
3.2	Métodos de la investigación	49

3.2.1	<i>Método inductivo</i>	49
3.3	Metodología de la investigación	49
3.4	Técnica e instrumentos para recolectar información	50
3.5	Población y muestra	51
3.6	Delimitación	51

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1	Gestión del resultado del proyecto	52
4.1.1	Desarrollo del acta de constitución del proyecto	52
4.1.2	<i>Finalidad y/o propósito del proyecto</i>	52
4.2	Implementación del Mantenimiento centrado de la confiabilidad	53
4.2.1	<i>Análisis operacional del grupo electrógeno FG-Wilson P300</i>	53
4.2.2	<i>Contextos operacional</i>	53
4.3	Estructura de la información según la Norma ISO 14224	55
4.3.1	<i>Categoría de datos</i>	55
4.3.2	<i>Límites de la información</i>	57
4.4	Análisis y funciones	58
4.5	Análisis de criticidad del grupo electrógeno	59
4.6	Determinación de la tasa de fallos del grupo electrógeno	66
4.7	Análisis del Modo de fallo y Efectos (AMFE)	68
4.8	Optimización del plan de Mantenimiento en los sistemas críticos	74
4.9	Evaluación de la tasa de fallos posterior a la implementación del RCM,	76
4.10	Ejecución de actividades del RCM	79
4.10.1	<i>Mantenimiento Preventivo</i>	79
4.10.2	<i>Mantenimiento Basado en condición (MBC)</i>	81
4.11	Análisis de costos	87
4.11.1	<i>Costos mantenimiento preventivo</i>	88

4.11.2	<i>Costos mantenimiento correctivo</i>	89
	CONCLUSIONES	92
	RECOMENDACIONES	94
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-2:	Descripción de funciones _____	12
Tabla 2-2:	Descripción fallas funcionales _____	13
Tabla 3-2:	Análisis de modo de falla y sus efectos (AMFE) _____	21
Tabla 4-2:	Hoja de decisión de RCM _____	24
Tabla 5-2:	Criterios a evaluar -Matriz de criticidad _____	25
Tabla 6-2:	Características mecánicas del grupo electrógeno _____	34
Tabla 7-2:	Características eléctricas y electrónicas del grupo eléctrico _____	38
Tabla 1-3:	Listado de grupos electrógenos modelo P 300 _____	51
Tabla 1-4:	Datos de equipo – Grupo electrógeno _____	55
Tabla 2-4:	Clasificación taxonómica – Grupo electrógeno _____	56
Tabla 3-4:	Subdivisión de la unidad del equipo – Generador eléctrico _____	56
Tabla 4-4:	Datos específicos – Generador eléctrico _____	58
Tabla 5-4:	Criterios de criticidad y su cuantificación _____	60
Tabla 6-4:	Trabajos realizados en los sistemas del grupo electrógeno FG-wilson (2014)	61
Tabla 7-4:	Valoración de criticidad de sistemas del grupo electrógeno FG-Wilson ____	65
Tabla 8-4:	Análisis de criticidad de los sistemas del grupo electrógeno FG-Wilson ____	66
Tabla 9-4:	Número de fallos de los sistemas del grupo electrógeno FG-Wilson (2014)_	67
Tabla 10-4:	Análisis de Modos de fallo y Efectos del sistema de refrigeración. _____	68
Tabla 11-4:	Hoja de decision RCM del sitema de refrigeración _____	69
Tabla 12-4:	Análisis de modos de fallo y efectos del sistema de combustible _____	70
Tabla 13-4:	Hoja de decision RCM del sitema de combustible _____	71
Tabla 14-4:	Análisis de modos de fallo y efectos del sistema de inducción eléctrica ____	72
Tabla 15-4:	Hoja de decision RCM del sitema de inducción eléctrica _____	73
Tabla 16-4:	Plan de mantenimiento según RCM del grupo eléctrico FG WILSON ____	74
Tabla 17-4:	Tareas básicas de mantenimiento preventivo de sistemas No Críticos _____	75

Tabla 18-4:	Trabajos realizados en el sistema del grupo electrógeno año 2015_____	76
Tabla 19-4:	Registro de inspección de alta frecuencia_____	80
Tabla 20-4:	Registros de inspección de baja frecuencia_____	82
Tabla 21-4:	Comparativo de costos, mantenimiento preventivo tradicional y RCM_____	88
Tabla 22-4:	Costos, Mantenimiento correctivo emergente y correctivo planificado _____	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-2:	Referencias del RCM en el tiempo _____	6
Figura 2-2:	Pasos del RCM _____	11
Figura 3-2:	Modelos de fallas _____	14
Figura 4-2:	Diagrama de decisión RCM _____	23
Figura 5-2:	Matriz de Criticidad _____	26
Figura 6-2:	Conformación del Grupo Natural de Trabajo del RCM. _____	27
Figura 7-2:	Planta de producción FG-WILSON _____	28
Figura 8-2:	Esquema de instalación grupo electrógeno _____	29
Figura 9-2:	Partes principales del grupo electrógeno FG-WILSON P300. _____	32
Figura 10-2:	Obtención de potencia del eje del motor. _____	35
Figura 11-2:	Diagrama del generador con excitación separada _____	39
Figura 12-2:	Esquema de funcionamiento de una transferencia automática TTA _____	42
Figura 13-2:	Tiempos de operación de una Transferencia automática TTA _____	42
Figura 14-2:	Módulo de control UA, TTA granjas avícolas _____	43
Figura 15-2:	Representantes de estados MTBF y MTTR _____	44
Figura 1-3:	Proceso de implementación metodología RCM – GE- FG WILSON _____	50
Figura 1-4:	Diagrama EPS del grupo electrógeno FG-WILSON P 300 _____	53
Figura 2-4:	Comportamiento de generación según carga del grupo electrógeno _____	51
Figura 3-4:	Operaciones fuera del estandar de diseño _____	54
Figura 4-4:	Equipment boundary – Electric generators (ISO 14224) _____	57
Figura 5-4:	Diagrama de distribución y codificación _____	59
Figura 6-4:	Criticidad del sistema de refrigeración _____	62
Figura 7-4:	Criticidad del sistema de lubricación _____	62
Figura 8-4:	Criticidad del sistema de admisión _____	63
Figura 9-4:	Criticidad del sistema de combustible _____	63
Figura 10-4:	Criticidad del sistema de encendido _____	64

Figura 11-4:	Criticidad del sistema de inducción _____	64
Figura 12-4:	Criticidad del sistema de control _____	65
Figura 13-4:	Fallos registrados posteriores a la implementación del RCM _____	77
Figura 14-4:	Tiempo de fallos posteriores a la implementación del RCM _____	78
Figura 15-4:	Mantenimiento Predictivo-Termografía _____	83
Figura 16-4:	Mantenimiento Predictivo-Categorización de análisis termográfico _____	83
Figura 17-4:	Mantenimiento Predictivo -Análisi de aceite _____	84
Figura 18-4:	Mantenimiento Predictivo Análisi de aceite -Resultados _____	85
Figura 19-4:	Mantenimiento Predictivo Pruebas Off-Line _____	86
Figura 20-4:	Mantenimiento Predictivo – Informe Pruebas Off-Line _____	87
Figura 21-4:	Comparativo de costos 2014-2015 _____	87
Figura 22-4:	Comparativo de costos mantenimiento preventivo _____	89
Figura 23-4:	Comparativo de costos Mantenimiento correctivo _____	90

GLOSARIO DE TÉRMINOS

PRONACA	Procesadora Nacional de Alimentos
GE	Grupo Electrógeno
STAN –BY	Grupos electrógenos de emergencia
CNEL	Corporación Nacional de Electricidad
RCM	Reliability Centred Maintenance
MCC	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad
MTBF	Mean Time between Failures
RM	Confiabilidad y Mantenimiento
R	Reability
A	Disponibilidad
MTTR o TMRP	Tiempo Medio Para Reparación
CNEL	Secretaria Nacional de Electrificación
GNT	Grupo Natural de Trabajo
MCI	Motor de Combustión Interna
SAE	Sociedad de Ingenieros automotrices
EN	European Standard
VCA	Voltaje de Corriente Alterna
MCO	Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional
MBR	Mantenimiento Basado en el Riesgo
ACR	Análisis Causa Raíz
AC	Análisis de Criticidad
OCR	Optimización Costo Riesgo
IBR	Inspección Basada en Riesgo
CO	Centro de Operación
TTA	Tablero de Transferencia Automática
MT	Media Tensión
FF	Frecuencia de Fallas
IO	Impacto Operacional
FO	Flexibilidad Operacional
CM	Costos de Mantenimiento
ISAH	Impacto en seguridad, ambiente Higiene (SAH)

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A:** Acta Grupo Natural de Trabajo (RCM)
- Anexo B:** Procedimiento de recepción de combustible
- Anexo C:** Base de datos de operación grupo electrógeno FG WILSON P300
- Anexo D:** Armario de emergencia. (Repuestos críticos de generadores)
- Anexo E:** Costos de Mantenimiento
- Anexo F:** Pruebas OFF – LINE
- Anexo G.** Análisis técnico del generador
- Anexo H.** Elementos del alternador Leroy Somer
- Anexo I.** Elementos motor PERKINS

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1-2: Criticidad Total _____	25
Ecuación 2- 2: Consecuencia _____	25
Ecuación 3-2: Velocidad _____	31
Ecuación 4-2: Confiabilidad _____	41
Ecuación 5-2: Tasa de fallo _____	44
Ecuación 6-2: Tiempo medio entre fallos (MTBF) _____	44
Ecuación 7-2: Disponibilidad (A) _____	44
Ecuación 7-2: Mantenibilidad (MTTR) _____	46

RESUMEN

La presente investigación tienen como objetivo, implementar un plan de mantenimiento, aplicando la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, para el grupo electrógeno emergente FG WILSON P300, de las granjas avícolas de la empresa PRONACA - Bucay, el incremento de fallos imprevistos a disminuido la confiabilidad operacional, en una producción crítica y delicada de seres vivientes de especial cuidado. Dada la naturaleza de la investigación se aplica estudios combinados, mediante una metodología inductiva, partiendo de la cuantificación de fallas y efectos suscitados, se identifica la clasificación taxonómica de grupos electrógenos según la norma ISO 14224, se analiza y se determina la criticidad en los sistemas a implantar la metodología del RCM. Identificados los sistemas se aplica el análisis de modos y efectos de fallos (AMFE), determinando los siguientes resultados: se reducen en un 36% la tasa de fallos en comparación al año 2014. Los tiempos de indisponibilidad son reducidos en un 96%, esta reducción obedece a estrategias que permiten identificar fallos potenciales, mediante monitoreo, análisis a los sistemas críticos, planificación del mantenimiento basado en la condición, procedimientos y creación de un armario emergente con repuestos de alta rotación (tarjetas electrónicas y protecciones). Se realiza un estudio de comparativo de costos entre el mantenimiento correctivo tradicional y el mantenimiento con criterios del RCM, en el cual se determina una reducción de 32%. Bajo estos resultados de mejora significativa de confiabilidad y disponibilidad del plan piloto, se recomienda aplicar esta metodología a todos los grupos electrógenos de las granjas de la empresa.

Palabras clave:

<<MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD>>;<FALLOS>
, <GRUPO ELECTRÓGENO>;<GRANJA AVICOLA>,
<DISPONIBILIDAD>;<CRITICIDAD>;<CONFIABILIDAD>;<MANTENIMIENTO
BASADO EN CONDICIÓN>>.



SUMMARY

The present research had the objective of implementing a maintenance plan, applying the Reliability Centered Maintenance methodology, for the emergent generator group FG WILSON P300, of the poultry farms of the National Food Processor Company (PRONACA) –Bucay. The increase of unforeseen failures has reduced operational ratability, in a critical and delicate production of living beings of special care. It was based on the quantification of failures and effects raised, it identified the taxonomical classification of generators groups according to the Standard ISO 142224, it was analyzed and determined the criticality in the systems to implement the Reliability Centered Maintenance methodology (RCM). Once the systems were identified, the analysis of modes and effects of failures was applied (AMFE), determining the following results: the failure rate is reduced by 36% compared to the year 2104, the unavailability times are reduced by 96%, this reduction is due to strategies that identify potential failures, through monitoring, analysis to critical systems, maintenance planning based on the condition, procedures and creation of an emergent cabinet with high spare parts rotation (electronic counters and protections). A comparative cost study was carried out between traditional corrective maintenance and maintenance with Realibility centered Maintenance criteria (RCM), in which it was determined a reduction of 32%. Udered these results of significant improvement of reliability of the pilot plan, it is recommended to apply this methodology to all the generator grups of the farms of the Company.

Key words:

<TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <ENGINEERING IN MAINTENANCE>, <RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)>, <FAILURES>, <GENERATOR GROUP>, <POULTRY FARM>, <AVAILABILITY>,<CRITICALITY>



CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Introducción

Uno de los principales objetivos deseables de cualquier empresa cualquiera que sea su razón es que sus activos funcionen de manera segura y confiable, para lograr resultados adecuados, en términos de calidad y cantidad de los productos o servicio que oferten. El contar con un plan de Gestión de Mantenimiento nos permitirá mejorar la productividad y competitividad que respalde la sostenibilidad a largo plazo.

El presente trabajo detalla la Implementación de un plan Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para grupos electrógenos emergente en granjas de producción avícola, en especial pollos de engorde, por la delicadeza y cuidado que requiere este proceso productivo de seres vivientes, se aplica los criterios del RCM, se precisa los objetivos, procedimientos, acciones preventivas y predictivas, con lo cual el departamento de Mantenimiento Producción Pecuaria (MPP), ejecuta y controla todas sus actividades, a favor de logros de objetivos preestablecidos.

Los comportamientos de operación de los grupos electrógenos, diesel varía de acuerdo a las condiciones climáticas, altitud, ambientes secos, húmedos, salinidad, etc. La importancia se determina por la criticidad de sus funciones. Por lo que los especialistas en mantenimiento deben diseñar un conjunto de acciones y operaciones orientadas a la conservación de acuerdo a sus condiciones de operación, desde el momento que se concibe el proyecto para luego conservar o prolongar su vida útil.

1.2 Problema de investigación

1.2.1 Planteamiento del problema

La empresa Procesadora Nacional de Alimentos (PRONACA), zona Bucay, inicia sus operaciones por los años 90, esta zona por sus condiciones climáticas es considerada la mayor productora de carne avícola y la más importante del país. Su producción supera las 190.000 Ton/año. Para la continua operación de los sistemas dependientes de la energía eléctrica, PRONACA cuenta con, veinte y tres grupos electrógenos (23) de los cuales, diecisiete (17) son de la marca FG WILSON de origen Ingles (UK). Los mismos que deben estar disponibles cuando de estos se necesite.

Los grupos electrógenos son de vital importancia, su función principal es suplir de energía eléctrica continua en ausencia de la red eléctrica pública, la Gestión de Mantenimiento de estos activos se basan en registros mensuales de operación y mantenimiento, levantados en campo en cada centro de operación (Granjas Avícolas), según registros de mantenimiento los grupos electrógeno, no superan las 10.000 horas de operación, por lo que se consideran dentro de su vida útil.

En el año 2014, el grupo electrógeno modelo FG WILSON P300, se registraron catorce (14) fallos de los cuales cinco (5) influyeron en la perdida de producción, con mortalidad de aves, causando grandes pérdidas económicas en la producción con riesgos de afectaciones a las personas y el medio ambiente. En un proceso productivo de alto cuidado por la naturaleza de la producción, el tener un solo fallo puede ser causante de grandes consecuencias, como es el caso de mortalidad de 28.000 aves en agosto 2010, 13% de mortalidad en un solo día a causa de daño en bobinas del alternador principal.

Al analizar los problemas que influyen en la operación, se puede determinar que una de las causas es el no tener un plan de mantenimiento preventivo desarrollado al contexto de operación del grupo electrógeno, el plan de mantenimiento actual hace referencia a lo recomendado por el fabricante, no se cuenta con un mantenimiento predictivo que nos permita realizar un análisis del estado actual. Se realizan mantenimientos correctivos

emergentes, los mismos que implican costos elevados por la urgencia de ponerlos en marcha.

Además, al no existir procedimientos de operación y mantenimiento, existen otros factores que afectan a la baja confiabilidad de los grupos electrógenos, como la mala calidad de combustible industrial contaminado con agua durante su transportación y las caídas de voltaje de la red eléctrica pública trifásica inferior a los 200 VCA, obliga a continuas operaciones del grupo electrógeno, inclusive a funcionar fuera de los parámetros de diseño.

Por esta razón el departamento de mantenimiento, busca alternativas necesarias encaminadas a disminuir estos fallos, orientando a utilizar las estrategias, optimización del mantenimiento como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), buscando garantizar la operación del grupo electrógeno FG WILSON P 300, minimizando los fallos y las consecuencias del sistema de mayor criticidad en el proceso productivo.

1.2.2 *Formulación del problema*

¿Los fallos continuos y pérdidas de producción del grupo electrógeno FG WILSON P300, de la empresa PRONACA, disminuirán a través de la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)?

1.2.3 *Sistematización de problema*

- ¿Cómo se clasifican los sistemas equipos y componentes del grupo electrógeno FG WILSON P300 según la norma ISO 14224?
- ¿Cuáles son las funciones y fallas funcionales del grupo electrógeno en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera se identifica los sistemas críticos, modos y efectos de fallo?
- ¿Qué hacer para predecir y prevenir cada falla?

1.2.4 *Justificación de la investigación*

La alimentación es una de las actividades y procesos más esenciales de los seres vivos ya que está directamente relacionada con la supervivencia, como consecuencia de esto en el año de 1979, nace la empresa Procesadora Nacional de Alimentos. Los diseños modernos de los galpones altamente mecanizados y automatizados con los que cuenta la empresa PRONACA, dependen de la generación interrumpida de energía eléctrica.

La preocupación del departamento de Mantenimiento Producción Pecuaria ante el incremento de fallos imprevistos de los grupos electrógenos, que disminuyen la confiabilidad operacional poniendo en riesgo la producción de seres vivientes de extremo cuidado, está interesada en aplicar nuevas estrategias y la innovación de criterios técnicos basado en acciones humanas, técnicas y tecnológicas que contribuyan a mejorar y garantizar la disponibilidad de operación de los grupos electrógenos.

La consecuencia de estos fallos imprevistos en el sistema de generación, causa mortalidades de aves durante y posterior al evento, históricamente han existido acontecimientos de grandes magnitudes, superando la capacidad de los Biodegradador (fosas de descomposición orgánica), convirtiéndose en verdaderas amenazas biológicas, que pueden ser nocivos para la salud del ser humano y el medio ambiente

En este sentido la investigación surge como la alternativa de solución, partiendo como implementación de un proyecto piloto, con el fin de que las decisiones no solo se basen en el remplazo del activo, sino en buscar las causas que originan un acelerado deterioro del mismo. Planteando criterios claros de mejora en el desarrollo de nuevos proyectos.

Se puede determinar que ante un diseño estructural con mecanismos de alta automatización, donde no existe el margen de fallo de operación del grupo electrógeno, se justifica la implementación de los criterios y estrategias del RCM, con el fin de optimizar el mantenimiento preventivo, cuidando de la integridad del activo y la disminución de los fallos imprevistos.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Implementar los criterios del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en el grupo electrógeno FG-WILSON P300, de las granjas avícolas de la empresa Procesadora Nacional de Alimentos-Bucay

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Definir en base a la norma ISO 14224 los sistemas y componentes del grupo electrógeno FG-WILSON P-300.
- Establecer las funciones y fallas de funcionales de los sistemas y componentes del grupo electrógeno.
- Determinar los sistemas y componentes críticos, modos y efectos de falla, utilizando las técnicas de Análisis de Criticidad, Modos y Efectos de falla (AMFE).
- Seleccionar las estrategias de mantenimiento de acuerdo a las características de cada falla.

1.3 Hipótesis

La Implementación de un plan de mantenimiento aplicando los criterios del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en el grupo Electrónico FG-WILSON P300, reduce la tasa de fallos.

Variable independiente: Plan de mantenimiento (Implementación metodología RCM)

Variable dependiente: Tasa de fallos

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO

El desarrollo y la aplicación del RCM se derivan de los estudios de Nowlan y Herap (Moubray 1997) en la aeronáutica comercial, publicado en 1978. Los resultados de sus trabajos permitieron aumentar la confiabilidad en las aeronaves, debido a que presentaban un número de fallas que la industria aeronáutica juzgo elevada. Actualmente, el RCM se ha extendido a la industria militar, nuclear, automotriz, eléctrica y petrolera, entre otras. En la aplicación del RCM se puede identificar tres etapas: Análisis RCM, implantación de estrategias y mejora continua. (Rea, y otros, 2012 pág., 144)

A lo largo del tiempo han existido propuestas en la etapa de análisis de la metodología de aplicación del RCM se ha modificado, tratando de disminuir el esfuerzo necesario para llevarlo a acabo. Cabe mencionar que la aplicación parcial del método podría llevar a resultados incompletos. Para asegurar que la metodología se utilice de manera apropiada la industria automotriz desarrollo los estándares SAE-JA1011:1999 y SAE-JA1012:2002. (Rea, y otros, 2012 pág., 144)

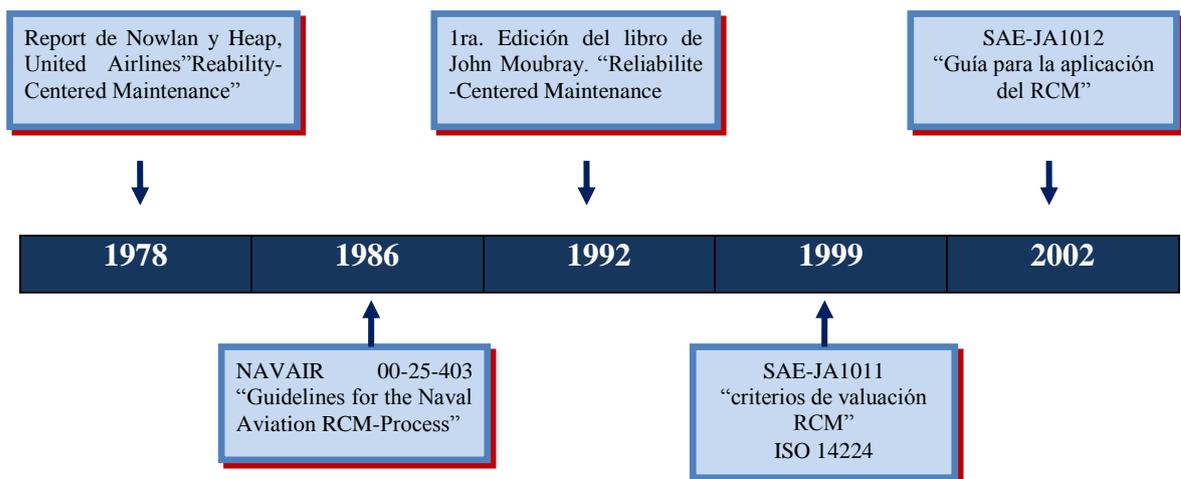


Figura 1-2: Referencias del RCM en el tiempo

Realizado: ZAVALA, M, 2016

2.1 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Según Mounbray (1997) define RCM como: “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual”. (Mounbray, 1997,pág. 7)

Alcanzar la confiabilidad integral del activo supone siempre, en última instancia, la certeza de contar con una elevada confiabilidad humana. Tanto el diseño, la gestión, la operación y mantenimiento de los activos, están determinados por el ser humano. Trabajar por la confiabilidad integralmente es un proceso grupal (preferiblemente de grupos convertidos en equipos) y no es posible esperar resultados alentadores sólo por el trabajo de individuos aislados. Es imprescindible la participación de todas las partes interesadas en la determinación de acciones para alcanzar y mantener particulares niveles de confiabilidad. (Sexto, 2014, pág. 5)

El Mantenimiento Basado en la Confiabilidad, RCM (Realibility Centered Maintenance) es una herramienta metodológica que permite la Gestión de Mantenimiento bajo nuevos paradigmas. Considera que el mantenimiento debe estar enfocado en preservar altos valores de confiabilidad para el cumplimiento de las funciones de los sistemas, equipos o procesos, en lugar de orientarse a preservar equipos, independientemente de la función que cumplen y de su contexto operativo. (Rea, y otros, 2012 pág., 144)

El RCM sirve de guía para identificar actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional. Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de los activos de un determinado contexto operacional, realizado por un equipo natural de trabajo. “El esfuerzo desarrollado por el equipo natural permite generar un sistema de gestión de mantenimiento flexible, que se apoya a las necesidades reales de mantenimiento de la organización, tomando en cuenta, la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la razón coste/beneficio” (Jones, R, 1995, pág., 2)

2.1.1 Norma ISO 14224

La ISO 14224 es una herramienta para registrar eventos y experiencias. Se llega a la conformación de una Base de Datos, OREDA. Aplicando conceptos conocidos, con límites y jerarquías pre establecidos mediante un proceso estructurado en forma secuencial y limitado en las posibilidades de calificación, y ponderación de los eventos de mantenimiento. (ISO 14224, 1999, pág., 4)

Esta norma internacional presenta lineamientos para la recolección y aseguramiento de datos de confiabilidad y mantenimiento en formatos estandarizados que fueron desarrollados para todos los procesos de la industria del petróleo, extendiéndose a varias industrias como, la aviación, generación de energía, industria del transporte, etc. Permitiendo su cuantificación y la comparación con otros sistemas y equipos de similares características. (ISO 14224, 1999, pág., 4)

La aplicación de esta normativa se puede determinar en las diferentes etapas de la construcción de un proyecto, durante el diseño, montaje, operación y mantenimiento, estableciendo los siguientes objetivos. (ISO 14224, 1999, pág., 4)

Definir los datos levantados para el análisis de:

- Diseño y conformación de los sistemas.
- Seguridad, Confiabilidad y Disponibilidad de los sistemas y plantas.
- Costo del ciclo de vida.
- Planeamiento de las acciones a implementar
- Optimización y ejecución del Mantenimiento.

Especificar datos en un formato normalizado, a fin de:

- Permitir el intercambio de datos entre centros de operación y sistemas similares.
- Garantiza el levantamiento de la información con datos confiables.
- Codificar los sistemas existentes.

2.1.2 Normas SAE JA: 1011

En lo referente a la Norma SAE JA 1011, se dice que ésta no presenta un proceso RCM estándar. Su título es: “Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”. Este estándar muestra criterios con los cuales se puede comparar un proceso. Si el proceso satisface dichos criterios, se lo considera un “proceso RCM”, caso contrario no lo es. (Esto no significa necesariamente que los procesos que no cumplan con el estándar SAE RCM no resulten válidos para la formulación de estrategias de mantenimiento. Sólo quiere decir que no se le debe aplicar el término RCM a los mismos.) (SAE JA 1011, 1999).

2.1.3 Normas SAE JA: 1012

La norma SAE-JA 1011- editada en agosto de 1999, evalúa los criterios de evaluación para procesos de mantenimiento centrados en la confiabilidad (RCM) y la SAE-JA1012, 2002 es una guía para la aplicación del RCM, ambos estándares y bibliografía clásica en el tema establece en cualquier proceso RCM debe asegurar que se contesten, satisfactoriamente y en un orden determinado, siete preguntas sobre los equipos analizados, las primeras cinco preguntas se refieren a las funciones que cumplen los equipos, las formas en la que puede fallar, los motivos físicos de las fallas, así como los efectos y las consecuencias de las mismas. Las últimas dos preguntas del estándar se refieren a la determinación de las estrategias de mantenimiento con base en la implementación de dichas fallas. (SAE JA 1012, 2002)

2.2 Objetivos y beneficios del RCM

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, tiene como propósito asegurar que los activos físicos operen de manera confiable cuando de ellos se necesite. Su aplicación y éxito en empresas cuando se aplica correctamente se obtiene los beneficios siguientes:

- Extender el tiempo entre paradas por fallos o mantenimiento
- Disminuir el número de fallos

- Desarrollar acciones que eviten el mantenimiento reactivo
- Aplicar tareas de monitoreo por condición
- Eliminar tareas de mantenimiento innecesarias
- Evitar incidentes ambientales
- Mejora el mantenimiento de los equipos y las estrategias para prevenir las fallas
- Optimizar el mantenimiento preventivo evita revisiones innecesarias, intervalos más largos de mantenimiento
- Menos fallas causados por mantenimientos innecesarios
- Aumentar la vida útil de los equipos, a través de técnicas de mantenimiento basadas en condición
- Capacitación del personal, especialmente los que intervienen directamente en la implementación del RCM
- Integración y participación de las áreas involucradas en el proceso.

2.3 Las siete preguntas del RCM

El proceso de RCM define siete preguntas acerca del sistema o activo que se analizará. Para un adecuado levantamiento parte con una base para la recolección de datos de confiabilidad y mantenimiento apoyados en la norma ISO 14224, Las primeras cinco preguntas se apoyan en la norma SAE JA 1011 - SAE JA 1012 y las dos restantes hacen referencia a la implantación de las medidas acciones a ejecutar las mismas que quedan a criterio de los investigadores. (Moubray, 2004, pág. 7)

1. ¿Cuáles con las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Etapas del RCM

Las siete preguntas del RCM para su respectiva ejecución se interpretan en un diagrama de bloques, donde se indica las diferentes definiciones y acciones en las que se ejecuta cada etapa. Figura 2.2



Figura 2-2: Etapas del RCM

Fuente: PINZON, A, 2011

2.3.1 *Funciones y parámetros de funcionamiento.*

RCM comienza definiendo las funciones y los estándares del comportamiento en su contexto operacional. Se debe enunciar la función con un verbo y definir los límites de evaluación de cada sistema analizar, es decir definir las entradas el proceso y las salidas. (Pinzón, 2011, pág. 41)

El objetivo del mantenimiento es asegurar que continúen haciendo las funciones que el usuario quiere que haga, en su actual contexto operacional, antes de empezar a desarrollar cualquier programa de mantenimiento se debe tener claro la función del equipo y las condiciones de operación, es decir la capacidad funcional del activo. (Pinzon, A, 2011, pág., 41)

Para definir la función se debe tener en cuenta los siguientes estándares establecidos:

- **Estándar de funcionamiento múltiple:** Es cuando dentro de la función se define más de una característica técnica, ejemplo: Generar al 80% de su capacidad nominal a una frecuencia de 60 Hz. (Pinzón, 2011, pág. 42)

- **Estándares de funcionamiento variable:** Se utiliza cuando la característica técnica puede variar entre rangos establecidos, Ejemplo: Capacidad de generar durante un periodo de 12 horas, una hora con el 10% de sobrecarga en generadores de emergencia. (Pinzón, 2011, pág. 42)
- **Límites superiores e inferiores:** Este estándar se emplea cuando se admite un rango de error de función, ejemplo: Generar una tensión constante de 230 VAC \pm 1 %. (Pinzón, 2011, pág. 42)

Tabla 1-2. Descripción de funciones

HOJA DE INFORMACIÓN DEL RCM		Sistema: Sistema de inducción eléctrica
		Subsistema:
Función (F)		
1		
2		
3		
4		

Fuente: MOUBRAY, 2004

Elaborado por: ZAVALA, M, 2016

2.3.2 *Fallas funcionales.*

Se debe identificar como pueden fallar cada elemento en la realización de sus funciones. Una falla funcional se define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario. (Pinzón, 2011, págs. 43-44)

Al realizar el listado de fallas funcionales por el grupo RCM, que está formado por personal de mantenimiento, operación se ponen de acuerdo en los estándares de funcionamiento el cual es el límite entre el funcionamiento requerido por el usuario y la falla del equipo. (Pinzón, 2011, pág. 44)

Tabla 2-2. Descripción fallas funcionales

HOJA DE INFORMACIÓN DEL RCM		Sistema	
		Subsistema	
Función (F)		Falla funcional (FF)	
1		A	
		B	
		C	

Fuente: MOUBRAY, 1997

Elaborado por: ZAVALA, M, 2016

2.3.3 *Modos de falla (Causas de falla).*

“El modo de falla está constituido por un sustantivo y un verbo, de ser lo suficientemente detallada para poder seleccionar una estrategia de manejo de la falla apropiada, pero no tanto como para poder mucho tiempo en el propio proceso de análisis”. (Moubray, 2004, pág. 57).

El mecanismo de falla es la condición de causa que lleva al equipo o sistema a no funcionar bajo las condiciones para las que fue diseñado. Los modos de fallo incluyen aquellas fallas que han ocurrido en equipos similares, también incluyen fallas que actualmente están siendo prevenidas mediante algún tipo de mantenimiento, así como fallas que aún no han ocurrido pero es muy probable que ocurran en el contexto operacional. (Pinzón, 2011, pág. 44).

Las causas de falla son las razones por la cuales ocurren las fallas, pueden ser:

- Falla por diseño
- Defecto de materiales
- Error de proceso
- Ensamble y deterioro en la instalación
- Deficiencia en el mantenimiento
- Operaciones inapropiadas

Los modos de falla se muestran a continuación que corresponden a:

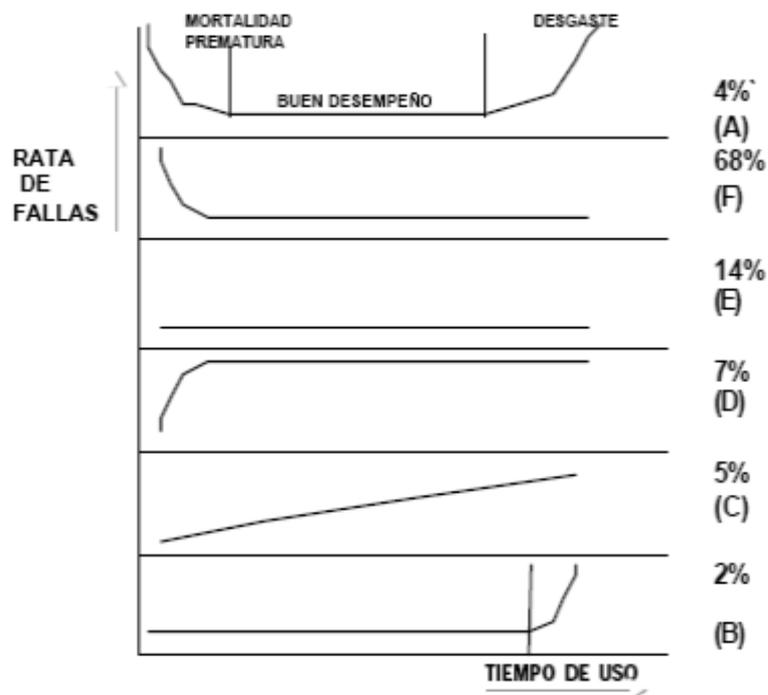


Figura 3-2: Modelos de fallas

Fuente: MOUBRAY, 2004

Modelo A: Es conocido como la curva de la bañera, comienza con mortalidad infantil, seguida de una frecuencia de fallas que aumentan gradualmente o es constante para terminar con una zona de desgaste. (Pinzón, 2011, pág. 45)

Modelo B: Muestra una probabilidad de falla constante o ligeramente ascendente y termina con una zona de desgaste. (Pinzón, 2011, pág. 45)

Modelo C: Comienza con una probabilidad de falla ligeramente ascendente y termina y termina con una zona de desgaste identificable. (Pinzón, 2011, pág. 46)

Modelo D: Muestra una probabilidad de falla baja cuando el equipo es nuevo y termina con un desgaste rápido. (Pinzón, 2011, pág. 46)

Modelo E: Muestra una probabilidad aleatoria a lo largo de la vida útil. (Pinzón, 2011, pág. 46)

Modelo F: Comienza con una mortalidad infantil alta pero desciende y tienen un comportamiento aleatorio a falla. (Pinzón, 2011, pág. 46)

Por lo general los patrones de fallo dependen de la complejidad de los elementos, entre más complejos tienen a presentar un modelo de falla como los modelos E y F, esta falla puede presentarse en equipos electrónicos. Los modos de falla pueden ser clasificados en las siguientes categorías: (Pinzón, 2011, pág. 46)

Capacidad decreciente: las principales causas de pérdida de capacidad se deben:

- Al estar en contacto con el medio ambiente el equipo se deteriora, lo que se refleja fatiga, corrosión, abrasión, evaporación, degradación de aislantes, erosión.
- Falla del lubricante o por degradación del mismo.
- La suciedad afecta a la calidad del producto, el equipo puede atascarse, o desalinearse.
- Los desajustes, soldaduras mecánicas, fisuras en la soldadura, mal contacto eléctrico.
- Errores humanos, cuando ocurren es recomendable enfatizar el que estuvo mal y no quién.

Aumento del funcionamiento deseado: cuando el equipo sobrepasa su capacidad presenta desgaste excesivo en sus componentes volviendo el equipo poco confiable o simplemente el equipo deja de funcionar. (Pinzón, 2011, pág. 46)

Un incremento de producción sin considerar la capacidad de diseño de un activo es causa de desgastes acelerados, se recomienda realizar análisis y proyecciones de crecimientos de futuros proyectos con el fin de realizar un diseño y una selección apropiada de equipos. La falta de entrenamiento y procedimientos de operación del sistema hace que los operadores realicen arranques y paradas de los sistemas que pueden generar sobrecargas intencionales. También la falta de controles de calidad en la selección de la materia prima, insumos y combustibles generan también sobrecargas de esfuerzos (Pinzón, 2011,pág. 46)

La última categoría de los modos de fallos se presentan cuando desde los arranques del equipo la función definida por el usuario del equipo está muy por encima de las capacidades el equipo, en este caso el equipo no es mantenible.

El propósito de la FMEA, **Failure mode effect analysis**, (Análisis de Frecuencia modo y efecto de fallo) es analizar cada componente del sistema con la función identificada para determinar si la falla de este podría resultar en la falla del sistema para el desempeño de la función. (Pinzón, 2011, pág. 47)

FMEA identifica los modos de falla que tiene más posibilidad de pérdida de una función, identifica cual es la causa del origen de la falla y asegura que no se malgaste el tiempo y esfuerzo en la búsqueda del síntoma en lugar de las causas. (Pinzón, 2011, pág. 47)

Para lo cual la FMEA realiza las siguientes preguntas:

¿Qué pasa si falla?

¿Cómo puede fallar el componente?

¿Qué causa que falle?

¿Qué tan frecuente es la falla?

¿Qué pasa cuando falla?

2.3.4 Efectos de falla.

“Los efectos de falla describen que pasa cuando ocurren los modos de falla” (Moubray, 2004, pág. 76), el efecto de falla debe de direccionarse a todas las áreas y la búsqueda de evidencias de anteriores acontecimientos, como afecta esta falla al proceso en caso de darse, los daños físicos con afectación al personal, medio ambiente y las consecuencias, de este análisis se puede determinar qué nivel de mantenimiento daríamos al activo para tenerle en condiciones optimas de servicio.

De la evaluación obtenida y considerando sus efectos, como objetivo de este análisis es establecer si amerita el desarrollo y la aplicación de un mantenimiento proactivo o basado en la condición. En el caso de ser necesario se debe de analizar el mantenimiento proactivo considerando que no se estuviera haciendo nada para impedirlos.

La descripción de los efectos debe de contener suficiente información para que el equipo del RCM evalúe las consecuencias de la falla, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Todas las evidencias de fallas deben de describirse de tal manera que al equipo del RCM pueda analizar si en circunstancias normales el equipo merma su capacidad, muchos de estas fallas se hacen presentes con la activación de alarmas debido a la alteración de los parámetros, sonidos fuera de lo común, derrame de fluidos. Etc.
- En sistemas modernos el fallo o el incremento modos de fallo pueden afectar no solo al personal y medio ambiente sino que estos pueden tener efectos en la comunidad y el entorno.
- Se debe indicar como y durante cuánto tiempo se afecta a la producción, es decir el tiempo de reparación se lo debe sumar los tiempos de búsqueda e información al

personal de mantenimiento, tiempo de enfriamiento, diagnóstico de la falla, aislamiento de herramientas, materiales, y pruebas finales. (Pinzón, 2011, pág. 48).

2.3.5 Consecuencias de la falla.

Analizada los cuatro pasos anteriores la consecuencia de falla hace referencia a la forma que afecta cada falla, como y cuanto significa cada falla. Si las consecuencias son significativas, si afectan físicamente al personal, al medio ambiente, de esta manera se define la importancia de la falla si amerita centrarnos en aplicar los esfuerzos necesarios para prevenir o rediseñar para tratar de evitarlo, si el caso fuera que no fuera una falla importante sin afectaciones no se realizaría ningún esfuerzo para su prevención. (Pinzón, 2011, pág. 94).

Jphn Moubray, en su texto de RCM, indica, “si las consecuencias son serias, entonces se hará esfuerzos considerables para evitar, eliminar o minimizar sus consecuencias, sobre todo si la falla puede herir o matar a una persona o si tienen efectos serios sobre el medio ambiente.(Moubray,2004,pág. 95).

Se debe de identificar las funciones evidentes y las funciones ocultas Moubray (2004), expone “Una función evidente es aquella cuya falla eventualmente e inevitablemente se hará evidente por si sola a los operadores en circunstancias normales”, lo que significa que está pérdida de función va a ser evidente a los operadores por el accionamiento de alarmas, pérdidas de potencia, afectaciones al producto olores extraños variación de temperatura, etc. Dando el siguiente orden de importancia, afectaciones al medio ambiente, la seguridad de las personas, afectaciones a la producción y el costo de la reparación. (Pinzón, 2011, pág. 49)

Moubray también expone, “Una función oculta es aquella cuya falla no se hará evidente en los operarios en circunstancias normales, si se produce por si solas”, lo que significa que el fallo únicamente se hará evidente siempre y cuando se produzca otro fallo. (Moubray,2004,pág. 97).

El RCM clasifica tres categorías de importancia decreciente, los cuales son la base para la toma de decisiones a la hora de definir las tareas:

- ***Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente:*** “Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede lesionar o matar a alguien”. Considera las repercusiones que cada falla tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, sobreponiendo el recurso humano sobre cualquier problemática de la organización, es considerado las afectaciones del medio ambiente que causa a la población y las infracciones a las normativas ambientales que rigen cada región y país. (Moubray, 2004, pág. 97)
- ***Consecuencias operacionales:*** “Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción o a las operaciones (Volumen de producción, calidad de producto, servicio al cliente o costo operacional, además del costo directo a la reparación)” este tipo d fallas afectan directamente a las operaciones inclusive a organizaciones. Ejemplo. Por falta de un filtro, el generador no funciona, el no generar energía, no encendieron los extractores, al no encender los extractores asfixio a las aves, la muerte de estas aves afecto a las poblaciones cercanas y las leyes nacionales sanciona a la compañía. Para este tipo de modos de falla amerita realizar actividades proactivas con costos insignificantes en relación a los beneficios obtenidos. (Moubray, 2004, pág. 97).
- ***Consecuencias que no son operacionales:*** “Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación”. Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Estas fallas no ejercen efectos adversos al ambiente o a la capacidad operacional. (Moubray, 2004, pág. 97)

Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático o modificación de rediseño que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio. Para este tipo de sistemas un mantenimiento preventivo

2.3.6 *Tareas de mantenimiento.*

RCM maneja la falla de dos formas: mediante tareas proactivas, es decir tareas que se ejecutan antes de que ocurra la falla como el mantenimiento preventivo y predictivo, para lo cual se utilizan las siguientes tareas. (Pinzón, 2011, pág. 53).

- ***Tareas a condición:*** se utilizan para identificar las fallas potenciales, mediante las condiciones identificadas las cuales muestran que va ocurrir una falla funcional o que está en procesos de ocurrir, con la finalidad de hacer algo antes de que se convierta en falla funcional. (Pinzón, 2011, pág. 53)

- ***Tareas de reacondicionamiento cíclico y de sustitución cíclica:*** los componentes de un equipo son revisados y reparados a una frecuencia fija sin importar su estado. Cuando el modo de falla es relacionado con la edad algunas veces no es posible devolverlo a su condición normal de funcionamiento, en tales casos se debe cambiar el activo. (Pinzón, 2011, pág. 53)

2.3.7 *Acciones “a falta de”.*

Cuando no se ha encontrado ninguna tarea proactiva que reduzca el riesgo de falla a un nivel tolerablemente bajo se puede emplear acciones “a falta de” entre las cuales están las siguientes; búsqueda de falla, rediseño y mantenimiento no programado (Pinzon, A, 2011, pág., 54)

- ***Búsqueda de falla:*** para las fallas ocultas que originan fallas múltiples y no se han encontrado una tarea proactiva que reduzca el riesgo de la falla, se debe realizar periódicamente una tarea en búsqueda de la falla, en caso de no encontrar una tarea de búsqueda de falla apropiada, se debe rediseñar.

- ***Rediseño:*** Se presenta cuando hay algún cambio en las especificaciones o cualquier componente de un equipo, incluye además modificaciones cuando se

agrega un elemento nuevo, se sustituye la maquina entera o se cambia de ubicación.

- **Mantenimiento no programado:** el mantenimiento no programado es válido solo si la falla múltiple asociada no trae consecuencias a la seguridad ni al medio ambiente, y si no se puede encontrar una tarea proactiva o basada en condición que no sea costo eficaz.

2.4 Hojas de información

“RCM se define como un proceso usado para determinar qué es lo que debe hacerse para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga en su actual contexto operacional”. De esta definición hemos visto que es necesario definir el contexto detalladamente antes de que podamos aplicar el proceso. No obstante también necesitamos definir exactamente cuál será el “activo físico” a la que se le aplicara el proceso. (Moubray, 2004, pág. 84).

Este punto necesita tratarse con cuidado porque un análisis que se lleva a cabo en un alto nivel termina siendo muy superficial, mientras que uno hecho a un nivel muy bajo se vuelve muy inmanejable e inentendible.

Tabla 3-2: Análisis de modo de falla y sus efectos (AMFE)

Hoja de información del RCM		Sistema		Sistema N°		Facilitador:		Fecha:		Hoja N°	
		Subsistema		Subsistema N°		Fiscalizador:		Fecha:		de	
Función (F)		Falla funcional (FF)		Modo de fallo (FM)		Efectos de fallo (EF)					
1		A		1							
				2							
				3							
				n							

Fuente: MOUBRAY, 2004

Elaborado por: ZAVALA, M, 2016

2.5 Diagrama de decisión de RCM

El diagrama de decisión abarca todos los procesos de las decisiones que analiza en grupo natural de trabajo de manera ordenada y estratégicamente, definiendo todos los procedimientos de rutina, desarrollando actividades proactivas y en ciertos casos si las fallas son identificadas como graves justificar el rediseño de los sistemas.

La hoja de decisión está dividida en 16 columnas. Las primeras 3 (F.FF y FM) indican el modo de fallo que se analiza en esta línea. Se utilizará la hoja de información con la hoja de decisión. **Figura 4-2.** Diagrama de decisión del RCM, las siguientes 4 columnas son para evaluar las consecuencias de cada modo de falla: (Pinzón, 2011, pág. 55).

H= ¿Será evidente a los operadores la pérdida de función causada por este modo de falla actuando por si solo en circunstancias normales?

S= ¿Por qué este modo de falla una pérdida de función u otros daños que pudieran lesionar o matar a alguien?

E= ¿Produce este modo de falla una pérdida de función u otros daños que pudieran infringir cualquier normativa o reglamento de medio ambiente?

O= ¿Ejerce el modo de falla un efecto adverso directo sobre la capacidad operacional (producción, calidad, servicio o costes operativos además de los de la reparación)?

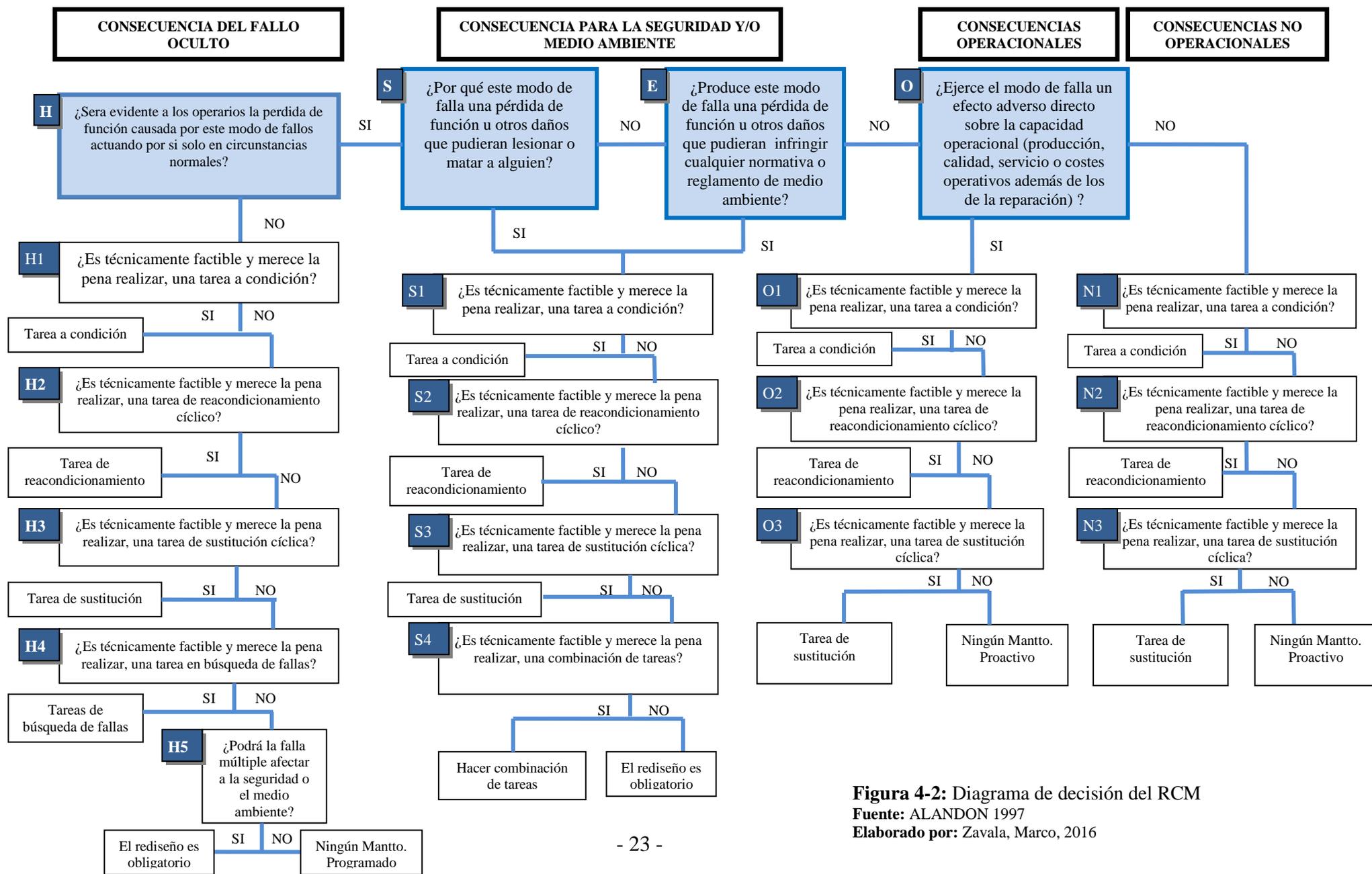


Figura 4-2: Diagrama de decisión del RCM
Fuente: ALANDON 1997
Elaborado por: Zavala, Marco, 2016

La **Tabla 4-2**, muestra la hoja de decisión que permite asentar las respuestas a las preguntas, del diagrama de Decisión, en función de dichas respuestas se registra.

- Que mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia y quien lo hará.
- Que fallas son lo suficiente serias como para justificar el diseño.
- Casos en los que se toma la decisión de dejar en que las fallas ocurran

Tabla 4-2: Hoja de decisión de RCM

HOJA DE DECISIÓN DEL RCM				Sistema				Área N°			Facilitador:			Fecha:			Hoja N°		
				Subsistema				Cód. Sistema			Fiscalizador:			Fecha:			de		
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acciones a falta de				Tarea Propuesta	Frecuencia Inicial	A realizarse por			
							S1	S2	S3										O1
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4							

Fuente: Moubray, 2004

Elaborado por: Zavala, Marco, 2016

2.6 Análisis de criticidad de los equipos

Debido al número de sistemas que componen el grupo electrógeno, es necesario establecer hacia qué sistema se debe de dirigir todos los esfuerzos y metodologías de mantenimiento para atender los subsistemas más críticos.

Según Pinzón, (2011), define “El análisis de criticidad nos permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos en función de su impacto global”, con el fin de optimizar procesos de asignación de recursos. (Económicos, humanos y técnicos).

Tabla 5-2: Criterios a evaluar - Matriz de criticidad

CRITERIOS CRITICIDAD			
Frecuencia de fallas: FF		Costos de Mantenimiento: CM	
Mayor a 2 fallas / año	4	Mayor o igual a 3.000 USD	2
1 -2 fallas / año	3	Inferior a 3.000 USD	1
0,5 a 1 Fallas / año	2	Impacto en seguridad, ambiente Higiene (SAH): ISAH	
< 0,5 Fallas / año	1		
Impacto Operacional: IO		Afecta a la seguridad humana externa como interna	8
Parada inmediata del C Operación	10	Afecta al ambiente instalaciones provocando daños irreversibles	6
Parada del sistema o subsistema y repercusión en otros sistemas	7		
Impacto a nivel de producción y calidad	4	Afecta a las instalaciones provocando daños severos	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Provoca daños menores (Accidentes, incidentes)	3
Flexibilidad Operacional: FO		Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	2
No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	4		
No hay opción de repuesto en almacén	2	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o en el ambiente	1
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: “Manual del mantenimiento Centrado en la Confiabilidad” CONFORPYM

Elaborado por: Zavala, Marco, 2016

Una vez que se han definido la frecuencia de fallo y el grado de impacto que presente en las diferentes áreas de interés que se analizan, se determina el grado de criticidad a través de la siguiente expresión matemática.

$$CRITICIDAD\ TOTAL = Frecuencia\ de\ fallos * Consecuencia \quad \text{Ecuación: [1]}$$

$$Consecuencia = (Impacto\ Operacional * Flexibilidad) + Costos\ de\ Mtto + Impactos\ SAH \quad \text{Ecuación: [2]}$$

Ambas magnitudes, frecuencia y consecuencias, se registran en una matriz, diseñada en base a un código de colores que denotan menor o mayor intensidad del riesgo relacionando con la instalación, sistema, sistemas, equipo o elemento de bajo análisis.

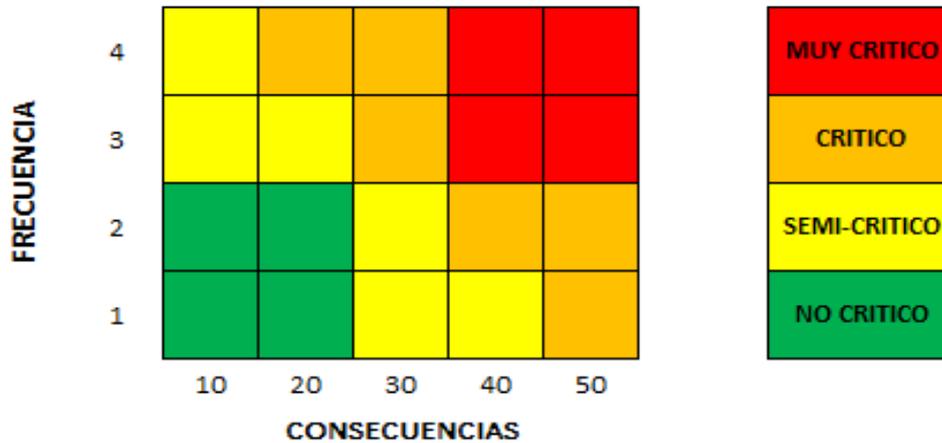


Figura 5-2: Matriz de Criticidad

Fuente: “Manual del mantenimiento Centrado en la Confiabilidad “CONFORPYM”.

2.7 Grupo Natural de Trabajo (GNT)

En la práctica el personal de mantenimiento no puede contestar a las siete preguntas por sí solos. Esto es porque muchas de las respuestas sólo pueden proporcionarlas el personal operativo o el de producción. Por esta razón la revisión de los requerimientos del mantenimiento de cualquier equipo debería de hacerse por equipos de trabajo que incluyan al menos una persona de mantenimiento y otra de la función de producción.

La antigüedad de los miembros del grupo es menos importante que el hecho de que deben de tener un amplio conocimiento de los equipos que se están estudiando. Cada miembro del grupo deberá también haber sido entrenado en RCM. El uso de estos grupos no sólo permite que los directivos obtengan acceso de forma sistemática al conocimiento y experiencia de cada miembro del grupo, sino que además reparte de forma extraordinaria los problemas del mantenimiento y sus soluciones.



Figura 6-2: Conformación del Grupo Natural de Trabajo del RCM.

Elaborado por: ZAVALA, M, 2016

Características del Grupo Natural de Trabajo.

- **Alineación:** Cada miembro está comprometido a los acuerdos del equipo, Esto demanda que la misión y la visión sea compartida por todos. En este sentido de los desacuerdos se debe sacar provecho para integrar aportes de los miembros, a fin de lograr soluciones afectivas.
- **Coordinación:** Implica que cada miembro del equipo tiene roles y responsabilidades que empodera los compromisos del equipo. En este sentido el liderazgo son habilidades de todos los miembros.
- **Comprensión:** la comprensión es un compromiso compartido, requiriéndose habilidades de distinguir entre Puntos de vista, Interpretaciones y los hechos, considerando los puntos de vista de todos, la información debe ser compartida para todos los miembros.
- **Respeto:** Apreciar y sentir el verdadero aprecio por los demás, desarrollando continuamente las habilidades de ver las cosas, que las decisiones sean un consenso de todos quienes participan.
- **Mismo Objetivo:** Los objetivos de los integrantes es estar orientados hacia un mismo norte, identificar las amenazas y en lo posible tratar de eliminarlas.

2.8 Grupo electrógeno FG WILSON P 300

2.8.1 Generalidades

Los grupos electrógenos de FG WILSON, se utilizan para proporcionar suministro eléctrico de emergencia en más de 150 países de todo el mundo, Proporcionamos potencia en emergencia básica para instalaciones vitales como, por ejemplo, hospitales, aeropuertos, centros de datos, redes de telecomunicación y también áreas residenciales y fábricas. (<https://www.FGWilson.com>).

Fundada en 1966 en Belfast (Reino Unido), FG Wilson creció rápidamente hasta convertirse en el mayor fabricante de grupos electrógenos de Europa. Desde 1998, la compañía es propiedad de Caterpillar Inc., una de las firmas líderes en EE.UU, y una de las empresas del Fortune 500, FG Wilson constituye hoy una de las marcas clave dentro de la División de Energía Eléctrica de Caterpillar.

Los grupos electrógenos de FG Wilson se fabrican en las instalaciones de Caterpillar situadas en Reino Unido, Estados Unidos, Brasil, India y China, que cuentan con capacidad para fabricar más de 80 000 unidades por año



Figura 7-2 Planta de producción FG-WILSON

Fuente: <https://www.FGWilson.com>

Proceso de conversión de energía

Los grupos electrógenos FG WILSON P300, cuenta con un control basado en un microprocesador, (TTA: Tablero de Transferencia Automática) el cual provee al grupo electrógeno un completo grupo de funciones para:

- Operación
- Protección
- Supervisión
- Autonomía

Contienen funciones estándar y opcionales en su mayoría programables por estar basada la operación en un microprocesador provee un alto nivel de certeza en sus funciones como: mediciones, protecciones, funciones de tiempo, y una alta eficiencia, en su sistema de transferencia. (Giangrandi, 2011)

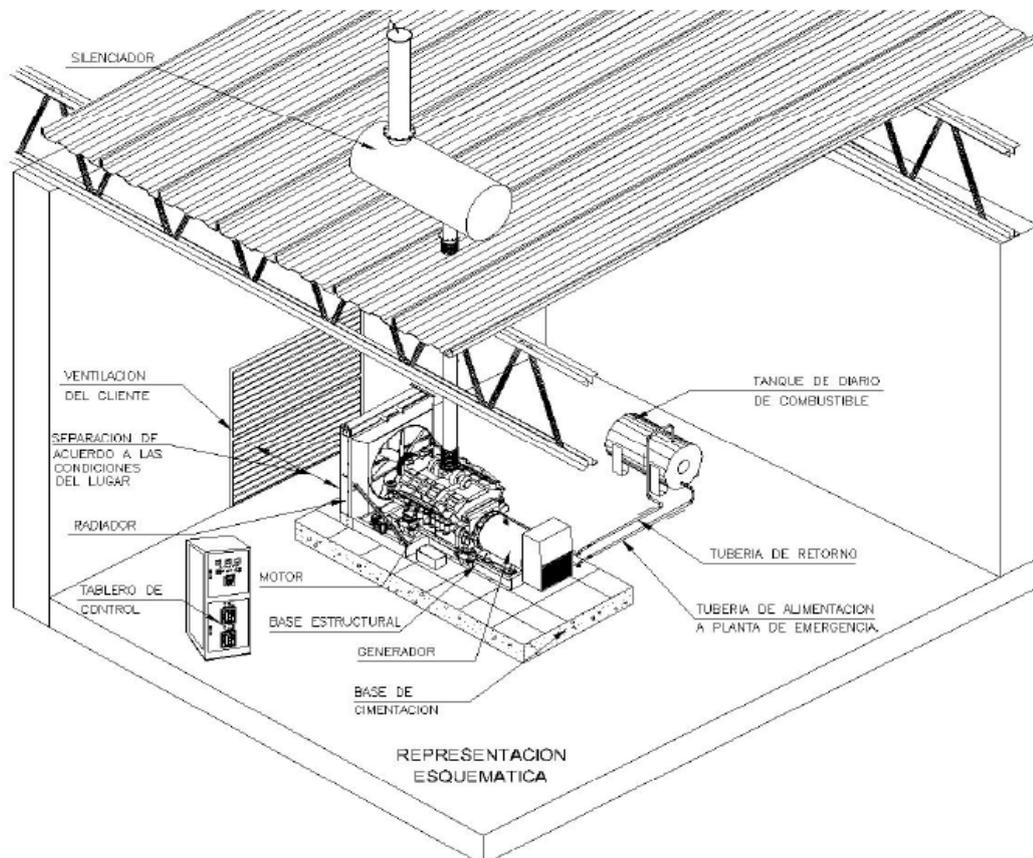


Figura 8-2 Esquema de instalación grupo electrógeno

Fuente: Recuperado de: <http://es.slideshare.net/mobile/Importt300/manual-grupos-electrogenos-taiger>

2.8.2 *Parámetros básicos del grupo*

Según Giangrandi (2011) dice, “Un grupo electrógeno queda definido a nivel nominal con sus características de potencia, voltaje, factor de potencia, velocidad y frecuencia”. Parámetros básicos que se deben de considerar para la etapa de diseño de una planta la definición de estos parámetros se indica a continuación. (Giangrandi, 2011, pág.10)

- **Potencia**

“La potencia, expresada indistintamente en kW o kVA, se define según la siguiente clasificación, consistente con las normas de diseño internacionales ISO3046, BS5514 y DIN6271.” (Giangrandi, 2011, pág. 10)

Potencia continúa o Prime Power, “corresponde a la potencia que puede entregar el equipo sin límite de tiempo. El equipo al operar a esta potencia, puede soportar sobrecargas de un 10% durante un total de 2 horas de cualquier período continuado de 24 horas”. (Giangrandi, 2011, pág. 10)

Potencia de emergencia o Stand by, “es la potencia máxima que puede entregar el equipo, mientras dure la falla de la fuente principal de energía. Es equivalente a la potencia continua más el 10% de sobrecarga”. (Giangrandi, 2011, pág. 11)

La selección de la potencia es el parámetro de mayor importancia puesto que de esta depende la vida útil del sistema, debiéndose de considerar los proyectos de crecimiento a futuro. La selección de un grupo electrógeno no debe estar por debajo del 40% de su capacidad ni sobre el 80% de la potencia considerando que es un generador de tipo Stand-By. En ambos casos estas condiciones afectan a futuro al sistema motorizado con la carbonización de cabezotes y el dilatamiento de los empaques, respectivamente.

- **Voltaje**

“Valor nominal asignado a un circuito o sistema para designar habitualmente su nivel de voltaje (por ejemplo., 120 V/240 V, 480 V/277 V (Sistema en estrella), 600 V). El voltaje al que funciona un circuito puede variar sobre el nominal dentro de un margen

que permita el funcionamiento satisfactorio de los equipos” La regulación de tensión normalizada, por su parte, corresponde a $\pm 2\%$, entre operación en vacío y operación a plena carga. La caída de voltaje admisible para el sector rural es del $\pm 9\%$. (CPE INEN 019, 2001)

- ***Factor de Potencia***

“Se denomina la relación entre potencia activa (kW) y potencia aparente (kVA) del sistema eléctrico o parte de él” (CPE INEN 019, 2001, pág. 9). Para el diseño de los alternadores eléctricos se considera un factor de potencia de 0,8 inductivos, es en base a este valor que se dimensionan las capacidades nominales del motor y del alternador.

- ***Velocidad***

“El grupo se especifica eléctricamente por la frecuencia del voltaje generado. El número de polos del generador define la frecuencia F de la tensión, según las RPM del motor, de acuerdo con la expresión siguiente” (Giangrandi, 2011, pág. 11):

$$v = \frac{P * RPM}{120} \quad \text{Ecuación: [3]}$$

El ajuste requerido para Ecuador es de 60 ciclos (hertz), este valor es ajustable con la aceleración del motor 1800 RPM, ajustados desde el gobernador y la tarjeta AVR.

Estándares.

Giangrandi (2011), afirma que, “Al momento de especificar un grupo electrógeno, es recomendable considerar los estándares internacionales que aplican en la manufactura de sus componentes principales, tales como: (Giangrandi, 2011,pág.11)

- NEMA MG1, Motores y Generadores
- ANSI C50.5, Excitadores rotativos
- ANSI C50.10, Requerimientos para máquinas síncronas
- ISO3046, BS5514 y DIN6271, Declaración de potencia, consumo de combustible y otros parámetros de comportamiento de motores de combustión interna.

“En este trabajo se han definido como criterio mayormente utilizado por los fabricantes de motores y generadores, las condiciones ambientales ISO para referir los antecedentes técnicos de los equipos, presión barométrica 1 bar, temperatura ambiente 25°C y humedad relativa de 30%” (Giangrandi, 2011, pág. 12)

2.8.3 Sistemas principales y características del grupo electrógeno

Los grupos electrógenos diesel, de la marca FG WILSON P300, está constituido por cuatro sistemas importantes. Partiendo desde el tanque de combustible auxiliar que abastece al motor de combustión interna, sistema que genera la fuerza motriz transformando de energía química a energía mecánica. Y el alternador, sistema que recibe la energía mecánica para posterior transformar en energía eléctrica, este conjunto esta comandado por un tablero de control automático. Los mismos que se indican a continuación:

1. Motor de combustión interna (Marca: PERKINS)
2. Alternador generador (Marca: LEROY SOMER)
3. Tablero de control (Marca: POWER WIRZARD)
4. Tanque de combustible

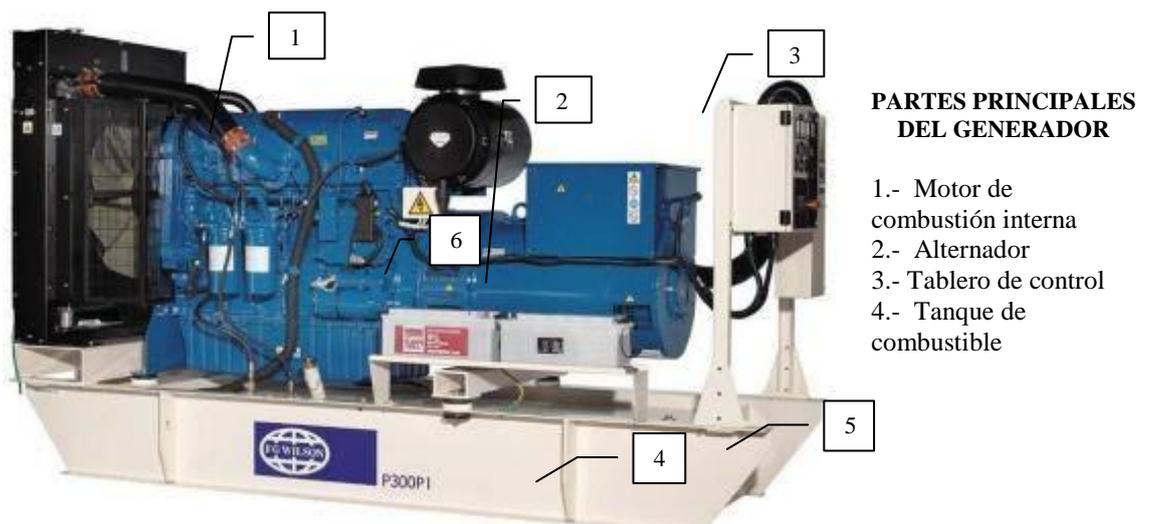


Figura 9-2 Partes principales del grupo electrógeno FG-WILSON P300

Fuente: <https://www.FGWilson.com>

El grupo electrógeno es de tipo emergente (Stand-By), diseñado para trabajar al 80% de su capacidad en jornadas máximas de 10 horas, pudiéndose sobrecargar a un 90 % en el lapso de una hora.

2.8.3.1 Características mecánicas:

Motor de combustión interna (Diésel) (PERKINS)

El motor representa la fuente de energía mecánica para que el alternador gire y genere electricidad. Los motores diésel son los más utilizados en los grupos electrógenos por sus prestaciones mecánicas, ecológicas y económicas.

El combustible es bombeado hacia los cilindros por medio de la bomba de combustible del motor, siendo el gobernador el encargado de controlar su caudal. Una vez en los cilindros, por temperatura y presión, siguiendo el ciclo diésel, la combustión provoca el movimiento de los pistones, que a través de las bielas hacen girar el cigüeñal, produciendo la rotación del eje del motor, convirtiendo en el alternador esta potencia en el eje en potencia eléctrica, sin piezas rozantes (escobillas y colectores). (Giangrandi, 2011, pág. 8).

El motor diesel marca PERKINS se compone de los siguientes sistemas:

- Sistema de enfriamiento
- Sistema de lubricación
- Sistema de admisión de aire
- Sistema de combustible
- Sistema eléctrico
- Sistema de arranque
- Sistema de protección

En la **Tabla 6-2**. Se indica las características mecánicas importantes y sobresalientes en la cual se deben de considerar las actividades de mantenimiento. Está diseñado para funcionar en condiciones ambientales hasta 50°C (122°F)

Tabla 6-2. Características mecánicas del grupo electrógeno

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS		ESPECIFICACION
MOTOR	Marca: Perkins Cilindros de alineación Velocidad Bancada	Modelo: 1506D-E88TAG4 6 En Línea 1800 RPM Acero de alta resistencia
SISTEMA DE ESCAPE	Máxima contrapresión permitida kPa(en Hg) Caudal de gases del escape m ³ /min (cfm) Continua Emergencia Temperatura de escape °C (°F) Continua Emergencia	10,0 (3,0) 57,7 (2038) 60,7 (2144) 497 (927) 525 (976)
METODO DE REFRIGERACIÓN	Inducción Sistema de refrigeración Capacidad l (US GAL) Tipo de bomba de agua	Método de refrigeración aire/ Aire turbo cargador 36 (9,5) Centrifuga
SISTEMA ELECTRICO DEL MOTOR	Tensión tierra Amperios del cargador de batería Tipo de regulado	24 Negativa 45 A Electrónico
DEPOSITO DE COMBUSTIBLE / CONSUMO	Capacidad de depósito de combustible l (US gal) 50 Hz de potencia continua l/h (US gal/h) 50 Hz en emergencia l/h (US gal/h)	587 (155,1) 60,6 (16,0) 66,1 (17,2)
DEPOSITO DE ACEITE	Capacidad de depósito de combustible l (US gal) Capacidad del cárter l (US gal) Tipo de aceite Método de refrigeración del aceite	39,0 (10,3) 36,0 (9,5) API CI-4 0W-30 Agua
PESO Y DIMENSIONES	Largo mm (in) Ancho mm (in) Alto mm (in) Peso con líquidos Kg (lb)	3300 (129,9) 1100 (43,3) 1771 (69,7) 2390 (5269)

Fuente: (Resumen de clasificación de productos FG Wilson (03/16) (ES))

Realizado por: Zavala, Marco, 2016

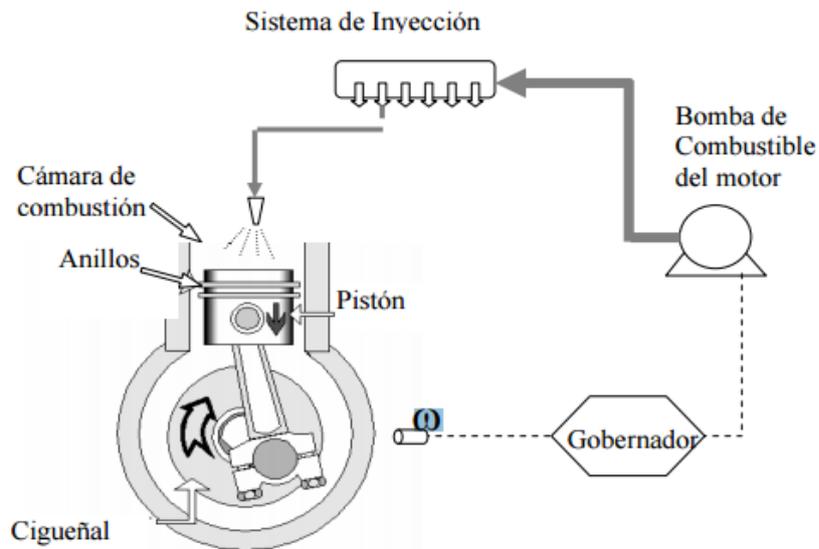


Figura 10-2: Obtención de potencia del eje del motor.

Fuente: GIANGRANDI, 2011

Sistema de enfriamiento. “Sirve para recoger el calor de las partes críticas y mantener al motor a una temperatura conveniente de operación, con el propósito de lograr su máximo rendimiento” (Gutiérrez, 2007, pág. 27). El sistema de refrigeración por agua/aceite consta de un radiador, un ventilador interior para enfriar sus propios componentes.

- Radiador
- Bomba de agua
- Ventilador
- Poleas, Bandas
- Termostato
- Camisa de agua

Sistema de lubricación. La lubricación en el motor a diésel, es uno de los factores más importantes para lograr el buen funcionamiento y su mayor duración, la lubricación tiene como objetivo formar una película de aceite lubricante entre las piezas móviles del motor, con el fin de reducir su rozamiento y su temperatura. (Sanchez, 2010, pág. 10)

- Bomba de aceite
- Cañerías
- Filtros

Sistema de admisión de aire. En el motor a diésel es de vital importancia lograr que se introduzca al motor un aire de buena calidad para su correcto funcionamiento y duración. Por lo tanto el aire debe ser filtrado escrupulosamente para quitarle toda partícula que pueda dañar el interior del motor o alguno de sus componentes.

- Turbo cargador
- Filtro de aire seco

Sistema de combustible. La misión de este sistema es llevar combustible del tanque hasta la bomba inyectora, pasando antes por un sistema de filtrado, este circuito trabaja con una presión de 1 a 2 bares. Según Gutiérrez, (Gutiérrez, 2007, pág. 33), afirma que todo sistema de combustible en un motor a diesel estan ubicados en dos circuitos: el de baja presión y el de alta presión

- Circuito de baja presión.
 - Tanque de combustible con capacidad mínima de 8 horas
 - Tuberías
 - Bomba de alimentación
 - Filtro de combustible (Prefiltro, prefiltro decantador, filtro principal)
- Circuito de alta presión
 - Bomba de inyección rotativa
 - Inyectores

Sistema eléctrico del motor. El sistema eléctrico del motor puede ser de 12 o 24 VCD, negativo a masa. Este voltaje se obtiene de una fuente externa (Batería) la misma que está permanentemente conectada a un mantenedor de carga durante el reposo del generador, durante la operación recibe carga del alternador secundario. El sistema eléctrico se compone de sensores que miden los parámetros de operación conectados a una tarjeta de alarmas la misma que actúa cuando uno de estos parámetros sale de sus límites de operación normal. Protegiendo al grupo electrógeno de fallos de operación. Este sistema está compuesto por:

- Mantenedor de carga
- Sensores de Temperatura, nivel de aceite, presión de aceite
- Sobre revoluciones del motor
- Vibraciones

Sistema de arranque. La función de este sistema es dar el torque necesario para mover el volante de transmisión el mismo que pone en marcha al motor de combustión interna. El motor eléctrico de corriente alterna es el subsistema encargado de dar el impulso, el mismo que es alimentado por dos baterías de corriente alterna y potencia necesaria para romper esta inercia de arranque. (Sanchez, 2010, pág. 40)

- Baterías de corriente alterna
- Motor de arranque.
- Alternador de carga de baterías
- Cableado

Gobernador del motor. “Este instrumento, llamado también limitador de velocidad, trabaja como un acelerador, se encarga de regular la cantidad de combustible conduciendo hacia los inyectores para que el motor funcione con la velocidad correcta” (Gutiérrez, 2007, pág. 50),

Existen dos tipos de bombas; la bomba rotativa, en donde debido a la fuerza centrífuga sus elementos se desplazan haciendo que circule mayor parte de combustible. En la bomba lineal, el desplazamiento acciona el mango del brazo regulador permitiendo el paso del combustible. (Gutiérrez, 2007, pág. 50),

En el caso de la inyección electrónica, el regulador es accionado electrónicamente, se encarga de pedir la cantidad de combustible que la bomba debe inyectar y debe cortar el suministro a altas revoluciones, activados a través de un programa informático a través de un chip que permite conseguir, mayores potencias en determinados regímenes. (Gutiérrez, 2007, pág. 50),

2.8.3.2 Características eléctricas:

Alternador generador corriente alterna (LEROY SOMER)

El alternador Leroy Somer tiene una historia muy larga de producción de calidad y alta confiabilidad. El alternador Leroy Somer corresponde a los diseños y tecnologías de fabricación de Motores Leroy Somer de Norte América. La **Tabla 7-2**. Se indica las características eléctricas importantes y sobresalientes en la cual se deben de considerar las actividades de mantenimiento.

La frecuencia de la señal eléctrica generada, típicamente 60 o 50 Hz, está determinada por la relación entre la velocidad de giro del conjunto motor/alternador y el número de polos del generador. Respecto de la generación de voltaje en bornes, La auto excitación de este alternador corresponde al generador de excitación separada, y el generador auto excitado. SHUNT. (Giangrandi, 2011, pág. 8)

El sistema de excitación separada aumenta el tamaño, peso y costo del generador, sin embargo, entrega alimentación limpia al regulador, opera independiente de la salida del generador, mantiene la excitación ante condiciones anormales de operación, y ofrece mejores condiciones de estabilidad de tensión energizando consumos con requerimientos transitorios de partida, lo que lo hace preferible en caso de trabajo en paralelo y curvas de demanda fluctuantes. (Giangrandi, 2011, pág. 9)

Tabla 7-2. Características eléctricas y electrónicas del grupo electrógeno

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		ESPECIFICACION
ALTERNADOR	Alternador	Leroy Sommer
	Modelo del alternador	LL5014J
	N° de Cojinetes	1
	Clase de aislamiento	H
	Protección contra entrada de agua	IP 23
POTENCIA	60 Hz Potencia continua	275 KVA – 220 kW
	60 Hz Potencia en emergencia	300 KVA – 240 kW
	Factor de potencia	0,8
TENSIÓN	50 Hz (1500 RPM)	400 V

	60Hz (1800 RPM)	240 V
CUADRO DE CONTROL	Tablero de control Sistema de excitación: Modelo AVR	(POWER WIZARD 1.1 +) SHUNT R250
Datos de funcionamiento del alternador		
Sobre velocidad: rpm		2250
Regulación de tensión: (estado estable)		+/-0,5%
Forma de onda NEMA = TIF:		50
Forma de onda IEC = THF:		2,0 %
Contenido total de armónicos LL/LN		4 %
Radio interferencia:		Supresión de acuerdo a la norma europea EN61000-6
Calor radiado kW (Btu/min)		60 Hz 23,9 (1359)

Fuente: (Resumen de clasificación de productos FG Wilson (03/16) (ES))

Realizado por: Zavala, Marco, 2016

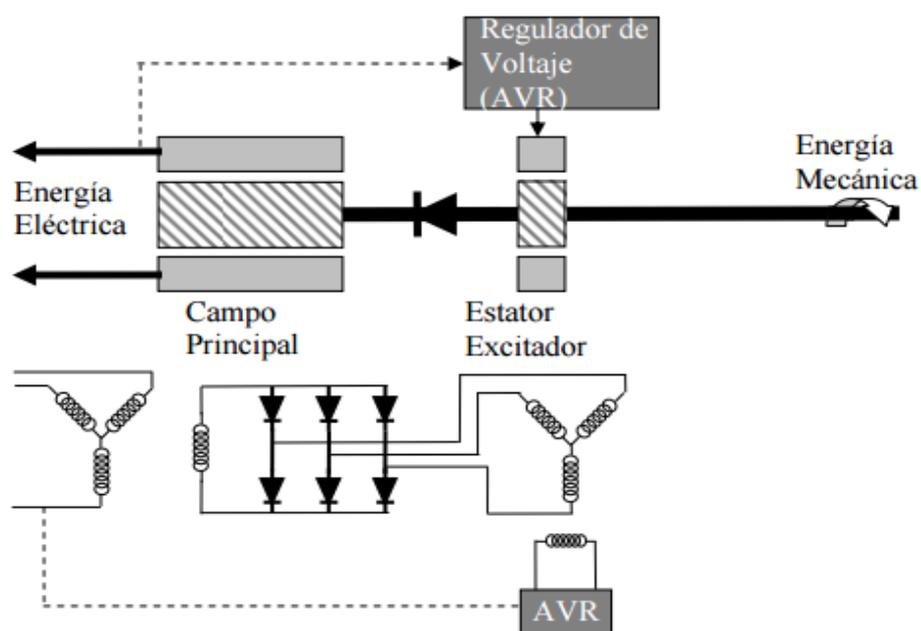


Figura 11-2: Diagrama del generador con excitación separada

Fuente: GIANGRANDI, 2011

Sistema de inducción. La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, auto excitado, autorregulado y sin escobillas acoplado con precisión al motor, aunque también se pueden acoplar

alternadores con escobillas para aquellos grupos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia, forzado a regímenes mayores.

- Rotor
- Estator
- Excitatriz de campo
- Deflectores, rodamientos
- Caja de conexión

2.8.3.3 Características Sistema de control

Panel de control. En tablero de control es el sistema de seguridad y de operación, desde aquí se comanda todas las acciones. Controla el encendido y apagado automático, todos los parámetros se encuentran instalados y visibles. En sistemas modernos se encuentra instalados tableros power wizard +1, sistemas comandados por un cerebro electrónico. Almacena toda la información de operación y los códigos de los eventos de fallo.

“El grupo electrógeno se encuentra vigilando su funcionamiento y su salida y su apagado es de forma automática en caso crítico, como pudiera ser la baja presión de aceite o alta temperatura del refrigerante del motor, con el fin de evitar daños en el motor y el alternador.” (FGWilson, 2014)

- Tarjeta de parámetros
- Sensores
- Cableado
- Modulo de interface
- Pulsador de emergencia
- Interruptor automático de salida

Los elementos instalados son de característica electrónica que comanda toda la operación, desde el power wizard+1 se comanda el encendido automático o manual de encendido enviando la señal al actuador dispositivo magnético que está instalado al engranaje situado en el motor y acoplado al engranaje del motor de arranque.

Aislamiento de la vibración. Los elementos antivibratorios están ubicados entre el motor/alternador y la bancada. Esto permite que la bancada esta atornillada a la base. También debe estar ubicado en sus elementos externos, esto quiere decir en conexiones flexibles, líneas de combustible, sistema de escape, conducto de descarga del aire del radiador, conducto eléctrico para los cables de control y otros elementos que estén conectados de manera externa. (FGWilson, 2014)

2.8.4 Análisis de operación del grupo electrógeno

Un grupo electrógeno está conectado de forma paralela a la red de la Empresa Eléctrica, el TTA (Tablero de Transferencia Automática) es un sistema que permite, ante el corte imprevisto del suministro de energía eléctrica externa, poner en marcha el generador de emergencia. Este dispositivo hace que se activen los servomotores motorizados correspondientes a la entrada de emergencia y dar energía desde el generador eléctrico, luego de cumplir con las pautas de encendido previstas para el mismo.

La TTA realiza acciones simultáneas ante fallas eléctricas, poniendo en marcha o bloqueando la energía para salvaguardar la integridad de sus operarios.

- Comportamiento frente a una falla de energía externa.
- Arranque de motor.
- Transferencia de cargas.
- Espera de normalización de red externa.
- Reconexión a red externa.
- Finalización de maniobra de reconexión a red externa.

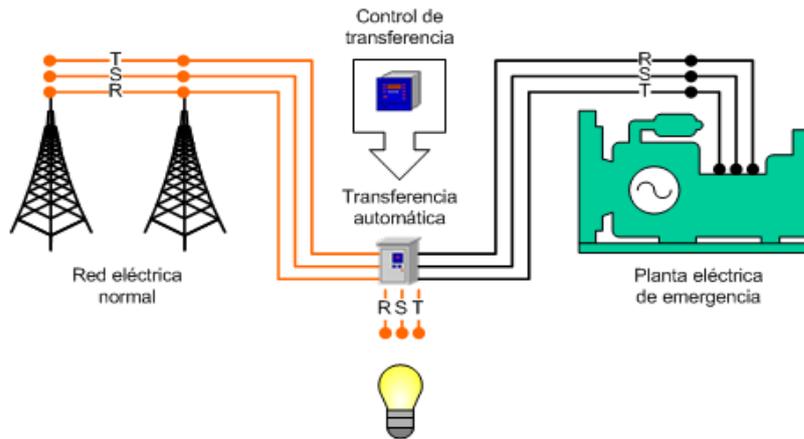


Figura 12-2: Esquema de funcionamiento de una transferencia automática TTA

Fuente: //www.transferencia+electrica+automatica&tbn=isch&imgil

En el intervalo que no se tiene energía, mientras la planta eléctrica se pone a punto y se engancha el contactor de emergencia, debe usarse un sistema UPS (Unidad Interrumpida de Potencia) para los servicios que no admiten ese lapso sin energía.

En el caso de análisis no cuenta con el sistema UPS, la transferencia cumple su función una vez que el grupo electrógeno enciende. La figura siguiente indica los tiempos en que el grupo electrógeno se enciende y apaga una vez restablecido el servicio de la empresa eléctrica.

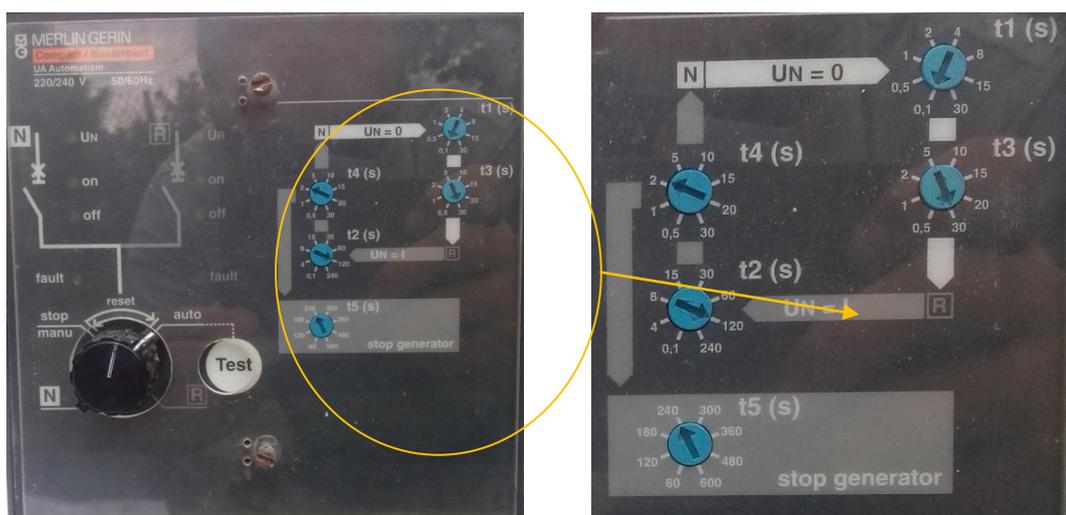


Figura 13-2: Tiempos de operación de una Transferencia automática TTA

Fuente: Módulo de Control UA, Tablero de transferencia granjas Avícolas

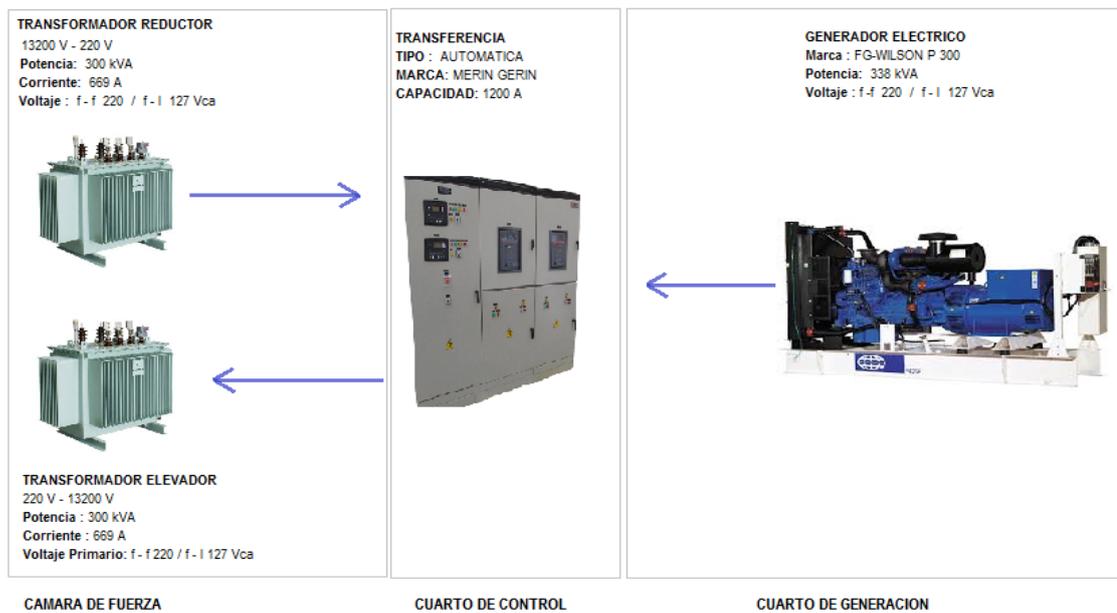


Figura 14-2: Módulo de Control UA, TTA granjas avícolas

Elaborado por: ZAVALA, M, 2016

2.9 Marco conceptual

Confiabilidad. se entiende como la probabilidad de un equipo de cumplir con una función bajo condiciones establecidas durante un intervalo de tiempo establecido. (ISO 14224, 2004). Las principales medidas de la confiabilidad para la distribución de weibull son:

- Función confiabilidad o probabilidad de trabajo sin falla $R(t)$

$$R(t) = \text{Exp} \left[- \left(\frac{t}{n} \right)^\beta \right] \quad \text{Ecuación: [4]}$$

Dónde:

β = Parámetro de forma. $\beta > 0$

n = Parámetro de escala o vida característica $n > 0$

t = Tiempo de estimación

Tasa de fallos. Todos los equipos en algún momento, presentan fallos, el número de fallos puede ser evaluado a través de un indicador que se obtiene matemáticamente relacionando el número de fallos y un tiempo de operación determinado del equipo.

$$\lambda = \frac{Tf}{Tp} \quad \text{Ecuación [5]}$$

Donde: λ tasa de fallos (fallos/hora)

Tf ; número de fallos totales en el período de análisis

Tp ; periodo analizado

Tiempo medio entre fallos. Es común representar a la fiabilidad con la letra R ya que proviene de la palabra inglesa Reliability, además una medida de la fiabilidad es el MTBF (Mean Time Between Failures), la cual se relaciona con la duración media entre fallos, y se puede expresar como:

$$MTBF = \frac{(T5-T1)+(T6-T2)+(T7-T3)}{n} \quad n = \text{N}^\circ \text{ de detenciones} \quad \text{Ecuación: [6]}$$



Figura 15-2 Representación de estados MTBF y MTTR

Causa Avería. Circunstancia en que se haya generado una avería durante el diseño, fabricación o uso. Para identificar la avería normalmente se requiere realizar una investigación profunda que revele los factores organizacionales y humanos, así como las causas técnicas que pudieron originar una falla. (ISO 14224, 1999, pág. 5)

Consecuencias no operacionales. Categoría de consecuencias del fallo que no tiene efecto adverso sobre la seguridad, el medio ambiente o las operaciones, sino que solamente se requiere reparar o sustituir cualquier elemento que pueda ser afectado por el fallo. (SAE JA1011)

Consecuencias para la seguridad. Un modo de fallo o un fallo múltiple tiene consecuencias para la seguridad si hiere o mata a alguna persona. (SAE JA1011)

Disponibilidad. Capacidad que tiene un aparato de desempeñar una función requerida bajo determinadas condiciones, en un momento determinado o durante un intervalo de tiempo específico, asumiendo que existan los recursos externos requeridos. (ISO 14224, 1999)

$$A = \frac{(T5-T1)+(T6-T2)+(T7-T3)}{T5+T6+T7} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad \text{Ecuación: [6]}$$

Donde A; Disponibilidad
MTBF; Tiempo medio entre fallos
MTTR; Tiempo medio para reparación

Edad. Medida de la exposición al esfuerzo calculada desde el momento que un componente entra en servicio, o cuando se reincorpora luego de una tarea diseñada para restaurar su capacidad inicial, pudiendo ser medida en términos de tiempo calendario, trabajo, distancia recorrida, ciclos de trabajo, unidades de salida o de rendimiento.

Estado de inactividad. Estado de un aparato que se caracteriza por presentar una falla o una posible incapacidad para cumplir una función específica durante el mantenimiento preventivo. (ISO 14224, 1999).

Falla crítica. Falla de una unidad de equipo que origina un cese inmediato de la capacidad de realizar su función (ISO 14224, 1999)

Falla múltiple. Evento que ocurre si una función protegida falla mientras su dispositivo o sistema de protección está en estado de fallo. (SAE JA1012, 2002)

Falla oculta. Modo de fallo cuyos efectos no es evidente para el personal de operaciones bajo circunstancias normales, si el modo de falla ocurre aislado. (SAE JA1012, 2002).

Fallo potencial. Condición identificable que indica que un fallo funcional está a punto de ocurrir o que está en proceso de ocurrencia. (SAE JA1012, 2002)

Función. Lo que el propietario o el usuario de un activo físico o sistema desean que éste haga. (SAE JA 1011)

Todas las declaraciones de funciones deben contener un verbo, un objeto y una estándar de funcionamiento (SAE JA 1012)

Función confiable. Capacidad de un objeto para realizar una función requerida bajo determinadas condiciones durante un intervalo de tiempo determinado. (ISO 14224, 1999)

Función evidente. Función cuyo fallo, por sí mismo, se hace evidente para el personal de operación en circunstancias normales.

Función oculta. Función cuyo fallo, por sí mismo, no se hace evidente para el personal de operación en circunstancias normales.

Gestión de Mantenimiento. Todas las actividades de la gestión que determina los objetivos del mantenimiento, las estrategias y las responsabilidades, se lo realiza por medio de la planificación del mantenimiento, control y supervisión del mantenimiento, mejora de los métodos en la organización incluyendo los aspectos económicos. (UNE-EN 13306, 2011)

Inspección. Control de conformidad mediante medición, observación, ensayo o calibración de las características relevantes de un elemento (UNE-EN 13306, 2011)

Mantenibilidad. Capacidad de un elemento bajo unas condiciones de uso dadas para mantenerse en, o ser devuelto a un estado en el cual pueda desarrollar una función requerida, cuando el mantenimiento se ejecuta bajo condiciones determinadas y utilizando procedimientos y recursos preestablecidos. (UNE-EN 13306, 2011)

$$MTTR = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{n} \quad \text{Ecuación [7]}$$

Donde n; número de detenciones
 T; Tiempo de reparaciones

Modo de fallo. Evento que es causa de un fallo funcional. (SAE JA1011).

Método mediante el cual se establece la incapacidad de un elemento para desarrollar una función requerida”. (EN13306)

Fiabilidad. Es la probabilidad de que un elemento, conjunto o sistema funcione sin fallos durante un tiempo (t) determinado, en unas condiciones operacionales dadas

Ingeniería de la fiabilidad: el conjunto de tareas de diseño, desarrollo, fabricación, operación y mantenimiento que hacen posible la fiabilidad necesaria para cumplir ciertos objetivos

Distribución de Weibull.- Ésta distribución se utiliza con frecuencia en el estudio del tiempo de vida o tiempo para la falla de elementos mecánicos. Una de las características fundamentales de las variables que siguen la distribución de Weibull, es que el número de ocurrencia de eventos de fallas por unidad de tiempo no permanece necesariamente constante; es decir la tasa de ocurrencia de eventos de fallas puede crecer o decrecer con el tiempo (Ebeling, 1997).

CAPÍTULO III

3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de estudio

En el desarrollo de la investigación dada la naturaleza de trabajo del grupo electrógeno y las consecuencias que causa por ser un sistema crítico en el proceso productivo, se recurre para el análisis la combinación de cuatro estudios de investigación, los mismos que parte desde su contexto operacional y el análisis de los antecedentes registrados en las bitácoras de operación, finalizando con la aplicación de estrategias y actividades de mantenimiento encaminadas a reducir los fallos y optimizar los recursos. Los estudios aplicados se citan a continuación.

Estudios descriptivos: se describe la situación actual del sistema, se realiza el estudio, mediante datos que determinan el comportamiento de los grupos electrógenos.

Estudios evaluativos: identificados las potenciales causas que llevan a fallar al grupo electrógeno FG Wilson P300, se aplica los criterios del RCM, estrategia de gestión de mantenimiento que nos permite medir y mejorar la disponibilidad, tasa de fallos y costos del sistema de generación en el proceso de producción de la empresa.

Estudios de campo: se obtiene la información de campo existente, de la indagación de la experiencia, antecedentes y el diagnóstico de operación del grupo electrógeno, la problemática de continuas operaciones y las consecuencias producidas por los fallos.

Estudios aplicados: el estudio se realiza sobre los antecedentes con el fin de evaluar los resultados del por qué, ocurren los fallos, en qué condiciones y las consecuencias implica estos eventos, la combinación de los dos estudios anteriores proporciona el sentido de entendimiento de los fenómenos que llevan aplicar los estudios en todos los grupo electrógeno.

3.2 Método de la investigación

En el proceso de investigación se utilizan diversos métodos, según la ciencia de que trate y de acuerdo con las características concretas del objeto de estudio. Estos métodos están destinados a describir la verdad o confirmarla, mediante conclusiones ciertas y firmes. El método a aplicar en el siguiente estudio es el Método Inductivo.

3.2.1 Método Inductivo: El método inductivo intenta ordenar la observación tratando de extraer conclusiones de carácter universal desde la acumulación de datos particulares. (Sampieri, 2006, pág. 46) La elaboración de una teoría siguiendo el método inductivo requiere un proceso que incluye una serie de etapas:

- Observación y registro de los hechos.
- Análisis y clasificación de los hechos.
- Derivación inductiva de una generalización a partir de los hechos.

La implementación propuesta contempla la aplicación de estudios; Descriptivos, Evaluativos, Campo y Aplicados, apoyado de las normas ISO 14224, SAE-JA 1011, SAE JA1012. Los mismos que hacen relación con los criterios del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad (RCM)

3.3 Metodología de la investigación

La implementación de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, se desarrolla en tres etapas.

Fase inicial, en la cual se conforma el GNT, definiéndose las actividades y responsabilidades todo el proceso registrado bajo una acta de cumplimiento.

La segunda fase hace referencia a la aplicación de las cinco primeras preguntas del RCM, y la tercera fase en la cual el GNT, desarrolla y ejecuta las actividades encaminadas a reducir y mantener las funciones del grupo electrógeno, el diagrama de flujo representado en la Figura 1-3, indica el proceso de la implementación.

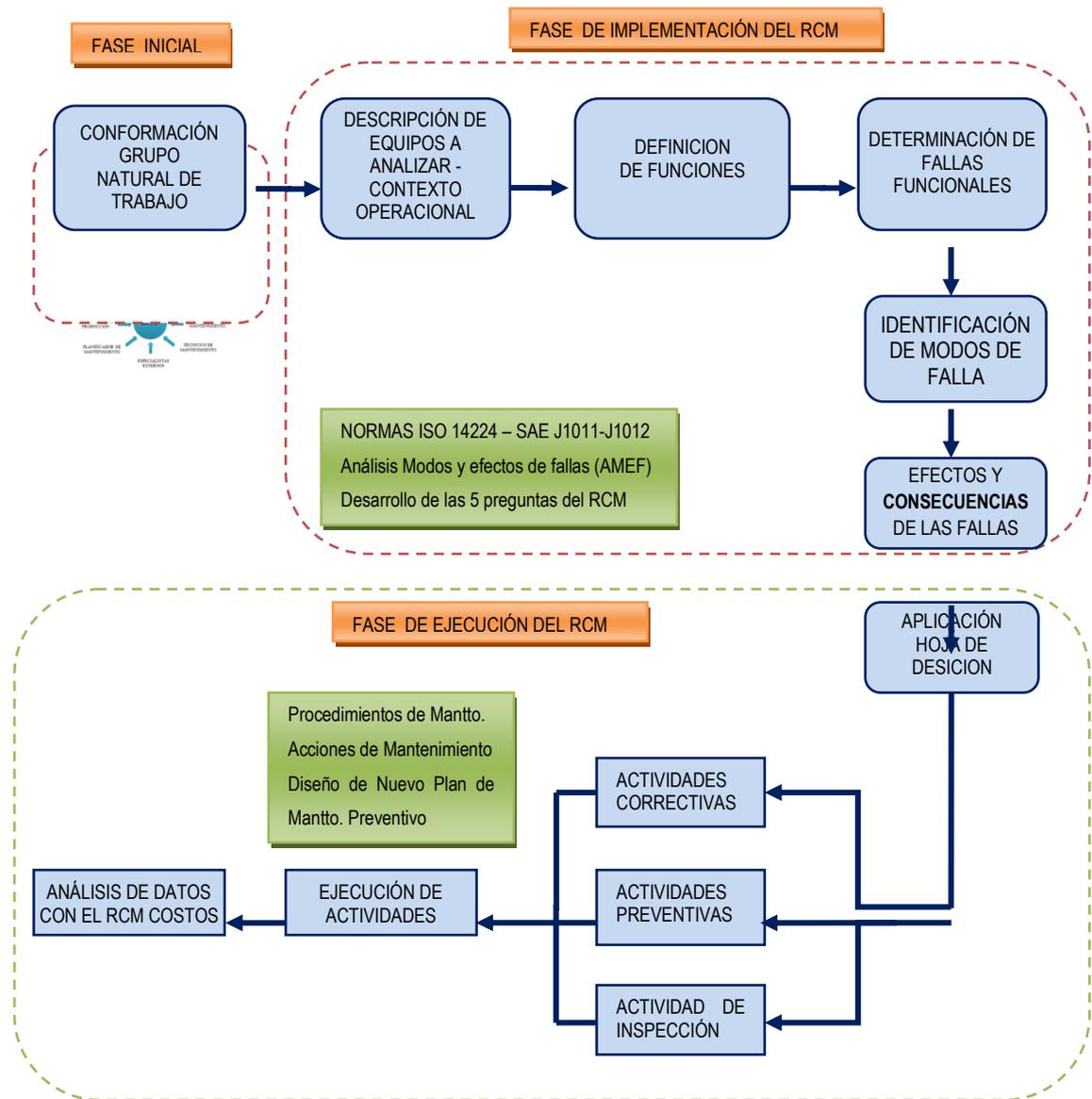


Figura 1-3: Proceso de implantación metodología RCM, - GE- FG WILSON
 Elaborado por: ZAVALA, M, 2016

3.4 Técnicas e instrumentos para recolectar información

Las fuentes y técnicas de información utilizadas en esta investigación, constituyen las fuentes secundarias y primarias.

Fuentes primarias

- Observación
- Hoja de Información
- Hoja de decisiones

Fuentes secundarias

- Textos de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).
- Investigaciones de la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).
- Bitácoras de mantenimiento.

3.5 Población y muestra

La población de los grupos electrógenos de la serie FG-WILSON P300, se detalla en la **Tabla 1-3**, en la cual se determina los datos relevantes y el número de fallos registrados durante el año 2014, el grupo electrógeno que se realizará el análisis corresponde al equipo F.G.WILSON-P300. Cuyo código empresarial es C3GE01.

Tabla 1-3: Listado de grupos electrógenos modelo P 300

GRUPO ELECTROGENO SERIE P300							
	GRANJA / C. OPERAC.	CÓDIGO	MARCA	MODELO	SERIAL No.	AÑO/FAB.	Fallos 2014
1	COSTA 3	C3GE01	F. G. WILSON	P300	D2645D / 001	1998	14
2	BRAHMAN (FIJO)	BHGE01	F. G. WILSON	P300	B6008A / 001	1996	2
3	CAMPO	CPGE01	F. G. WILSON	P300	C7559G / 001	1997	5
4	COSTA 4	C4GE01	F. G. WILSON	P300	GACL000142	2001	6
5	COSTA 2	C2GE01	F. G. WILSON	P300	D0039J / 001	1998	6

Fuente: Grupos electrógenos modelo P300. Zona Bucay
Elaborado por: ZAVALA, M, 201

3.6 Delimitación

El grupo electrógeno FG-WILSON P300 con código empresarial creado para este proceso C3GE01, se encuentra instalado en la granja de pollos de engorde Costa 3, Km 25de la Vía Bucay el Triunfo, inicia las operaciones en el año 1998, para el respectivo análisis se considera los registros de operación desde el año 2014, en este año se registra un elevado número de fallos. Los resultados de análisis de la implementación se compararán con los datos de año 2015.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Gestión del desarrollo del proyecto.

4.1.1 *Desarrollo del acta de constitución del proyecto*

Como punto de partida para el plan de optimización del mantenimiento preventivo, mediante los criterios del RCM, aplica al grupo electrógeno FG-WILSON P 300 código empresarial C3GE01 se consolida el Grupo Natural de Trabajo, **Anexo A**, Formado por Jefe, Supervisores Producción y Mantenimiento, Planificador y dos técnicos operadores de amplio criterio y experiencia, siendo necesario el involucramiento de especialistas externos en la parte eléctrica y mecánica, el GNT está liderado por el jefe de mantenimiento el mismo que estará en el monitoreo y en la coordinación de las reuniones informativas y el seguimiento de las acciones que surjan de los diferentes análisis.

4.1.2 *Finalidad y/o propósito del proyecto*

Es considerada oportuna la acción a tomar, con la aplicación de los criterios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad se busca reducir las paradas imprevistas que afectan directamente a la producción afectando económicamente y las mismas que están cercanas a la afectación de daños ambientales y la salud de las personas.

Es justificable la implementación del proyecto piloto en el grupo electrógeno FG-WILSON P300, el mismo que busca disminuir las paradas imprevistas y aumentar la confiabilidad operacional del sistema, la implementación también tiene como propósito optimizar el plan de mantenimiento preventivo actual utilizando herramientas de tecnología dando paso a un Mantenimiento Basado en Condición (MBC).

4.2 Implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

4.2.1 Análisis operacional del grupo electrógeno FG-Wilson P300

El diagrama EPS (Entrada Proceso Salida), nos indica desde la transformación de la energía química en mecánica hasta llegar a obtener la energía eléctrica, siendo esta energía final la función principal. La potencia requerida para un grupo electrógeno de emergencia es del 80% de su capacidad de diseño.

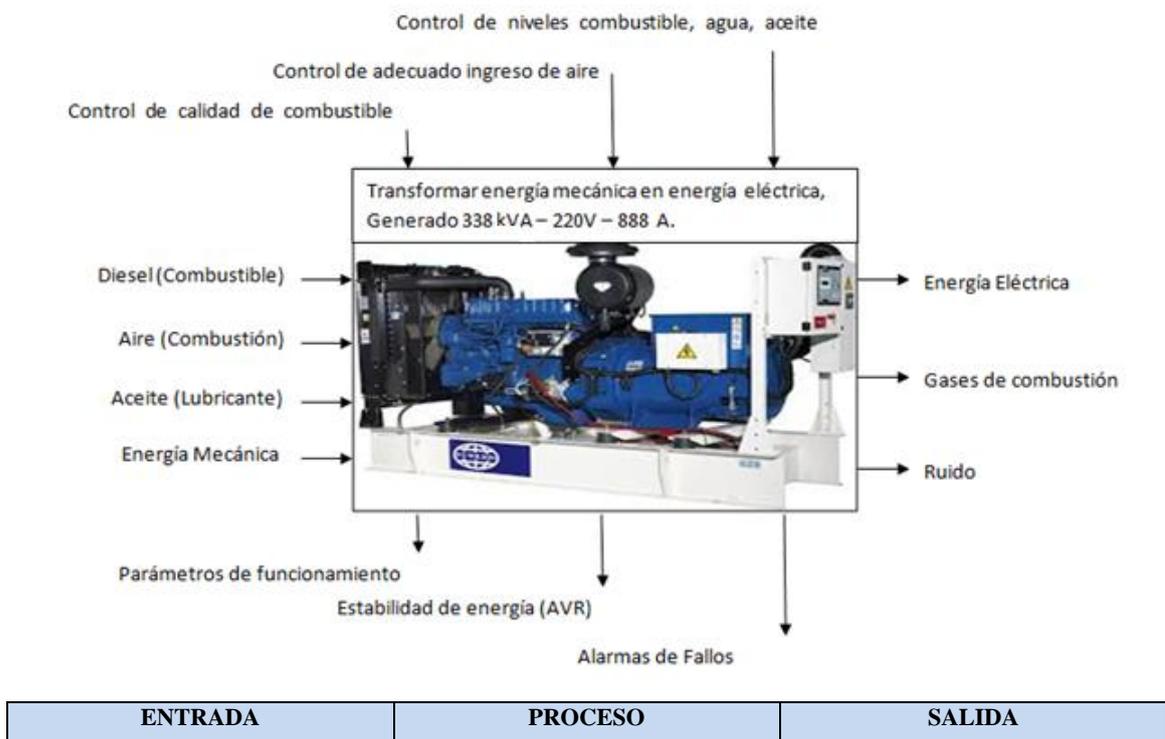


Figura 1-4: Diagrama EPS del grupo electrógeno FG-WILSON P 300

Elaborado por: ZAVALA, M, 2016

4.2.2 Contexto operacional

La **Figura 2-4**, indica el comportamiento de trabajo, los puntos inferiores son operaciones que se realiza como pruebas de funcionamiento para comprobar su operatividad, los puntos superiores indican que el grupo electrógeno una carga máxima del 83% según los parámetros de operación para un grupo electrógeno de emergencia

podrían trabajar hasta un 90% por el lapso de una hora. En el **Anexo C**, indica el histórico de operaciones. Operar al máximo de la capacidad prolongadamente podría reducir su vida útil.

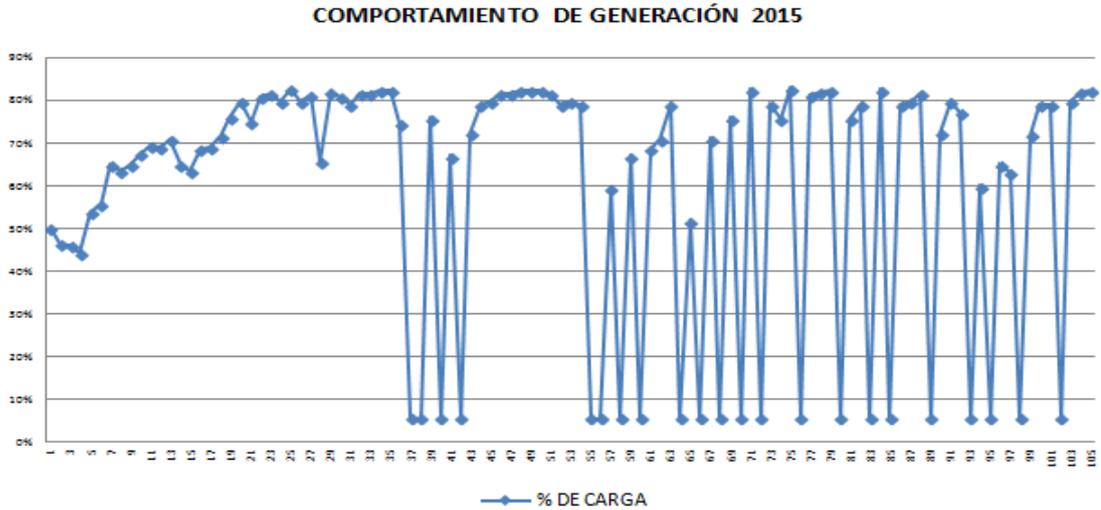


Figura 2-4: Comportamiento de generación según carga del grupo electrógeno
Elaborado por: Zavala, Marco, 2016

En la **Figura 3-4**, Se indica históricos de operaciones de generador que supera las condiciones de diseño, estas condiciones son las que disminuyen la vida útil del motor de combustión interna, causando recalentamiento en sus empaquetaduras y un eminente consumo de aceite.

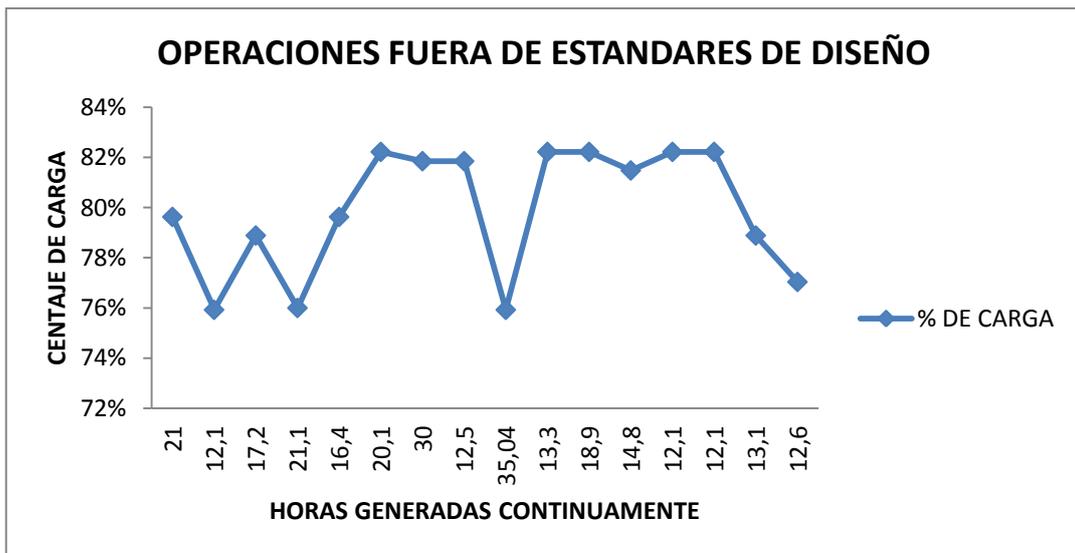


Figura 3-4: Operaciones fuera del estándar de diseño
Elaborado por: ZAVALA, M, 2016

4.3 Estructura de la información según la Norma ISO 14224

4.3.1 Categoría de datos

Datos de equipo. La descripción del equipo se caracteriza por: Datos de identificación, datos de diseño, datos de aplicación.

Tabla 1-4: Datos de equipo – Grupo electrógeno

CATEGORÍAS PRINCIPALES	SUBCATEGORIAS	DATOS
Identificación	Ubicación del equipo	01
	Clasificación	Generadores eléctricos (EG) Motor diesel(MD) Grupo electrógeno (EM)
	Datos de instalación	Granja Avícola Costa 3 (C3) Categoría de instalación: Plataforma Categoría de operación: Automático Área Geográfica: Costa - Ecuador
	Datos de unidad de equipo	C3GE01 SERIAL N° D2645D / 001 Redundancia de unidad: 1 /5
Diseño	Datos del Fabricante	FG WILSON Modelo: P 300
	Características de diseño	Generador eléctrico
Aplicación	Operación uso normal	Generador tipo Stand by: 80 % Capacidad Operación emergente, forma automática Instalado: Febrero 1998 Periodo de monitoreo: Inspección diaria Operación aproximada: 600 Horas/año Parámetros operativos: Potencia activa kVA
	Factores ambientales	Condiciones ambientales: severos / Humedad
	Información adicional	RMN-01 Bitácora mensual de Operación de GE RMN-02 Informe de operación de RMN-03 Mantenimiento Preventivo MPP-F03 Control de operación y pruebas de GE

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Fuente: Norma ISO 14224/Datos de equipo.

Tabla 2-4: Clasificación taxonómica – Grupo electrógeno

Clase de equipo		Tipo		Aplicación	
Descripción	Código	Descripción	Código	Descripción	Código
Generador eléctrico	C3	Alternador accionado por motor a diesel PERKINS	MD	Grupo electrógeno	GE01

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Fuente: Norma ISO 14224

Se deben de recopilar de manera organizada y estructurada. Las categorías superiores de datos del equipo.

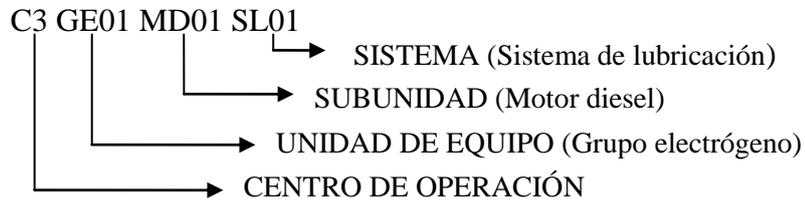
Tabla 3-4: Subdivisión de la unidad del equipo - Generador eléctrico

UNIDAD DE EQUIPO	GENERADOR ELÉCTRICO FG WILSON P 300 – C3GE01 - (GE)					
SUB-UNIDAD	Motor Diesel (MD)			Alternador Eléctrico (AE)		Control y Monitoreo (CM)
SISTEMA	Sistema de lubricación (SL)	Sistema de refrigeración (SR)	Misceláneos (M)	Trasmisión de energía (TE)	Generador eléctrico (GE)	Control y monitoreo (SC)
Partes Mantenibles	Reservorio, bomba con motor, filtro refrigerador, Válvulas	Conmutador térmico, Ventilador Filtro, válvula, Tubería, Bomba	Capote, aire purgado	Cojinetes, sellos de lubricación, acoplamiento al alternador	Estator, rotor de excitación, Cojinete radial, Cojinete de empuje	Control instrumentación actuador, monitoreo

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Fuente: Norma ISO 14224 / Notas informativas

Para una mejor especificación de recolección de datos analizar, siguiendo la normativa ISO 14224, se define codificación del grupo electrógeno de la siguiente manera:



4.3.2 Límites de la información

La **Figura 4-4**, indica una descripción de límites para la recopilación, fusión y análisis de los datos de Confiabilidad y Mantenimiento (RM), de esta manera se define un estándar de datos compatibles para los respectivos análisis.

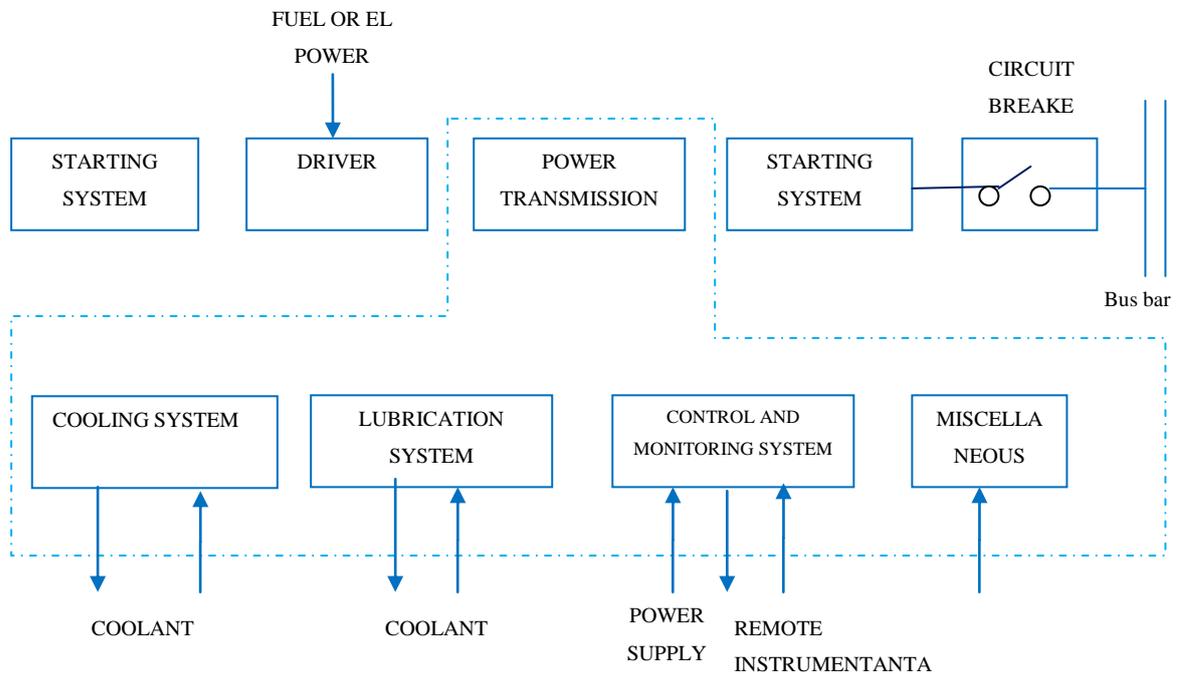


Figura 4-4: Equipment boundary – Electric generators

Fuente: Norma ISO 14224

Tabla 4-4: Datos específicos - Generador eléctrico

Nombre	Descripción	Nombre	Descripción
Generador FG WILSON P300	C3 GE01 SL01	Control de excitación	Automática
Tipo de accionador	Motor diesel (PERKINS)	Tipo de excitación	42 VCD
Acoplamiento	Fijo	Grado de protección	NEMA RG1-22 IP 22
Velocidad sincrónica	1800 RPM	Clase de aislamiento del estator	INSULATION CLASS (H)
Frecuencia	60 Hz regulables	Aumento de temperatura del estator	27 ° C
Voltaje	220 VCA – 3 fases	Factor de energía	Cos φ 0,8
Energía - diseño	224 Kw		

Fuente: Grupo electrógeno FG WILSON P300

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

4.4 Análisis y funciones

Funciones primarias.

- Suministrar el servicio continuo de energía eléctrica 220 VCA, 60 HZ, 699 Amperios.
- Garantizar la disponibilidad de operación de los sistemas, el 95% de equipos dependientes de la energía eléctrica.

Funciones secundarias

- Garantizar la producción de crianza de 320.000 pollos de engorde.
 - Abastecer de energía eléctrica de manera continua.

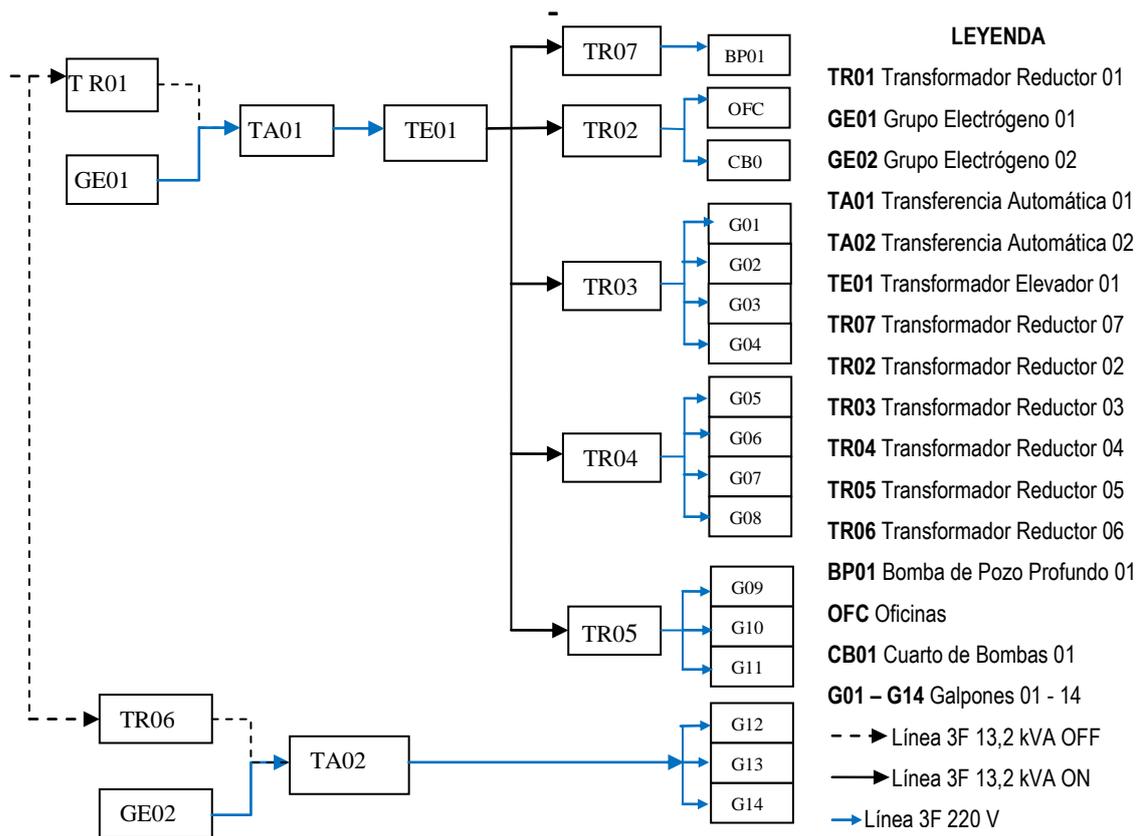


Figura 5-4: Diagrama de distribución y codificación

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

4.5 Análisis de criticidad del grupo electrógeno

Para el análisis de criticidad, se utilizará la metodología cualitativa que es de fácil manejo, que emplea la frecuencia de fallo y criterios de evaluación, que se enfocan en identificar el grado de impacto en las áreas: operacionales, verifica si existe flexibilidad operacional, evalúa el impacto en los costos de mantenimiento y el impacto en la seguridad humana y el ambiente.

El valor de criticidad total, se determina por las siguientes relaciones:

$$CRITICIDAD\ TOTAL = Frecuencia\ de\ fallos * Consecuencia$$

Ecuación [2]

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto Operacional} * \text{Flexibilidad}) + \text{Costos de Mtto} + \text{Impactos SAH}$$

Ecuación [3]

Tabla 5-4: Criterios de criticidad y su cuantificación

CRITERIOS CRITICIDAD			
Frecuencia de fallas: FF		Costos de Mantenimiento: CM	
Mayor a 2 fallas / año	4	Mayor o igual a 3.000 USD	2
1 -2 fallas / año	3	Inferior a 3.000 USD	1
0,5 a 1 Fallas / año	2	Impacto en seguridad, ambiente Higiene (SAH): ISAH	
< 0,5 Fallas / año	1		
Impacto Operacional: IO		Afecta a la seguridad humana externa como interna	8
Parada inmediata del C Operación	10	Afecta al ambiente instalaciones provocando daños irreversibles	6
Parada del sistema o subsistema y repercusión en otros sistemas	8		
Impacto a nivel de producción y calidad	5	Afecta a las instalaciones provocando daños severos	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Provoca daños menores (Accidentes, incidentes)	3
Flexibilidad Operacional: FO		Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	2
No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	4		
No hay opción de repuesto en almacén	3	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o en el ambiente	1
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: ZAVALA, M, 2016

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Las Tablas 5-4; 6-4; presentan la matriz de criterios de criticidad, descripción de los trabajos realizados y los fallos en los sistemas del grupo electrógeno datos necesarios para el análisis de criticidad.

Tabla 6-4: Trabajo realizado en los sistemas del grupo electrógeno FG-Wilson (2014)

FECHA	SISTEMA	#O/T	HORA DE FALLO	TIEMPO O INDISP .	COSTO	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO
03/12/2014	Control	285	14:30	1	\$ 600	Cambio de tarjeta de parámetros PR40
19/10/2014	Combustible	210	16:00	6	\$ 180	Flauta de succión de combustible tanque auxiliar, obstruida con suciedad
12/09/2014	Encendido	145	7:00	42	\$ 1.200	Cambio de Gobernador No permite paso de combustible a bomba de inyección
06/07/2014	Enfriamiento	116	7:00	2	\$ 320	Mantenimiento- Baqueteado de radiador
19/06/2014	Lubricación	101	9:00	6	\$ 300	Cambio de retenedor
09/05/2014	Combustible	085	15:00	24	\$ 2.500	Combustible contaminado con agua- limpieza de tanque y mantenimiento de bomba de inyección
07/04/2014	Encendido	077	13:00	5	\$ 400	Reparación de motor de arranque se cambia de escobillas
03/04/2014	Enfriamiento	072	10:00	4	\$ 90	Corrección en montaje defectuoso de ventilador
02/04/2014	Enfriamiento	071	11:30	2	\$ 350	Se suspende el termostato/ se coloca posterior a la compra
02/04/2014	Encendido	070	7:30	2	\$ 15	Se reajusta brazo de biela, se desarmo producto de la vibración
23/03/2014	Combustible	058	9:00	1	\$ 800	Se reemplaza bomba manual defectuosa de combustible
20/03/2014	Control	053	17:00	2	\$ 5	Reemplazo de fusibles de interface,
18/01/2014	Inducción	015	13:00	360	\$ 550	Cambio de AVR- 448 Generador no mantiene estabilidad (*)
22/01/2014	Inducción	018	9:00	24	\$ 12.000	Reparación emergente de bobinas- Barnizado y cambio de rodamientos
22/01/2014	Inducción	019	7:00		\$ 474	* Movimiento Generador Insonoro
Total Mantenimiento año 2014				483	\$ 19874,3	

Fuente: Averías granjas Bucay/ RMN01 Bitácora de operación

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Las figuras 6-4; - 12-4; presenta el cálculo de consecuencias y criticidad para los diferentes sistemas que forman parte del grupo electrógeno, utilizando la matriz de criterios de criticidad, de esta manera se determina e identifica los sistemas de mayor riesgo y de consecuencias que impacta en el normal funcionamiento del activo.

Cálculo de consecuencias y criticidad para el sistema de refrigeración.

Consecuencia = $(8*1)+1+6 = 15$

Criticidad = $4*15 = 60$

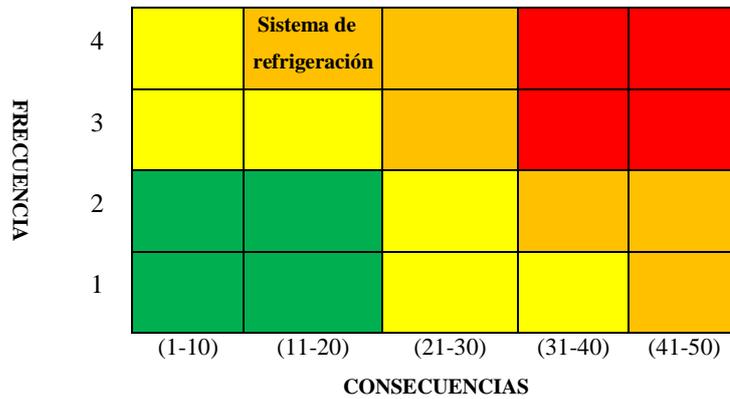


Figura 6-4: Criticidad del sistema de enfriamiento

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Calculo de consecuencias y criticidad para el sistema de lubricación

Consecuencia = $(8*3)+1+3 = 28$

Criticidad = $2*28 = 56$

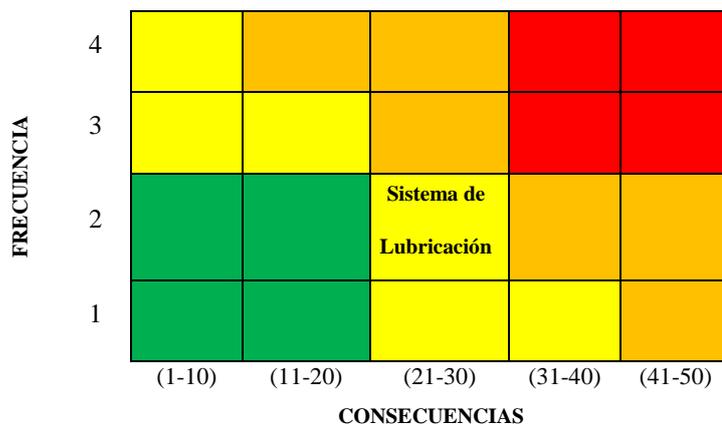


Figura 7-4. Criticidad del sistema de lubricación

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Calculo de consecuencias y criticidad para el sistema de admisión

Consecuencia = $(5*3)+1+6 = 22$

Criticidad = $1*22 = 22$

No existe registrado fallos en este sistema, sin embargo sus elementos están bajo condiciones de mantenimiento, para efecto de cálculo de análisis se considera con 1.

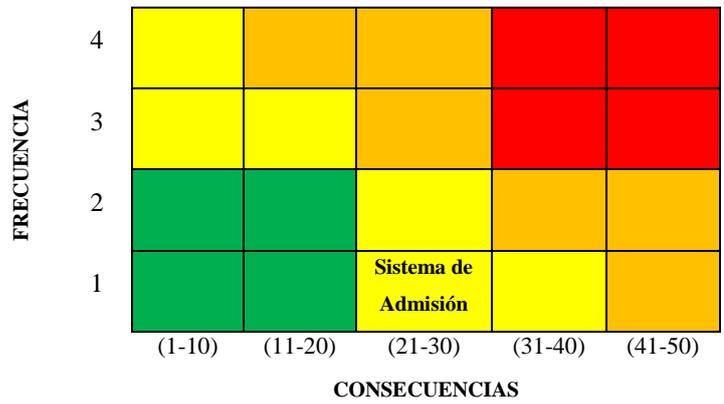


Figura 8-4. Criticidad del sistema de admisión

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Calculo de consecuencias y criticidad para el sistema de combustible

Consecuencia = $(10*3)+2+4 = 36$

Criticidad = $3*36 = 108$

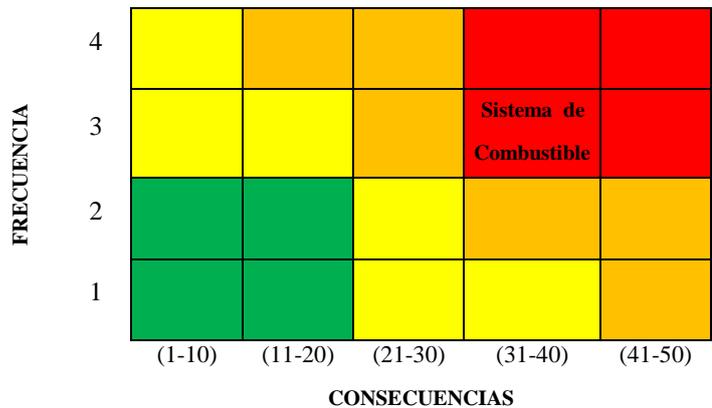


Figura 9-4. Criticidad del sistema de combustible

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Calculo de consecuencias y criticidad para el sistema de encendido

Consecuencia = $(10*1)+1+6 = 17$

Criticidad = $3*17 = 51$

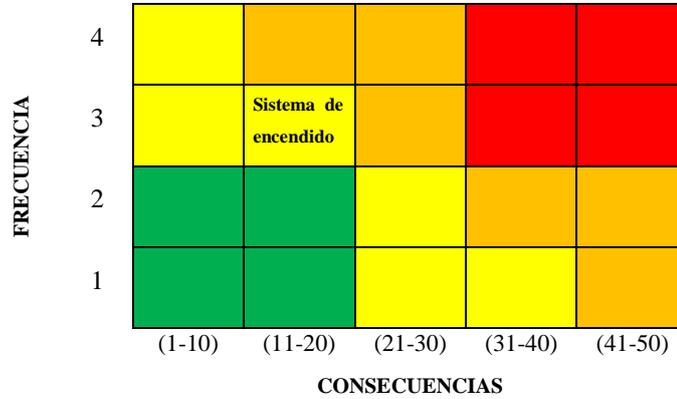


Figura 10-4. Criticidad del sistema de encendido

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Calculo de consecuencias y criticidad para el sistema de inducción

Consecuencia = $(10*3)+2+6 = 38$

Criticidad = $3*38 = 114$

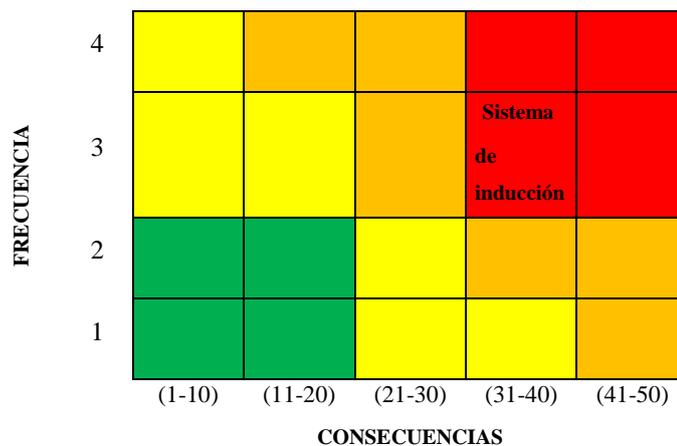


Figura 11-4. Criticidad del sistema de inducción

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Calculo de consecuencias y criticidad para el sistema de control

$$\text{Consecuencia} = (10 \times 1) + 1 + 6 = 17$$

$$\text{Criticidad} = 3 \times 17 = 51$$

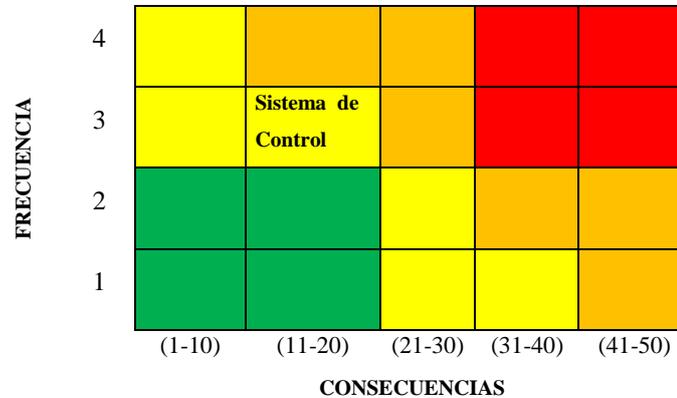


Figura 12-4. Criticidad del sistema de control

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

La Tablas 7-4 y 8-4, valoración de criticidad y análisis, presenta un resumen del análisis de criticidad de los sistemas del Grupo Electrónico FG WILSON P300. Se determina que el sistema de combustible y sistema de inducción son Muy críticos, y el sistema de lubricación en menor grado.

Tabla 7-4: Valoración de Criticidad de sistemas del grupo electrónico FG-WILSON P300

EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS DE GENERADORES ELÉCTRICOS STAND-BY (GRANJAS AVICOLAS)	Frecuencia de fallas				Impacto Operacional			Flexibilidad Operacional		Costo Mantto		Impacto en Seguridad Humana y Ambiente				Valoración					
	Mayor a 2 fallas/año	1-2 fallas / año	0,5 a 1 fallas/año	Menor a 0,5 fallas/año	Parada inmediata del generador	Parada del generador y repercusión en otros sistemas	Impacto a nivel de producción y calidad	No genera ningún efecto significativo tanto a producción y mantenimiento	No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	No hay opción de repuesto en almacén	Función de repuesto disponible	Mayor o igual a 3000 USD	Inferior a 3000	Afecta a la seguridad humana externa e interna	Afecta al ambiente causando daños irreversibles	Afecta a las instalaciones provocando daños severos	Provoca un daño ambiental cuyo efecto no viola las normas	No provoca ningún tipo de daño ni a personas, ambiente	Consecuencia	Frecuencia de fallos	CRITICIDAD TOTAL
Sistema	4	3	2	1	10	8	5	1	4	3	1	2	1	8	6	4	3	1			
Sistema de enfriamiento	4					8				1		1		6					15	4	60
Sistema de lubricación			2			8			3			1				3			28	2	56
Sistema de admisión				1			5		3			1		6					22	1	22
Sistema de combustible		3			10				3		2				4				36	3	108
Sistema de encendido		3			10					1		1		6		3			17	3	51
Sistema de inducción		3			10				3		2			6					38	3	114
Sistema de control		3			10					1		1		6					17	3	51

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Tabla 8-4: Análisis de criticidad de los sistemas del grupo electrógeno

Código	Descripción de los sistemas	Criticidad	
GE01MD01SE01	Sistema de refrigeración	Semi -Critico	Orange
GE01MD01SL01	Sistema de lubricación	Critico	Yellow
GE01MD01M01	Sistema de admisión	No critico	Green
GE01MD01M01	Sistema de combustible	Muy critico	Red
GE01MD01SC01	Sistema de encendido	Semi -Critico	Yellow
GE01AE01GE01	Sistema de inducción	Muy critico	Red
GE01CM01SC01	Sistema de control	Semi -Critico	Yellow

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

De acuerdo a la Tabla 8-4, podemos apreciar: El sistema de combustible es muy crítico debido a que: Su frecuencia de fallas es alta, que produce una parada inmediata del grupo electrógeno, no hay opción inmediata de repuesto, su costo de mantenimiento esta entre los 3000 dólares y las fallas provoca daños severos a las instalaciones. El sistema de inducción igual es muy crítico debido a que: Su frecuencia de fallas es alta, que produce una parada inmediata del grupo electrógeno, la complejidad del sistema hace que su reparación dure semanas no hay opción inmediata de repuesto, su costo de mantenimiento está entre los 12.000 dólares y afecta al ambiente poblaciones cercanas provocando daños irreversibles.

4.6 Determinación de la tasa de fallos del grupo electrógeno

La **Tabla 9-4** presenta el historial de fallos registrado en la bitácora de mantenimiento del año 2014, durante el periodo de enero a diciembre, contabilizando 14 fallos, los mismos que nos permiten calcular la tasa de fallos, a través de la siguiente ecuación [4]

$$\lambda = \frac{Tf}{Tp} \quad \text{Ecuación [4]}$$

Donde λ : tasa de fallos (fallos/horas)

Tf: número de fallos totales en el periodo de análisis

Tp: tiempo de operación (horas)

Tabla 9-4: Número de fallos de los sistemas del grupo electrógeno FG-Wilson (2014)

Equipo	Sistemas Principales	Subsistema	Equipo	Número fallas	
Grupo Electrógeno FG-WILSON P300	Motor de combustión interna (MD)	Sistema de refrigeración	Radiador Bomba de agua Ventilador	3	
		Sistema de lubricación	Bomba de aceite Enfriador de aceite Filtros	1	
		Sistema de admisión de aire	Filtro de aire Turbo cargador	0	
		Sistema de combustible	Circuito de baja presión Circuito de alta presión	3	
		Sistema de encendido	Motor de arranque Gobernador Batería Mantenedor de carga	3	
	Alternador Principal (AE)	Sistema de inducción	Rotor Estator Excitatriz de campo Deflector y rodamientos Caja de conexión	1	
		Sistema de regulación Voltaje	Tarjera de regulación de voltaje Diodos rectificadores	1	
	Control (CM)	Sistema de control	Tarjeta de parámetros Sensores Cableado Módulo de interface	2	
	TOTAL DE FALLOS REGISTRADOS				14

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

$$\lambda = \frac{Tf}{Tp} = \frac{14 \text{ fallos}}{600 \text{ horas}} = 0,0233 \text{ fallos/hora}$$

Los grupos electrógenos tipo Stand by, están diseñados para trabajar 600 horas /año, para el análisis se considera este tiempo de operación (Tp).

4.7 Análisis del Modo de Fallo y Efectos (AMFE)

Tabla 10-4: Análisis de modos de fallo y efectos de fallo del sistema de refrigeración

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	Sistema	Sistema N°	Facilitador:	Fecha:	Hoja N°
	Grupo electrógeno FG WILSON P300	C2GE01	M. Zavala	11/07/2016	1
	Subsistema	Subsistema N°	Fiscalizador:	Fecha:	de
	Motor Diesel / Sistema de refrigeración	C2GE01MD01	D. Navas	11/07/2016	1
Función (F)	Falla funcional (FF)	Modo de fallo (FM)	Efectos de fallo		
1	A	1	Bomba de agua dañada	Incremento inmediato de temperatura, el generador se apaga a causa de recalentamiento del motor	
		2	Bandas viejas o rotas	Generador opera poco tiempo, el generador se apaga a causa de recalentamiento del motor	
		3	Sin refrigerante o escasa cantidad del mismo	Radiador roto, fuga de refrigerante, el generador se apaga a causa de recalentamiento del motor	
		4	El refrigerante rebosa a grandes cantidades por la tapa a 10 minutos de encendido	El termostato no está funcionando adecuadamente, bloquea el paso del agua por encontrarse remordido.	
	B	1	Acumulación de partículas de aceite en panel de radiador	Cuando el generador opera más de 3 horas y supera el 65 % de su capacidad existe incremento de temperatura	
		2	Ventilador gira a pocas revoluciones	Las bandas del ventilador se encuentran desgastadas viejas o mal seleccionadas	
		3	Impulsor de bomba desgastado	No bombea la cantidad suficiente de refrigerante, el generador trabaja con altas temperaturas	
		4	Termostato con fallas	La temperatura varía constantemente	
Evacuar el calor de las partes críticas y mantener al motor a una temperatura de 82°C, con el propósito de alcanzar al 80% de su capacidad nominal					

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

La Tabla 10-4, muestra el AMFE aplicado al sistema de refrigeración en donde se ha determinado que existe, dos tipos de fallas funcionales, ocho modos y efectos falla que hacen que el sistema no cumpla la función de evacuar el calor de las partes críticas y mantener al motor a una temperatura de 82°C, con el propósito de alcanzar al 80% de su capacidad nominal.

Tabla 11-4: Hoja de decisión del RCM del sistema de refrigeración.

HOJA DE DECISIÓN DEL RCM			Sistema							Área N°			Facilitador:		Fecha:		Hoja N°								
			Grupo electrógeno FG WILSON P300							C2GE01			Ing. Marco Zavala		11/07/2016		1								
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias							Acciones a falta de			Tarea Propuesta		Frecuencia Inicial		A realizarse por								
			H1		H2		H3			S1			S2		S3		O1		O2		O3		H4		H5
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	Tarea Propuesta		Frecuencia Inicial		A realizarse por								
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de bomba de agua		4000 Horas		Proveedor de servicios								
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de bandas desgastadas, viejas o rotas		1200 Horas		Técnico Mantenimiento								
1	A	3	S	N	N	N	N	N	S				Cambio de refrigerante		500 Horas		Técnico Mantenimiento								
1	A	4	S	N	N	N	N	N	S				Cambio de termostato		2000 Horas		Técnico Mantenimiento								
1	B	1	S	N	N	S	N	S	N				Baqueteado de radiador		800 Horas		Proveedor de servicios								
1	B	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de bandas desgastadas, viejas o rotas		500 Horas		Técnico Mantenimiento								
1	B	3	S	N	N	S	N	N	S				Baqueteado de radiador		800 Horas		Proveedor de servicios								
1	B	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de termostato		2000 Horas		Técnico Mantenimiento								

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

La tabla 11-4, muestra la hoja de decisión del sistema de refrigeración, las tareas propuestas se desarrolla para los ocho modos de fallo, que afectan al sistema de refrigeración, las nuevas frecuencias de mantenimiento son determinadas por, frecuencias de fallo presentadas por este sistema, se designa un responsable de ejecución de las actividades. Estas acciones nos llevan alcanzar los 82 °C, requeridos.

Tabla 12-4: Análisis de modos de fallo y efectos de fallo del sistema de combustible.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Sistema	Sistema N°	Facilitador:	Fecha:	Hoja N°
		Grupo electrógeno FG WILSON P300	C2GE01	Ing. Marco Zavala	11/07/2016	1
		Subsistema	Subsistema N°	Fiscalizador:	Fecha:	de
		Motor Diesel /Sistema de combustible	C2GE01SC01	Ing. David Navas	11/07/2016	1
Función		Falla funcional	Modo de fallo		Efectos de fallo	
2	Llevar combustible (Diésel) desde el tanque de combustible auxiliar hasta la bomba inyectora	A Incapaz de conducir diesel hacia la bomba de inyección	1	Bloqueo de cañerías de alimentación	Cañerías de succión obstruidas a causa de lodos propios del diesel industrial	
			2	Combustible contaminado	Generador se apaga, presencia de agua en combustible produce daños severos a la bomba de inyección	
			3	Sin combustible o escasa cantidad	Tanque vacío, el generador prende pero se apaga a los pocos minutos de operación	
			4	Manipular la bomba de combustible cada vez que se requiere del generador	El generador realiza 3 intentos de encendido sin lograr prender, bomba manual dañada	
	B Transfiere combustible a menos de 2 bares de presión		1	Existe fluctuaciones al momento de funcionar	Filtro de combustible obstruido, el diesel circula con dificultad	
			2	Existe fluctuaciones al momento de funcionar	Pre filtro decantador de combustible mal colocado o mal ajustado existe ingreso de aire, el generador funciona ineficientemente	
			3	Generador funciona ineficientemente	Bomba manual o auxiliar averiada, incapaz de mantener la presión requerida	
			4	Bomba de inyección defectuosa	Generador no funciona eficientemente, emana excesiva cantidad de humo	

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

La Tabla 12-4 muestra el AMFE aplicado al sistema de combustible en donde se ha determinado que existe, dos tipos de fallas funcionales, ocho modos y efectos falla que hacen que el sistema no cumpla la función de conducir combustible desde el tanque auxiliar hasta la bomba inyectora de presión.

Tabla 13-4: Hoja de decisión RCM del sistema de combustible.

HOJA DE DECISIÓN DEL RCM			Sistema				Área N°				Facilitador:		Fecha:		Hoja N°				
			Grupo electrógeno FG WILSON P300				C2GE01				Ing. Marco Zavala		11/07/2016		1				
			Subsistema				Cód. Sistema				Fiscalizador:		Fecha:		de				
			Motor Diesel / Sistema de combustible				C2GE01SC01				Ing. David Navas		11/07/2016		1				
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acciones a falta de				Tarea Propuesta		Frecuencia Inicial		A realizarse por	
							S1	S2	S3										
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4							
2	A	1	S	N	N	S	N	S	N				Limpieza de tanque principal y auxiliar		500 Horas		Técnico Mantenimiento		
2	A	2	S	N	S		S						Control de calidad de combustible, según procedimiento		Mensual		Bioseguridad (Operador)		
2	A	3	N				S						Control de calidad de combustible, según procedimiento		Semanal		Bioseguridad (Operador)		
2	A	4	S	N	N	N	N	N	S				Mantenimiento /o remplazo de bomba manual de combustible, según condición		4000 Horas		Proveedor de servicios		
2	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de filtros de combustible		400 Horas		Técnico Mantenimiento		
2	B	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de filtros de combustible		400 Horas		Técnico Mantenimiento		
2	B	3	S	N	N	S	N	N	S				Remplazo de bomba manual		4000 Horas		Proveedor de servicios		
2	B	4	S	N	N	S	S	N	N				Reparación de bomba de inyección		4000 Horas		Proveedor de servicios		

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

La tabla 13-4, muestra la hoja de decisión del sistema de combustible, las tareas propuestas se desarrolla para los ocho modos de fallo, que afectan al sistema de combustible, las nuevas frecuencias de mantenimiento son determinadas por, histórico de fallo, experiencia, presentadas por este sistema, se designa un responsable de ejecución de las actividades cumpliendo procedimientos seguros de recepción de combustible. Estas acciones nos llevan a que el sistema cumpla la función de conducir combustible de buenas condiciones hasta la bomba de inyección.

Tabla 14-4: Análisis de modos de fallo y efectos del sistema de inducción eléctrica.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	Sistema	Sistema N°	Facilitador:	Fecha:	Hoja N°
	Subsistema	Subsistema N°	Fiscalizador:	Fecha:	de
	Grupo electrógeno FG WILSON P300	C2GE01	M. Zavala	11/07/2016	1
	Alternador/Sistema de inducción eléctrica	C2GE01GE01	D. Navas	11/07/2016	1
Función	Falla funcional	Modo de fallo		Efectos de fallo	
3 Generar energía eléctrica con una potencia de 266 kVA a 220 VCA a 699 Amperios, para suministrar a las granjas avícolas	A Incapacidad de generar energía eléctrica	1	Generador se apaga al momento de hacer transferencia eléctrica	Bobinas del alternador con bajo aislamiento eléctrico, posiblemente con alto contenido de humedad en las bobinas, los niveles de aislamiento son mínimos. La operación se detiene inesperadamente, el tiempo de recuperación de las bobinas es de dos semanas, el tiempo medio de ocurrencias es cada 5 años. El costo de reparación supera los 10000 USD	
		2	Fallas en fusibles de interface	Generador se apaga a 5 minutos de encendido.	
		3	Motor de combustión de reparación	La potencia entregada por el motor no es la suficiente para entregar la potencia del alternador diseñada	
	B Generación defectuosa. No genera la potencia necesaria	1	Variación de voltaje de generación	Falla de los diodos rectificadores, no existe un voltaje de servicio estable	
		2	Tarjeta reguladora de voltaje inestable (AVR)	Puede existir variación de voltaje inferior a los 100V o superior a 140 sin opción a la calibración	
		3	Bobinas de campo con bajo aislamiento	El generador entrega un voltaje menor a lo requerido, el tablero de transferencia no permite el paso de voltaje	
		4	Frecuencia de voltaje < a 56 HZ	Solenoides de aceleración mal calibrada, o falla en la bobina de solenoide	

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

La Tabla 14-4 muestra el AMFE aplicado al sistema eléctrico del grupo electrógeno, sistema de inducción en donde se ha determinado que existe, dos tipos de fallas funcionales, siete modos y efectos de falla que hacen que el sistema no cumpla la función de generar energía eléctrica a 266 kVA, necesarios para suministrar a la granja de producción avícola, dependiente de este suministro.

Tabla 15-4: Hoja de decisión del RCM del sistema de Inducción eléctrica.

HOJA DE DECISIÓN DEL RCM			Sistema Grupo electrógeno FG WILSON P300							Área N° C2GE01			Facilitador: Ing. Marco Zavala		Fecha: 11/07/2016		Hoja N° 1	
			Subsistema Alternador/Sistema de inducción eléctrica							Cód. Sistema C2GE01GE01			Fiscalizador: Ing. David Navas		Fecha: 11/07/2016		de 1	
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acciones a falta de				Tarea Propuesta	Frecuencia Inicial	A realizarse por		
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3	H4				H5	S4
3	A	1	S	N	N	S	S									Análisis de aislamiento de bobinas / P. OFF-LINE	1200 Horas / Anual	Proveedor de servicios
3	A	2	S	N	N	N	N	N	S							Cambio de fusibles	Sin frecuencia	Técnico Mantenimiento
3	A	3	N				N	N	N	S						Mantenimiento preventivo / Recuperación de bobinas eléctricas	Según condición	Proveedor de servicios
3	A	4	N				N	N	N	S						Análisis de Vibraciones / Ferrografía	1200 Horas / Anual	Proveedor de servicios
3	B	1	S	N	N	N	N	N	S							Reemplazo de diodos rectificadores	3600 Horas	Técnico Mantenimiento
3	B	2	S	N	N	N	N	N	S							Reemplazo de tarjeta reguladora de Voltaje	3600 Horas /Según condición	Técnico Mantenimiento
3	B	3	S	N	N	N	N	N	S							Mantenimiento correctivo / Recuperación de bobinas eléctricas	3600 Horas /Según condición	Proveedor de servicios
3	B	4	S	N	N	N	N	N	S							Calibración de frecuencia	1200 Horas / Anual	Técnico Mantenimiento

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

La tabla 15-4, muestra la hoja de decisión del sistema de inducción eléctrica, las tareas propuestas se desarrolla para los siete modos de fallo, que afectan al sistema de inducción eléctrica, las nuevas frecuencias de mantenimiento son determinadas mediante mantenimiento basado en condición e inspecciones , mediante el cual se programa las actividades correctivas. Estas acciones nos llevan a que el sistema cumpla la función de suministrar energía eléctrica de este sistema.

4.8 Optimización de plan de Mantenimiento en los sistemas críticos

Del análisis desarrollado se define las nuevas frecuencias de mantenimiento, utilizando las metodologías del RCM, en grupos electrógenos FG WILSON P300, para procesos de crianza de aves de engorde.

Tabla 16-4: Plan de mantenimiento según RCM del Grupo electrógeno FG WILSON

MANTTO. PRODUCCIÓN PERCUARIA		Sistema Grupo electrógeno FG- WILSON P 300	C. Operación	Facilitador: Ing. Marco Zavala	Fecha: 11/07/2016
		Subsistema N° General	Cód. Sistema C3GE01GE01	Fiscalizador: Ing. David Navas	Fecha: 11/07/2016
Código	Componente	Actividad		Frecuencia	A realizarse por:
MD01 SE01	Sistema de enfriamiento	Mantenimiento /Cambio de bomba de agua		4000 Horas	Especialista Mecánico
		Cambio de bandas desgastadas		1200 Horas	Técnico de Granja
		Cambio de refrigerante		1200 Horas	Técnico de Granja
		Cambio de termostato		3200 Horas	Técnico de Granja
		Cambio swiche de temperatura		3200 Horas	Técnico de Granja
		Baqueteado de radiador		1200 Horas	Especialista Mecánico
		Cambio de mangueras de presión		3200 Horas	Técnico de Granja
		Inspección visual ; Temperatura, control de nivel y fugas de refrigerante, estado de bandas		Semanal	Técnico de Granja
		Medición y tensión de bandas		600 Horas	Planer Mantenimiento Técnico de Granja
D01 SL01	Sistema de lubricación	Cambio de aceite y filtros		400 Horas	Técnico de Granja
		Inspección visual ; Temperatura, Control de nivel de aceite y fugas		Semanal	Técnico de Granja
		Análisis de aceite – Presión de bomba		1200 Horas	Especialista Mecánico
MD01 M01	Sistema de combustible	Limpieza de tanque principal y auxiliar		800 Horas	Técnico de Granja Op. Bioseguridad
		Control de calidad de combustible, según procedimiento, mantener siembre al 90%		Semanal	Técnico de Granja Op. Bioseguridad
		Mantenimiento /o remplazo de bomba manual de combustible, cañerías, según condición		4000 Horas	Especialista Mecánico
		Cambio de filtros de combustible		600 Horas	Técnico de Granja
		Medición de circuito de baja presión, mantenimiento / Cambio de cañerías		1200 Horas	Planer Mantenimiento Especialista Mecánico
		Mantenimiento /o remplazo de bomba manual de combustible, inyectores según condición		4000 Horas	Especialista Mecánico
AE01 GE01	Sistema de inducción	Análisis de aislamiento (Pruebas OFF-LINE)		1200 Horas	Especialista Eléctrico
		Análisis de Termografía./ Vibraciones		1200 Horas	Planer Mantenimiento
		Inspección visual; Temperatura, Control de parámetros, voltaje, frecuencia, potencia.		Semanal	Técnico de Granja

Realizado por: Zavala, Marco, 2016

La tabla 16-4, hace referencia a las actividades de mantenimiento preventivo derivadas del análisis, en el cual se determina actividades de mantenimiento a los sistemas determinados como críticos, partiendo desde las básicas que son inspecciones hasta la aplicación del mantenimiento basado en condición, los mismos que están desarrolladas en una determinada frecuencia. De acuerdo a históricos de fallos se ha determinado el remplazo de elementos según condiciones.

Tabla 17-4: Tareas básicas de mantenimiento preventivo de sistemas No Críticos.

MANTTO. PRODUCCIÓN PERCUARIA		Sistema Grupo electrógeno FG- WILSON P 300	C. Operación	Facilitador: Ing. Marco Zavala	Fecha: 11/07/2016
		Subsistema N° General	Cód. Sistema C3GE01GE01	Fiscalizador: Ing. David Navas	Fecha: 11/07/2016
Código	Componente	Actividad		Frecuencia	A realizarse por:
MD01 M01	Sistema de Admisión	Cambio de filtro de aire, limpieza		800 Horas	Técnico de Granja
		Análisis Termográfico turbo cargador		600 Horas	Planer Mantenimiento
		Mantenimiento de Turbo cargador		4000 Horas	Especialista Mecánico
		Cambio de termostato		3200 Horas	Técnico de Granja
		Inspección visual ; Sonidos anormales, revisión de fugas de aceite		Semanal	Técnico de Granja
MD01 SC01	Sistema de Encendido	Reemplazo de baterías y relé de arranque		1200 Horas	Técnico de Granja
		Inspección visual; niveles de agua en baterías, Voltaje de cargador, pruebas de arranque, funcionamiento de selectores.		Semanal	Técnico de Granja
		Mantenimiento de motor de arranque alternador de baterías,		2400 Horas	Especialista Mecánico
CM01 SC01	Sistema de control	Inspección visual; test de lámparas, funcionamiento de alarmas, funcionamiento de medidores (V-A-P-Hz- Horómetro)		Semanal	Técnico de Granja
		Control de fusibles en buen estado, Cableado, Reajuste de contactos		800 Horas	Técnico de Granja
		Reemplazo de tarjeta AVR – Parámetros, según condición		3200 Horas	Especialista Mecánico

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

La tabla 17-4, detalla las actividades de mantenimiento preventivo en tres sistemas determinados como no críticos, sin embargo no dejan de ser importantes razón por la

cual se detallan inspecciones de parámetros de importancia para el normal funcionamiento del grupo electrógeno FG WILSON P300, las actividades hacen énfasis en remplazo de elementos comunes de acuerdo a su vida útil y de acuerdo a condiciones.

4.9 Evaluación de la tasa de fallos posterior a la implementación del RCM.

La **Tabla 18-4** presenta el historial de fallos registrado en la bitácora de mantenimiento del año 2015, durante el periodo de enero a diciembre, contabilizando 9 fallos, los mismos que nos permiten calcular la tasa de fallos.

Tabla 18-4: Trabajos realizados en sistemas del grupo electrógeno año 2015

FECHA	SISTEMA	#O/T	HORA DE FALLO	TIEMP. INDISP.	COSTO	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO
03/02/2015	Control	97	7:20	4	70	Cambio de pulsador de emergencia, pulsador defectuoso
26/03/2015	Enfriamiento	120	11:30	2	80	Se cambia cañerías de temperatura
04/05/2015	Lubricación	145	7:00	6	380	Cambio de retenedor
27/05/2015	Control	171	7:00	1	95,4	Remplazo de Swiche de presión de aceite
27/07/2015	Combustible	257	9:00	2	1050	Reemplazo de bomba manual de combustible
30/08/2015	Control	275	15:00	1	15	Se remplaza fusibles de modulo de interface
01/11/2015	Encendido	320	13:00	1,5	100,51	Se cambia terminal de alternador, existe recalentamiento
15/11/2015	Combustible	356	9:00	2	100	Se remplaza cañería de sistema de baja presión, por deterioro
16/12/2015	Enfriamiento	450	8:00	1,5	50	Se desmonta radiador, se lava con desengrasante, existe partículas de aceite en los panel, obstruye buen funcionamiento
Total Mantenimiento año 2015				21	1940,9	

Fuente: Averías granjas Bucay
Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Se procede a la evaluación de las tasa de fallos en base a los nueve (9) fallos ocurridos, el número de horas para un generador tipo Stand By, es de 600 horas año. Periodo de horas determinadas para el análisis.

$$\lambda = \frac{Tf}{Tp} \quad \text{Ecuación [4]}$$

$$\lambda = \frac{9 \text{ fallos}}{600 \text{ horas}}$$

$$\lambda = 0,015 \text{ fallos/hora}$$

La figura 13-4, hace relación al número de fallos registrados en el año 2014 y 2015, en el cual se evidencia una reducción de número de fallos para el año 2015, año en el que se implementó el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

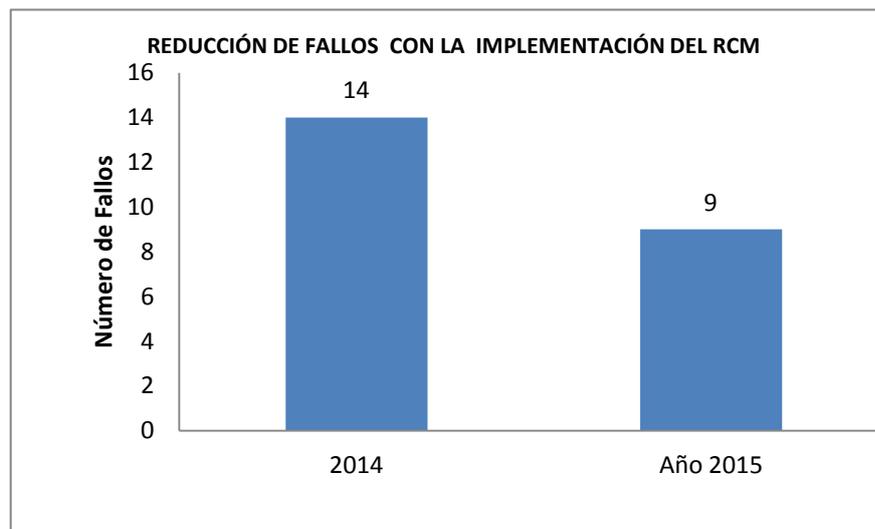


Figura 13-4. Fallos registrados posteriores a la implementación del RCM

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Fuente: MPP-MN01-F07 CONTROL DE CORTES EE -CONSUMO DIESEL P-300

La tasa de fallos registrada en el año 2014 fue de 0,0233 fallos hora, en el año 2015 se registran 0,015 fallos/horas, lo que nos indica que existe un decremento del 36% de la tasa de fallo en relación al año 2014. Demostrando de esta manera que la implementación de los criterios del RCM, reducen la tasa de fallos cumpliendo con la hipótesis planteada.

El desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo acorde al contexto operacional del grupo electrógeno, la aplicación de herramientas tecnológicas (Análisis de aceite, Termografía, pruebas OFF-Line), la identificación de sistemas críticos, el desarrollo de conocimientos en el equipo de trabajo y la creación de un armario de emergencias con repuestos de alta rotación emergentes, han aportado en la reducción de la tasa de fallos.

La figura 14-4, hace referencia a la reducción del año 2014 y año 2015, año en que se implementa los criterios del RCM.

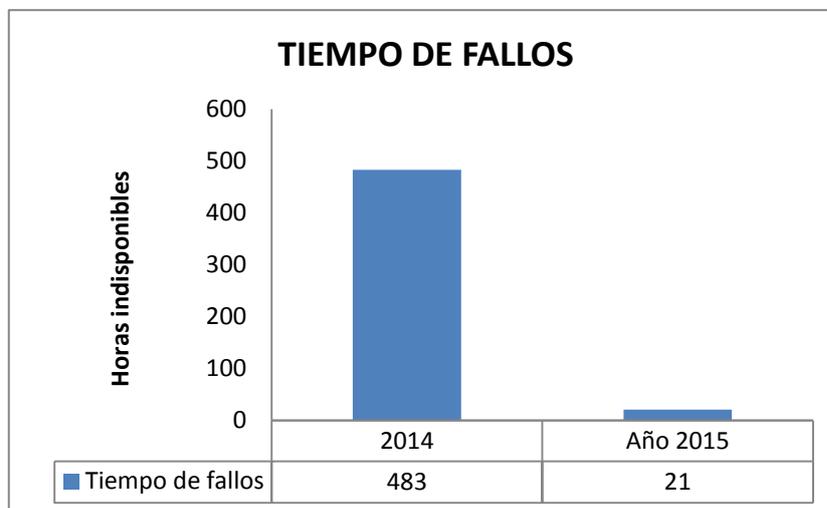


Figura 14-4. Tiempo de fallos posteriores a la implementación del RCM

Realizado por: Zavala, Marco, 2016

Fuente: MPP-MN01-F07 CONTROL DE CORTES EE -CONSUMO DIESEL P-300

En el año 2014 se determinó 483 horas el grupo electrógeno estuvo fuera de servicio, en el año 2015 se reduce a 21 horas, las actividades de mantenimiento realizadas fueron en base a condiciones de los elementos en las cuales algunos elementos fueron reemplazados, razón por la cual no existió una afectación a la producción. De esta manera se puede determinar que existe una reducción de 96% de indisponibilidad del grupo electrógeno FG WILSON P300.

Es de importancia determinar los repuestos críticos y emergentes de alta rotación, su permanencia y reposición inmediata de los mismos en el armario de emergencia contribuyen en disminuir los tiempos de reparación.

4.10 Ejecución de actividades del RCM.

Después de haber obtenido los análisis de Criticidad, análisis de modos y efectos de fallas, se elaborará el nuevo plan mantenimiento preventivo, donde las herramientas anteriores nos dieron la pauta para los sistemas críticos de grupo electrógeno.

4.10.1 *Mantenimiento preventivo.*

Los planes de mantenimiento preventivos, bien elaborados y apropiadamente aplicados producen beneficios que sobrepasan los costos. Las ventajas más importantes son las siguientes.

- Reducción de paradas imprevistas del grupo electrógeno
- Menor necesidad de reparaciones correctivas.
- Menor costo de mantenimiento.
- Ejecución de mantenimientos programados, control de repuestos y equipos.
- Planificar tareas según la condición. La mayor parte de fallos dan aviso cuando estos van a ocurrir, o que están en proceso de ocurrir.

Frecuencias de las inspecciones

La frecuencia es un aspecto muy importante para lograr una buena programación de mantenimiento preventivo, la fijación de las frecuencias son las que influyen preponderadamente en los costos y economía del plan de mantenimiento.

Existen dos tipos de mantenimiento relacionado a la frecuencia.

- Mantenimiento de alta frecuencia
- Mantenimiento de baja frecuencia

La **Tabla 19-4**, lista de chequeo diario. Genera un reporte diario de variables fácilmente identificables en la operación del generador como son; las temperaturas, frecuencias, voltaje, amperaje, con el fin de detectar alguna situación inusual del grupo electrógeno.

El plan de mantenimiento diseña una ruta de inspección que se ajusta de acuerdo al análisis de la hoja de decisiones, experiencia y criterios de los integrantes del GNT. Esta información hace fácil la búsqueda de los estados del componte del equipo a inspeccionar, esta información necesaria para planificar trabajos programados que pueden prevenir paros imprevistos y daños en el equipo. (Pinzón, 2011)

Tabla 19-4: Registro de inspección de alta frecuencia.

	CONTROL Y OPERACIÓN DE PRUEBAS DE GRUPOS ELECTRÓGENOS MANTENIMIENTO PRODUCCIÓN PECUARIA MPP-F06 FORMATO DE INSPECCIONES GRUPO ELECTRÓGENO										CODIGO: MPP-F06
											VERSIÓN : 02
											FECHA:
NEGOCIO:..... CENTRO OPERACIONES:..... TÉCNICO:..... EJECUTOR:.....					GRUPO ELECTROGENO:..... CÓDIGO DE EQUIPO:..... MARCA:..... MODELO:..... POTENCIA:..... SERIE:.....						
PARAMETROS:		MES:.....									
		HORÓMETRO INICIAL:.....					HOROMETRO FINAL:.....				
DÍA DE REVISIÓN	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
HORA DE INSPECCIÓN											
HORÓMETRO											
NIVEL DE REFRIGERANTE											
NIVEL DE ACEITE											
NIVEL DE COMBUSTIBLE											
NIVEL AGUA DE BATERIAS											
CARGADOR – VOLTAJE (VCD)											
CALENTADOR DE AGUA											
LECTURA DE HOROMETRO											
TEST DE LÁMPARAS											
PRUEBA DE GENERADOR (ON)											
VOLTAJE											
FRECUENCIA											
AMPERAJE											
TEMPERATURA MOTOR											
TEMPERATURA ALTERNADOR											
OBSERVACIONES:.....											
..... ELABORADO POR					 REVISADO POR					

Fuente: ZAVALA, M, 2016

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

- Mantenimiento de alta frecuencia:** se denominan como programas de alta frecuencia aquellos que se realizan con frecuencia de hasta una semana. Estos programas generalmente se considera en tareas de prevención y búsqueda de fallas simples. Tienen un bajo contenido de trabajo y se pueden ejecutarse rápidamente. La mayoría puede llevarse a cabo mientras el generador está operando. Se basan especialmente en la inspección visual y condiciones de operación del generador.

- **Mantenimiento de baja frecuencia:** Son aquellos que se realizan con intervalo de mes a mes o más. En nuestro caso se deben ejecutar cuando las granjas se encuentran vacías. Estas en su mayor parte son realizadas con proveedores calificados.

4.10.2 *Mantenimiento Basado en Condición (MBC).*

La implementación del plan de Mantenimiento Basado en Condición, consiste en la monitorización de las condiciones mecánicas, eléctricas, rendimiento de operación y otros indicadores que nos permitan asegurar el mayor tiempo de reparaciones y número de costes de las paradas ocasionadas por los fallos en el sistema.

El mantenimiento basado en condición nos ofrece optimizar recursos, debido a que las tareas de mantenimiento se programan de acuerdo al estado de los equipos y si en verdad lo amerita, de igual manera mediante estos análisis se puede determinar la evolución de los fallos de manera de planificar una parada previa coordinación con producción, las ventajas se citan a continuación. (Pinzón, 2011)

- Conocer el estado de equipo y del proceso en todo momento.
- Predecir posibles fallos, planificando la reparación programada.
- Incrementar la disponibilidad.
- Garantizar la producción y la calidad.
- Tomar decisiones a tiempo.
- Participar en procesos de proyectos con el fin de alertar de posibles fallos identificados.
- Diseñar un plan de mantenimiento de acuerdo al contexto operacional.

La **Tabla 20-4;** Indica una frecuencias de actividades de mantenimiento preventivo, desarrollado al contexto operacional del grupo electrógeno, las frecuencias se encuentran bajo análisis, de disminuir o aumentar las frecuencias de mantenimientos respaldada con el levantamiento continuo de datos, en caso de reajustes se realizará los necesarios de acuerdo a los criterios del Grupo Natural de Trabajo.

Tabla 20-4: Registro de inspección de baja frecuencia.

		FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - PREDICTIVO GRUPOS ELECTRÓGENOS MANTENIMIENTO PRODUCCIÓN PECUARIA														CODIGO: MPP-F07 VERSIÓN : 02 FECHA:			
NEGOCIO:..... CENTRO DE OPERACIÓN:..... RESPONSABLE:..... EJECUTOR:.....		GRUPO ELECTROGENO:..... CÓDIGO DE EQUIPO:..... MARCA:..... MODELO:..... POTENCIA.....										ACTIVIDADES MANTTO. PREDICTIVO							
												ANÁLISIS DE ACEITE PRUEBAS OFF -LINE TERMOGRAFÍA PROCEDIMIENTO RECP. COMBUSTIBLE ANÁLISIS DE VIBRACIONES							
SISTM.	SUBSISTEMAS	ACTIVIDAD	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO HORAS																
			400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200	3600	4000	4400	4800	5200	5600	6000	6400	6800
MOTOR	ENFRIAMIENTO	BAQUETEADO RADIADOR			X				X				X				X		
		CAMBIO /AJUSTE DE BANDAS			X				X				X				X		
		CAMBIO REFRIGERANTE			X				X				X				X		
		MANTTO/ BOMBA DE AGUA											X						X
		CAMBIO MANGU. DE PRESIÓN									X								
	LUBRICACIÓN	CAMBIO DE ACEITE-FILTROS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		ANÁLISIS DE ACEITE / BOMBA			X				X			X			X			X	
	ADMISIÓN	CAMBIOFILTRO DE AIRE			X				X			X			X			X	
		MANTTO. DESCARBO. TURBO											X						
	COMBUSTIBLE	LIMPIEZA TANQUE AUX.		X		X			X		X			X		X		X	
CAMBIO FILTRO COMBUSTIBLE		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MANTTO. BOMBA INYECCIÓN												X							
PROC. RECP. COMBUST		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
ENCENDIDO	MANTTO. BOMBA MANUAL											X							
	MOTOR DE ARRANQUE							X											
	REPLAZO DE BATERIAS			X															
ALTERNADOR	INDUCCIÓN	MANTENEDOR DE CARGA							X										
		GOBERNADOR							X										
		MANTENIMIENTO ROTOR - ESTATOR										X							
		MANTTO. EXITATRIZ DE CAMPO										X							
		DEFLECTOR Y RODAMIENTOS										X							
CONTROL	CONTROL	PRUEBAS OFF - LINE		X		X			X		X		X		X		X		
		CAMBIO TARIETA AVR - DIODO			X						X		X		X		X		
		TARJETA DE PARÁMETROS									X							X	
GRUPO ELECTRÓGENO		MODULO INTERFASE- SENSORES								X							X		
		ANÁLISIS DE VIBRACIONES			X				X			X			X			X	
		TERMOGRAFÍA			X				X			X			X			X	

Fuente: ZAVALA, M, 2016
 Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Termografía infrarroja (Análisis térmico de componentes)

Las cámaras termográficas por infrarrojos son la primera línea de defensa en un programa de mantenimiento basado en condición. Los cambios de temperatura son un parámetro clave en el control de equipos y dado que la Termografía no necesita contacto, los técnicos pueden medir rápidamente la temperatura de los equipos sin interrumpir su funcionamiento. La Termografía destaca en la medida de unidades frente a la medida de puntos.

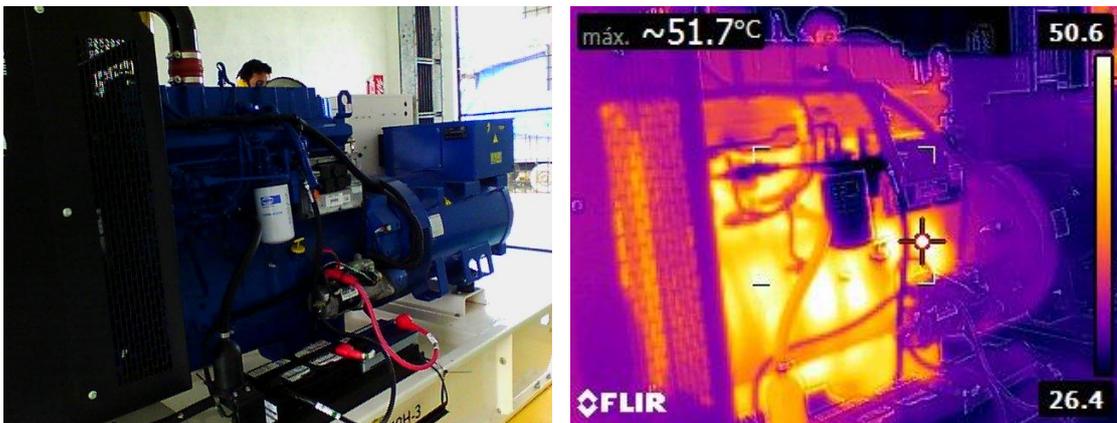


Figura 15-4: Mantenimiento Predictivo - Termografía

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

De la temperatura medida se compara con valores referentes, los mismos que se categorizan según los criterios de criticidad demostrada en la Figura 16-4. Las acciones se ejecutan de acuerdo al grado de criticidad establecido.

 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO PRODUCCION PECUARIA INFORME DE INSPECCIÓN TERMOGRAFICA					
Criterios de severidad (basados en aumento de temperatura con respecto a un punto de relación)					
NORMAL	SEMI-LEVE	LEVE	SEVERO	SEMI-CRITICO	CRITICO
P0	P1	P2	P3	P4	P5
Continuar monitoreo programado	Investigue posible incremento	Medidas correctivas se deben tomar en el próximo período de mantenimiento	Medidas correctivas requieren una programación	Medidas correctivas necesarias con urgencia	Medidas correctivas necesarias inmediatamente
< 5 °C	De 5 a 10 °C	De 10 a 15 °C	De 15 a 20 °C	De 20 a 25 °C	> 25 °C

Figura 16-4: Mantenimiento Predictivo- Categorización análisis Termográfico

Fuente: PRONACA-Departamento PP

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Análisis de aceite (Parámetros de degradación)

La finalidad de los lubricantes es crear una fina película de aceite con el fin de reducir el rozamiento entre superficies con movimientos relativos entre ellas, reduciendo el desgaste a los valores mínimos posibles. (Pinzón, 2011)

- Controlar la fricción
- Controlar el desgaste
- Controlar las temperaturas
- Controlar la contaminación
- Transmitir potencia

Para establecer el adecuado mantenimiento preventivo se establece una analítica de:

- Viscosidad
- Contenido de agua
- Alcalinidad /Detergentica
- Índices de dispersión
- Índice de contaminación con aire
- Dilución con combustible
- Metales de desgaste

Los análisis determinan el estado del aceite (Viscosidad, físico, químico) y presencia de materiales propios del desgaste de los elementos internos.

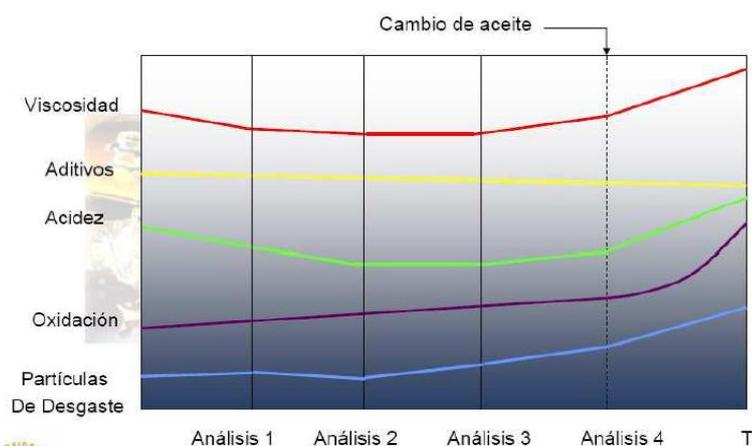


Figura 17-4: Mantenimiento Predictivo -Análisis de aceite

Fuente: PINZON, A, 201A

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

La viscosidad del aceite usado es uno de los factores más importante para determinar si un lubricante puede o no contaminar en servicio. Pruebas ASTM D-445 o estándares modificados. Se mide en Centistokes a 40°C y 100°C (Pinzón, 2011).

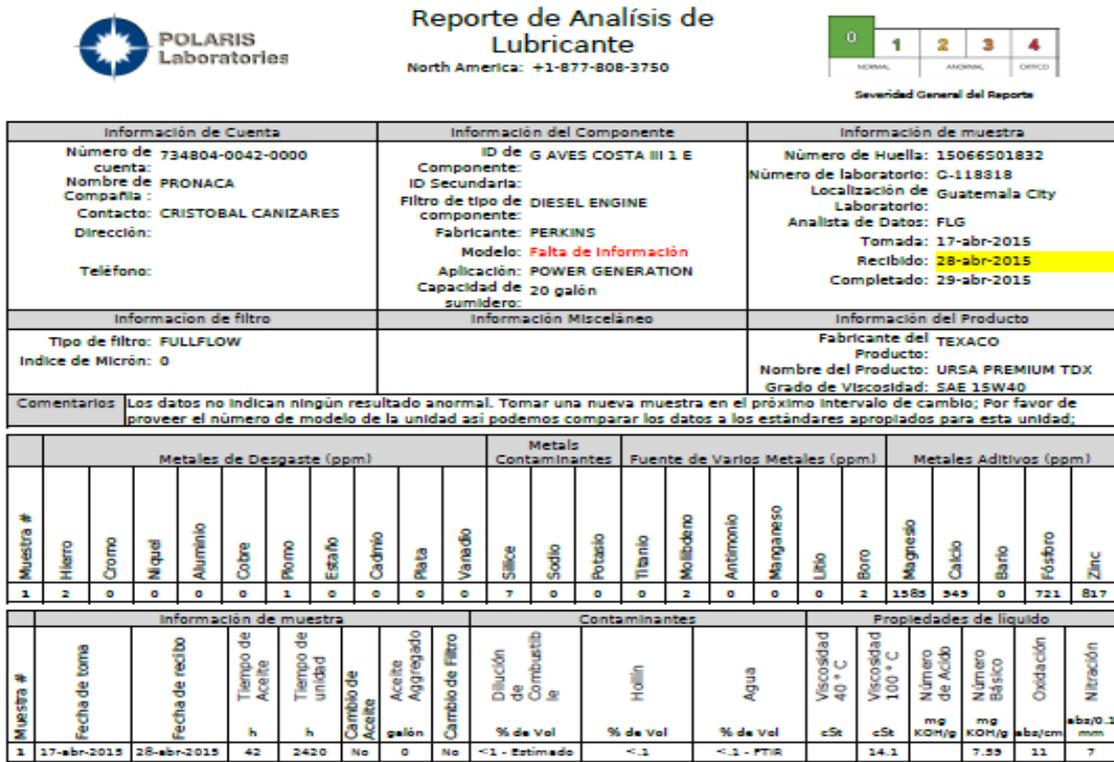


Figura 18-4: Mantenimiento Predictivo Análisis de aceite - Resultados

Fuente: PRONACA-Departamento PP

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

Se realiza análisis de aceite a los 4, 6 ,8 meses previo al remplazo, con el fin de determinar las características físicas, químicas, viscosidad y de degradación del aceite, las condiciones de desgaste interna del motor, los resultados muestran que las características químicas se encuentran en condiciones buenas aceptables hasta lo ocho (8) meses, por salvaguardar la integridad del equipo se define realizar el cambio a los 6 meses o 400 horas de operación.

Análisis Pruebas OFF-LINE

Mediante estas pruebas eléctricas se puede anticipar cualquier modo de falla que esté causando un deterioro en el motor y por ende una reducción de la vida útil. De esta forma, se detectan condiciones que de no ser atendidas desembocarían en un pobre rendimiento o en una falla inoportuna en los equipos y maquinaria.

Las fallas de un motor pueden ser las siguientes: distorsión armónica, desbalance de voltaje, falsas conexiones, humedad, contaminación, sobrecarga, defectos en el rotor, excentricidad, problemas mecánicos, etc. Estas causas actúan de diferente forma sobre el aislamiento, algunas producen calentamiento excesivo, estrés mecánico (vibración) o acción química (envejecimiento prematuro), todo ello con lleva a un deterioro del aislamiento y con ello de la vida útil del motor. De ahí la importancia de conocer en qué medida estas causas está presente en sus motores.

- Condición del aislamiento
- Condición del circuito de potencia
- Condición del estator
- Condición del entrehierro
- Condición del rotor
- Calidad del suministro de energía



Figura 19-4: Mantenimiento Predictivo Pruebas Off -Line

Fuente: PRONACA-Departamento MPP

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

INFORME DE ANALISIS ESTATICO BAKER OFF-LINE					
FECHA DE MEDICION:	21/06/2016			PRUEBA GENERADOR:	BOBINADOS INDIVIDUALES
EMPRESA:	PRONACA GRANJAS BUCAY			REVISADO POR:	ING. GALO TOAPANTA M. MAELIN
ATENCION:	ING. ANGEL MOREJON			TRABAJO REALIZADO:	PRUEBAS OFF-LINE EN SITIO
ANALISTA:	ING. MARCO ZAVALA				
	ING. GIOVANNY TOAPANTA				
REPORTE DEL SERVICIO:	MAQUINA ID:	DESCRIPCION:	GEN	AREA DE OP:	GRANJA COSTA 2
MARCA:	GENERADOR 1	KVA		CODIGO:	ACZAT01GE01
		EQUIPO UTILIZADO:			BAKER AWA IV -12
VALOR MEGOHM	CONDICION		EQUIPO		
0	P1	ATENCION INMEDIATA			
TIPOS DE PRUEBAS REALIZADAS		PRIORIDAD			
- MEGOHM	P1	AT. IN.			
- DA	P2	P. MT			
- IP	P3	OP.			
- HI-POT STEP-VOLTAGE					
- SURGE					
NORMAS APLICADAS					
- IEEE 43-2000 - EASA AR-100 - IEEE 95-1377 - NEMA MG-1 - IEEE 522-1992 - IEC 60034-1					
ANALISIS DE RESULTADOS					

Figura 20-4: Mantenimiento Predictivo – Informes Pruebas Off-Line
 Realizado por: ZAVALA, M, 2016

4.11 Análisis de costos

En la **Figura 21-4**, muestra el costo del mantenimiento de dos años analizados. Para un análisis de estimación en base a los criterios del RCM, se realiza un comparativo de costos en base a mantenimientos preventivos y correctivos con y sin RCM

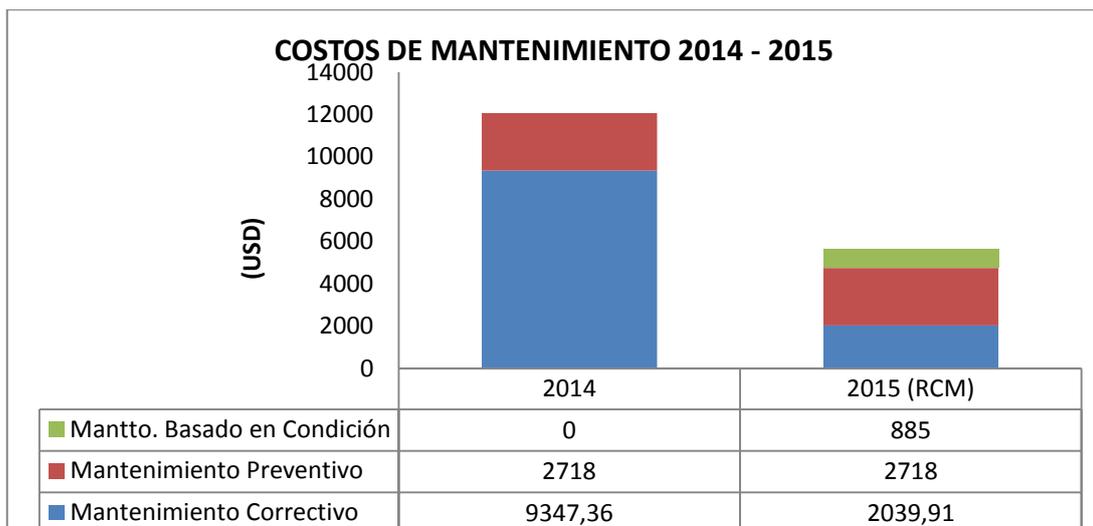


Figura 21-4. Comparativo de costos 2014-2015
 Realizado por: Zavala, Marco, 2016

En el año 2014, tiene un costo de mantenimiento de 12065,36 USD, donde el mantenimiento correctivo es el costo más elevado, por razones de rebobinado del grupo electrógeno de manera emergente. En el año 2015, no se registran eventos emergentes, el costo de mantenimiento es de 5642,91, a partir del este año se desarrolla el mantenimiento basado en condición MBC. Los costos de mantenimiento se reducen en un 53% en comparación al año 2014.

4.11.1 Costos mantenimiento preventivo

Con la implementación del RCM, se incorpora como estrategia de equipos de tecnología, cámaras termográficas, análisis de vibraciones, análisis de aceite y pruebas Off-Line, los mismos que se establecen frecuencias de inspección. Los remplazos de los elementos defectuosos se realizan de forma programada.

Tabla 21-4: Comparativo de costos, Mantenimiento preventivo tradicional y RCM

PREVENTIVO TRADICIONAL	VALOR (USD)
Costo de Mantto. Personal técnico. 10 % de actividades Mantto. Preventivo	1328,52
Mantenimiento preventivo cada 200 Horas o 4 meses	2587,00
Costo de Mantto. Basado en condición (Termografía-Análisis aceite-Off-Line)	0,00
COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL (TRADICIONAL)	3915,52
PREVENTIVO CON RCM	VALOR (USD)
Costo de Mantto. Personal técnico. 10 % de actividades Mantto. Preventivo	1328,52
Mantto. Preventivo Basado en condición Cambio de aceite (400 Horas - 6 meses)	1724,66
Costo de Mantto. Basado en condición (Termografía-Análisis aceite-Off-Line)	855,00
COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL (CON RCM)	3908,18

Fuente: Control de costos, Departamento MPP

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

En la **Tabla 21-4**, indica los costos de mantenimiento preventivo tradicional y el costo de mantenimiento con RCM, se puede apreciar que existen valores similares. Se considera el valor del 10 % del costo de personal para ambos casos, se determina que el incremento del mantenimiento basado en condición no tiene un impacto de crecimiento del costo de mantenimiento preventivo, demostrando que se está utilizando el mismo recurso económico y humano de manera más eficiente.

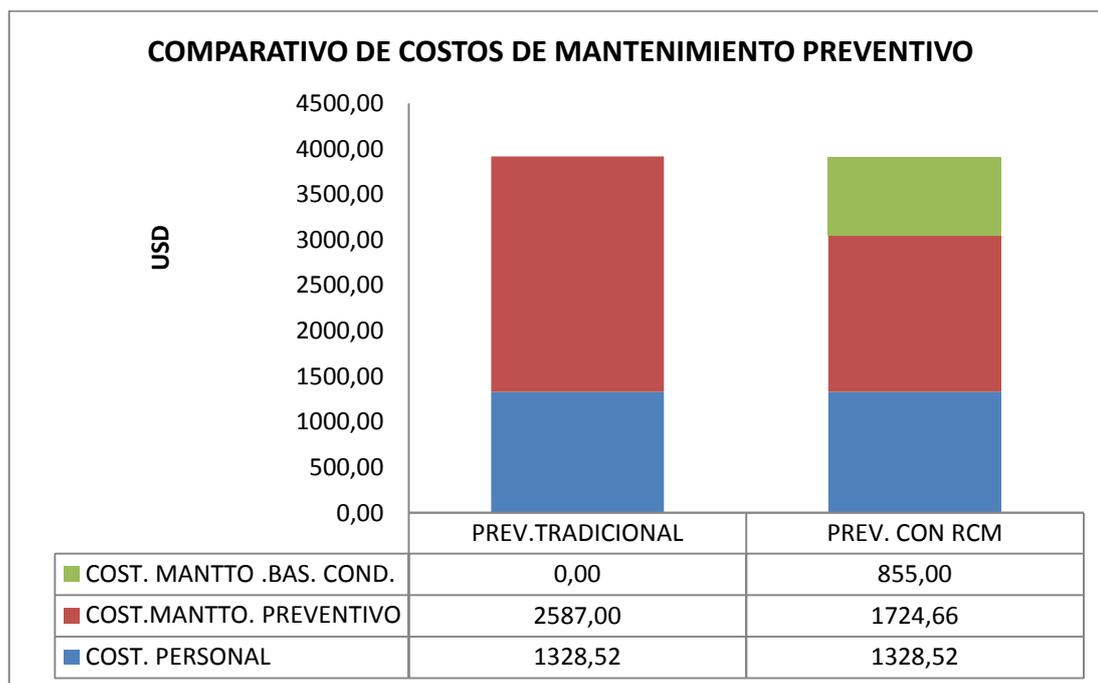


Figura 22-4. Comparativo de costos mantenimiento preventivo

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

La Figura 22-4, demuestra la optimización del mantenimiento preventivo, utilizando los mismos recursos humanos y económicos existentes.

4.11.2 Mantenimiento correctivo.

La implementación de la metodología del RCM, trae herramientas que nos permite identificar los fallos antes que estos sean evidentes, razón por la cual se trabaja de manera programada para realizar los mantenimientos correctivos.

También se considera un 30% del presupuesto para fallos ocultos, en la **Tabla 22-4**, se detalla los respectivos rubros del mantenimiento correctivo.

Tabla 22-4: Costos, Mantenimiento correctivo emergente y correctivo planificado

COMPARATIVO DE COSTOS MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
	CORR. TRADICIONAL	CORR. PLANIFICADO
COSTO. PERSONAL	670	400
COST. DE REPARACIÓN	27210,00	14290,00
COST.30% FALLOS OCULTOS	0,00	4287,00
	27880,00	18977,00
% DE VARIACIÓN	100%	-32%

Fuente: Control de costos Departamento de MPP

Realizado por: ZAVALA, M, 2016

La **Tabla 22-4**, muestra al valor que implica en reparar una vez que la falla es evidente, mediante el cual el costo de la logística de los proveedores externos deben venir, estos imprevistos incrementa los valores de mantenimiento tratándose de una emergencia. Se evidencia que los costos de mantenimiento se reducen en un 32 %. Demostrando que los costos planificados superan los beneficios.

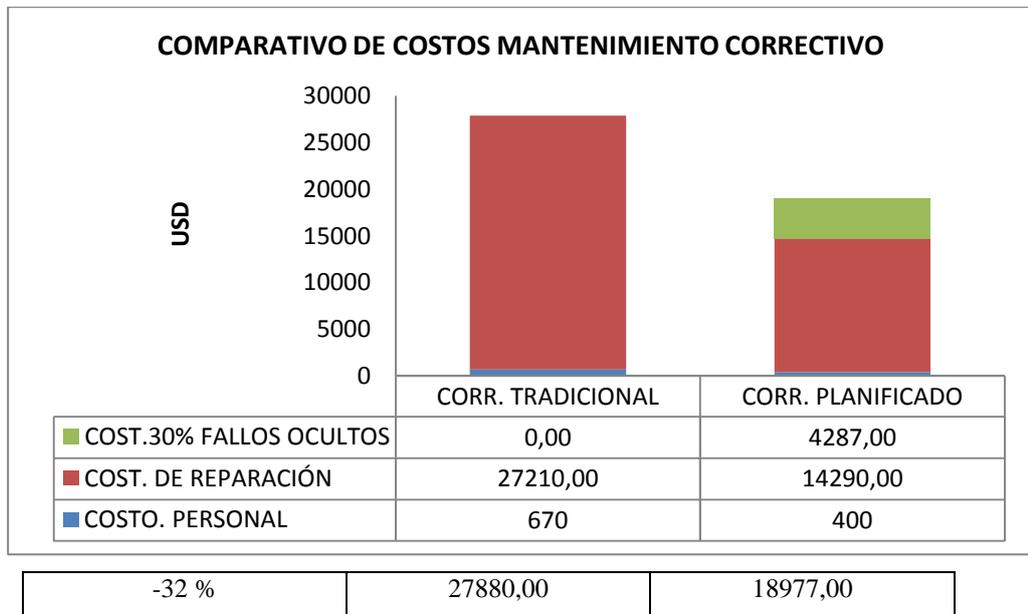


Figura 23-4. Comparativo de costos mantenimiento correctivo

Realizado por: Zavala, Marco, 2016

Una vez realizado los respectivos análisis, de modo efecto y consecuencias de fallo de acuerdo a los criterios de las normas SAE JA 1011 Y SAE JA 1012 Criterios y guía del mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, el levantamiento de información confiable de mantenimiento respaldados en la norma ISO14224, y el conocimiento básico necesario para saber cuáles son las causas para que el Grupo electrógeno FG WILSON P 300, haya tenido una baja confiabilidad de operación.

Se puede decir con certeza que los criterios de RCM, Optimizaron el mantenimiento preventivo y se planifico los mantenimiento correctivos, aportando satisfactoriamente al cumplimiento del objetivo de reducir los riesgos a causa de paradas imprevistas, se disminuyo los tiempos de reparación. Estos resultados satisfactorios sirven como referente para justificar el plan de implementación del RCM, se debe de implementar en todos los grupos electrógenos instalados en granjas avícolas a nivel nacional.

CONCLUSIONES

- La utilización de la norma ISO 14224, determina para el grupo electrógeno FG WILSON P300, tres sistemas importantes, Motor diésel (MD), Alternador eléctrico (AE), control y monitoreo (CM), estableciendo límites de análisis. En base a estos criterios se implanta la codificación C3GE01CM, (Centro de operación, activo, sistema) la misma que es un modelo aplicable para sistemas de similares funciones.
- Los estándares de operación para grupos electrógenos de emergencia, define que no se debe superar más del 80% de la capacidad de diseño en un periodo de 12 horas, dando un margen de una hora para llegar a trabajar al 90% de sobrecarga, del análisis de carga realizado como punto de partida se determina que el grupo electrógeno P300, trabaja al 83% límite de esta condición, técnicamente no es recomendable ya que trabajar a extremos reduce la vida útil del activo.
- En base a la norma SAE JA 1011 –JA 1012, Criterios y guías para la implementación del RCM, se realiza un levantamiento de la hoja de información, en la cual se establece todas las funciones que realizan los sistemas y subsistemas que componen el grupo electrógeno FG WILSON P300. Mediante la matriz de criticidad se realiza el respectivo análisis determinándose que existen dos (2) subsistemas críticos, subsistema de Inducción eléctrica, y subsistema de combustible, el primero por su estructura de construcción los fallos en su mayor parte son ocultos, y el segundo a causa combustibles contaminados. Ambos sistemas han sacado de operación al grupo electrógeno registrándose un total de 386 horas de indisponibilidad en el año 2014.
- El RCM, aporta en la optimización del mantenimiento Preventivo, utilizando metodologías de Mantenimiento Basado en Condición, (Termografía, Análisis de aceite, Pruebas OFF-LINE) las mismas que aportan en el diagnostico del fallo en su etapa inicial, los análisis determinan condiciones aceptables y límites de operación,

estas actividades son ejecutadas con los mismos recursos humanos y económicos existentes antes de la implementación de los criterios del RCM.

- Implementar los criterios del RCM, contribuye en la reducción de costos de mantenimiento correctivo en un 32% y en una reducción de hasta un 94 % de tiempos fuera de servicio. La planificación de mantenimientos correctivos disminuyen los costos de logística de personal y equipos, considerando que la producción de seres vivientes no escatima recursos en eventos emergentes. La reducción de tiempos fuera de servicio obedece a la creación de un armario de emergencias con repuestos de alta rotación.
- La tasa de fallos en el año 2014 determinó que existió 0,0233 fallos /hora. En el año 2015 se desarrolló y se implementó un plan de mantenimiento basado en los criterios del RCM. La tasa de fallos en este año calculada fue de 0,015 Fallos/hora. Lo que representa una reducción del 36% en comparación al 2014. Determinando que la hipótesis planteada cumple con el objetivo esperado.

RECOMENDACIONES

- Aplicar la Norma ISO 14224, a todos los grupos electrógenos, considerando que es un importante aporte de levantamiento de información confiable de gestión de mantenimiento. La norma aporta organizando estudios homogéneos, aun siendo revisado por diferentes analistas. La estandarización de los sistemas, componentes modos de falla y consecuencias son semejantes, estos análisis compatibles aportan en determinar fallos comunes facilitando al departamento en la toma de decisiones.
- Realizar un seguimiento continuo de las actividades preventivas y procedimientos de mantenimiento aplicados a los sistemas identificados como críticos, las frecuencias establecidas como puntos de partida pueden modificarse de acuerdo al estado y las condiciones de operación.
- Considerar en proyectos, los criterios de operación de grupos electrógenos de acuerdo a las condiciones de operación. Los límites superiores e inferiores de capacidad de carga traen consecuencias que reducen la vida útil del activo.
- El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, como un proceso de mejora continua debe utilizar como complemento al estudio, análisis de confiabilidad, Mantenibilidad y los indicadores de la gestión de mantenimiento.
- Dar seguimientos continuos de la evolución de la implementación del RCM en los grupos electrógenos, teniendo en claro que los resultados no serán inmediatos, los mismos podrán cuantificarse y evaluarse de manera segura y confiable en un periodo de tres años aproximadamente, por lo cual este proyecto debe ser a largo alcance y con visión de futuro

BIBLIOGRAFÍA

CPE INEN 019. (2001). *CPE INEN 019: Código eléctrico Nacional - Capítulo 1.*
Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec>

FGWilson. (2014). *Patente n° 356-5902(ES).* Reino Unido.

Giangrandi, L. (2011). *Aspectos técnico económico para evaluación de proyectos de cogeneración en base a grupos electrógenos diesel.* Santiago de Chile.

Gutiérrez, N. (2007). *Mecánica Diesel.* Lima, Perú: Palomino.

ISO 14224. (1999). *Industrias del petróleo y gas natural - Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.*

JONES, Richard, (1995) *Risk-Based Management: A Reliability-Centered Approach*
Goulf Publishig Company, First Edition, Houston, Texas

Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad* (Español ed., Vol. Dos). (A. Ltd, Ed., & S. y. Ellmann, Trad.) Gran Bretaña: Biddles.

LEROY SOMER. -EMERSON (2015) *Alternadores de baja tensión -4 polos, LSA 49.1, Instalación y mantenimiento.* EE.UU. Recuperado de: www.emerson.com/epg

Pinzón, A. (2011). *Diseño de un plan de gestión para el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el centro de generación eléctrica a base de gas de la empresa COPOWER Ltda.* Bucaramanga.

PRONACA, (2015). *Factores Críticos Centros de Operación Pecuaria.* Obtenido de: <http://somos:9080/pronaca/homePortalView.htm>

Rea, R., Calixto, R., Sandoval, S., Velasco, R., Garcia, M., (2012) *Metodología para realizar análisis de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad en centrales Hidroeléctricas,* Boletín IIE /Tendencia tecnológica 2012.

SAE JA1012. (2002). *Ppácticas recomendadas para vehiculos aeroespaciales y superficie.*

SAMPIERI, R. (2006). *Metodología de la investigación científica*. México D.F. McGraw Hill. p. 87,88.

Sexto, L. (2014) *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)*, Italia, Modulo XI, Primera edición

UNE-EN 13306. (2011). *Terminología del mantenimiento*. Madrid: AENOR.

ANEXOS

Anexo A: Acta Grupo Natural de Trabajo (RCM)

		PRONACA, DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO. Km 1, 1/2 Vía Bucay - Naranjito		Acta No. 01-2015			
ACTA REUNION			FECHA: 14/01/2015				
ASISTENTES	Angel Salazar JEFE DE MANTENIMIENTO		Marco Zavala SUPV. MANTTO AVES ENGORDE				
	Nelson Ximenez PLANIFICADOR DE MANTENIMIENTO		William Arias TÉCNICO ROTATIVO GRANJAS				
	Patricio Inchiglema TÉCNICO GRANJA COSTA 3		Ing. Robinson Macías ADM. PRODUCCIÓN PECUARIA				
Hora de Inicio: 15:00		Hora Finalización: 16:00		Próxima Reunión: 11/02/15		Hora Inicio: 15:00	
ACTIVIDADES PLANEADAS		RESPONSABLE		TIEMP. ESTIMADO.		TIEMPO REAL	
1	Presentación	Supervisor de Mantenimiento		5	5		
2	Charla / Importancia del RCM	Supervisor de Mantenimiento		60	90		
3	Conformación del GNT	Grupo Natural de trabajo		15	25		
4	Procedimiento de funciones del grupo	Facilitador / Coordinador Grupo Natural de trabajo		30	25		
#	PUNTOS TRATADOS	ACCIONES DERIVADAS		RESPONSABLE	FECHA INICIAL	FECHA LÍMITE	CUMPLIMIENTO
1	Presentación / Charla, Mantenimiento Centrado en la confiabilidad (RCM)	Importancia y beneficios de la implementación del RCM. Historia, Normas, Alcances, Organización del Mantenimiento		Marco Zavala	14/01/16	14/01/16	100%
2	Conformación del Grupo Natural de Trabajo (GNT)	Marco Zavala (Coordinador) Angel Salazar (Líder) Nelson Ximenez (Digitalizador) Patricio Inchiglema (Téc. Operador) William Arias (Técnico Experimentado) Mack Melchiade (Especialista)		GNT	14/01/16	14/01/16	100%
3	Procedimiento y Funciones del GNT	Definir las funciones de cada miembro de grupo -		GNT	14/01/16	14/01/16	100%
4							

Anexo B. Procedimiento de recepción de combustible

MANTENIMIENTO PRODUCCIÓN PECUARIA		Código MPP-MN01	Página 1/5
Procedimiento: PROCEDIMIENTO DE RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE (DIESEL)		Emisión: 1	Fecha de emisión: 20/10/2016
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Ing. David Navas Planificador de Mantenimiento	Ing. Marco Zavala Jefe de mantenimiento Pro. Pec	Ing. José Espín Gerente de Mantenimiento Pro. Pec.	

1. OBJETIVO

- 1.1 Aplicar los procedimientos seguros para la recepción de combustible entregador por los tanqueros en todos los centros de producción pecuaria de la empresa PRONACA.

2. ALCANCE

- 2.1 Este procedimiento aplica a todos los equipos dependientes del combustible diesel, (Generadores, Tractores, montacargas, etc.) de los diferentes centros pecuarios, Oficinas Regionales y laboratorios de la empresa PRONACA.

3. PROCEDIMIENTO

La recepción en las granjas del Grupo Pronaca seguirá el siguiente procedimiento:

- 3.1 A la llegada de los tanqueros a la primera granja la persona encargada de recepción anotará la hora de llegada en la guía de remisión de Proveedor (Vepamil).
- 3.2 Ingreso de tanquero a la granja.
- 3.3

MANTENIMIENTO PRODUCCIÓN PECUARIA	Código MPP-MN01 2/5 Página	
Procedimiento: PROCEDIMIENTO DE RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE (DIESEL)	Emisión: 1	Fecha de emisión: 20/10/2016

- 3.4 Estacionar el tanquero en el sitio que se va a efectuar la descarga, previa revisión de guía de remisión.
- 3.5 Antes de iniciar la descarga colocar dos conos y dos extintores en el área para ser usados en caso que se produzca un principio de incendio.
- 3.6 Conectar el tanquero a línea de tierra.
- 3.7 Verificar los códigos de los sellos de seguridad. Estos deben ser los que se encuentren anotados en la guía de remisión y no haber sido violentados. En la guía también estará indicado el grado API y temperatura del producto, así como su hora de salida del Terminal.
- 3.8 Revisar en la varilla del transportista, la fecha de última calibración (no debe pasar de un año), placas del tanquero, nombre del dueño y nombre de la compañía que calibró.
- 3.9 Varillar el producto al interior de los compartimentos del tanquero mediante aplicación de pomada de nivel Kolor Kut, asegurándose que éstos lleguen completamente llenos a nivel máximo de cubicación del tanque.
- 3.10 Realizar la respectiva prueba de agua al producto que transporta el tanquero, mediante aplicación de pomada de detección de agua Kolor Kut a la punta de la varilla. (Pomada amarilla al contacto con agua cambia a rojo)

- 3.11 Realizar prueba de agua al producto que se encuentra en el tanque de recepción mediante aplicación de pomada de detección de agua Kolor Kut a la punta de la varilla. (para asegurar que el tanque de recepción no contiene agua)
- 3.12 Cerrar válvulas de salida de producto del tanque de recepción, antes de iniciar la operación de descarga (para un mejor control de cantidad).
- 3.13 Realizar la sonda inicial del tanque de recepción (determinar con la tabla de cubicación el volumen inicial)
- 3.14 Conectar la manguera de descarga al tanquero, verificando que la misma se encuentre bien ajustada en la unión entre los acoples rápidos (macho y hembra), ajustar las orejas de seguridad a fin de evitar fugas o derrames.
- 3.15 Abrir las válvulas del tanquero para que el espacio vacío dentro de la manguera hacia la bomba de recepción se llene de producto.
- 3.16 Encender la bomba e iniciar la descarga.
- 3.17 Tanto la persona encargada de la recepción de la granja como el conductor del tanquero permanecerán en el área mientras dure la descarga, para actuar inmediatamente en caso de alguna eventualidad.
- 3.18 Finalizada la descarga, apagar la bomba. Esperar 10 minutos para volver a encender la bomba y drenar el remanente de combustible, vaciando completamente la línea de conexión al tanquero. Colocar al tanquero en distintas posiciones e inclinación hacia el lado de la válvula de descarga. Aquí finaliza la operación de la bomba.
- 3.19 Desconectar la manguera de descarga con la punta hacia arriba evitando la caída de algún remanente en la línea de la manguera flexible.

MANTENIMIENTO PRODUCCIÓN PECUARIA	Código MPP-MN01 3/5 Página	
Procedimiento: PROCEDIMIENTO DE RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE (DIESEL)	Emisión: 1	Fecha de emisión: 20/10/2016

- 3.20 Varillar y revisar finalmente los compartimentos del tanquero para confirmar el volumen entregado en cada granja. Una vez finalizada la descarga total se hará revisión de tanque seco, si existiera todavía combustible se solicitará al conductor repetir el punto 18.
- 3.21 Realizar prueba de agua al producto en el tanque de almacenamiento mediante aplicación de pomada de detección de agua Kolor Kut a la punta de la varilla. (para asegurar que no se ha recibido agua)
- 3.22 Desconectar tanquero de diesel de línea tierra.
- 3.23 Retirar extintores.
- 3.24 Realizar sonda final del tanque de recepción. (determinar con la tabla de cubicación el volumen final)
- 3.25 Obtener el volumen final recibido mediante la diferencia de volúmenes determinados por sonda en los pasos 24 y 12.
- 3.26 Asegurar las válvulas y compartimentos del tanquero con sellos internos para que prosiga a la siguiente granja.
- 3.27 En cada una de las granjas proceder con los pasos 1 a 25 hasta terminar de descargar el volumen programado.

MANTENIMIENTO PRODUCCIÓN PECUARIA	Código MPP-MN01 Página 4/5	
Procedimiento: PROCEDIMIENTO DE RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE (DIESEL)	Emisión: 1	Fecha de emisión: 20/10/2016

- 3.28 Revisar en la última granja si el sumatorio del volumen entregado por sonda es o no correcto. Si existiere un faltante y si éste se encuentra dentro o fuera del rango de tolerancia del 0.5% del volumen nominal registrarlo en la guía de remisión (Se pagará por completo la entrega si el faltante está dentro del rango de tolerancia, si el mismo está fuera se comenzará a descontar desde el primer galón que se encuentre fuera del rango).
- 3.29 En cada una de las granjas firmar la guía de remisión de Vepamil S. A. como recibido conforme del producto en calidad y cantidad. Si existiera faltante, anotarlo en la guía de remisión.
- 3.30 Salida del tanquero de la granja.

NOTA:

En caso de existir presencia de agua en el tanquero notificar inmediatamente a la oficina central de Vepamil teléfono 2680666 ext. 157 / 120. Se procederá a dejar en reposo el

tanquero por 30 minutos, se drenará el agua realizando pruebas con la respectiva pasta hasta que no exista su presencia, se cuantificará y anotará en la guía el volumen de agua encontrado

para su respectivo descuento. Es necesario conocer que el agua por tener mayor densidad que el diesel se asienta inmediatamente en el fondo del tanque.

MANTENIMIENTO PRODUCCIÓN PECUARIA	Código MPP-MN01 5/5 Página	
Procedimiento: PROCEDIMIENTO DE RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE (DIESEL)	Emisión: 1	Fecha de emisión: 20/10/2016

En caso que exista novedades de seguridad en la revisión inicial y durante la descarga el tanquero. La persona encargada de la recepción enviará un mail a combustibles@vepamil.com haciendo conocer las novedades presentadas.

Los desechos producto de la limpieza de un derrame o fuga, deberán ser depositados en un recipiente plenamente identificado y llevados para su disposición final a un Gestor autorizado por el Ministerio del Ambiente o autoridad competente. Esto deberá ser manejado directamente por la granja.

Al finalizar el varillaje, las varillas deben ser limpiadas para no ocasionar goteos y manchas en el suelo.

Procedimiento deberá ser colocado en un lugar visible junto a la recepción de combustible en la granja, de tal forma que el conductor y la persona encargada de la recepción en la granja, conozcan cuáles son los pasos a cumplir en el proceso de descarga de Diesel.



Anexo C. Base de datos de operación grupo electrógeno FG WILSON P300

AÑO	MES	DIA	CAUSA	HOR. ENC	HOR. GEN	HORÓMETR	CAPACIDAD (kW)	kW Generad	Carga (%)	ACTIVIDAD / MANTENIMIENTO / FALLO
289	2014	Febrero	6	Variación de voltaje	11.20	9,6	5682,7	270	222	82%
291	2014	Febrero	14 - 15	Falla Empresa Electrica	21.30	11,3	5694,2	270	222	82%
292	2014	Febrero	18 - 19	Falla Empresa Electrica	23.05	13,3	5707,5	270	222	82%
307	2014	Abril	3	Variación de voltaje	10.55	11,1	5794,5	270	218	81%
308	2014	Abril	4	Variación de voltaje	19.00	3,5	5798,0	270	219	81%
309	2014	Abril	5	Falla Empresa Electrica	12.00	2,4	5800,4	270	220	81%
310	2014	Abril	7	Variación de voltaje	11.30	10,2	5810,6	270	220	81%
311	2014	Abril	8	Variación de voltaje	13.50	8,8	5819,4	270	220	81%
312	2014	Abril	9	Variación de voltaje	10.03	11,6	5831,0	270	222	82%
313	2014	Abril	10	Variación de voltaje	12.33	8,5	5839,5	270	222	82%
314	2014	Abril	18	Falla Empresa Electrica	17.15	0,9	5840,4	270	222	82%
315	2014	Abril	28	Falla Empresa Electrica	18.35	2,5	5842,9	270	221	82%
339	2014	Junio	25	Pruebas generador	9.00	0,3	5996,8	270	222	82%
340	2014	Junio	30	Mantenimiento Preventivo	10.00	0,2	5997,0	270	222	82%
356	2014	Agosto	26	Pruebas generador	12.00	0,8	6025,8	270	222	82%
357	2014	Agosto	30	Pruebas generador	14.00	0,2	6026,0	270	222	82%
384	2014	Diciembre	25	Falla Empresa Electrica	11.35	3,2	6085,7	270	220	81%
385	2014	Diciembre	30 - 31	Falla Empresa Electrica	18.20	18,9	6104,6	270	222	82%
407	2015	Marzo	5	Variación de voltaje	9.20	1,3	6157,3	270	218	81%
408	2015	Marzo	10	Pruebas generador	16.00	0,2	6157,5	270	220	81%
410	2015	Marzo	15	Pruebas generador	14.00	0,2	6157,9	270	223	83%
412	2015	Abril	1	Variación de voltaje	14.30	11,1	6189,2	270	219	81%

Anexo D. Armario de emergencia. (Repuestos críticos de generadores)

ARMARIO DE EMERGENCIA (Repuestos Críticos) STO. DGO.				
Ítems	Código	Descripción	Serie	Unid Stock
1	FE040072	VALVULA CHECK VERTICAL	2 "	1
2	FE060047	AISLADOR TIPO PIN ANSI		2
3	FE060276	CAJA FUSIBLE	100 Amp	1
4	FE060807	MODULO DE INTERFACE	24VCD - 30-12 A	1
5	FE060918	TARJETA REGULADORA DE VOLTAJE	AVR - 448	1
6	FE061028	TARJETA REGULADORA DE VOLTAJE	AVR 5 X 440	1
7	RG010014	TARJETA REGULADORA DE VOLTAJE	AVR-R250	1
8	RG030012	TARJETA DE PARAMETROS 650-092	650-092	1
9	MQ010126	BOMBA SUMERG. P/POZO MOD 80GS7	120GPM	1
10	CONFIRMAR	MOTOR SUMERGIBLE ELECTRICO FRANKLIN	7,5 HP	1
11	RC040094	SWITCH DE TEMPERATURA - SENDER - -	FG -WP 300	1
13	LC020233	SWITCH TEMPERATURA HWT - F.G WILSON	P450 - 250-300	1
14	FE070210	CABLE SUPER FLEX - - 4/0AWG 1000V	4/0AWG 1000V	80
15	RG040149	TROMPO PRESION DE ACEITE	FG -WP 300	1

Anexo E. Costos de Mantenimiento

Anexo E.1. Costos Mano de obra

CARGO	SUELDO	Costo Planificado	Costo Emergente
Jefe de Mantenimiento(JM)	2300	14,4	14,4
Supervisor (SV)	1300	8,12	8,12
Técnico (TC)	860	5,38	5,38
Planificador de Mantenimiento (PM)	1200	7,50	7,50
Operador – Bioseguridad (OB)	480	3,00	3,00
Proveedor eléctrico (PV)		250	450
Proveedor mecánico (PV)		200	400
Análisis Pruebas Off-Line (PV)		350	450
TOTAL		838,40	1338,40

Anexo E.2. Costo Mantenimiento Preventivo.

Mantenimiento Preventivo	C/U	Frecuencia	Total	Realizado por
Cambio de aceite /Filtros aceite combustible	380	3	1160	TC-OB
Cambio de bandas/Reajuste	120	1	120	TC-OB
Mantenimiento Motor de arranque y alternador	600	1	600	PV-TC
Baqueteado de radiador	180	2	360	PV-TC
Cambio de baterías	200	2	400	TC-OB
Cambio filtro de aire	98	1	98	TC
TOTAL			2718	

Anexo E.3. Costo Mantenimiento Preventivo valores referenciales.

COSTO REFERENCIAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO GENERADOR FG WILSON P 300 (Según recomendación del fabricante)											
Actividad	Cantidad	Unidad	Valor (USD)	Frec / Anual	Costo Anual/ Mantto	Costos Mantto/Horas					
						Año 1 (600 H)	Año 2 (1200 H)	Año 3 (1800 H)	Año 6 (3600 H)	Año 8 (4800 H)	Año 9 (5400 H)
Cambio de aceite	12	Gl	25	3	900	900	900	900	900	900	900
Cambio Filtro aceite	2	U	35	3	210	210	210	210	210	210	210
Cambio filtro Combu.	1	U	32	3	96	96	96	96	96	96	96
Cambio filtro PF 10	5	GL	15	3	225	225	225	225	225	225	225
Cambio de refrigerante	5	GL	3	3	45	45	45	45	45	45	45
Cambio filtro de aire	1	U	116	1	116	116	116	116	116	116	116
Bandas	1	KIT	165	1	165	165	165	165	165	165	165
Baqueteado de Radiador	1	U	250	1	250	250	250	250	250	250	250
Baterías	2	U	120	1	240	240	240	240	360	360	360
Mantenimiento Motor de arranque	1	U	180	1	180	180	180	180	180	180	180
Mantenimiento Alternador	1	U	160	1	160	160	160	160	160	160	160
Mantenimiento Turbo	1	U	800	1	800					800	
Calibración de Válvulas	1	KIT	300	0,2	60					300	
Cambio Empaques	1	KIT	180	0,2	36					180	
Mantenimiento Bomba de inyección	1	U	1800	0,2	360					1800	
Mantenimiento de inyectores	6	U	60	0,2	72					360	
Bomba auxiliar de combustible	1	U	200	0,2	40					200	
Mano de obra Prov. Califi	1	GLOBAL	1200	0,2	240					1200	
Control cambio T. AVR	1	U	550	0,2	110			60		550	
Control cambio T. Parámetros	1	GLOBAL	600	0,2	120			60		60	
Barnizado de alternador	1	U	5000	0,2	1000					5000	
Cambio de Kit de diodos	6	KIT	45	0,2	54					270	
Cambio de Rodamientos	1	U	150	0,2	30					150	
Reajuste de Terminales	1	GLOBAL	150	0,2	30			35		150	
Int. Fajas térmicas	1	U	1640	0,2	328					0	
Mano de obra Prov. Califi	1	GLOBAL	1200	0,2	240					0	
Total /Año					6107	2587	2587	2742	2707	13727	2707

Anexo E.4. Costo de equipos de mantenimiento predictivo.

COSTO DE COMPRA EQUIPOS				
Actividad	Cantidad	Unidad	Valor (USD)	Responsable
Analizador de Vibraciones	1	U	1600	Planificador
Cámara Termográfica	1	u	5400	Planificador
Total			7000	1400

Anexo E.5. Costo Mantenimiento Basado en condición

Mantenimiento Basado en condición (MBC)	C/U	Frecuencia	Total	Realizado por
Análisis Termográfico	17,50	2	35	PM
Pruebas Off-Line	350,00	1	350	PV
Análisis preventivo motor , medición de presiones, pruebas de bomba de inyección, escaneado, pruebas de potencia	400,00	1	400	PV
Análisis de aceite	50	2	100	PV
TOTAL			885	

Anexo E.6. Costo Movimiento de generador INSONORO (Emergente)

ACTIVIDAD	# PERSONAS	TIEMPO (H)	COSTO (USD)
Movimiento de generador INSONORO (Stand-By)- Plataforma auto cargable	1PV	3	300,00
Instalación y conexión	5TC	6	96,84
Coordinación de trabajos	1 SV	6	48,72
Revisión y pruebas de trabajos	1JM	2	28,8
TOTAL			474,36

Anexo E.7. Relación de mantenimiento

COSTO DE MANTTO CORRECTIVO EMERGENTE		COSTO DE MANTTO BASADO EN CONDICIÓN		
Actividad	Costo/Mantto	Actividad	Costo/Mantto	Responsable
Reparación Motor de arranque	400	Mantenimiento Motor de arranque	200	Supervisor /Proveedor
Reparación Radiador	320	Mantenimiento Radiador	200	Supervisor /Proveedor
Cambio relé de arranque	90	Cambio relé de arranque	90	Supervisor

				/Proveedor
Reparación de elementos varios de motor	6000	Mantenimiento Preventivo elementos internos de motor	4500	Supervisor /Proveedor
Rebobinado de alternador principal	12000	Recuperación de aislamiento	4500	Supervisor /Proveedor
Reparación Turbo	1200	Mantenimiento Turbo	500	Supervisor /Proveedor
Reparación Bomba de Inyección	5000	Mantenimiento Laboratorio Bomba de Inyección	2500	Supervisor /Proveedor
Cambio solenoide de gobernador	1200	Cambio solenoide de gobernador	1200	Supervisor /Proveedor
Visita emergente Proveedor Eléctrico	500	Pago mano de obra proveedor eléctrico	300	Supervisor /Proveedor
Visita emergente Proveedor Eléctrico	500	Pago mano de obra proveedor mecánico	300	Supervisor /Proveedor
Total Costo Mantto. Correctivo	27210	Total Costo MBC	14290	

Anexo F. Pruebas OFF – LINE

Anexo F.1. Modelo de informe pruebas OFF-LINE

INFORME DE ANALISIS ESTATICO BAKER OFF-LINE

FECHA DE MEDICION:	21/06/2016	PRUEBA GENERADOR:	BOBINADOS INDIVIDUALES
EMPRESA:	PRONACA GRANJAS BUCAY	REVISADO POR:	ING. GALO TOAPANTA M. MAELIN
ATENCION:	ING. ANGEL MOREJON ING. MARCO ZAVALA	TRABAJO REALIZADO:	PRUEBAS OFF-LINE EN SITIO
ANALISTA:	ING. GIOVANNY TOAPANTA		

REPORTE DEL SERVICIO:	MAQUINA ID: GENERADOR 1	DESCRIPCION: GEN KVA	AREA DE OP: CODIGO:	GRANJA COSTA 2 AC2AT01GE01
MARCA:		EQUIPO UTILIZADO:	BAKER AWA IV -12	

VALOR MEGOHM	CONDICION	EQUIPO						
0	P1 ATENCION INMEDIATA	NO IMAGEN						
TIPOS DE PRUEBAS REALIZADAS	PRIORIDAD							
- MEGOHM - DA - IP - HI-POT STEP-VOLTAGE - SURGE	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">P1</td> <td style="text-align: center;">AT. IN.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">P2</td> <td style="text-align: center;">P. MT</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">P3</td> <td style="text-align: center;">OP.</td> </tr> </table>		P1	AT. IN.	P2	P. MT	P3	OP.
P1	AT. IN.							
P2	P. MT							
P3	OP.							
NORMAS APLICADAS								
<ul style="list-style-type: none"> - IEEE 43-2000 - EASA AR-100 - IEEE 95-1977 - NEMA MG-1 - IEEE 522-1992 - IEC 60034-1 								

ANALISIS DE RESULTADOS

INDICE DE POLARIZACION				
PRUEBA MEGOHM				
		DA	IP	
Estator Principal:	2	Megohms	--	--
Campo Excitatriz:	0	Megohms	--	--
PRUEBA HIPOT				
Estator Principal:	0	Megohms		
Campo Excitatriz:	0	Megohms		
PRUEBA SURGE				
DE AREA	P-P EAR	L-L EAR		
Estator Principal:	(3,5%, 2,9%, 2,7%)	No Test		
Campo Excitatriz:	(3,1%, 3,3%, --)	No Test		

Estator Principal presenta niveles de aislamientos críticos que indica presencia de humedad y/o contaminación interna que debe ser tratada inmediatamente, prueba abortada.

Bobinas de Campo presenta niveles de aislamientos críticos por humedad y/o contaminación interna prueba abortada.

En la prueba de SURGE para el estator principal y bobinas de campo, los porcentajes de error de área están dentro de los parámetros que recomienda la norma que indica que no existe ningún problema entre espiras.

RECOMENDACIONES

Realizar la recuperación de aislamientos del grupo electrógeno inmediatamente.

CONCLUSIONES

El Generador no se encuentra en condiciones seguras de ser operado.

ING. GIOVANNY TOAPANTA
ANALISTA PREDICTIVO

ING. GALO TOAPANTA M.
GERENTE



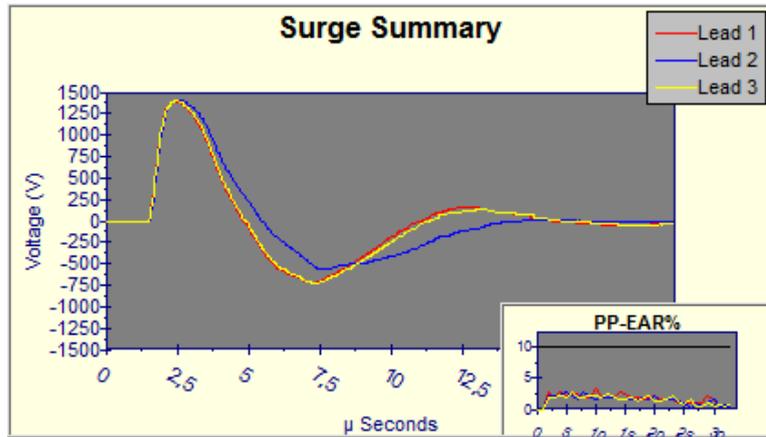
Results Summary Log

ESTATOR PRINCIPAL

Motor ID	Time	Temp	Resist	Megohm	DA/PI	DC	Surge
ESTATOR PRINCIPAL 6	22/06/2016 10:04:14	--	--	MIN MEGOHM	--	--	PASS

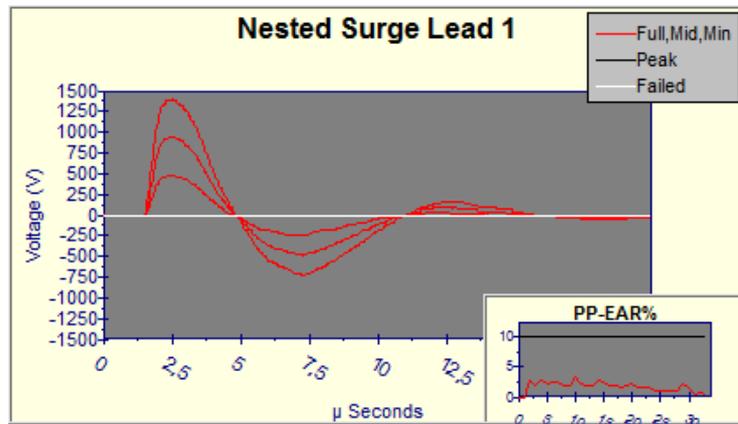
Nameplate Information		Motor ID ESTATOR PRINCIPAL 6	
Location	COSTA 2	Building	GENERADOR 1
Model		Manufacturer	
Serial Number		HP/KW	494
Volts-Rating		Volts-Operating	0
Amps-Rating		Amps-Operating	0
Insulation		Enclosure	
RPM	0	Service Factor	0
Frame		Freq-Hz	0
LR Code		LR Amps	0
NEMA Design		Max Amb °C	0
NEMA nom eff	0	Duty Cycle	
Manuf's Type		Manuf Dt Cd	
Description	GENERADOR		

Results Summary		Test Date/Time 22/06/2016 10:04:14	
Test ID:	Default	Repair/Job #	
Tested By		Tested For	
Room #		MCC	
Location	COSTA 2	Building	GENERADOR 1
Temp Status	No Test Performed	PI Status	No Test Performed
Temp		Volts (V)	0
Resist Status	No Test Performed	DA Ratio	0,0
Bal L1 (Ohms)	0	PI Ratio	0,0
Bal L2 (Ohms)	0	HiPot	No Test Performed
Bal L3 (Ohms)	0	Volts (V)	0
Max Delta R %	0,000	I(μA)	0
Coil 1 (Ohms)	0	Resist (Mohm)	0
Coil 2 (Ohms)	0	Surge Status	PASS
Coil 3 (Ohms)	0	Peak Volt(V) L1	1500
Megohm Status	MIN MEGOHM	Peak Volt(V) L2	1510
Volts (V)	510	Peak Volt(V) L3	1510
I(μA)	253,00	Max P-P EAR(%)	3,5/2,9/2,7
Resist (Mohm)	2	EAR 1-2/2-3/3-1(%)	No Test



Surge: Nested Waveforms		Motor ID ESTATOR PRINCIPAL 6	
Test Date/Time	22/06/2016 10:04:14	Surge Status	PASS

Lead	Peak Voltage (V)	PP EAR Status	Max P-P EAR(%)
1	1500	PASS	3,5
2	1510	PASS	2,9
3	1510	PASS	2,7

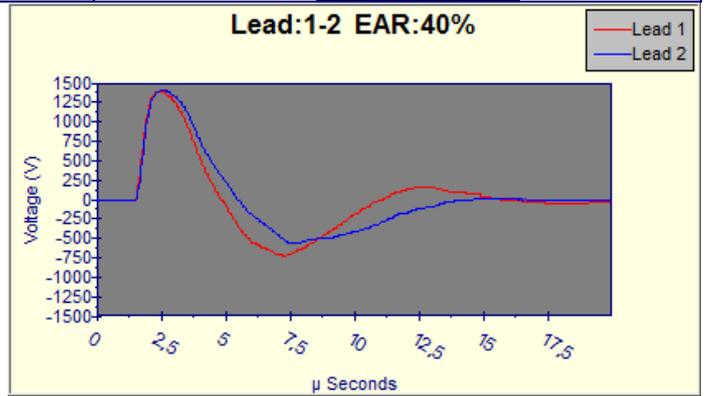


Pulse-to-Pulse EAR		Motor ID ESTATOR PRINCIPAL 6	
Test Date/Time	22/06/2016 10:04:14	Surge Status	PASS
Lead	Peak Voltage (V)	PP EAR Status	Max P-P EAR(%)
1	1500	PASS	3,5
2	1510	PASS	2,9
3	1510	PASS	2,7

Surge Phase-to-Phase Comparison		Motor ID ESTATOR PRINCIPAL 6	
--	--	-------------------------------------	--

Surge Phase-to-Phase Comparison		Motor ID ESTATOR PRINCIPAL 6	
Test Date/Time	22/06/2016 10:04:14	Surge Status	PASS

Compare	Peak Voltage (V)	LL EAR Status	L-L EAR%
1 - 2	1500	No Test	40
2 - 3	1510	No Test	35
3 - 1	1510	No Test	5

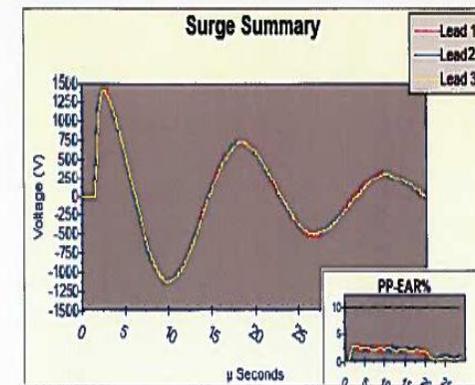
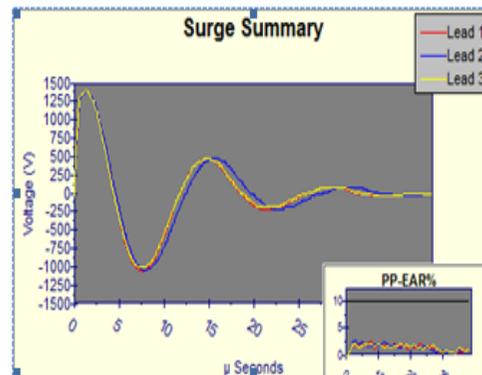
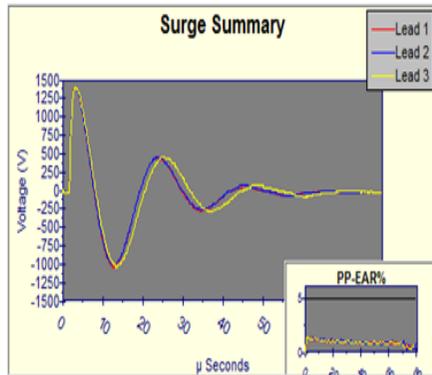


Anexo F.2. Comportamiento de evolución de fallo

Results Summary		Test Date/Time 13/07/2016 7:53:10	
Test ID:	230V w/ Rotor StepV	Repair/Job #	
Tested By		Tested For	
Room #		MCC	
Location	COSTA 3	Building	GENERADOR 2
Temp Status	No Test Performed	PI Status	No Test Performed
Temp		Volts (V)	0
Resist Status	No Test Performed	DA Ratio	0,0
L1-L2 (Ohms)	0	PI Ratio	0,0
L2-L3 (Ohms)	0	HiPot	No Test Performed
L3-L1 (Ohms)	0	Volts (V)	0
Max Delta R %	0,000	I(μA)	0
Coil 1 (Ohms)	0	Resist (Mohm)	0
Coil 2 (Ohms)	0	Surge Status	PASS
Coil 3 (Ohms)	0	Peak Volt(V) L1	1500
Megohm Status	OVER CURRENT	Peak Volt(V) L2	1510
Volts (V)	150	Peak Volt(V) L3	1510
I(μA)	629,00	Max P-P EAR(%)	1,4/1,4/1,4
Resist (Mohm)	0	EAR 1-2/2-3/3-1(%)	No Test

Results Summary		Test Date/Time 30/04/2015 16:22:06	
Test ID:	230V w PI	Repair/Job #	
Tested By		Tested For	
Room #		MCC	
Location	Bucay	Empresa	PRONACA
Temp Status	No Test Performed	PI Status	No Test Performed
Temp		Volts (V)	0
Resist Status	No Test Performed	DA Ratio	0,0
Bal L1 (Ohms)	0	PI Ratio	0,0
Bal L2 (Ohms)	0	HiPot	No Test Performed
Bal L3 (Ohms)	0	Volts (V)	0
Max Delta R %	0,000%	Current(μA)	0
Coil 1 (Ohms)	0	Resist (Mohm)	0
Coil 2 (Ohms)	0	Surge Status	PASS
Coil 3 (Ohms)	0	Peak Volt(V) L1	1500
Megohm Status	No Test Performed	Peak Volt(V) L2	1500
Volts (V)	0	Peak Volt(V) L3	1520
Current(μA)	0	Max P-P EAR%	2,5%,2,7%,2,2%
Resist (Mohm)	0	EAR 1-2,2-3,3-1	17%,18%,2%

Results Summary		Test Date/Time 26/10/2015 14:28:24	
Test ID:	Default	Repair/Job #	
Tested By		Tested For	
Room #		MCC	
Location	MAELIN	Building	GRANJA COSTA 4
Temp Status	No Test Performed	PI Status	PASS
Temp		Volts (V)	510
Resist Status	No Test Performed	DA Ratio	1,4
Bal L1 (Ohms)	0	PI Ratio	1,4
Bal L2 (Ohms)	0	Step-Voltage	PASS
Bal L3 (Ohms)	0	Volts (V)	1500
Max Delta R %	0,000	I(μA)	1,20
Coil 1 (Ohms)	0	Resist (Mohm)	1250
Coil 2 (Ohms)	0	Surge Status	PASS
Coil 3 (Ohms)	0	Peak Volt(V) L1	1510
Megohm Status	PASS	Peak Volt(V) L2	1510
Volts (V)	500	Peak Volt(V) L3	1510
I(μA)	0,32	Max P-P EAR(%)	3,0/2,9/2,7
Resist (Mohm)	1543	EAR 1-2/2-3/3-1(%)	1/1/2



Anexo F.3. Resumen de estado Grupos electrógenos OFF-LINE

 PROCESADORA NACIONAL DE ALIMENTOS C.A.				LISTADO DE GENERADORES BUCAY NÚMERO DE MEDICIONES POR AÑO: 1 GRANJAS BUCAY PRUEBAS BAKER OFF LINE 2016		ANALISTA PREDICTIVO EMPRESA FECHA DE MEDICION		ING. GIOVANNY TOAPANTA  20/06/2016	
No.	NOMBRE GRANJA	GEN	CODIGOS	NOMBRE DEL EQUIPO	ZONA	TRABAJOS A REALIZAR	FECHA ULTIMA MEDIDA	ESTADO DE PRUEBA	
1	AGRO	GEN1	AGRAT01GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	PLANIFICAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS	20/06/2016	P2	
2	AGRO	GEN2	AGRAT02GE01	GENERADOR CASETA INTERIORES	BUCAY	PLANIFICAR MEDICION DE AISLAMIENTOS EN 6 MESES	20/06/2016	P3	
3	COSTA 1	GEN1	AC1AT01GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	REALIZAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS INMEDIATAMENTE	20/06/2016	P1	
4	COSTA 1	GEN2	AC1AT02GE01	GENERADOR MOBIL	BUCAY	PLANIFICAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS	20/06/2016	P2	
5	COSTA 2	GEN1	AC2AT01GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	REALIZAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS INMEDIATAMENTE	20/06/2016	P1	
6	PLATA	GEN1	APLAT01GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	REALIZAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS INMEDIATAMENTE	20/06/2016	P1	
7	PLATA	GEN2	APLAT03GE01	GENERADOR CASETA INTERIORES	BUCAY	REALIZAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS INMEDIATAMENTE	20/06/2016	P1	
8	OFICINAS	GEN1	ORBAT01GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	REALIZAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS INMEDIATAMENTE	20/06/2016	P1	
9	BRAHMAN	GEN1	RBRAT02GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	PLANIFICAR MEDICION DE AISLAMIENTOS EN 6 MESES	20/06/2016	P3	
10	BRAHMAN	GEN2	RBRAT01GE01	GENERADOR CASETA INTERIORES	BUCAY	PLANIFICAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS	20/06/2016	P2	
11	COSTA 5	GEN1	RC5AT01GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	PLANIFICAR MEDICION DE AISLAMIENTOS EN 6 MESES	20/06/2016	P2	
12	LABORATORIO	GEN1	LBUAT01GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	REALIZAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS INMEDIATAMENTE	20/06/2016	P1	
13	SAN CARLOS 1	GEN1	RS1AT01GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	REALIZAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS INMEDIATAMENTE	20/06/2016	P1	
14	SAN CARLOS 1	GEN2	RS1AT02GE01	GENERADOR MOBIL	BUCAY	REALIZAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS INMEDIATAMENTE	20/06/2016	P1	
15	SAN CARLOS 2	GEN1	RS2AT01GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	REALIZAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS INMEDIATAMENTE	20/06/2016	P1	
16	SAN CARLOS 3	GEN1	RS3AT01GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	PLANIFICAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS	20/06/2016	P2	
17	SAN CARLOS 3	GEN2	RS3AT02GE01	GENERADOR MOBIL	BUCAY	REALIZAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS INMEDIATAMENTE	20/06/2016	P1	
18	SAN CARLOS 4	GEN1	RS4AT01GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	NINGUNA	20/06/2016	P3	
19	COSTA 4	GEN1	AC4AT01GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	REALIZAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS INMEDIATAMENTE	13/07/2016	P1	
20	COSTA 4	GEN2	AC4AT02GE01	GENERADOR CASETA INTERIORES	BUCAY	REALIZAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS INMEDIATAMENTE	13/07/2016	P1	
21	COSTA 3	GEN1	AC3AT01GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	REALIZAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS INMEDIATAMENTE	13/07/2016	P1	
22	ROSARIO	GEN1	AROAT01GE01	GENERADOR CASETA EXTERIORES	BUCAY	REALIZAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS INMEDIATAMENTE	03/08/2016	P1	
23	SAN RAFAEL	GEN1	ASRAT01GE01	GENERADOR CASETA INTERIORES	BUCAY	PLANIFICAR RECUPERACION DE AISLAMIENTOS	03/08/2016	P2	

Anexo G. Análisis técnico del generador

Cliente no.:	4567
Orden de Trabajo no.:	875

Cliente:	PRONACA		
Cód. Equipo:	AC3GE1	Nombre Equipo:	FG- WILSON
Localización:	AVES COSTA 3 - POLLOS		
Ordenado por:	Ing. José Espín	Fecha Orden:	08-04-2015
Realizado por:	Enrique Alvarado	Fecha de inicio:	08-04-2015
		Fecha término:	08-04-2015
Reportado por:	Javier Escola	Fecha reporte:	16-05-2015
Atención :	Ing. Santiago Vaca		
Copia a:	Ing. Jorge Dávila	Telef:	0997-182777
Contacto cliente:	Ing. José Egas	Correo:	JEspin@pronaca.com

Ítem	Resumen y descripción de trabajo				Engine Number(s)
1	Inspección del motor				U18066D
Motor No.	Modelo	Use	Velocidad	Horas	
U18066D	SGK060202	GENERADOR	1800 rpm	6216	

ANTECEDENTE

El día 07 de abril del presente año, el cliente PROCESADORA NACIONAL DE ALIMENTOS C.A.PRONACA, representado por el Ing. Jose Espín solicita la inspección de motor PERKINS modelo SGK060202U18066D.

CONTENIDO

✓ INSPECCIÓN VISUAL/AUDITIVA



PARÁMETROS DE MEDICIÓN:

	MIN	NORMAL	MAX	MEDIDO	UNIDADES
PRESIÓN DE ACEITE	3		9	4.13	bar
TEMPERATURA DEL MOTOR		82	105	80	°C
REVOLUCIONES	1800	1850	1870	1805	rpm
VOLTAJE BATERÍA 24V	24	24,5	29	28	V
CARGA DE LA BATERÍA	1,5			2.2	amp
VOLTAJE DE GENERACIÓN	118	220	222	226.30	V
FRECUENCIA	60	60,5	62	59.5	Hz



Verificación de parámetro de generador



Medición del voltaje de la batería con el motor funcionando



Medición de la frecuencia



Medición de carga de generación



Medición del voltaje de generación

✓ ANÁLISIS DE ACEITE



Reporte de Análisis de Lubricante
North America: +1-877-808-3750

0	1	2	3	4
NORMAL	ANORMAL	CRITICO		

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: 734804-0042-0000 Nombre de Compañía: PRONACA Contacto: CRISTOBAL CANIZARES Dirección: Teléfono:	ID de Componente: G AVES COSTA III 1 E ID Secundaria: Filtro de tipo de componente: DIESEL ENGINE Fabricante: PERKINS Modelo: Falta de Información Aplicación: POWER GENERATION Capacidad de sumidero: 20 galón	Número de Huella: 15066501832 Número de laboratorio: G-118818 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: FLG Tomada: 17-abr-2015 Recibido: 28-abr-2015 Completado: 29-abr-2015
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: FULLFLOW Índice de Micrón: 0		Fabricante del Producto: TEXACO Nombre del Producto: URSA PREMIUM TDX Grado de Viscosidad: SAE 15W40
Comentarios: Los datos no indican ningún resultado anormal. Tomar una nueva muestra en el próximo intervalo de cambio; Por favor de proveer el número de modelo de la unidad así podemos comparar los datos a los estándares apropiados para esta unidad;		

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metales Contaminantes			Fuente de Varios Metales (ppm)					Metales Aditivos (ppm)					
	Hierro	Cromo	Níquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estaño	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1553	243	0	721	817

Muestra #	Información de muestra						Contaminantes			Propiedades de líquido					
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite h	Tiempo de unidad h	Cambio de Aceite	Aceite Agregado galón	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollín % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 ° C cSt	Viscosidad 100 ° C cSt	Número de Acido mg KOH/g	Número Básico mg KOH/g	Oxidación abx/cm
1	17-abr-2015	28-abr-2015	42	2420	No	0	No	<1 - Estimado	<.1	<.1 - FTIR	14.1	14.1	7.53	11	7

Muestra #	Conteo de Partículas (partículas/mL)								Análisis Adicionales	
	Código ISO	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm	Método de prueba
1	II									

Los comentarios son un consultivo y se basan en el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita.

La muestra tomada en la FINCA “AVES COSTA 3”, no muestran ningún resultado anormal, debemos sugerir el cambio a las 250 horas con nuestro aceite.

Conclusiones / Recomendaciones:

- ✓ Se recomienda realizar el cambio del filtro de la trampa de agua del tanque de combustible.
- ✓ Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo y correctivo de 6000 horas.
- ✓ Se recomienda realizar los mantenimientos de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

Anexo H. Informe de termografía



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO PRODUCCION
PECUARIA

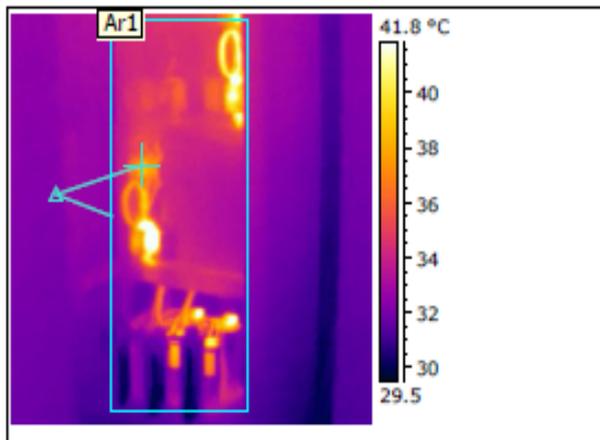
INFORME DE INSPECCIÓN TERMOGRAFICA

SEVERIDAD	P1
------------------	-----------

Equipo	IR_4314-ACNTR01FE01.jpg
--------	-------------------------

Informe	ACNTR01FE01-2015-1
---------	--------------------

Centro de Operaciones	AVES CONCORDIA
-----------------------	----------------

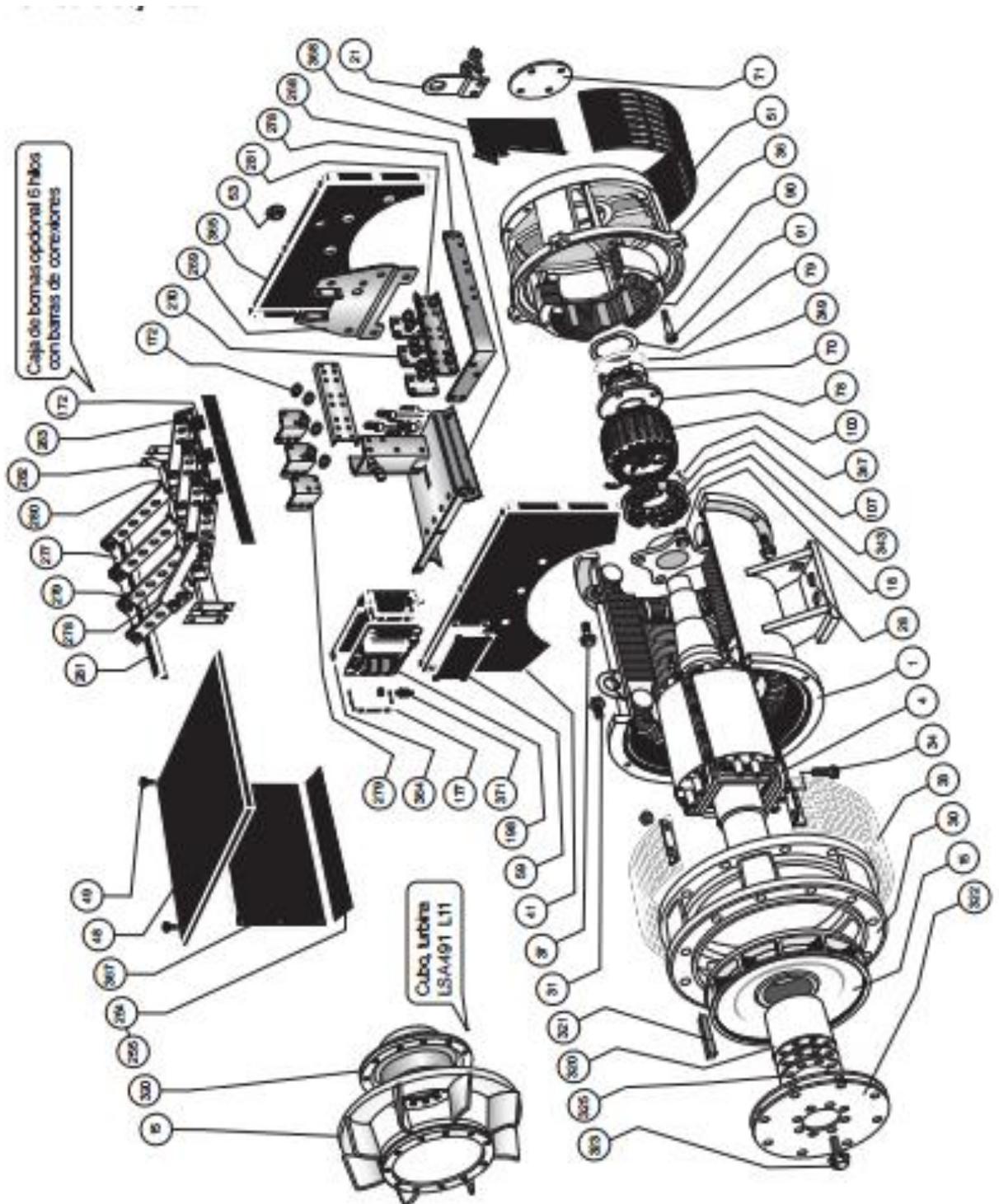


Temperatura de equipo		Información de equipos	
Ar1 Area Max. Temperature	48.3 °C		
Sp1 Spotmeter Temperature	38.5 °C		
Δ T (Ar1-Sp1) Valor	9.8 °C		
Emisividad	0.90		
Comentarios y recomendaciones			

Criterios de severidad (basados en aumento de temperatura con respecto a un punto de relación)					
NORMAL	SEMI-LEVE	LEVE	SEVERO	SEMI-CRITICO	CRITICO
P0	P1	P2	P3	P4	P5
Continuar monitoreo programado	Investigue posible incremento	Medidas correctivas se deben tomar en el próximo período de mantenimiento	Medidas correctivas requieren una programación	Medidas correctivas necesarias con urgencia	Medidas correctivas necesarias inmediatamente
< 5 °C	De 5 a 10 °C	De 10 a 15 °C	De 15 a 20 °C	De 20 a 25 °C	> 25 °C

Anexo I.

Anexo II: Elementos del alternador Leroy Somer

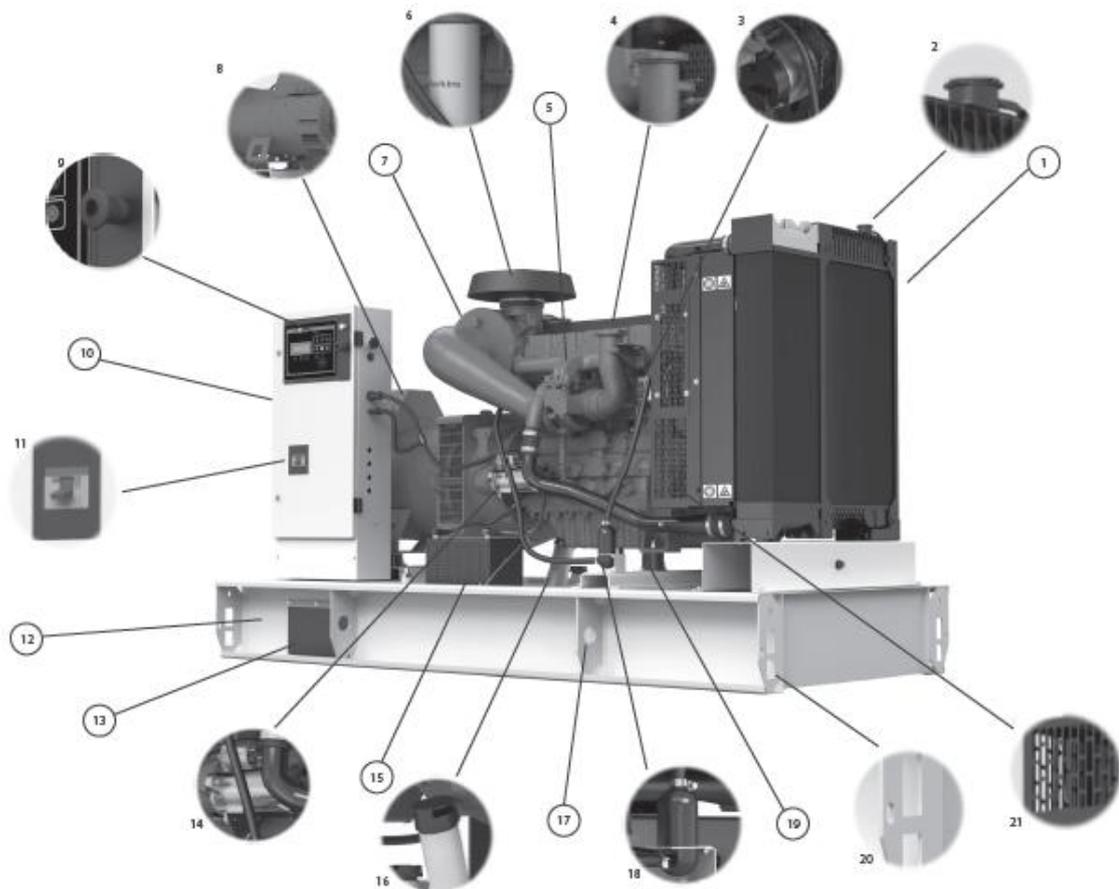


LSA 49.1

Alternadores Baja Tensión - 4 polos

Cód.	Cant.	Descripción	Tornillo Ø	Par N.m	Cód.	Cant.	Descripción	Tornillo Ø	Par N.m
1	1	Conjunto estator	-	-	177	2	Estribo soporte regulador	-	-
4	1	Conjunto rotor	-	-	198	1	Regulador	-	-
15	1	Turbina	-	-	254	1	Rejilla de entrada de aire derecha	-	-
18	1	Disco de equilibrado	-	-	255	1	Rejilla de entrada de aire izquierda	-	-
21	1	Anillo de elevación	-	-	268	1	Soporte de travesaño delantero	-	-
22	1	Chaveta	-	-	269	1	Soporte de travesaño trasero	-	-
28	1	Borne de masa	M12	35	270	3	Placa de conexión	-	-
30	1	Cojinete del lado del acoplamiento	-	-	277	3 / 4	Soporte de barra de cobre	-	-
31	6	Tornillo de fijación	M14	110	278	1	Barreta de neutro	-	-
33	1	Rejilla de protección	-	-	279	6 / 8	Barra de conexiones	-	-
34	2	Tornillo de fijación	M6	4	280	3 / 4	Soporte de barra de plástico	-	-
36	1	Cojinete del lado de la excitatriz	-	-	281	2	Travesaño de la caja	-	-
37	4	Tornillo de fijación	M14	110	282	2	Separador de caja	-	-
41	1	Panel delantero	-	-	283	4 / 6	Soporte de plástico o de cobre	-	-
48	1	Panel superior	-	-	284	1	Arandelas de retención	-	-
49	-	Tornillo de la caja	M6	5	320	1	Manguito de acoplamiento	-	-
51	1	Rejilla de entrada de aire	-	-	321	1	Chaveta del manguito	-	-
53	1	Tapón	-	-	322	3	Disco de acoplamiento	-	-
59	1	Puerta de inspección de la caja	-	-	323	8	Tornillo de fijación	M20	340
60	1	Rodamiento delantero	-	-	325	-	Disco de calado	-	-
62	4	Tornillo de fijación	M12	69	343	1	Conjunto de puente de diodos	M6	10
68	4	Tapa interior	-	-	347	1	Varistancia de protección (+ C.L.)	-	-
70	1	Rodamiento trasero	-	-	349	1	Junta tórica	-	-
71	1	Tapa exterior	-	-	364	1	Soporte del regulador	-	-
78	1	Tapa interior	-	-	365	1	Panel trasero de la caja	-	-
79	1	Arandela de precarga	-	-	367	1	Panel lateral izquierdo	-	-
90	1	Inductor de excitatriz	-	-	368	1	Panel lateral derecho	-	-
91	4	Tornillo de fijación	M6	8,3	371	4	Amortiguador	-	-
100	1	Inducido de excitatriz	-	-	417	1	Rejilla del filtro de aire	-	-
107	1	Soporte de corona	-	-	418	1	Elemento filtrante	-	-
172	-	Aislador	-	-					

Anexo I2: Elementos del Motro PERKINS



REFERENCIA	ELEMENTOS DEL GRUPO ELECTROGENO
1	Radiador
2	Deposito del radiador
3	Alternador de caja de baterías
4	Escape
5	Turbo
6	Filtro de aceite *
7	Filtro de aire
8	Alternador
9	Pulsador de parada de emergencia
10	Cuadro de control
11	Interruptor
12	Bancada
13	Entrada del cable
14	Motor de arranque
15	Batería
16	Depósito de combustible*
17	Puntos de izado
18	Calentador de agua de camisa
19	Fijadores antivibratorios
20	Puntos de arranque
21	Rejillas del ventilador
+ =	Lado contrario