



Departamento de Posgrados.

Maestría de gestión en mantenimiento versión II.

“Propuesta de implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), de los activos críticos de la unidad n°1 de la Central Térmica El Descanso”

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
Magister en Gestión de Mantenimiento.**

Autor:

Ing. Marcelo Vinicio Soto Ortega.

Director:

Ing. Sexto Luis Felipe, M. Sc.

Cuenca – Ecuador

2018.

DEDICATORIA. -

El presente trabajo, que con esfuerzo y sacrificio me han apoyado en todo momento, va para mi querida familia. Mi esposa Verónica, mis hijas: Helen y Sofía que son el motor y la fuerza para luchar y seguir formándome continuamente en mi vida profesional. -

AGRADECIMIENTO. -

Mi agradecimiento va dirigido a las diferentes autoridades de la empresa Electro Generadora del Austro. S.A. A los compañeros de la central térmica El Descanso en especial al Tnglo. Jorge López, Tnglo. Julio Machado que participaron en el desarrollo de este tema y brindaron toda la información posible para cumplir con esta meta.

A mi director Luis Felipe Sexto que a la distancia estuvo oportuno para brindarme su asesoría en el tema.

RESUMEN.

El presente proyecto está encaminado a la propuesta de implementar un sistema de gestión de mantenimiento como es el caso del RCM, en una central de propiedad de la empresa Electro Generadora del Austro. S.A. Debido a la gran demanda de centrales hidráulicas que se están presentando en la actualidad en el país ha determinado que la central térmica El Descanso sea un punto clave para el tema desarrollado de averiguar cuáles son los activos críticos de una unidad de generación que influyen para la pérdida de la disponibilidad. Pues la central debe estar en óptimas condiciones para cuando el ente regulador CENACE, solicite su actividad no presente anomalías y pierdan el costo que se gana con la producción y la disponibilidad de las unidades. Se realizó en conjunto con un grupo de personas integrantes de la central térmica y con la ayuda del facilitador el estudio de los activos críticos, sus funciones, modos de fallos, consecuencias y tareas adecuadas para solventar estos inconvenientes. Apoyados en matrices de criticidad y con la filosofía que tiene el sistema de diagrama del RCM, se pudo proponer planes de mantenimiento que tendrán a la unidad de generación en óptimas condiciones para el funcionamiento y no sea alterada la disponibilidad de la misma y sus ganancias no se vean afectadas.

PALABRAS CLAVES. Confiabilidad, disponibilidad, Contexto operacional, modos de fallo, criticidad y planes de mantenimiento.

ABSTRACT.

This project proposed to implement an RCM maintenance management system in a plant owned by the company "Electro Generadora del Austro. S.A.". This was due to the high demand of hydroelectric power plants in the country. It was determined that the thermal power plant "El Descanso" was a key point to determine which were the critical assets of a generation unit that influenced the loss of availability. The plant should be in optimal conditions without presenting anomalies when the regulator entity CENACE requests its activity in order to take advantage of the profit resulting from the production and availability of the units. The study of the critical assets, their functions, modes of failure, consequences and adequate tasks to solve these problems were analyzed with a group of members of the thermal power plant and with the help of the facilitator. This study was supported by criticality matrices and the diagram system philosophy of the RCM. Maintenance plans that would have the generation unit in optimal conditions for operation without altering its availability and its profits were proposed.

Keywords: Reliability, availability, operational context, failure modes, criticality and maintenance plans.



Translated by
Ing. Paul Arpi

CONTENIDOS. -

DEDICATORIA. -	ii
AGRADECIMIENTO. -	iii
RESUMEN.	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCION.	1
CAPITULO 1.-.....	3
1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM).	3
1.1 Historia general del mantenimiento.	3
1.1.1 Primera generación. -	3
1.1.2 Segunda generación. -	3
1.1.3 Tercera Generación. -	4
1.2 La evolución del mantenimiento centrado en confiabilidad.	6
1.3 Características del mantenimiento centrado en confiabilidad y su terminología.	7
1.3.1 Contexto operacional.	10
1.3.2 Función de un activo.	10
1.3.3 Falla funcional.	11
1.3.4 Modo de falla.	11
1.3.5 Efectos de falla.	12
1.3.6 Consecuencias de falla.	13
1.3.7 Gestión de fallos.	14
1.3.7.1 Política de gestión de fallos. –	15
1.4 Análisis de criticidad.	16
CAPITULO 2.	19
2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CENTRAL TÉRMICA EL DESCANSO. 19	
2.1 Antecedentes de la Central Térmica El Descanso.	19
2.2 Análisis de la situación actual del mantenimiento en la Central El Descanso.	21
2.2.1 Organización, relación y personal.	22
2.2.2 Preparación y planificación de trabajo. -	28
2.2.3. INGENIERIA, INSPECCION Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	40
2.2.4. COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO. -	42
2.2.5. CONTRATACIONES. -	46
2.2.6. PRESUPUESTOS DE MANTENIMIENTO. -	47
2.2.7. EFICIENCIA. -	49
2.3 Análisis de la disponibilidad de la central El Descanso en los años 2015 y 2016.	56
2.4 Análisis de los costos de generación de la central El Descanso en los años 2015 y 2016. 57	
CAPÍTULO 3.	60
3. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD EN LA CENTRAL EL DESCANSO. -	60

3.1	Formación del equipo de trabajo. -	60
3.2	Rol del equipo de trabajo. -	61
3.3	Determinación de los activos de la central El Descanso. -	61
3.4	Análisis de criticidad de los activos de la central El Descanso. -	64
3.5	Descripción del contexto operacional de los sistemas críticos de la unidad 1.	96
3.5.1	Contexto operacional del motor de combustion interna. -	96
3.5.1.1	Análisis de modos de fallo y efectos del motor de combustion interna.	97
3.5.2	Contexto operacional del sistema de lubricación. -	102
3.5.2.1	Análisis de modos de fallo y efectos en el sistema de lubricación.	102
3.5.3	Contexto operacional del sistema de refrigeración. -	107
3.5.3.1	Análisis de modos de fallo y efectos en el sistema de refrigeración. –	108
3.5.4	Contexto operacional del sistema de alimentación del motor de combustión interna.....	111
3.5.4.1	Análisis de modos de fallo y efectos en el sistema de alimentación. -	112
3.5.5	Contexto operacional del sistema de turbo cargadores. -	117
3.5.5.1	Análisis de modos de fallo y efectos en el sistema de turbo cargadores.	118
CAPITULO 4.	.....	120
4. RESULTADOS. -	.....	120
4.1	Resultados de la auditoria de la gestión de mantenimiento de la central el descanso. -	120
4.2	Plan de mantenimiento para los activos críticos de la Unidad 1 de la central el Descanso. -	122
CONCLUSIONES. -	.....	126
RECOMENDACIONES.	.....	127
BIBLIOGRAFIA.	.....	128

CONTENIDOS DE TABLAS.

Tabla 1.	Beneficios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.	9
Tabla 2.	Hoja de información del RCM.	13
Tabla 3.	Hoja de decisión del RCM.	14
Tabla 4.	Criterios de la evaluación de la criticidad.	18
Tabla 5.	Resultados del punto de Organización, personal y relaciones.	27
Tabla 6.	Resultados del punto de preparación y planificación.	39
Tabla 7.	Datos obtenidos de la sección ingeniería, inspección y mantenimiento preventivo.	42
Tabla 8.	Datos obtenidos del punto de compras y almacenes de materiales.	45
Tabla 9.	Datos obtenidos del punto de contrataciones.	47
Tabla 10.	Datos obtenidos del punto de presupuestos de mantenimiento y control de costos. .	49

Tabla 11. Datos obtenidos al punto de eficiencia.	50
Tabla 12. Valoración cuantitativa de la gestión de mantenimiento de la central térmica El Descanso.	51
Tabla 13. Valoración cuantitativa de la Central El Descanso.	53
Tabla 14. Disponibilidad de las unidades de generación de la central El Descanso en los años 2015, 2016.	56
Tabla 15. Costo de la disponibilidad de las unidades de generación de la central El Descanso en los años 2015, 2016.	58
Tabla 16. Costo de la energía de las unidades de generación de la central El Descanso en el año 2015.	58
Tabla 17. Costo de la energía de las unidades de generación de la central El Descanso en el año 2016.	59
Tabla 18. Detalle de los activos de la central El Descanso.	62
Tabla 19. Datos de criticidad de los activos de la central El Descanso.	72
Tabla 20. Matriz de criticidad de los tanques de almacenamiento.	73
Tabla 21. Matriz de criticidad del caldero principal.	73
Tabla 22. Matriz de criticidad del sistema de transferencia de combustible.	74
Tabla 23. Matriz de criticidad de los tanques de tratamiento de crudo.	74
Tabla 24. Matriz de criticidad de la planta agua.	75
Tabla 25. Matriz de criticidad de las unidades de generación.	75
Tabla 26. Matriz de criticidad de los servicios auxiliares.	76
Tabla 27. Matriz de criticidad de la subestación eléctrica.	76
Tabla 28. Matriz de criticidad de la planta API.	77
Tabla 29. Matriz de criticidad de los activos de la central El Descanso.	80
Tabla 30. Disponibilidad de la unidad 1 del año 2015.	80
Tabla 31. Disponibilidad de la unidad 1 del año 2016.	81
Tabla 32. Disponibilidad de la unidad 2 del año 2015.	82
Tabla 33. Disponibilidad de la unidad 2 del año 2016.	83
Tabla 34. Disponibilidad de la unidad 3 del año 2015.	84
Tabla 35. Disponibilidad de la unidad 3 del año 2016.	85
Tabla 36. Disponibilidad de la unidad 4 del año 2015.	86
Tabla 37. Disponibilidad de la unidad 4 del año 2016.	87
Tabla 38. Disponibilidad de las unidades de El Descanso, años 2015 y 2016.	88
Tabla 39. Determinación de sistemas, subsistemas de la unidad de generación 1.	89
Tabla 40. Determinación de la criticidad de los sistemas unidad de generación 1.	90
Tabla 41. Matriz de criticidad del motor de combustión interna.	91
Tabla 42. Matriz de criticidad del generador Mitsubishi.	91
Tabla 43. Matriz de criticidad del sistema de lubricación del motor.	92

Tabla 44. Matriz de criticidad del sistema de refrigeración del motor.	92
Tabla 45. Matriz de criticidad del sistema de alimentación del motor.	93
Tabla 46. Matriz de criticidad del sistema de aire de arranque del motor.	94
Tabla 47. Matriz de criticidad del sistema de turbo cargadores.	94
Tabla 48. Matriz de criticidad del sistema de tableros eléctricos.....	95
Tabla 49. Matriz de criticidad del sistema de tableros eléctricos.....	95
Tabla 50. Análisis de modos de fallas y efectos en el motor térmico de combustión.	98
Tabla 51. Hoja de decisión del motor de combustión interna.....	101
Tabla 52. Análisis de modos de fallas y efectos en el sistema de lubricación.	103
Tabla 53. Hoja de decisión del sistema de lubricación.	106
Tabla 54. Hoja de información del sistema de refrigeración.....	108
Tabla 55. Hoja de decisión del sistema de refrigeración.	110
Tabla 56. Análisis de modos de fallas y efectos en el sistema de alimentación	112
Tabla 57. Hoja de decisión del sistema de alimentación.....	116
Tabla 58. Análisis de modos de fallas y efectos en el sistema de turbo cargador.	118
Tabla 59. Hoja de decisión del sistema de turbo cargador.....	119
Tabla 60. Valoración cuantitativa de la central el Descanso.	121
Tabla 61. Plan de mantenimiento para los activos críticos de la unidad de generación 1.....	123

CONTENIDO DE FIGURAS.

Figura 1 Expectativas de mantenimiento creciente.	4
Figura 2. Patrones comunes de fallos.	5
Figura 3. Cambios en las técnicas de mantenimiento.	6
Figura 4. Matriz de criticidad.	17
Figura 5. Central Térmica El Descanso.	19
Figura 6. Vista posterior de la Central El Descanso.	20
Figura 7. Diagnóstico de la gestión de mantenimiento.....	22
Figura 8. Organigrama de la Empresa Electro Generadora del Austro.....	23
Figura 9. Organigrama del departamento de producción de la empresa Electro Generadora del Austro.....	25
Figura 10. Encuesta realizada para levantar las necesidades de captación.....	26
Figura 11. Pantalla principal del sistema de mantenimiento asistido por computadora SISMAC.	28
Figura 12. Pantalla principal de despliegue de la Central Térmica El Descanso.	29
Figura 13. Modelo de una novedad de Central Térmica El Descanso.	30
Figura 14. Modelo de la solicitud de la Central Térmica El Descanso.	31
Figura 15. Modelo de una orden de trabajo de la Central Térmica El Descanso.	32

Figura 16. Modelo de una orden de trabajo de servicio de la Central Térmica El Descanso. ...	34
Figura 17. Modelo de un indicador mensual de la Central Térmica El Descanso.	36
Figura 18. Sistema de inventario de Elecaastro. S.A.	43
Figura 19. Emisión de solicitud de compra.	44
Figura 20. Gráfico de la valoración cuantitativa del estado de la gestión de mantenimiento El Descanso.	53
Figura 21. Equipo de trabajo para la implementación del RCM.	60
Figura 22. Descripción de los activos de la central El Descanso.	61
Figura 23. Número de órdenes de trabajo de los tanques de almacenamiento.	65
Figura 24. Número de órdenes de trabajo del caldero principal.	66
Figura 25. Número de órdenes de trabajo en el cuadro de transferencia de combustible.	66
Figura 26. Número de órdenes de trabajo de tanques de crudo residual.	67
Figura 27. Número de órdenes de trabajo en la planta de tratamiento.	67
Figura 28. Número de órdenes de trabajo en la Unidad de Generación 1.	68
Figura 29. Número de órdenes de trabajo en la Unidad de Generación 2.	68
Figura 30. Número de órdenes de trabajo en la Unidad de Generación 3.	69
Figura 31. Número de órdenes de trabajo en la Unidad de Generación 4.	69
Figura 32. Número de órdenes de trabajo de los servicios auxiliares.	70
Figura 33. Número de órdenes de trabajo de la sub estación eléctrica.	70
Figura 34. Número de órdenes de trabajo de la planta de tratamiento de agua.	71
Figura 35. Órdenes de trabajo correctivas.	78
Figura 36. Ordenes de trabajo por mejoras y predictivas.	79
Figura 37. Disponibilidad de la máquina 1 en el año 2015.	81
Figura 38. Disponibilidad de la máquina 1 en el año 2016.	82
Figura 39. Disponibilidad de la máquina 2 en el año 2015.	83
Figura 40. Disponibilidad de la máquina 2 en el año 2016.	84
Figura 41. Disponibilidad de la máquina 3 en el año 2015.	85
Figura 42. Disponibilidad de la máquina 3 en el año 2016.	86
Figura 43. Disponibilidad de la máquina 4 en el año 2015.	87
Figura 44. Disponibilidad de la máquina 4 en el año 2016.	88
Figura 45. Motor de combustión interna.	96
Figura 46. Sistema de alimentación.	111
Figura 47. Sistema de turbo cargadores.	117
Figura 48. Estado de la gestión de mantenimiento central El Descanso.	121
Figura 49. Diagnostico total de la gestión de mantenimiento.	122

PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM), DE LOS ACTIVOS CRÍTICOS DE LA UNIDAD N°1 DE LA CENTRAL TÉRMICA EL DESCANSO.

INTRODUCCION.

En la actualidad, el tema de gestión de mantenimiento llega a ser un punto clave en la actividad de una empresa y afecta notablemente en la rentabilidad del negocio. El Mantenimiento ha cambiado, quizás más que cualquier otra disciplina gerencial. Estos cambios se deben principalmente al enorme aumento del número y en variedad de los activos físicos (planta, equipamiento, edificaciones) que deben ser mantenidos en todo el mundo, diseños más complejos, nuevos métodos de mantenimiento. Y una óptica cambiante en la organización del mantenimiento sus responsabilidades. (Moubray 2004).

El mantenimiento también está respondiendo a expectativas cambiantes. Estas incluyen una creciente toma de conciencia para evaluar hasta qué punto las fallas en los equipos afectan a la seguridad y al medio ambiente; conciencia de la relación entre el mantenimiento y la calidad del producto, y la presión de alcanzar una alta disponibilidad en la planta y mantener acotado el costo (Moubray 2004). De esta información podemos determinar que en la empresa Electro Generadora del Austro con una gran variedad de activos que posee, los mismos deben estar disponibles para efectuar la operación comercial de la empresa que es la generación de energía eléctrica.

Por lo general la disponibilidad es el factor primordial en la rentabilidad en la Central Termoeléctrica El Descanso, La misma está integrada por 4 motores de combustión interna de 14 cilindros en "V", marca NIGATA de procedencia japonesa capaz de generar 4,3MW cada uno a partir de la combustión del crudo residual. Estos motores por su configuración están sujetos a un mantenimiento tanto preventivo como correctivo que se debe realizar periódicamente.

La Central Térmica El Descanso que es objeto del estudio planteado presenta un sin número de complejidades para mantener los activos disponibles, ya sea por su edad, por sus sistemas complejos y por sus diferentes métodos antiguos de planificación de mantenimiento que no están acorde al cambio que presenta en la actualidad, nos ha llevado a plantearnos la siguiente pregunta:

En los años 2015 y 2016 ¿Cómo influyen los activos críticos de la unidad 1 en la disponibilidad y producción de energía con respecto al resto de unidades de la central térmica El Descanso?

La preocupación que se tiene es la baja disponibilidad de la unidad 1, con respecto a las otras unidades, producto de mal mantenimiento debido a su deficiente planificación y programación del mismo. La curiosidad que se tiene es el cómo se podría mejorar el proceso de mantenimiento para aumentar la disponibilidad y no afectar a la generación total de la planta, analizando que activos críticos influyen para no obtener esa disponibilidad deseada.

La aplicación del RCM, está basado en las normas SAE JA 1011 Y SAE JA 1012, que tratan acerca de los criterios de evaluación para procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, los cuales nos permitirán en base a la información que se determine de los activos críticos, sus modos de fallo determinar las tareas acordes para enfrentar y mejorar la confiabilidad de los activos. Cabe destacar que la disponibilidad depende de confiabilidad y la mantenibilidad por eso nos centramos directamente la propuesta en la aplicación del RCM.

Según Moubray (2004) nos ilustra: *El mantenimiento centrado en confiabilidad es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.*

La Central Térmica El Descanso fue instalada 1983 y tiene más de treinta años de servicio, sin mencionar que soportó la tragedia de la Josefina donde sus activos quedaron completamente sumergidos en el agua, posterior a este suceso fue rehabilitada la central y es por ello que la metodología del RCM, es muy acorde a la central específicamente en la unidad 1 de generación.

Razón por la cual se plantea la incógnita: ¿Será que la aplicación del método de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, mejora sustancialmente la disponibilidad de la unidad 1 de la Central Térmica El Descanso?

Consideramos que el RCM, es la metodología propicia por tener un gran número de datos y fuentes de información que se tiene por parte de la unidad, además del historial de su operación ayudarán a determinar que sistemas son los críticos, para poder mediante un árbol de decisiones tomar las acciones correctivas y adecuadas para mantener disponible la unidad.

Cumpliendo los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar la situación actual del mantenimiento y operación de la Unidad 1 de la Central Térmica El Descanso.
2. Definir los activos físicos críticos de la unidad 1 y realizar el análisis funcional de fallas.
3. Realizar el análisis de modos de fallo y sus efectos, utilizando la técnica AMFE (Análisis de Modos, los Efectos y la Criticidades de las Fallas).
4. Realizar la selección de las tareas de mantenimiento utilizando el diagrama lógico de decisión del RCM.

CAPITULO 1.-

1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM).

1.1 Historia general del mantenimiento.

El tema de mantenimiento viene siendo nombrado desde tiempos pasados, ha ido evolucionado a manera de las necesidades que ha tenido la industria. Dando sus inicios antes de la segunda guerra mundial ha ido cambiando hasta la actualidad con diferentes teorías que han sido aplicados en sus respectivas épocas. A continuación, una pequeña reseña de la evolución del mantenimiento industrial (figura 1).

1.1.1 Primera generación. -

La primera generación llega hasta la II guerra mundial, la industria no era muy compleja es por eso que no consideraban con tanta atención en las paradas de funcionamiento, la maquinaria de esa época no era tan compleja es por ello que la confiabilidad de estas era altas y con ello el personal no necesitaba tener mucha experiencia como se menciona anteriormente las máquinas eran más fáciles de reparar.

1.1.2 Segunda generación. -

En la etapa de la II Guerra Mundial, surgió la necesidad de automatizar las máquinas debido a que en esa temporada la mano de obra calificada disminuyó, por consiguiente, los sistemas de producción de la industria empezaban a buscar su autonomía sin la necesidad de la presencia de un personal y con ello las paradas imprevistas de los equipos influenciarían en la actividad de la industria. En los años 50, la industria empezó a depender mucho de sus máquinas que fueron teniendo sistemas más complejos y los tiempos improductivos serían notorios que causarían pérdidas a la producción de las empresas. Empezaron a tratar temas que las fallas pueden de alguna manera influir directamente en la producción y es por ello que nace el concepto de mantenimiento programado. Inicialmente los costos de realizar un mantenimiento a un determinado equipo eran altos en algunos casos estos superaban los costos de fabricación ante esto colocaron controles y empezaron a planificar de mejor manera las diferentes actividades que concibe el tema de mantenimiento.

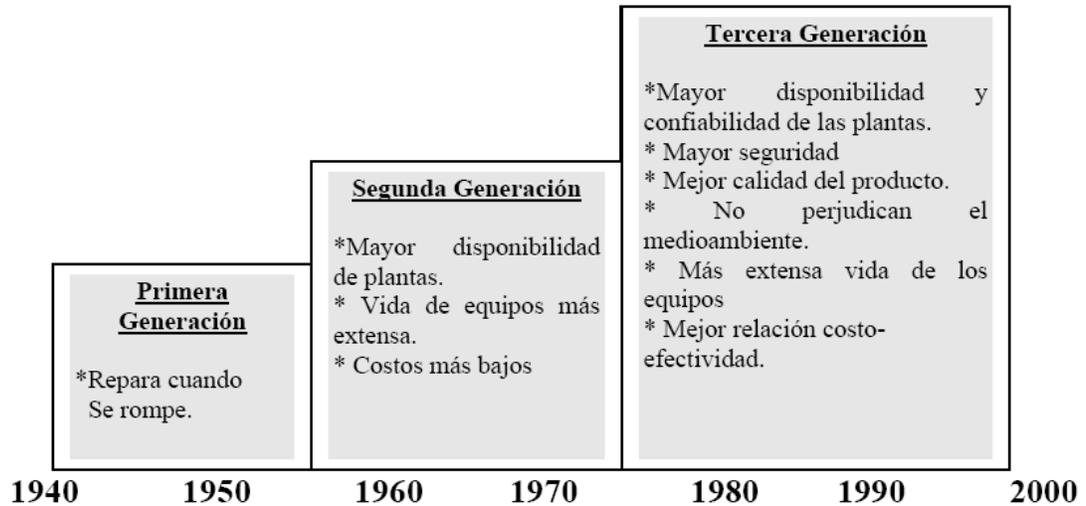


Figura 1 Expectativas de mantenimiento creciente.

Fuente: J Mounbray, 2000.

1.1.3 Tercera Generación. -

Periodo que empieza a mediados de los años setenta, se nota cambios en la industria en general, estos cambios generan los siguientes temas a mencionar:

a) Nuevas expectativas. -

En este aspecto ya se nota que la parada de máquina afecta directamente a la capacidad de producir los activos, disminuye la producción, aumenta los costos de operacionales y por ende tiene una incidencia en el servicio al cliente. Los sectores como son los mineros, manufactureros y de transporte notaron la influencia que una pequeña falla de una maquina puede llegar a parar completamente la planta. De aquí el incremento de la automatización y el mecanizado desarrollan conceptos de confiabilidad y la disponibilidad son claves para la organización, he allí que los incrementos de fallas en los activos son constantes y estos influyen en la calidad del servicio.

También consideran el tema del medio ambiente y la seguridad que afectan a la sociedad cuando al aumentar la automatización se presentan mayor cantidad de fallas provocan incidencia en estos parámetros que incluso pueden llegar a dejar de operar sino se consideran las políticas de medio ambiente y seguridad. Ante ello los activos físicos llegan a ser considerados con mayor atención dentro la organización, crece la expectativa de su costo de tenerlos y operarlos los mismos tiene que cumplir su función el mayor tiempo posible eficientemente, de allí que el costo de mantenimiento de los activos pasa a tener mucha atención en esta etapa ya que llega a ser un rubro importante en la organización.

b) Nuevas investigaciones. -

En este punto se analiza nuevas investigaciones que rompe paradigmas entre la edad de un activo y la influencia en sus fallas. En la primera generación hace referencia a que los

daños solo se presentan con la antigüedad de los activos de una empresa, en la segunda generación el inicio del funcionamiento de una máquina con lleva un incremento de fallos, hasta que llega un punto en el que se estabiliza en su funcionamiento y conforme a su antigüedad incrementara sus fallos.

En la tercera generación presentamos seis patrones de fallas comunes las mismas que ocurren y están presentes en una máquina como se puede apreciar en la figura 2, además de que nacen los diferentes conceptos tradicionales de mantenimiento, combinado con un número de tareas que se aplicarán a los activos. Pero estas tareas no llegan a tener un impacto significativo ya que la industria de esta época utiliza una gran variedad de tareas, las mismas que algunos casos no son necesarias para la operación de una máquina.

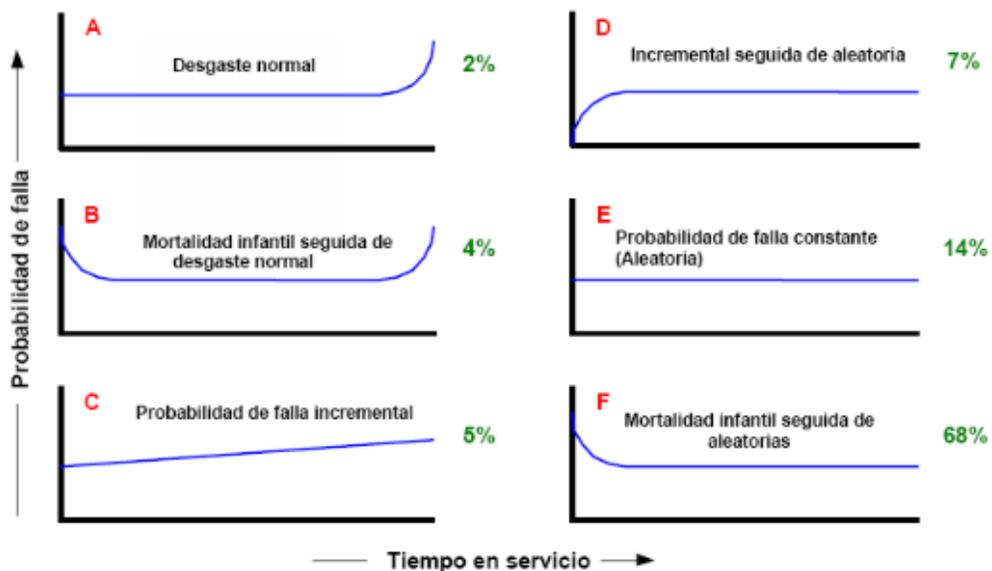


Figura 2. Patrones comunes de fallos.

Fuente: J Mounbray, 2000.

c) Nuevas técnicas. -

En los últimos tiempos han incrementado conceptos de mantenimiento, se puede indicar en la figura 3 los diferentes cambios en las técnicas de mantenimiento se han dado a través del tiempo.

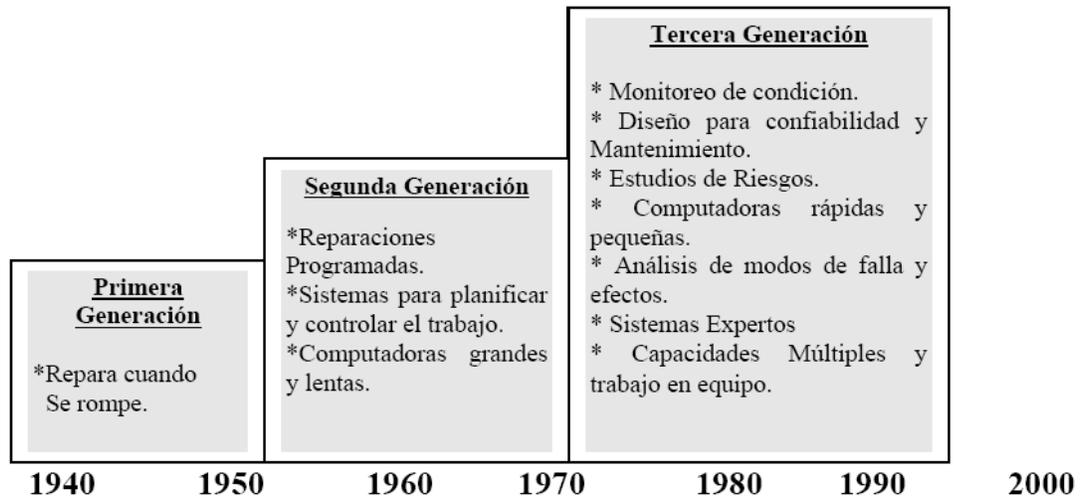


Figura 3. Cambios en las técnicas de mantenimiento.

Fuente: J Mounbray, 2000.

En esta figura se puede apreciar los cambios que se ha dado en los sistemas administrativos y de control para ellos mencionaremos que son los siguientes:

- Herramientas para la toma de decisiones.
- Nuevos métodos de mantenimiento.
- Diseño de equipos.
- Un drástico cambio en la manera de pensar en la organización.

Estos temas han ayudado a determinar que tarea de mantenimiento es la acorde para la maquinaria y cual no la es, el personal de mantenimiento tenía esta decisión que analizarla con el fin de no incurrir en acciones que generen costos adicionales a la empresa y no sean trascendentales para el activo.

1.2 La evolución del mantenimiento centrado en confiabilidad.

El mantenimiento centrado en confiabilidad, tiene sus primeros conceptos en la industria de la aviación a finales de los años 60 y los inicios de 70, las principales aplicaciones del RCM fue elaborada por Stanley Nowlan y Howard Heap, en una publicación llamada mantenimiento centrado en confiabilidad. Este era un reporte que se realizó para la empresa United Airlines, dicha investigación demostró que existe una correlación entre la edad del activo con su tasa de fallos, además desmiente que la premisa básica que tenía el mantenimiento basado en el tiempo no aplicaba en la mayoría de sus equipos y también algunos estudios adicionales provistos por el Departamento de Defensa ratificaron lo expuesto por Nowlan y Heap.

Desde los años 60 hasta finales de los años 80, la técnica predominante fue el mantenimiento preventivo utilizado por la mayoría de la industria, se basaba en dos principios los cuales eran los siguientes:

- a- Existe una relación entre la edad del equipo y la tasa de fallos.
- b- La probabilidad de falla de un componente y un equipo se puede determinar estadísticamente,

Por lo tanto, con estas características las piezas pueden ser reconstruidas o sustituidas antes de la falla. El RCM empleó las características que se presentaron en esa época, como es el caso del mantenimiento preventivo, el mantenimiento reactivo y técnicas del mantenimiento proactivo que existían en esas fechas, todas ellas se acoplaron de una manera más adecuada con el fin de aumentar la probabilidad que un equipo, componente funcione durante el ciclo de vida con un mínimo mantenimiento posible.

La primera industria en manejar todos estos desafíos fue la industrial de aviación (J Mounbray, 2000) llegaron a concentrarse en las tareas que son las que verdaderamente tiene una incidencia en las actividades de mantenimiento, con ello nacieron los temas referentes a la toma de decisiones y en la industria de la aviación la denominaron con el nombre de MSNG3, conocido en las demás empresas como Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).

El RCM, es una técnica de mantenimiento que nos ayuda a controlar de una manera óptima con los activos físicos de una empresa con la razón del aspecto financiero, no existe otro método que determine la cantidad mínimas de tareas para que siga cumpliendo la función un activo ya sea las condiciones riesgosas y peligrosas.

Todo esto llevo a que la American Society of Automotive Engineers publico la norma SAE JA 1011 "Criterio de evaluación de proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad".

1.3 Características del mantenimiento centrado en confiabilidad y su terminología.

Dentro de la norma SAE JA 1011 se da a conocer que el RCM es un proceso específico utilizado para identificar las políticas que deben implementarse para administrar los modos de falla que podrían causar la falla funcional de cualquier activo físico en un contexto operativo dado. Según Jhon Mounbray en su libro RCM II 2004 menciona el siguiente concepto:

Mantenimiento centrado en confiabilidad, es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento que sirve de guía para identificar las 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 las fallas de un determinado contexto operacional, realizado por un equipo de trabajo multidisciplinario, el cual desarrolla un sistema de gestión de mantenimiento flexible que se adapta a las necesidades reales de mantenimiento de la organización tomando en cuenta la seguridad personal, el ambiente las operaciones y la razón costo/ beneficio (Jones, 1995, 1).

El RCM es una técnica de organización de actividades y de la gestión del mantenimiento para desarrollar programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos en función del

diseño y de la construcción de los mismos. El RCM asegura un programa efectivo de mantenimiento que se centra en que la confiabilidad original inherente al equipo se mantenga (Marks, 1997, 49-52).

Los objetivos del RCM son los siguientes:

- a- Eliminar averías en las máquinas.
- b- Suministrar fuentes de información de la capacidad de producción de la planta a través del estado de sus máquinas y equipos.
- c- Minimizar los costos de mano de obra de reparaciones, en base a un compromiso por parte de los responsables del mantenimiento en la eliminación de fallas de máquinas.
- d- Anticipar y planificar con precisión las necesidades de mantenimiento.
- e- Establecer horarios de trabajo más razonables para el personal de mantenimiento.
- f- Permitir a los departamentos de producción y de mantenimiento una acción conjunta y sincronizada a la hora de programar y mantener la capacidad de producción de la planta.
- g- Incrementar los beneficios de explotación directamente mediante la reducción de los presupuestos del departamento de mantenimiento. (Mora, 2009).

En la siguiente tabla 1 verificamos los beneficios de RCM dentro de la gestión de mantenimiento.

Tabla 1. Beneficios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Fuente: Mora 2009.

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

Continuando con el estudio del RCM, tenemos que esta metodología incita a responder 7 preguntas sobre el bien o el sistema en revisión:

1. ¿Cuáles son las funciones y los estándares de rendimiento del activo en su contexto operacional actual?
2. ¿En qué formas falla el activo, dejando de cumplir sus funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada fallo funcional?
4. ¿Qué pasa cuando ocurre cada fallo?
5. ¿Qué importancia tiene cada fallo?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada fallo?
7. ¿Qué debe hacerse si no se puede encontrar una tarea proactiva adecuada?

Siguiendo con el respectivo estudio empezamos a definir la terminología que encierra el RCM.

1.3.1 Contexto operacional.

De acuerdo a la norma SAE J1011 define a contexto operacional a las circunstancias en las que se espera que un activo físico o sistema opere. El contexto operacional se refiere al entorno donde funciona el equipo, las condiciones las que afecten al activo serán consideradas para aplicar un adecuado programa de mantenimiento, se da casos que existen equipos que son similares en sus funciones, pero los entornos son distintos. A cada uno se le aplicará una estrategia de mantenimiento diferente por las circunstancias que posee.

1.3.2 Función de un activo.

Antes de que sea posible aplicar un proceso, utilizado para determinar que debe hacerse para asegurar que todo bien físico continúe con su desempeño, del modo en que sus usuarios esperan dentro de su contexto operativo presente necesitamos hacer dos cosas:

- Determinar cuál es la función que los usuarios quieren que cumpla
- Asegurar que el bien es capaz de comenzar con lo que los usuarios esperan.

Es por esto que el primer paso del RCM es definir las funciones de cada bien en su contexto operativo, como así también los estándares de desempeño deseados. Las funciones que los usuarios pretenden que sus bienes desempeñen puede dividirse en dos categorías:

- Funciones primarias: que sintetizan por el bien fue adquirido en primer lugar. Estas categorías de funciones cubren temas tales como velocidad, rendimiento, capacidad de transportación o almacenamiento, calidad del producto y servicio al cliente.
- Funciones secundarias: que indican que se espera que todo bien produzca más que simplemente su función primaria. Los usuarios también tienen expectativas en áreas como ser seguridad, control, contención, confort, integridad estructural economía protección, eficiencia, cumplimiento con las normas medioambientales y hasta la estética o apariencia del bien. (Moubray 2002)

Según la norma SAE J1011, nos indica las siguientes características de una función de un activo:

- El contexto operativo puede ser definido.
- Se identificarán todas las funciones del activo, sistema (todas las funciones primarias y secundarias, incluido las funciones de todos los dispositivos de protección).
- Todas las declaraciones de función contendrán un verbo, un objeto y un estándar de rendimiento (cuantificado en cada caso donde se puede hacer esto).
- Las normas de rendimiento incorporadas en los enunciados de funciones deben ser el nivel de rendimiento deseado por el propietario o usuario del activo o sistema en su contexto operativo.

1.3.3 Falla funcional.

Primero debemos enunciar un concepto de falla:

Según Moubray, nos dice que falla es la incapacidad de cumplir un bien con las funciones con las que un usuario espera que realice. La presente definición no tiene en cuenta el hecho de que cada bien tiene más de una función, cada función tiene con frecuencia más de un nivel de desempeño deseado. También vimos que lo que cualquier bien debe hacer se define como función, y que todo bien tiene más de una, con frecuencia varias funciones diferentes. Teniendo en cuenta que cada una de esas funciones puede fallar, deducimos que todo bien puede sufrir una variedad de distintos estados de falla. (Moubray, 2002)

Esto muestra porque es más apropiado definir falla como pérdida de funciones específicas, falla del bien en general. También muestra porque el proceso de RCM utiliza el término "falla funcional" para describir estados fallidos, más que falla en sí misma. Sin embargo, para completar la definición de falla, necesitamos analizar en mayor detalle la pregunta sobre niveles de desempeño. (Moubray 2002).

Haciendo un análisis de todo esto se define de la siguiente manera a una falla funcional: una falla funcional se define como la incapacidad de todo bien de cumplir una función a un nivel de desempeño aceptable por el usuario.

En la norma SAE J1011 nos indica que falla funcional trata de identificación todos los estados fallidos asociados con cada función de un activo.

1.3.4 Modo de falla.

Un modo de falla puede ser definido como cualquier evento que causa que un bien pueda fallar. Sin embargo, es mucho más preciso distinguir entre falla funcional y modo de falla, esto

lleva una definición más clara: un modo de falla es cualquier suceso que cause una falla funcional. (Moubray, 2002).

En la norma SAE J1011, nos describe algunos aspectos de modo de falla y estos son:

- Se identificarán todos los modos de falla que razonablemente puedan causar cada falla funcional.
- El método utilizado para decidir qué constituye un modo de falla "razonablemente probable" será aceptable para el propietario o usuario del activo.
- Los modos de falla se identificarán a un nivel de causalidad que permita identificar una política de gestión de fallas.
- Las listas de modos de falla deben incluir los modos de falla que han sucedido antes, los modos de falla que están actualmente siendo prevenido por los programas de mantenimiento existentes y los modos de falla que aún no han sucedido pero que se cree que son razonablemente probables en el contexto operativo.
- Las listas de modos de falla deben incluir cualquier evento o proceso que pueda causar una falla funcional, incluyendo deterioro, defectos de diseño y error humano ya sea causado por operadores o mantenedores (a menos que sea humano) el error se aborda activamente mediante procesos analíticos aparte de RCM).

1.3.5 Efectos de falla.

Según Moubray 2002, enuncia que un efecto de falla es el suceso cuando se presenta un modo de falla. Se considera que no se debe confundir un efecto de falla con la consecuencia de la falla son dos criterios diferentes, el efecto hace relación a "que sucede" y la consecuencia hace relación al "como afecta".

Según la norma SAE J1011 menciona los siguientes criterios para identificar los efectos de falla:

- Los efectos de falla describirán lo que sucedería si no se realiza una tarea específica para anticipar, prevenir o detectar la falla.
- Los efectos de falla incluirán toda la información necesaria para respaldar la evaluación de las consecuencias de la falla, como:
 - a. Qué evidencia (si la hay) de que la falla ha ocurrido (en el caso de funciones ocultas, qué suceder si se produjo una falla múltiple).
 - b. Lo que hace (si acaso) puede provocar muerte o lesión a alguien, o tener un efecto adverso en el medio ambiente.
 - c. Qué hace (si acaso) si tiene un efecto adverso en la producción u operaciones.
 - d. Qué daño físico (si lo hay) es causado por la falla.
 - e. Qué (si hay algo) debe hacerse para restaurar la función del sistema después de la falla.

Todos los puntos anteriores se combinan y deben ser llenados en un formato en el cuál se anotará, la función, la falla funcional, modo de falla y el efecto de la falla de un sistema o subsistema, El formato lleva el nombre de la hoja de información del RCM.

A continuación, colocamos el formato tomado del libro de Moubray 2002. (Tabla 2).

Tabla 2. Hoja de información del RCM.

Fuente: Moubray, 2002.

HOJA DE INFORMACION DEL RCM						
Hoja de información RCM	Area		Sistema N°	Facilitador	Fecha	Hoja N°
	Subsistema		Subsistema N°	Auditor	Fecha	de
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de Falla			
1	A	1				
		2				
		n				
	B	1				
		2				
		n				
	C	1				
		2				
		n				
	D	1				
		2				
		n				

1.3.6 Consecuencias de falla.

Cada vez que se presenta una falla, la organización que utiliza el bien se ve afectada en algún grado. Algunas fallas afectan el rendimiento, la calidad del producto, o el servicio al cliente y otras amenazan la seguridad del medioambiente. A la naturaleza y la severidad de estas fallas se le denomina con consecuencia de la falla. (Moubray 2002).

Se dice también como algo importante que de acuerdo a la severidad de la falla se podrá realizar una acción sobre esa falla, hay casos en los que las fallas son muy menores que no necesitan tener tareas proactivas, sino que se corrija solo cuando se presente.

Para iniciar el proceso del RCM, se tienen en cuenta la evaluación de las tareas de acuerdo al efecto que produce cada modo de fallo y se califica la consecuencia con una escala predeterminada por el grupo que se encuentre realizando el análisis, seguido se prosigue a verificar si existe una tarea proactiva que reduzca el impacto, continuando con el proceso se analizará si la tarea proactiva es técnicamente posible y reduce el fallo considerablemente que los costos operativos sean significativos se adoptará la tarea sino concluiría con otras acciones que llevarían a buscar la manera de solventar el fallo.

Continuando debemos considerar que las consecuencias se pueden clasificar de acuerdo a las funciones evidente y funciones ocultas

- Las funciones evidentes.

Es aquella cuya falla es inevitablemente evidente por sí misma para los operarios y bajo circunstancias normales.

- Las funciones ocultas.

Una función oculta es aquella cuya falla no será evidente a los operarios bajo circunstancias normales si esta se presenta por sí misma y deben ser tratadas de una manera especial.

Las funciones se clasifican en tres grupos de consecuencias y estas son:

- Consecuencias medioambientales y de seguridad: Una falla tiene consecuencias de seguridad si afecta al personal y medioambientales si ataca a cualquier disposición de las normas ambientales que rigen a un estado.
- Consecuencias Operativas: Si afecta la producción o las operaciones.
- Consecuencias no operativas: Estas solo afectan al costo directo de reparación.

Así mismo toda esta información es colocada en otra hoja del RCM, se la conoce con el nombre como la hoja de decisión del RCM y es la siguiente: (Tabla 3).

Tabla 3. Hoja de decisión del RCM.

Fuente: Moubray, 2002.

HOJA DE DECISIÓN DEL RCM.																	
HOJA DE DECISIÓN DEL RCM			Sistema						Facilitador					Fecha	Hoja N°		
			Subsistema						Auditor					Fecha	de		
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acciones a falta de						Intervalo inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6					

1.3.7 Gestión de fallos.

Para tomar en consideración este punto nos basaremos los que nos indica la norma SAE J1011 que nos da criterios que se deberían tener en cuenta para la gestión de los fallos.

- El proceso para seleccionar la gestión de fallos tomará en cuenta el hecho de que la probabilidad condicional de algunos modos de fallo se incrementará con la edad.
- Que la probabilidad condicional de otros modos de fallo no cambiará con la edad y que la probabilidad condicional de otros modos de fallo disminuirá con la edad.
- Toda tarea programada será técnicamente factible y valdrá la pena hacerla.
- Si dos o más políticas de gestión de fallos propuestas son técnicamente factibles y vale la pena hacerlas, se seleccionará la de mejor relación costo-efectividad.

- La selección de políticas de gestión de fallos se llevará a cabo como si no se realizara ninguna tarea específica para predecir, prevenir o detectar el fallo.

1.3.7.1 Política de gestión de fallos. –

Todas las tareas programadas cumplirán con los siguientes criterios:

- En el caso de un modo de fallo evidente que tiene consecuencias para la seguridad o el medio ambiente, la tarea reducirá la probabilidad del modo fallo a un nivel tolerable para el propietario o el usuario del activo.
- En el caso de un modo de fallo oculto donde el fallo múltiple asociado tiene consecuencias para la seguridad o el medio ambiente, la tarea reducirá la probabilidad del modo de fallo oculto en una proporción tal que reduzca la probabilidad de fallo múltiple asociado a un nivel tolerable para el propietario o el usuario del activo.
- En el caso de un modo de fallo evidente que no tenga consecuencias para la seguridad o el medio ambiente, los costos directos e indirectos de ejecutar la tarea serán menores que los costos directos e indirectos del modo fallo medidos en períodos de tiempo comparables.
- En el caso de un modo de fallo oculto donde el fallo múltiple asociado no tenga consecuencias para la seguridad o el medio ambiente, los costos directos e indirectos de realizar esa tarea serán menores que los costos directos e indirectos del fallo múltiple más el costo de reparar el modo fallo oculto medidos en periodos de tiempo comparables.

Las tareas bajo condición que sea seleccionada deben satisfacer los siguientes criterios adicionales:

- Existirá un fallo potencial claramente definido.
- Existirá un intervalo P-F identificable (periodo de desarrollo del fallo).
- El intervalo de tarea será menor que el intervalo P-F probable más cortó.
- Será físicamente posible hacer la tarea a intervalos menores que el intervalo P-F.
- El tiempo más breve entre el descubrimiento de un fallo potencial y la ocurrencia de un fallo funcional (el intervalo P-F menos el intervalo de la tarea) será lo suficientemente grande para realizar la acción predeterminada para evitar, eliminar o minimizar las consecuencias del modo de fallo.

Las tareas de sustitución con un programa deben satisfacer los siguientes criterios adicionales:

- Existirá una edad claramente definida la cual se observa un aumento de la probabilidad condicional de ocurrencia del modo fallo en consideración.

- Una proporción suficientemente grande de las ocurrencias de este modo de fallo ocurrirá después de esta edad, de manera que se reduzca la probabilidad de falla prematura a un nivel tolerable para el propietario o el usuario del activo.

Tareas de restauración programada deben satisfacer los siguientes criterios adicionales:

- Existirá una edad claramente definida la cual se observa un incremento en la probabilidad condicional de ocurrencia del modo fallo en consideración.
- Una proporción suficientemente grande de las ocurrencias de este modo de fallo ocurrirá después de esta edad, de manera que se reduzca la probabilidad de falla prematura a un nivel tolerable para el propietario o el usuario del activo.
- La tarea restaurará la resistencia al fallo del componente a un nivel tolerable para el propietario o el usuario del activo.

Las tareas de búsqueda de fallos deben satisfacer los siguientes criterios adicionales:

- Las bases sobre las cuales se selecciona el intervalo de la tarea tomarán en cuenta la necesidad de reducir la probabilidad de fallo múltiple del sistema protegido asociado a un nivel tolerable para el propietario o el usuario del activo.
- La tarea confirmará que todos los componentes abarcados por la descripción del modo de fallo sean funcionales.
- La tarea de búsqueda de fallos y el proceso de selección del intervalo asociado tendrían en cuenta cualquier probabilidad de que la propia tarea pueda hacer que la función oculta quede en estado de fallo.
- Será físicamente posible hacer la tarea con el intervalo especificado.

1.4 Análisis de criticidad.

Según la investigación de Gutiérrez, Agüero, Kalisto, 2007, nos indica que es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, de acuerdo a una figura de mérito llamada criticidad; que es proporcional al riesgo creando una estructura que facilita la toma de decisiones y el direccionamiento del esfuerzo y los recursos hacia las áreas, de acuerdo con su impacto en el negocio.

El análisis de criticidad es una técnica de fácil manejo y comprensión en el cual se establecen rangos relativos para representar las probabilidades y/o frecuencias de ocurrencia de eventos y

sus consecuencias. Ambas magnitudes, frecuencias y consecuencias, se registran en una matriz, diseñada en base a un código de colores que denotan la menor o mayor intensidad del riesgo relacionado con la Instalación, Sistema, Equipo o Dispositivo (ISED) bajo análisis, tal como se ilustra en la figura 4

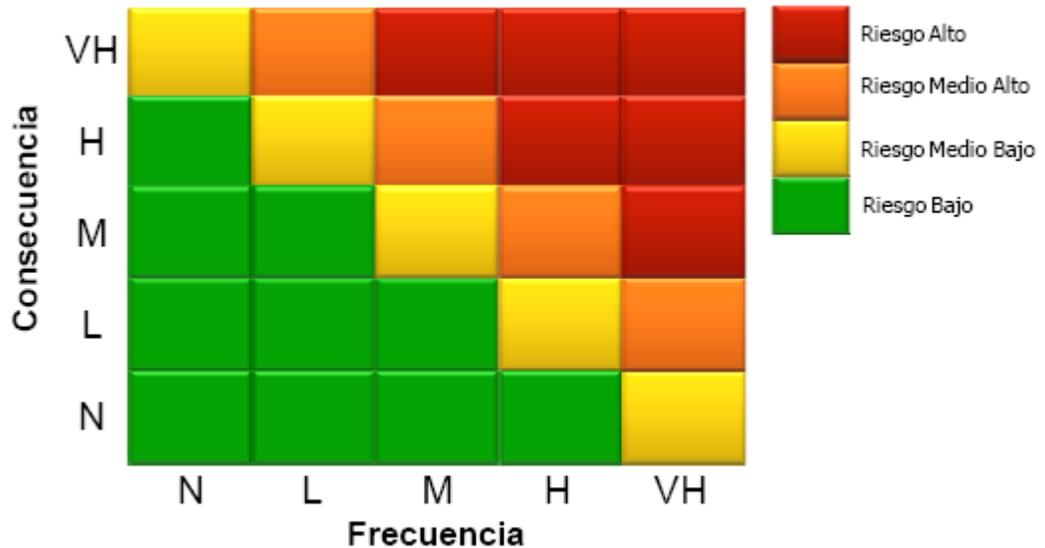


Figura 4. Matriz de criticidad.

Fuente: Edwin Gutiérrez.

Para calcular la criticidad se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de fallo} \times \text{Impacto}.$$

$$\text{Impacto} = \text{consecuencia}.$$

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad Operacional}) + (\text{Costo Mantenimiento}) + (\text{Impacto Seguridad y Medio Ambiente}).$$

En el siguiente cuadro permite realizar el análisis de la criticidad, en el mismo se colocarán los criterios de evaluación de la criticidad y en conjunto con la matriz indicada en la figura 4 serán los encargados de determinar el presente estudio de la criticidad que se encuentre en los activos de la Central El Descanso y esta tabla es la siguiente:

Tabla 4. Criterios de la evaluación de la criticidad.

Fuente: Gutiérrez, Agüero, Calixto, 2007.

CRITERIOS DE EVALUACION DE LA CRITICIDAD	PUNTAJE
FRECUENCIA DE FALLA (Nº de fallas/dos años)	
De 1 a 2	1
De 3 a 4	2
De 5 y 7	3
Mayor a 7	4
IMPACTO OPERACIONAL	
No genera ningún efecto sobre la operación	1
Existe pérdida parcial en la generación	4
Pérdida total de la generación	8
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
Repuesto disponible en bodega	1
Hay opción de repuesto	4
No hay repuesto	6
COSTO DE MANTENIMIENTO (UDS)	
Menor a 1000	1
Entre 1000 y 10000	2
Mayor a 10000	3
IMPACTO EN LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	
Sin consecuencias	1
El Fallo del equipo es un riesgo para las personas y el medio ambiente	3
El fallo causa graves afectaciones tanto a la seguridad como al medio ambiente	6

CAPITULO 2.

2 Análisis de la situación actual de la Central Térmica El Descanso.

2.1 Antecedentes de la Central Térmica El Descanso.

La central Térmica el Descanso empieza su construcción en el año 1980, se encuentra ubicada a 15 Km. al nororiente de la ciudad de Cuenca. La operación de la central inicio en el año 1982 con cuatro unidades de 4800 kW. cada una, dando una potencia total de 19.200 kW. Las máquinas son de procedencia japonesa marca Niigata, de 514 R.P.M., 14 cilindros, Turboalimentados y consume dos tipos de combustible, diesel 2 para los arranques y paradas y bunker para la operación normal. El voltaje de salida de los generadores es 6.300 V., y se eleva a una tensión de 22.000 V. por medio de una Subestación.



Figura 5. Central Térmica El Descanso.

Fuente: Elecaastro. S.A.

La Central ha sufrido en su normal funcionamiento varios problemas desde su instalación, entre ellos el efecto que causo el deslave de material en el sector de la Josefina en los años 90 provocó el taponamiento de la circulación del río Cuenca. Las instalaciones quedaron inundadas con agua y por ello las máquinas de generación térmica y sus respectivos sistemas fueron afectados por la corrosión. Una vez superado el percance de la inundación empezó la reconstrucción de las unidades encargados a personal técnico del mercado ecuatoriano. La

restauración duro aproximadamente un año, pero las máquinas quedaron disponibles para realizar su función que es de generar energía y aportar al mercado del sector eléctrico del país.



Figura 6. Vista posterior de la Central El Descanso.

Fuente: Elecaastro. S.A.

La central enfrenta varios problemas, que ha hecho que el funcionamiento de la misma se vea afectado, entre uno de ellos fue el incremento de eficiencia por parte de otras centrales térmicas provocó que se busque incrementar la eficiencia de la central y una de esas modificaciones a los que fue sometida la central fue el cambio de combustible del bunker a crudo residual. Además, en la máquina se realizó variaciones en sus elementos para adaptarse a este tipo de combustible y conseguir un mejor rendimiento de la unidad.

En las unidades el paso del tiempo también ha influido que su capacidad de generación sea disminuida y las políticas gubernamentales han sido parte crítica en la forma de adquirir los repuestos para las unidades de generación provocando en si un problema más en la operación de la central. Todos estos motivos con llevan a realizar una planificación correcta y adecuada para que la central siga en operación hasta la actualidad.

Como se puede apreciar El Descanso se ha visto afectado por un sin número de problemas y en la actualidad el más influyente es la creación de centrales hidráulicas en todo país, razón por la cual gran parte del año está sujeta a que el ente regulador solicite sus servicios para entrar en operación.

2.2 Análisis de la situación actual del mantenimiento en la Central El Descanso.

En esta parte vamos a considerar los diferentes datos que tenemos a disposición de en la central, los mismos son registros históricos que lleva la central para cada evento que ha pasado, estos son los siguientes:

- Bitácoras.
- Hojas de vida de las unidades de la central.
- La información que nos brinda el sistema de mantenimiento asistido por computadora. (SISMAC).
- Informes de mantenimientos.
- Cronogramas de mantenimiento.
- Cartillas de Generación.
- Manuales de fabricante.

Además de esta información que se tiene, procederemos a realizar una pequeña auditoría para verificar el estado actual en que se encuentra la sección de mantenimiento en la central El Descanso, basado en valoración cuantitativa del sistema de gestión de mantenimiento.

Para realizar esta evaluación nos apoyan el jefe departamental y el supervisor de la central, Con ellos se realiza ponderaciones sobre 100 puntos la importancia y repercusión de cada área con respecto al sistema de gestión de mantenimiento, 100 puntos a la función de cada área con respecto al sistema de gestión.

La calificación de cada función o área representa la evaluación del grado de implantación, desarrollo, cumplimiento y efectividad de cada área o función. Donde se coloca en una escala entre cero (inexistente) y 10 (perfecto).

Se colocarán en columnas A, B, C los datos a obtener en las mediciones que se realizara en conjunto con la gente encargada de mantenimiento en la central el Descanso, en las columnas D y F se colocarán los resultados en porcentaje que serán objetos de estudio, los cuales son los resultados de la gestión de mantenimiento.

Como se encuentra en la figura 7, el detalle del estudio a realizar, lo que se va a auditar de la sección de mantenimiento en las siguientes áreas:

- Organización general de mantenimiento.
- Personal.
- Sistema ingenieros inspecciones.
- Preparación y planificación del mantenimiento.
- Almacenes y aprovisionamiento.
- Contratación de mantenimiento.
- Costos de mantenimiento y presupuestos.
- Eficiencia y productividad.

DIAGNOSTICO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.															
% PONDERACION DE AREAS (A)	AREAS/FUNCIONALES	% PONDERACION DE FUNCIONES (B)	C = CALIFICACION AREA/FUNCION										% CALIFICACION AREA D= BxC/10	% CALIFICACION MTO F= AxD/100	
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10
10	2.2.1. Organización. Personal. Relaciones.	100												65.90	6.59
	a. Adecuacion y balance del organigrama	32										8		25.60	2.56
	b. Directrices del mantenimiento	25								7				17.50	1.75
	c. Formacion y cualificacion del personal	28							6					16.80	1.68
	d. Planes de formacion	15				4								6.00	0.6

Figura 7. Diagnóstico de la gestión de mantenimiento.

Fuente: Apartados del Ing. Luis Felipe Sexto.

La central El Descanso está dirigida por dos departamentos de la empresa, el primero el departamento de producción (DIPRO) y el segundo el departamento de control de generación (DCG).

El departamento de producción, con la jefatura de centrales térmicas se encarga con el personal de operación y mantenimiento electromecánico del funcionamiento de la central en la parte operativa de sus equipos, mientras el departamento de control de generación se encarga del manejo del sistema SCADA que posee los diferentes equipos de la central con su respectivo mantenimiento.

Continuando con el análisis para auditar como se encuentra el actual sistema de gestión de mantenimiento de la Central Térmica El Descanso, las escalas de calificación para la central El Descanso serían:

≤ 40% es una NO CONFORMIDAD MAYOR.

Entre 41% al 80% es una NO CONFORMIDAD MENOR.

Entre 81% al 100% es un Estado CONFORME.

2.2.1 Organización, relación y personal.

En este punto se analiza la relación del área de mantenimiento con respecto, a las otras áreas de la empresa dentro de los puntos que se analizan son las siguientes:

- Adecuación y balance del organigrama. En este punto colocamos el organigrama que tiene actualmente la empresa Elecaastro, donde su estructura empieza con una junta de accionistas conformada con más del 50% en acciones del gobierno, posterior a esto tenemos un directorio, conformado por integrantes del estado y trabajadores y posterior a esto la gerencia general y sus departamentos.

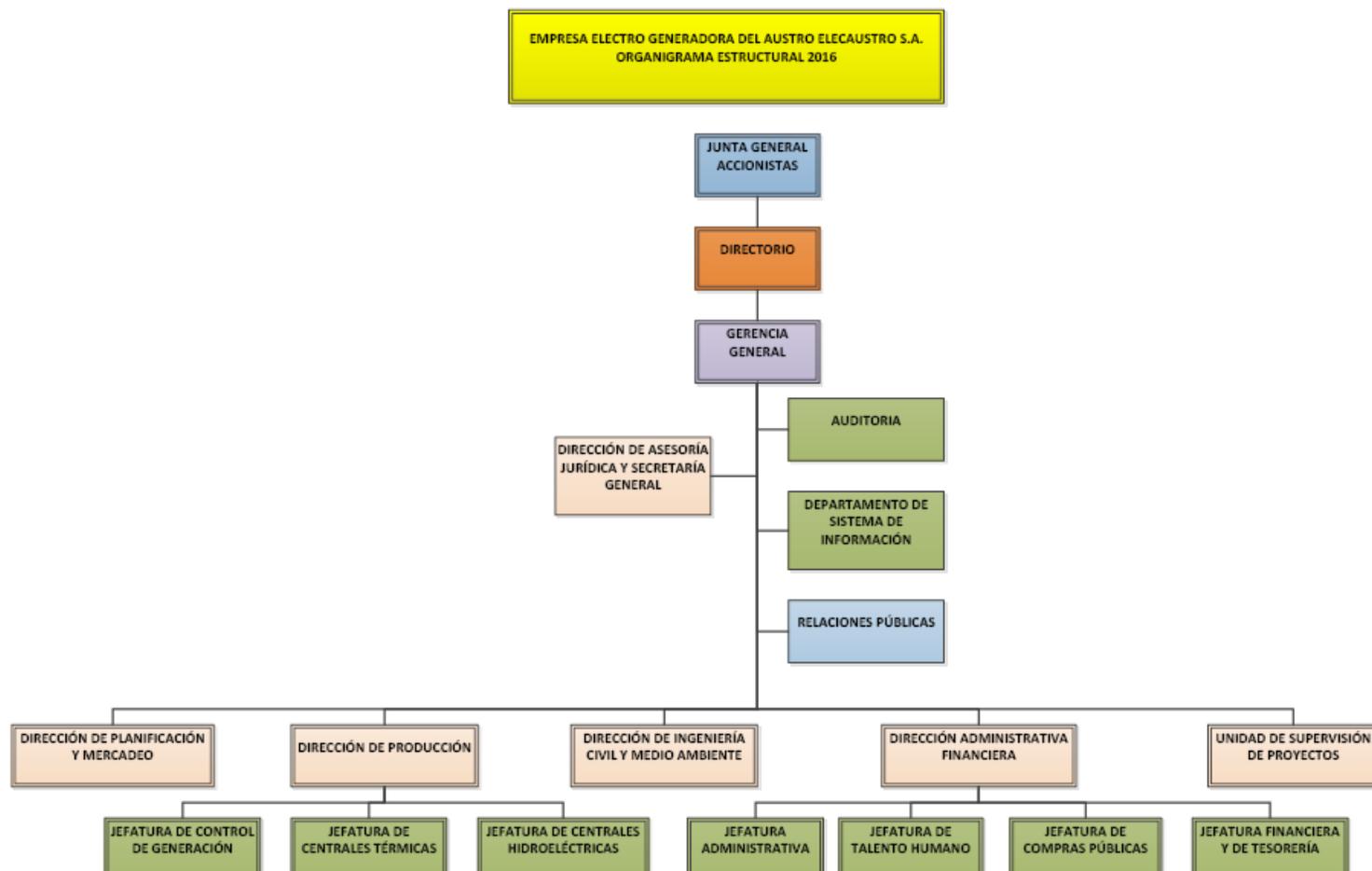


Figura 8. Organigrama de la Empresa Electro Generadora del Austro.

Fuente: Empresa Electro Generadora del Austro.

En el organigrama mostrado, se puede apreciar la conformación de la empresa, pero nuestro campo de acción recurre en el departamento de producción. Actualmente la empresa Electro Generadora del Austro está buscando una certificación basada en la norma ISO 9001-2015.

De este proceso que se está tratando de implantar, se pudo determinar un plan estratégico que relacionaba a la gestión de mantenimiento con un objetivo que es “*garantizar el suministro de energía eléctrica con criterios de eficiencia y continuidad*” con ello se logrará mantener una disponibilidad y funcionamiento óptimo de los diferentes activos físicos de la organización.

En la central térmica el Descanso, actualmente se encuentra laborando la siguiente cantidad de personas en el área de mantenimiento y operación.

- Un jefe departamental del área de centrales térmicas.
- Un supervisor de centrales térmicas.
- Un Auxiliar de Ingeniería 1.
- Dos Mecánicos de generación.
- Cuatro Auxiliares electromecánicos.
- Un mecánico industrial.
- Dos personas de limpieza y servicios generales.
- Cuatro operadores de generación.
- Cuatro operadores asistentes de generación.
- Cuatro operadores SCADA que monitorean el funcionamiento de las unidades de generación.

El organigrama quedaría más definido del departamento de producción de la siguiente manera:

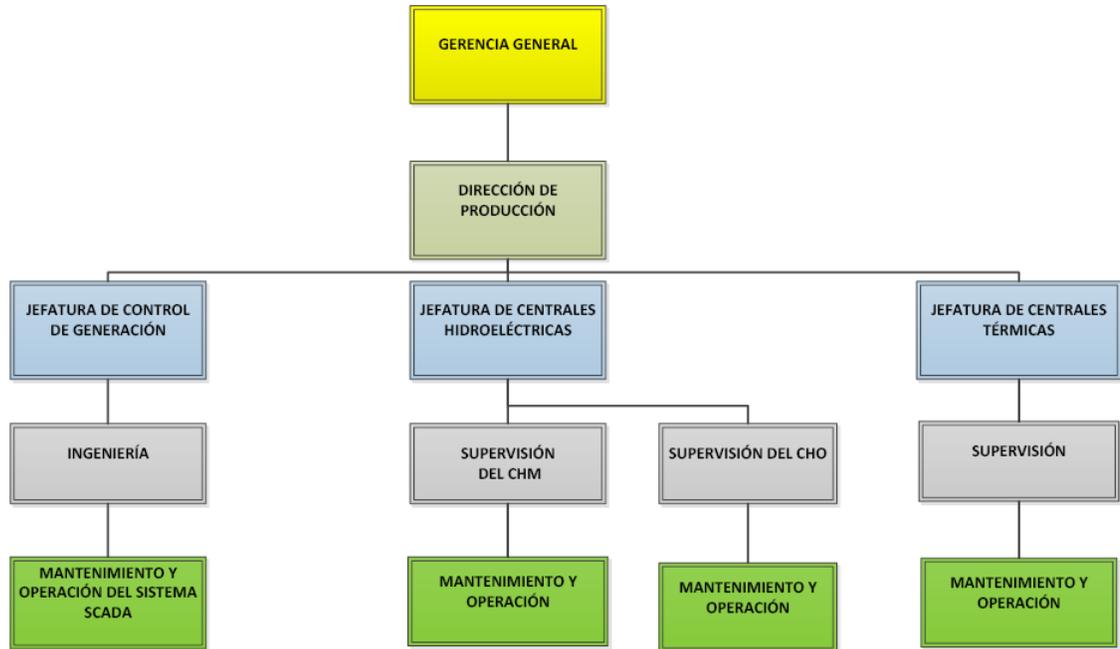


Figura 9. Organigrama del departamento de producción de la empresa Electro Generadora del Austro.

Fuente: Empresa Electro Generadora del Austro.

- b. Formación y cualificación del personal. - En este apartado está involucrado el departamento de recursos humanos, en el cuál existe una persona encargada de la capacitación de los trabajadores y servidores, en general tiene un plan anual de capacitación que es obtenido por una serie de encuestas realizadas a personal de la empresa con temas que necesitan para el desarrollo profesional de los mismos. A continuación, en figura 10 se muestra la encuesta que se realiza en Elecaustro.



**ENCUESTA PARA DETECTAR NECESIDADES DE
CAPACITACIÓN
Año 2018**

DATOS GENERALES:

NOMBRE: _____

CARGO: _____ DIRECCIÓN A LA QUE PERTENECE: _____

LUGAR DE TRABAJO: _____ FECHA: _____

OBJETIVO: La presente encuesta se realiza con la finalidad de determinar las necesidades de capacitación que tengan las personas que laboran en la Empresa Electro-Generadora del Austro Elecostro S.A., con la información que se obtenga de esta encuesta se diseñará un temario de capacitación que se ajuste a los requerimientos de su puesto de trabajo para el año 2018.

Señale con una x la opción que a usted le corresponda.

1. Indique con un "x" el nivel de educación formal que Ud. tiene.

- Educación primaria incompleta
- Educación primaria completa
- Educación secundaria completa
- Un año de educación universitaria Carrera _____
- Dos o más años de educación Carrera _____
- Universitaria
- Título universitario Título _____
- Postgrado
- Otro (especifique) _____

2. Señale con una "x" ¿Qué tipo de capacitación le han impartido en la empresa durante el año 2017?

- _____ Técnica
- _____ Humana
- _____ Apoyo
- _____ Ninguna

4. De acuerdo a la naturaleza de su cargo señale con una "x" en qué utilitario, habilidad o herramienta informática requiere capacitarse para el desempeño de sus tareas.

- Word
- Excel
- Power Point
- Outlook

Otros: _____

Especifique el nivel requerido:

5. De acuerdo a las funciones que usted realiza, indique los temas que considera deben ser tomados en cuenta dentro de su CAPACITACIÓN TÉCNICA para el año 2018, favor tener en cuenta que el tema sugerido no lo haya recibido en los últimos 3 años y que sea acorde a las funciones de su cargo.

TEMAS DE CAPACITACIÓN TÉCNICA

6. De acuerdo a su preferencia graduar el nivel de interés en los temas del **Área de Trabajo Social** descritos a continuación. Considere que 1 es la puntuación más alta y 10 la más baja.

- _____ El trabajo en equipo
- _____ Discapacidades y su inclusión en el ámbito laboral
- _____ Discriminación laboral e igualdad de derechos
- _____ Ética profesional

Figura 10. Encuesta realizada para levantar las necesidades de captación.

Fuente: Empresa Electro Generadora del Austro.

c. Planes de formación. - En este punto tenemos que considerar que la formación de la gran mayoría de gente que se encuentra en la central térmica el descanso es muy alta, pues poseen experiencia y antigüedad, el cuerpo de mantenimiento tiene una antigüedad de 15 a 20 años de experiencia y laborando en la institución.

A continuación, la calificación de esta sección determinada en la actualidad.

RESULTADOS AUDITORIA MANTENIMIENTO CENTRAL EL DESCANSO.

% PONDERACION DE AREAS (A)	AREAS/FUNCIONALES	% PONDERACION DE FUNCIONES (B)	C = CALIFICACION AREA/FUNCION										% CALIFICACION AREA D= BxC/10	% CALIFICACION MTO F= AxD/100				
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				10		
10	2.2.1. Organización. Personal. Relaciones.	100														65,90	6,59	
	a. Adecuacion y balance del	32											8			25,60	2,56	CONFORME
	b. Directrices del mantenimiento	25								7						17,50	1,75	NC MENOR
	c. Formacion y cualificacion del	28							6							16,80	1,68	NC MENOR
	d. Planes de formacion	15					4									6,00	0,6	NC MENOR

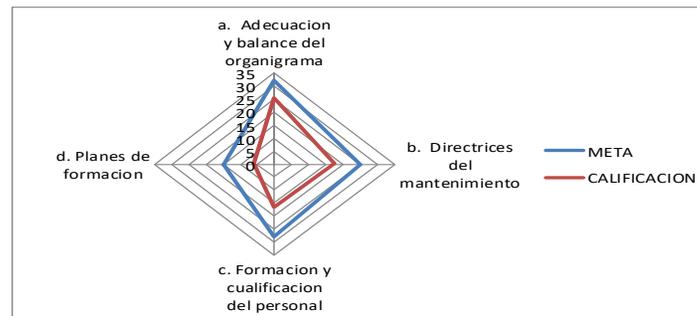


Tabla 5. Resultados del punto de Organización, personal y relaciones.

Realizado por: Autor.

Como podemos apreciar en los datos obtenidos tenemos en esta sección en su gran mayoría no conformidad menores, las mismas que se pueden tratar con una mejora por parte de la administración prioritariamente mejorando los planes de formación a su personal, debido a que los programas de capacitación no cumplen con las expectativas del personal que se encuentra laborando en la central, se originan varios problemas que desmotivan a la gente.

2.2.2 Preparación y planificación de trabajo. -

Para este apartado tenemos que considerar que la empresa Electro generadora del Austro en el año 2003 adquirió un sistema de mantenimiento asistido por computadora (SISMAC) con la finalidad de gestionar de mejor manera las actividades de mantenimiento en toda la empresa, y ser el mecanismo donde permita el funcionamiento en conjunto de las diferentes jefaturas, departamentos y los usuarios que interactúan con él programa del SISMAC.

El sistema es muy amigable para su utilización por parte de los usuarios. Allí podemos visualizar como se encuentra estructurado el programa en general como se muestra en la figura 11.

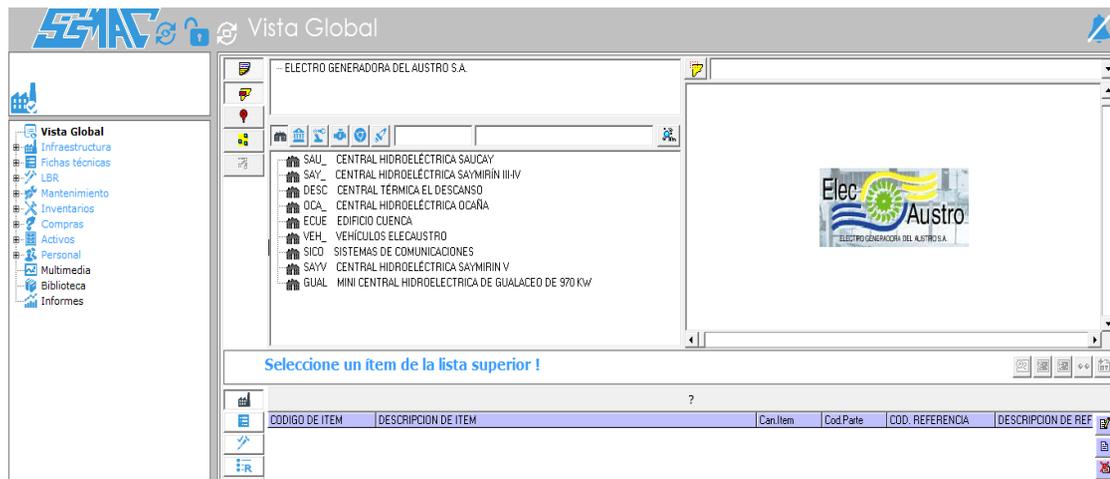


Figura 11. Pantalla principal del sistema de mantenimiento asistido por computadora SISMAC.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, Versión 2013.

En la figura 12 se muestra el despliegue de la central térmica El Descanso, allí se aprecia cómo se encuentra dividida para la presente gestión de mantenimiento en dicha central.

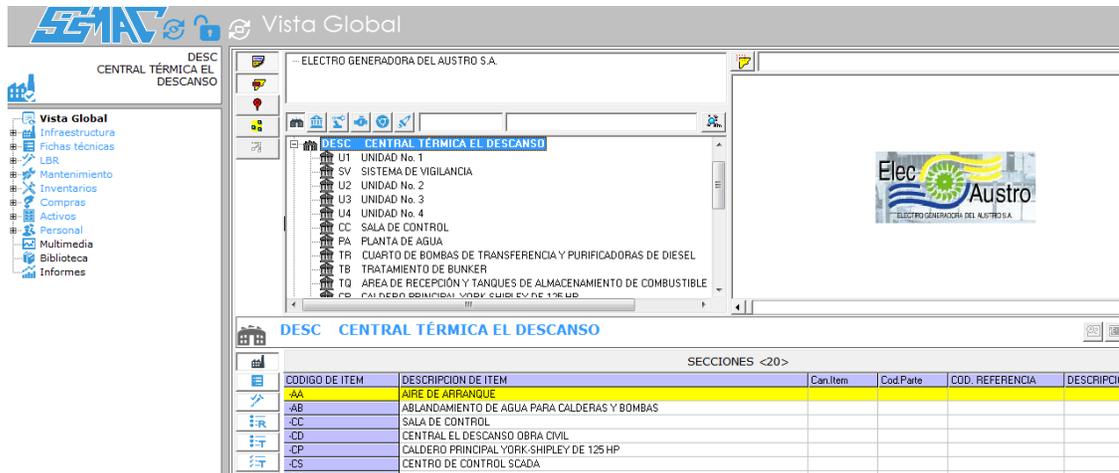


Figura 12. Pantalla principal de despliegue de la Central Térmica El Descanso.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, Versión 2013.

a. Sistemática de las ordenes de trabajo. -

En este punto se analiza cómo se realiza una orden de trabajo en el sistema de mantenimiento sismac, comentamos que con la implantación de la ISO 9001 la empresa incremento mayor capacitaciones, involucramiento en este sistema explotando en un 80% la capacidad del programa, el otro 20% que falta se debe a que otros departamentos no estaban inmerso en esta gestión de mantenimiento, pero en la actualidad se ha invertido recursos para que todos los departamentos de la empresa utilicen este medio y puedan obtener todos los beneficios que se pueden tener del sismac.

Siguiendo con el sistema de gestión sismac, tenemos algunos documentos que puede emitir dicho programa:

- Novedad. - Este documento accede el personal de operación de la central, es emitido cuando en sus recorridos diarios de revisión detectan alguna anomalía en el funcionamiento de la unidad de generación, pues ello emite la novedad para que esta sea revisada por el auxiliar de ingeniería o el supervisor de la central, ellos son los encargados de considerar si dicha novedad puede generar una solicitud de trabajo o una orden de trabajo. (Figura 13).

Descripción [Novedad reportada] # Nov. **8392**

GRUPO 1 EN LINEA

Datos básicos | Datos adicionales | Datos de falla | Datos de parada | Operación | Estado | Referencia de atención

Datos adicionales :

13H33 ENTRA EN LINEA CON 4,3 MW
SE COMUNICA AL CENACE (JOSE NUÑEZ)

Reporta
Dp./Sc.: DCG OPER
Por: DCG/ ALVAREZ O. JORGE -0156-
Fecha: 21/12/2016 12:40 Horas calendario
Lectura: 0

Destino
Dp./Sc.: DCG INGSUP

Causa de novedad
 Falla Parada

Reportar en ..
 Rutinas Tareas

En
DESC-U1

Generar S.T. Generar O.T. Pl. SM Pl. Im

Figura 13. Modelo de una novedad de Central Térmica El Descanso.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, Versión 2013.

La información a ser llenada en este modelo de novedad es la siguiente:

- Descripción: Anota la actividad a realizar a un sistema, equipo o componente.
- Datos básicos: Ingresar los siguientes parámetros:
 - a. Datos adicionales: Una explicación breve de la novedad encontrada.
 - b. Reporta: Anotan el Departamento o sección que está a cargo del sistema, equipo o componente, el cargo de la persona, los datos personales, fecha de emisión, lectura en horas si tuviera horometro el activo.
 - c. Destino: El departamento o sección encargada de resolver la novedad, el cargo.
 - d. Causa de la novedad: Sí la novedad se presenta como una falla o una parada del sistema.
 - e. Prioridad: Selecciona el nivel de importancia de la novedad. (Normal, importante, urgente).
 - f. Reportar en: Se verifica si la novedad puede ser ingresada en un programa de rutinas o tareas de mantenimiento.
- Datos adicionales: Sugerencias que se deben tomar para mencionar la novedad.
- Datos de falla: Esta desactivado para una novedad.
- Datos de parada: Esta desactivado para una novedad.
- Operación: Se coloca el sistema donde se encuentra la falla.

- Estado: El encargado recibe la novedad y verifica si la misma puede ser tomada como una solicitud de trabajo.
 - Referencia de atención: Se verifica si la novedad genero alguna solicitud o una orden de trabajo.
- Solicitud de trabajo. - Este documento es atendido por el auxiliar de ingeniería o el supervisor de la central recibe la novedad ya filtrada. Dicho documento es previo a la orden de trabajo. (figura 14)

  Solicitud de trabajo

Descripción S.T. [Trabajo solicitado] # S.T. **3693**

FALLA DEL VISCOSIMETRO DEL GRUPO #1 VARIACION DE VALORES

Datos básicos | Datos adicionales | Estado | Referencias de ejecución

Emita: CT [Centrales Térmicas] / OPER [Operación]

Solicita: CT | OPER | Ejecuta: CT | MNTD

Motivo: FLL Falla

Descripción adicional
ARICHABALA E

Emitido
Por: CT/ ARICHABALA C. EDWIN -0221
Fecha: 03/01/2016 10:04

Destino
DESC-U1-COMB

Prioridad
N
I
U

      Pl. SM Pl. Im

Figura 14. Modelo de la solicitud de la Central Térmica El Descanso.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, Versión 2013.

A continuación, los campos a ser llenados en una solicitud de trabajo:

- Descripción S.T: Describir el trabajo que se solicita realizar.
- Solicita: Seleccionar el departamento o sección que están solicitando los trabajos.
- Ejecuta: Selecciona el departamento o sección que van a realizar los trabajos solicitados.
- Motivo: Coloca el motivo por el que se solicita los trabajos. (Falla, mejora, imprevisto).
- Descripción adicional: Describir más detalladamente los trabajos o alguna observación.
- Emitido: Seleccionar el nombre de la persona responsable de la emisión de la S.T.
- Fecha: Se carga automáticamente al momento de realizar una S.T.
- Destino: Hacia qué instalación se dirigen las actividades de mantenimiento. Existen dos opciones:

- a. La primera es centro de costo, se usa cuando la instalación no consta en el inventario de sismac.
- b. La segunda es A/S/E (Área, Sistema y Equipo), ésta opción le permite navegar por el inventario de sismac y seleccionar la instalación que se desea.
- Prioridad: Selecciona el nivel de atención de la solicitud de trabajo. (Normal, importante, urgente)
- Orden de trabajo. - Este es un documento para gestionar las diferentes actividades de mantenimiento, este se puede dar de dos maneras y estas son:
 1. Orden de trabajo directa. - Este documento nace de una solicitud de trabajo, debido a que se presenta una falla del funcionamiento de un activo, en general esta orden de trabajo es de tipo correctivo y es ejecutada por personal de mantenimiento. (figura 15)

Detalles de Orden de Trabajo

Datos generales

Campo	Detalle
# OT	3711
Fecha Em.	22/07/2016 11:21
Prioridad	NORMAL
Estado	Cerrada
Trabajo	Cambio de "O" rin y arandela de cobre de las bombas de inyección (2.000 Hrs.)
Reporte	
Datos Ad.	
Obs. Gen	
Obs. Seg	
Tm Prog.	0:0

Materiales / Repuestos

Cod Item	Cant.	Unid.	Descripción
1.0.2.1.02.07.46.		0.5 M.	LIENZO

Tareas asignadas

OK	Cod Equ	Tarea
X	DESC-U1-MOTO	Inspección del émbolo buzo y revestimiento
X	DESC-U1-MOTO	Medir dimensiones del émbolo buzo y del
X	DESC-U1-MOTO	Cambio de arandela de cobre
X	DESC-U1-MOTO	Revisión del correcto asentamiento del
X	DESC-U1-MOTO	Cambio de "O" ring
X	DESC-U1-MOTO	Inspección de la guía del émbolo buzo

Mano de obra

Nombre	Tm Prg
OCHOA L. ALEJANDRO -0141-	4:0
TORRES A. PABLO -0245-	4:0

Figura 15. Modelo de una orden de trabajo de la Central Térmica El Descanso.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, Versión 2013.

La información a ser llenada en este modelo de orden de trabajo es la siguiente:

- Datos generales: Mencionan las generalidades de una orden de trabajo, las mismas que son:
 - a. # OT: Es el número de la orden de trabajo asignado por el sistema.
 - b. Fecha de emisión: Es el día que se emite la orden de trabajo.
 - c. Prioridad: Selecciona el nivel de atención a la orden de trabajo. (Normal, importante, urgente).

- d. Estado: Muestra el desarrollo de la orden de trabajo. (Emitida, en ejecución, cerrada).
 - e. Trabajo: Describe la actividad general que se realiza en un sistema, equipo o componente.
 - f. Reporte: Van los datos de la persona encargada de ejecutar la orden, la fecha y hora.
- Materiales y repuestos: En esta sección va relacionada con la bodega de la central, se coloca lo que se necesitarán para ejecutar la orden de trabajo.
 - Tareas asignadas: Son las actividades complementarias de una orden de trabajo, estas son afines a la actividad general.
 - Mano de Obra: Se coloca los nombres, códigos personales y el número de horas a realizar la orden de trabajo.
2. Orden de trabajo de servicio. - Este documento nace de una rutina que se realiza constantemente en las actividades de mantenimiento, tiene un aspecto de preventivo. También ejecuta el personal de mantenimiento. (figura 16).

ELECTRO GENERADORA DEL AUSTRO S.A.		No. 3712	
		ORDEN DE TRABAJO	
C.COSTO	6.0.1.3.03.002.001 MTO. DESCANSO MAQUINA # 1	FECHA PROG.	FECHA INICIO
UBICACION	DESC-U1-ESCP-MCH001 CALDERETA DEL GRUPO No. 1	15/07/2016	15/07/2016
		PROGRAMADA <input checked="" type="checkbox"/>	DIRECTA <input type="checkbox"/>
SOLICITA	CT/MNTO	EJECUTA	CT/MNTO
		PRVDR.	
DESCRIPCION DEL TRABAJO			
CONSTRUCCION DE RIEL			
DATOS ADICIONALES		HR.EMISION:	
EXTRACCION DE INTERCAMBIADORES DE LA CALDERETA 1		784965Hr	
		HR.EJECUCION:	
TAREAS			
[+] DESC-U1-ESCP-MCH001 Descarbonizada y limpieza general de la caldereta			
PERSONAL REQUERIDO		MATERIALES	
BURGOS S. JAVIER -0163- P[7:0] R[7:0]			
DAVILA C. DIEGO -0224- P[7:0] R[7:0]			
OBSERVACIONES GENERALES		OBSERVACIONES SEGURIDAD	
Emite	15/07/2016	Aprueba	26/07/2016
 DIEGO DAVILA 0224		 JORGE LOPEZ 0002	
		 DIEGO DAVILA 0224	

Figura 16. Modelo de una orden de trabajo de servicio de la Central Térmica El Descanso.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, Versión 2013.

La información a ser llenada en este modelo de orden de trabajo es la siguiente:

- Centro de costo: Involucra un sistema, equipo o componente con la parte contable de la empresa y lo vincula con la orden de trabajo.
- Ubicación: Se determina donde se encuentra el sistema, equipo o componente.
- Fecha de programación: Es determinado por el cronograma de actividades mensuales de la central.
- Fecha de inicio: Cuando empieza a realizar las diferentes tareas de mantenimiento.
- Fecha fin: Cuando se finaliza las tareas de mantenimiento.
- Solicita: Departamento o sección que pide que se realice una orden de trabajo.
- Ejecuta: Departamento o sección que ejecuta la orden de trabajo.
- Descripción del trabajo: La actividad general que se realiza a un sistema, equipo o componente.
- Horas de ejecución: Tiempo a realizar la orden de trabajo.
- Datos adicionales: Se coloca instrucciones que se deben tener para ejecutar la orden de trabajo.
- Tareas: Se enumera las diferentes actividades que complementan la descripción de trabajo.
- Personal requerido: Los nombres, códigos y horas de trabajo, de las diferentes personas que ejecutan la orden de trabajo.
- Materiales: Se coloca los repuestos, herramientas y materiales que utilizan para realizar la orden de trabajo.
- Observaciones Generales: Hace referencia a tareas que se quedaron incompletas o alguna novedad que se encontró en la ejecución de la orden de trabajo.
- Observaciones seguridad: Se coloca si se utilizó equipos de protección personal, permisos de trabajo en alturas o en soldadura.
- Emite: El nombre de la persona que da a conocer un trabajo a realizar en un activo.
- Aprueba: El nombre de la persona que autoriza la realización de una orden de trabajo, en nuestro caso la persona encargada es el supervisor de centrales.
- Cierre: El nombre de la persona encargada de revisar si la orden de trabajo está bien realizada, en nuestro caso es el auxiliar de ingeniería 1.

A las órdenes de trabajos se les asigna, personal cualificado para ejecutar las actividades previstas en la orden, también se asigna recursos, materiales y tiempos. El auxiliar de ingeniería en conjunto con el supervisor de la central analiza la ejecución de la orden y proceden a cerrar. Ellos son los encargados en determinar si la orden de trabajo está conforme o no. Esta información será analizada a fin de mes con el personal de mantenimiento y verificaran su rendimiento.

A continuación, en la figura 17, se muestra uno de los informes mensuales que se obtiene del programa cuando se ha realizado toda la secuencia de las órdenes de trabajo.

ELECTRO GENERADORA DEL AUSTRO S.A. SisMAC

Empleado vs Cumplimiento - Oportunidad - Calidad (LISTA)

Fecha : Enero de 2016 Dpt.Ejc: CT

CODIGO	APELLIDOS	NOMBRES	TIEMPO (Hr)		ORDENES DE TRABAJO			% OPORT	% CUMPL	% CALIDAD		
			Utilizado	Asignado	Asionadas	Eiecutadas	Conformes					
0124	TAMAYO	RAMIREZ	MARLON	ANTONIO	4,00	4,00	2	2	2	100,00 %	100,00 %	100,00 %
0141	OCHOA	LOPEZ	ALEJANDRO	JOSE	8,00	8,00	4	4	4	100,00 %	100,00 %	100,00 %
0199	AGUDO	GUAMAN	JOSE	FERNANDO	4,00	4,00	3	3	3	100,00 %	100,00 %	100,00 %
0210	NEIRA	VAZQUEZ	DIEGO	MAURICIO	8,00	8,00	4	4	4	100,00 %	100,00 %	100,00 %
0224	DAVILA	CORDERO	DIEGO	FERNANDO	4,00	4,00	1	1	1	100,00 %	100,00 %	100,00 %
0225	TAPIA	QUINTEROS	FAUSTO	DANIEL	4,00	4,00	1	1	1	100,00 %	100,00 %	100,00 %
0245	TORRES	AGUIRRE	PABLO	IGNACIO	4,00	4,00	1	1	1	100,00 %	100,00 %	100,00 %
TOTALES:					32,00	32,00	16	16	16			

Figura 17. Modelo de un indicador mensual de la Central Térmica El Descanso.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, Versión 2013.

Dentro del estudio pertinente tenemos una gran cantidad de información de los años 2015 y 2016 por parte del sismac en la central térmica El Descanso. Cabe mencionar que en esta central han llevado de mejor manera la utilización del programa desde los inicios de la implantación del sismac. Por esta razón nos ayudara bastante la información recolectada para empezar el presente estudio de la aplicación del RCM.

a. Coordinación con especialidades. -

En este punto podemos mencionar la coordinación que existe con el departamento de control y generación, con el departamento de medio ambiente. En general siempre se realizan reuniones para planificar y coordinar las diferentes actividades. La deficiencia se muestra marcada en el área financiera, debido a las diferentes trabas que se colocan por a la adquisición de repuestos, materiales.

Además, se realizan reuniones semanales entre el personal de operación y mantenimiento donde se coordina las actividades que están a realizar en esa semana.

b. Establecimiento de programas. -

En la jefatura de centrales térmicas se maneja una cartilla de generación la cual es enviada al ente regulador que es el CENACE de forma anual, en ella consta todos los mantenimientos preventivos, correctivos que se realizan en todo el año de generación, además consta de las respectivas consignaciones al ente regulador sobre las restricciones de generación en el año. Partiendo de la cartilla de generación se tiene los cronogramas de mantenimiento, que actualmente tienen una relación en conjunto con el programa de mantenimiento asistido por computadora sismac.

A parte hay que considerar que en la central tiene los manuales y planos de fabricante, han elaborado por la experiencia laboral del grupo de mantenimiento, procedimientos para ejecutar actividades en los sistemas de mejor manera y acoplados al contexto operacional de la central.

c. Definición de materiales. -

La antigüedad de los equipos de la central térmica El Descanso, ha empezado a ser crítica, al no tener un stock de repuestos y materiales para satisfacer las necesidades que presentan las fallas por el funcionamiento continuo de las unidades. Han empezado a ser molestias en la actividad de la central, además de no tener un distribuidor nacional de repuestos y a la falta de planificación por las compras de materiales a proveedores internacionales, La gente encargada del mantenimiento de la central se ha visto en la necesidad de realizar reconstrucciones en algunos componentes de las unidades. Para mantener en funcionamiento las máquinas de generación.

La empresa que instaló la central y dotaba de repuestos, finalizó sus actividades en Japón y se trasladó a Francia aumentando más el conflicto en adquirir repuestos por sus altos costos.

d. Estimación de tiempos. -

Dentro de la elaboración de cronogramas de trabajo para realizar mantenimientos mayores ya sean estos programados o emergentes, se asignan personal y el tiempo que van a realizar las diferentes actividades de mantenimiento.

El tiempo varía de acuerdo a la intervención, ya sea a un equipo o sistema. Esto considera por lo general el Jefe departamental y el supervisor de la central, pues ellos con el historial de actividades de mantenimiento tienen ya tiempos establecidos.

e. Recepción de trabajos terminados. -

Cuando se realiza una actividad, por lo general es mediante una orden de trabajo en la que consta las diferentes tareas a realizar, las personas que van a laborar, los tiempos a

realizar y los materiales que se van a utilizar. Una vez que se termina el trabajo el supervisor de la central con su auxiliar de ingeniería revisaran y si el trabajo cumple las condiciones óptimas para que el activo siga realizando su función cierra la orden de trabajo.

f. Evaluación de necesidades externas.

Los mantenimientos mayores en algunos sistemas requieren de reparaciones y se requiere de personal externo calificado. En este punto así mismo tiene un tiempo asignado para realizar reparaciones como las condiciones para realizar lo que se requiere. Esto también se da por la falta de personal que se tiene y los tiempos para la realización del mantenimiento. Como se mencionó anteriormente la experiencia del jefe departamental y del supervisor de la central ayudan a aportar en estos temas.

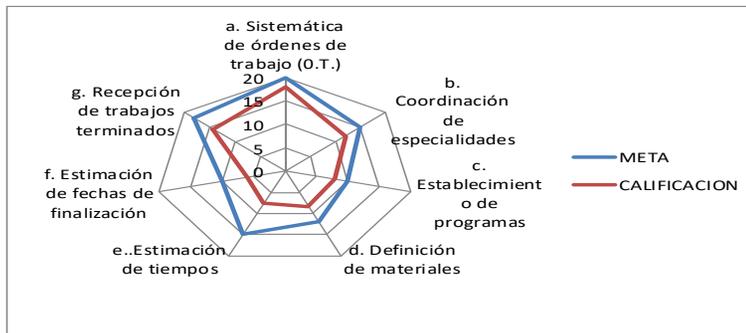
Se coloca los datos obtenidos para esta parte de la sección de preparación y planificación de trabajo

Tabla 6. Resultados del punto de preparación y planificación.

Realizado por: El Autor.

RESULTADOS AUDITORIA MANTENIMIENTO CENTRAL EL DESCANSO.

% PONDERACION DE AREAS (A)	AREAS/FUNCIONALES	% PONDERACION DE FUNCIONES (B)	C = CALIFICACION AREA/FUNCION										% CALIFICACION AREA D= BxC/10	% CALIFICACION MTO F= AxD/100				
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				10		
20	2.2.2. Preparacion y Planificación del Trabajo	100														74,3	14,86	
	a. Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)	20												9		18	3,6	CONFORME
	b. Coordinación de especialidades	15										8				12	2,4	CONFORME
	c. Establecimiento de programas	10										8				8	1,6	CONFORME
	d. Definición de materiales	12										7				8,4	1,68	NC MENOR
	e..Estimación de tiempos	15							5							7,5	1,5	NC MENOR
	f. Estimación de fechas de finalización	10								6						6	1,2	NC MENOR
	g. Recepción de trabajos terminados	18											8			14,4	2,88	CONFORME



En la tabla los valores que se registran son aceptables y presentan pocas no conformidades menores que se pueden manejar. En la representación gráfica la calificación tiene mucha concordancia con la expectativa meta por parte de la planificación de mantenimiento, en su gran mayoría de puntos tienen puntos con conformidades, esperando siempre la mejora continua en estos aspectos. El punto a atacar se debe tratar es en la estimación de tiempos pues por lo general los imprevistos que se presentan en los diferentes trabajos son mayores y el tratar de compensar los arreglos originales que los tiempos aumenten y salgan de los parámetros que se están programados.

2.2.3. INGENIERIA, INSPECCION Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

a. Documentación técnica disponible. -

El Descanso, tiene la documentación técnica en forma física, en manuales de fabricante de las diferentes unidades de generación, así como los diferentes sistemas que tiene una máquina. Todo documentado por parte del fabricante. Los mismos que han sido subidos al sistema asistido por computadora SISMAC, pues esta central es una de las mejores centrales que maneja es SISMAC y posee la mayoría de manuales, planos que se encuentran documentados en dicho programa de mantenimiento. Claro está que el tiempo empleado en realizar dicha actividad fue largo y tedioso por los requerimientos que tiene el programa.

b. Historial de los equipos. -

La central el Descanso posee un registro en bitácoras y hojas de vida de los daños que han ocurrido en la vida operativa de las unidades de generación además que el sistema SISMAC, tiene en su base de datos las diferentes fallas que se ocurren repentinamente en el funcionamiento (Ordenes de trabajo directas), con el sistema podemos consultar que sistema esta con fallos recurrentes y las medidas que se utilizaron para resolver el inconveniente.

c. Investigaciones sistemáticas de averías. -

Las diferentes averías que se han ocurrido en la central y su manera de tratarlo ha sido basado en sugerencias que vienen dado por el personal de mantenimiento y de operación, además de contar con los criterios del supervisor y jefe de central que ayudan a tomar las respectivas correcciones de mejor manera, pero en general no se tiene ningún sistema de análisis para determinar de mejor manera la falla que está incurriendo algún sistema de la unidad de generación.

d. Gamas de mantenimiento preventivo. -

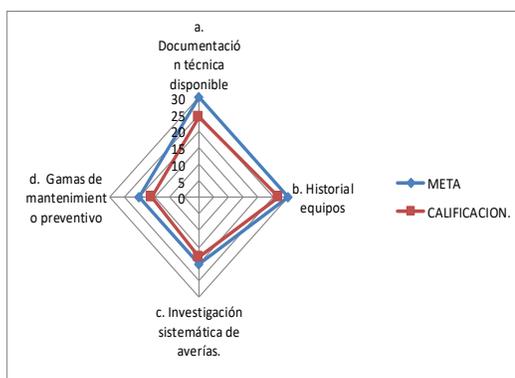
Se parte del echo que se tiene en la jefatura de centrales térmicas un cronograma de mantenimiento anual, el mismo que coincide con la cartilla de generación presentada al CENACE, y que su elaboración nace de las recomendaciones del fabricante, además se cuenta con el sistema SISMAC, este programa también puede emitirnos un cronograma de las diferentes actividades que se encuentran programado para ser ejecutadas. Estas actividades se las conoce como rutinas asignadas. Dentro se encuentran rutinas que son programadas de dos formas, utilizando el horómetro de la máquina o programando de acuerdo a fechas. Entre algunas rutinas tenemos varias como el caso de mantenimiento de 20000 horas, limpiezas de purificadores de aceite, también se tiene algunas actividades que son predictivas que en el tiempo de operación de la central han ido cambiando en su forma de toma de datos. La principal es la medición de vibraciones de la unidad antiguamente se utilizaba un equipo de medición, pero con las diferentes acciones por parte de la jefatura se logró que esta actividad sea tomada en línea, se tiene este punto con alarmas con parámetros que permiten tener una mejor apreciación de lo que ocurre a la máquina. El problema es que no se cuenta con ningún especialista en análisis de los datos obtenidos por lo que las acciones que se toman son basadas más por experiencia que por la ayuda del sistema de vibraciones en línea. Se coloca la tabla con los valores obtenidos en esta sección.

Tabla 7. Datos obtenidos de la sección ingeniería, inspección y mantenimiento preventivo.

Realizado por: El autor.

RESULTADOS AUDITORIA MANTENIMIENTO CENTRAL EL DESCANSO.

% PONDERACION DE AREAS (A)	AREAS/FUNCIONALES	% PONDERACION DE FUNCIONES (B)	C = CALIFICACION AREA/FUNCION										% CALIFICACION AREA D= BxC/10	% CALIFICACION MTO F= AxD/100			
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				10	
20	2.2.3. Ingeniería. Inspección y Mantenimiento Preventivo.	100													85	17	
	a. Documentación técnica disponible	30												8	24	4.8	CONFORME
	b. Historial equipos	30												9	27	5.4	CONFORME
	c. Investigación sistemática de averías.	20												9	18	3.6	CONFORME
	d. Gamas de mantenimiento preventivo	20												8	16	3.2	CONFORME



No se tiene problemas pues en la mayoría de puntos no se tiene inconformidades, pues la información que se tiene de los equipos ya sea en manuales, en el sistema de mantenimiento que se tiene está bien definido por lo que no se encuentra mucho inconveniente en ello. Lo que se recomienda es la mejora continua en todos estos aspectos ayudaran a seguir progresando en la gestión de mantenimiento.

2.2.4. COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO. -

a. Sistemática de la gestión de compras.

En la empresa Elecausto, se tiene un procedimiento para realizar las respectivas compras de los diferentes materiales o repuestos que se necesite para las unidades de generación.

Primero se genera una orden de compra mediante un programa de inventarios que tiene la empresa para solicitar si el bien se encuentra en bodega o necesita ser adquirido. El gran inconveniente que tiene en la actualidad es la no actualización de los diferentes bienes que se tiene en la bodega por lo que generalmente se compra todos los bienes de forma externa.

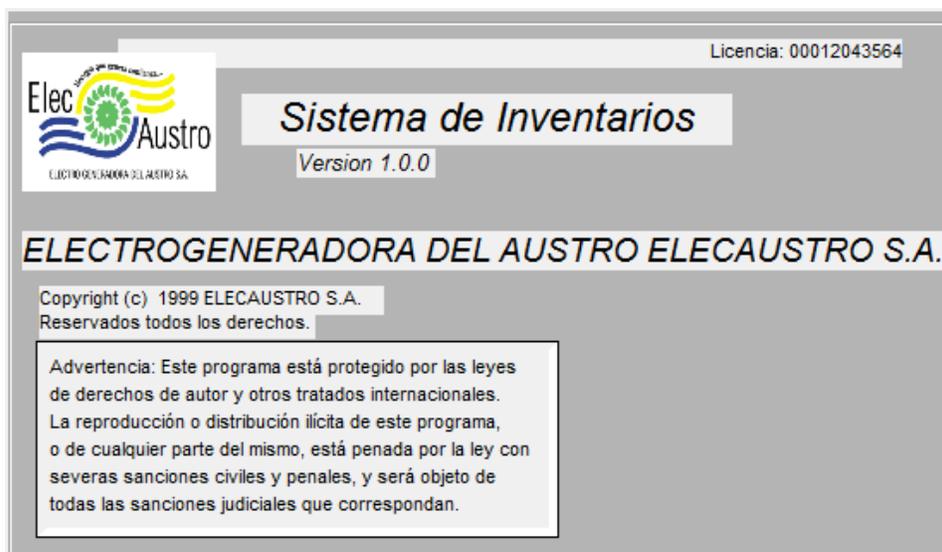


Figura 18. Sistema de inventario de Elecaustro. S.A.

Fuente: Elecaustro. S.A.

Se debe tener en consideración que la orden de compra lo realiza el Supervisor de la central y la misma que es aprobada por el jefe departamental y el director de producción. Esta solicitud va al departamento de compras los mismos que analizan y ven los valores a los que ascienden pues existe la disposición es que si el valor de la ínfima cuantía que esta en los \$6970 esta compra tiene que ir a proceso de subasta inversa que manda la ley del Servicio de Contratación Pública (SERCOP). Recurren al portal de compras donde varios proveedores colocaran sus respectivas ofertas las mismas que los jefes de compra y del area financiera analizan y realizan la compra. Cuando el valor de adquisición sea inferior a la ínfima cuantía, adquieren mediante proformas las mismas que son analizadas por el departamento financiero y la aprueba, posteriormente adquiere el bien.

A continuación la figura 19 de una solicitud de compra.

Emisión de Solicitud de Compra

Solicitud #: 0 Estado: NORMAL

Bodega: BODEGA EL DESCANSO

Solicitado por: 30059 MARLON CONTRERAS 28/02/2018

Jefe Inmediato: //

Apr. Director: //

Aprobado por: //

Aprb. Gerencia: //

Departamento: 010302 Centrales Térmicas

Información del PAC - Certificación de Presupuesto

Certificado PAC

Certificado de Presupuesto

Ocultar

Detalle de la Solicitud						
	Codigo	Descripción.	Unid	Cantidad	Costo Estim.	Total
▶	1.0.2.1.01.02.01.05.001	ACOPLES FLEXIBLES	PZS.	10	22,40	224,00
Total →						224,00

Nuevo Item

Observaciones Generales :

	Obs. Fecha Elaboración:	Obs. Fecha Autorización:

Figura 19. Emisión de solicitud de compra.

Fuente: Elecaastro. S.A.

b. Recepción de materiales. -

Por lo general cuando se adquiere el repuesto o el material se verifica que cumpla con las especificaciones solicitadas en la orden de compra, el proveedor deja el material en la bodega que se encuentra en la central El Descanso, y posterior a eso el Supervisor de las centrales verifica si cumple o no las condiciones que solicitó en la orden de compra. Las condiciones siempre cumplen, pero la confiabilidad del producto es el que generalmente no cumple y se tiene problemas con ello para el funcionamiento de las unidades de generación.

c. Localización, disposición de materiales.

La bodega se encuentra actualmente en las instalaciones de la central el Descanso, está bien dotada de espacio físico y concentra todos los repuestos que tienen todas las centrales de Elecaastro. Antiguamente la bodega se encontraba dentro de la central de allí causo un problema critico que los materiales estaban expuestos al contacto de agua en la etapa invernal, el aumento del río Cuenca inundaba y dañaba los repuestos de las diferentes centrales.

cosas mediante el portal de compras públicas, en procesos muy lentos de compras que disminuyen la efectividad a las actividades de mantenimiento.

2.2.5. CONTRATACIONES. -

a. Política de contratación de trabajos. -

En este punto está definido por un rubro en el presupuesto general de la empresa, este va de acuerdo al cronograma de mantenimiento anual enviado por la jefatura de centrales térmicas.

Así mismo se determina por el SERCOP, analiza a los contratistas su experiencia laboral relacionada con el sector o la actividad de la empresa. Se ingresa un proceso y se sube a la plataforma del SERCOP y allí estarán los oferentes que deberán cumplir diferentes requisitos para llegar a realizar un trabajo en dicha central.

Cuando los valores son menores a lo que determina la ínfima cuantía que es un porcentaje general del presupuesto de la empresa, se recurre a realizar contratos directos para realizar trabajos en la central.

b. Especificación técnica de los trabajos a realizar.

Para realizar contratos para diferentes trabajos complementarios a las actividades que se realizan en el mantenimiento de una unidad de generación se determina con anterioridad y esta debida mente documentado con fichas técnicas de lo que solicita realizar por lo general se realiza contratos con datos técnicos cuando falta personal de mantenimiento para realizar otras actividades más.

c. Selección de contratistas. -

La central en su trayectoria de funcionamiento cuenta con mucha experiencia en realizar los diferentes contratos para realizar actividades complementarias cuando se detenga una máquina para un mantenimiento general. Los diferentes contratistas son profesionales que tienen una gran experiencia en realizar las actividades encomendadas.

d. Supervisión de contratistas. -

En este caso siempre se asigna un fiscalizador que sepa los sistemas que van a ser dados a los contratistas para realizar alguna reparación, en todo momento el contratista es supervisado incluso cuando el profesional entrega su trabajo terminado el fiscalizador con el supervisor de centrales térmicas, realizan pruebas para proceder a receptor el trabajo y posterior pago por sus haberes profesionales.

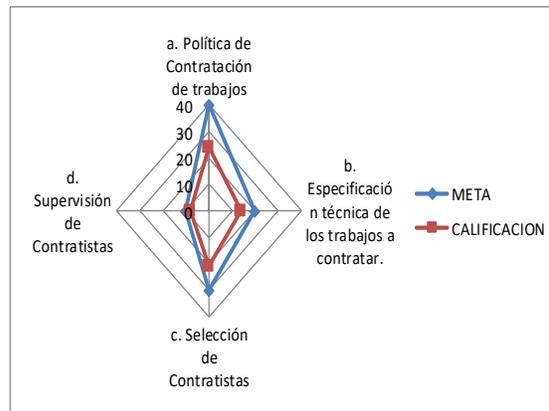
Se presenta a continuación la valoración obtenida en el punto de contrataciones.

Tabla 9. Datos obtenidos del punto de contrataciones.

Realizado por: El autor.

RESULTADOS AUDITORIA MANTENIMIENTO CENTRAL EL DESCANSO.

% PONDERACION DE AREAS (A)	AREAS/FUNCIONALES	% PONDERACION DE FUNCIONES (B)	C = CALIFICACION AREA/FUNCION										% CALIFICACION AREA D= BxC/10	% CALIFICACION MTO F= Ax D/100			
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				10	
10	2.2.5. Contratación.	100													67	6.7	
	a. Política de Contratación de trabajos	40								6					24	2.4	NC MENOR
	b. Especificación técnica de los trabajos a contratar.	20								7					14	1.4	NC MENOR
	c. Selección de Contratistas	30								7					21	2.1	NC MENOR
	d. Supervisión de Contratistas	10										8			8	0.8	CONFORME



En la tabla y el gráfico la información que tenemos son no conformidades menores las mismas que tendrán que ser observadas para realizar una mejor política de contrataciones para realizar trabajos que fueran necesarios.

2.2.6. PRESUPUESTOS DE MANTENIMIENTO. -

a. Preparación del presupuesto anual de mantenimiento. -

La elaboración de un presupuesto anual de mantenimiento se determina en base a los presupuestos de años anteriores que se elaboran en las diferentes jefaturas y los diferentes departamentos, la jefatura de centrales térmicas elabora su presupuesto basado en la cartilla de generación anual, se basan en mantenimientos que están programados a realizarse, en ellos se considera el costo de mano de obra, materiales a utilizar, repuestos, costos fijos, costos variables, costos para contrataciones y costos para realizar proyectos o estudios de

mejoras para el funcionamiento de la central. Estos rubros vienen definidos por el departamento financiero, que consideran los presupuestos de años anteriores, para asignar los recursos necesarios para afrontar necesidades para el siguiente año. Se realizan diferentes actividades para optimizar los recursos y manejarlos de manera adecuada que los valores que se asignan sean los más correctos y adecuados. Una vez que se realiza por parte de la jefatura el presupuesto anual este va al departamento financiero y el mismo realiza un análisis con la alta gerencia y preparan toda la información para que este sea aprobado por la junta de accionistas y por los entes regulatorios del estado, como es el caso del Ministerio de Finanzas y el Ministerio de Electricidad.

b. Definición de tipos de mantenimiento. Tratamiento contable. -

Dentro del presupuesto anual el tratamiento contable está bien definido, se le asigna cuentas contables a los diferentes aspectos que tiene el plan anual de mantenimiento a la jefatura de centrales térmicas, en estas cuentas están los mantenimientos preventivos, mantenimientos mayores, costos de mano de obra, contrataciones, costos en materiales y repuestos.

Lo que sería excelente fuese que a partir del SISMAC, nos ayude con todos estos datos, pero el inconveniente está que falta más compromiso de las áreas financieras en apoyar al sistema de mantenimiento.

c. Seguimiento y control de costos. -

En esta parte se tiene definido con el departamento financiero y sus contadores realizan el control de la ejecución de los valores asignados en el presupuesto anual, claro está de mencionar que la falta de comunicación entre departamentos hace que este punto tenga sus falencias.

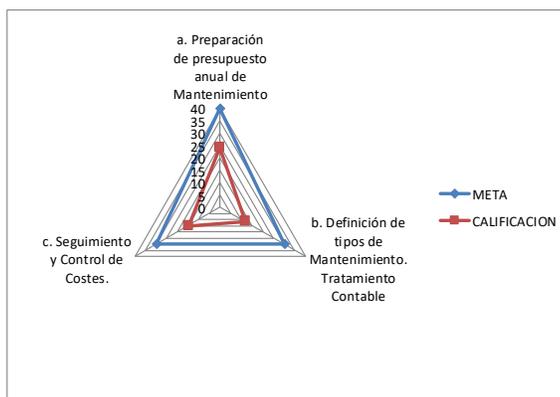
Se presenta continuación los siguientes datos obtenidos en relación al punto en estudio.

Tabla 10. Datos obtenidos del punto de presupuestos de mantenimiento y control de costos.

Realizado por: El autor.

RESULTADOS AUDITORIA MANTENIMIENTO CENTRAL EL DESCANSO.

% PONDERACION DE AREAS (A)	AREAS/FUNCIONALES	% PONDERACION DE FUNCIONES (B)	C = CALIFICACION AREA/FUNCION										% CALIFICACION AREA D= BxC/10	% CALIFICACION MTO E= AxD/100				
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				10		
20	2.2.6. Presupuestos de Mantenimiento. Control de costos.	100														51	10.2	
	a. Preparación de presupuesto anual de Mantenimiento	40								6						24	4.8	NC MENOR
	b. Definición de tipos de Mantenimiento. Tratamiento Contable	30					4									12	2.4	NC MENOR
	c. Seguimiento y Control de Costes.	30							5							15	3	NC MENOR



Los presentes datos determinan que se tiene no conformidades menores, se debe mejorar en la gestión administrativa para asignar los costos que son necesarios para la realización de las actividades de mantenimiento los mismos que por lo general siempre se ven afectados por decisiones gerenciales que anualmente recorta el presupuesto y con ello los recursos para las diferentes de mantenimiento.

2.2.7. EFICIENCIA. -

a. Duración de los trabajos de mantenimiento. -

La duración de los trabajos de mantenimiento vienen definidos de acuerdo a las actividades que se realice en las unidades de generación, pues estos tienen que ser coordinados con el ente regulador (CENACE), en un overhaull que es un mantenimiento mayor de la unidad donde se interviene totalmente en todos los sistemas del activo,

incluso se realiza contrataciones de personal externo para realizar tareas bien definidas por la jefatura de la central, el tiempo determinado es de 30 días, para ello se solicita el respectivo permiso al ente regulador para realizar el trabajo que siempre se cumple. Las duraciones de las diferentes actividades están registradas en el sismac.

b. Cumplimiento de los plazos. -

En este punto por lo general no ha presentado inconvenientes, salvo algunas excepciones debido que en el historial que mantenimientos realizado se ha visto que el deterioro de un elemento que no se tenía planificado a incurrir en un daño grave y allí se aumentado los plazos, pero como se mencionó eso se ha dado eventualmente, también se puede revisar que se ha cumplido con los plazos mediante el SISMAC.

c. Calidad de trabajos realizados. -

La calidad de los trabajos está indicada en el SISMAC, cuando se cierra la orden de trabajo el supervisor de la central califica la calidad de los trabajos, estos por la importancia de la disponibilidad son buenos, pero no está exento que ocurran fallos después de realizar un mantenimiento a la unidad.

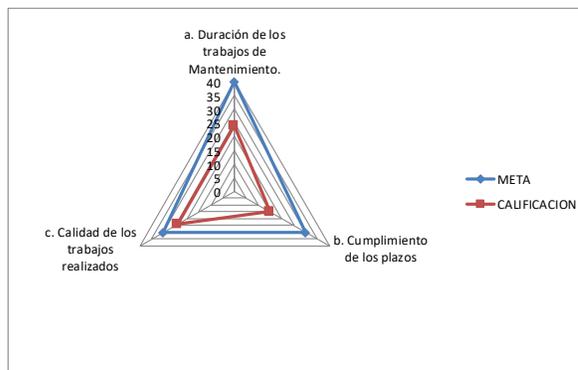
En la siguiente tabla colocamos los valores obtenidos en este punto de eficacia.

Tabla 11. Datos obtenidos al punto de eficiencia.

Realizado por: El autor.

RESULTADOS AUDITORIA MANTENIMIENTO CENTRAL EL DESCANSO.

% PONDERACION DE AREAS (A)	AREAS/FUNCIONALES	% PONDERACION DE FUNCIONES (B)	C = CALIFICACION AREA/FUNCION										% CALIFICACION AREA D= BxC/10	% CALIFICACION MTO F= Ax D/100			
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				10	
10	2.2.7. Eficiencia.	100													63	6.3	
	a. Duración de los trabajos de Mantenimiento.	40								6					24	2.4	NC MENOR
	b. Cumplimiento de los plazos	30							5						15	1.5	NC MENOR
	c. Calidad de los trabajos realizados	30											8		24	2.4	CONFORME



Los datos obtenidos presentan no conformidades menores como se puede identificar que el cumplimiento de los plazos este entrelazado con los anteriores puntos de las diferentes áreas

de valoración, ya sea por los diferentes inconvenientes presentados en el desarrollo de una actividad en la gestión de mantenimiento.

Una vez realizado el análisis de los diferentes puntos que se menciona la valoración cuantitativa de la gestión de mantenimiento de la central, procederemos a realizar un cuadro general donde mostraremos las valoraciones de los diferentes puntos tratados y sacar un análisis del estado actual de mantenimiento de manera general que complementen los diferentes análisis encontrados en cada punto de estudio dentro del cuadro de valoración cuantitativa.

A continuación, un resumen en un cuadro general de todos los aspectos estudiados en la auditoría a la gestión de mantenimiento de la central térmica El Descanso.

Tabla 12. Valoración cuantitativa de la gestión de mantenimiento de la central térmica El Descanso.

Realizado por: El Autor.

RESULTADOS AUDITORIA MANTENIMIENTO A LA CENTRAL TERMICA EL DESCANSO.																
% PONDERACION DE AREAS (A)	AREAS/FUNCIONALES	% PONDERACION DE FUNCIONES (B)	C = CALIFICACION AREA/FUNCION										% CALIFICACION AREA D= BxC/10	% CALIFICACION MTO F= AxD/100		
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				10
10	2.2.1. Organización. Personal. Relaciones.	100												65,90	6,59	
	a. Adecuación y balance del organigrama	32										8		25,60	2,56	CONFORME
	b. Directrices del mantenimiento	25										7		17,5	1,75	NC MENOR
	c. Formación y cualificación del personal	28										6		16,8	1,68	NC MENOR
	d. Planes de formación	15				4								6	0,6	NC MENOR
20	2.2.2. Preparación y Planificación del Trabajo	100												74,3	14,86	
	a. Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)	20											9	18	3,6	CONFORME
	b. Coordinación de especialidades	15										8		12	2,4	CONFORME
	c. Establecimiento de programas	10										8		8	1,6	CONFORME
	d. Definición de materiales	12										7		8,4	1,68	NC MENOR
	e. Estimación de tiempos	15										5		7,5	1,5	NC MENOR
	f. Estimación de fechas de finalización	10										6		6	1,2	NC MENOR
	g. Recepción de trabajos terminados	18										8		14,4	2,88	CONFORME

Tabla 13. Valoración cuantitativa de la Central El Descanso.

Realizado por: El autor.

AREA	META	% CALIFICACION MTO	% ALCANZADO
2.2.1. Organización. Personal. Relaciones.	10	6,59	65,9
2.2.2. Preparacion y Planificación del Trabajo	20	14,86	74,3
2.2.3. Ingeniería. Inspección y Mantenimiento Preventivo	20	17	85
2.2.4. Compras y Almacenes de Materiales.	10	3,1	31
2.2.5. Contratación.	10	6,7	67
2.2.6. Presupuestos de Mantenimiento. Control de costos	20	10,2	51
2.2.7. Eficiencia.	10	6,3	63
TOTAL	100	64,75	437,2

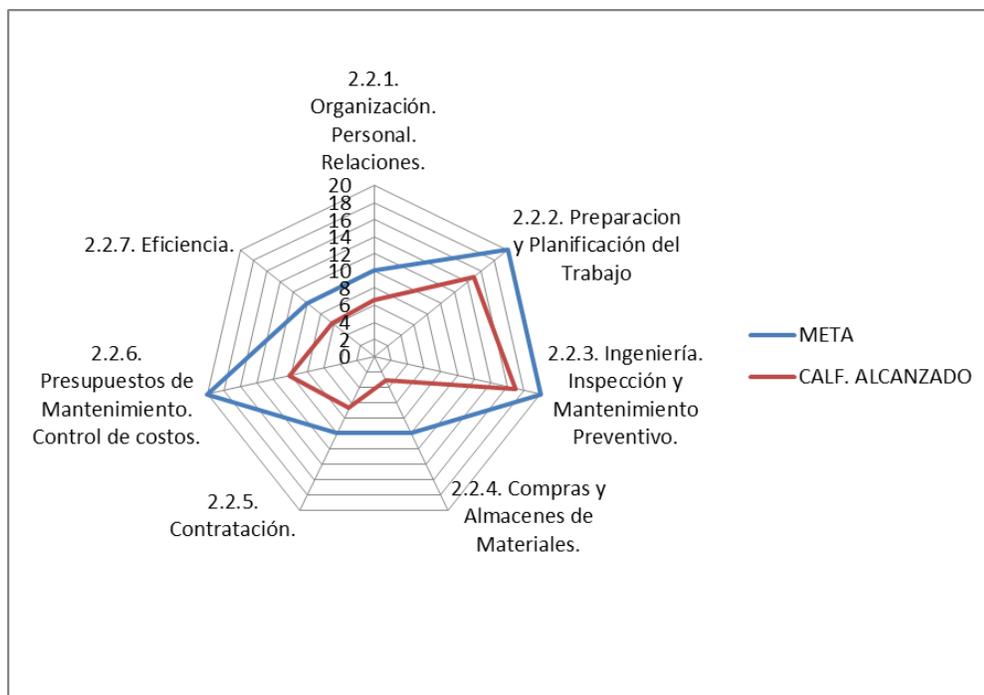


Figura 20. Gráfico de la valoración cuantitativa del estado de la gestión de mantenimiento El Descanso.

Realizado por: El autor.

Analizando los datos encontrados podemos concluir con las siguientes reflexiones.

- En el primer punto relacionado con la organización de personal, relaciones tenemos 65,9% como resultado nos da una no conformidad menor, como mencionamos anteriormente se debe a la falencia en los programas de capacitación, pues se nota que

los planes actuales no satisfacen las expectativas de la gente a capacitar, por lo general son temas muy generales que no ayudan a la formación sino más bien son un relleno con el objetivo de cumplir con un plan presentado a la gerencia general. Se debería hacer más hincapié en planes de capacitaciones útiles para solventar esta no conformidad y ayude a acercarnos más a los valores reales de una óptima relación con esta área.

- En relación al punto de preparación y planificación de trabajo con el 74,3% es una no conformidad menor pero que se puede solucionar de mejor manera mejorando la estimación de los tiempos, acudiendo a la prevención en caso de fallos ocultos debidos a la antigüedad de la maquinaria que se está siendo objeto de mantenimiento, como mencionamos anteriormente los imprevistos que aparecen son cada vez mayores, las afectaciones a partes de sistemas que por lo general no han sido afectadas en la actualidad tiene mucha incidencia por lo que el tiempo de estimación de tiempos es el factor clave para mejorar la puntuación deseada, para ello mejorar la planificación de las diferentes actividades considerando aspectos que anteriormente no se encontraban expuestos nos ayudara a salir de las no conformidades y lograr el éxito que se espera para la gestión de mantenimiento.
- En la parte que nombra la ingeniería, inspección y mantenimiento preventivo tenemos que 85% del valor alcanzable por lo que no tienen problemas debido a que tanto la información que se tiene y posee existe, tienen parámetros tanto de fabricante como la experiencia de los trabajadores que ayudan a tomar decisiones en cuanto al desarrollo de un plan de mantenimiento. Se recomendaría llevar un historial de nuevas fallas que se están presentando por la maquinaria que es muy antigua, y son fallos que se van apareciendo repentinamente por la obsolescencia de las unidades. Con esto mejorarían más en este punto de la valoración cuantitativa.
- En el punto de compras y almacenamiento de materiales con un 31% del valor alcanzado nos provoca una inconformidad grave, la que es un factor determinante para la gestión de mantenimiento con la cual a determinado que los planes de mantenimientos se vean perjudicados y con ello afecten a la disponibilidad de las unidades, ya sean por los procesos de adquisición que son muy demorados y tediosos obligan a planificar de mejor manera y a pensar una reestructuración total en el departamento de compras. Con ello se debe buscar mejorar las políticas internas de la empresa ya que las externas vienen definidas por el gobierno local. Se debería proporcionar toda la ayuda por partes de las diferentes áreas de la empresa, el soporte para que compras pueda incrementar su porcentaje y superar la inconformidad grave que posee en la actualidad.
- La parte de contratación con un porcentaje de 67% del valor alcanzable nos muestra una no conformidad leve, pero determinante debido a que nuevamente las políticas actuales del gobierno y las internas por parte de la empresa son un obstáculo para la gestión de

mantenimiento. Por lo general se tiene un banco muy bajo de profesionales calificados para realizar diferentes labores, en aquí que se debería trabajar en este punto para poder tener más oferentes y poder cumplir los requisitos que exigen las políticas estatales para realizar contrataciones externas que apoyen al trabajo de mantenimiento. Claro también sería por parte de la jefatura de centrales térmicas analizar que trabajos puntuales serían los más necesarios para proceder a realizar la contratación externa con ello lleva a verificar si el personal es suficiente o no para cumplir todas las tareas encomendadas para un mantenimiento ya sea preventivo o correctivo.

- En el punto de presupuestos y control de costos tenemos el 51%, como se menciona anteriormente esto es afectado directamente por las políticas empleadas por el gobierno actual que con la crisis que impera en el país recorta los presupuestos a las diferentes compañías que están sujetas a la acción gubernamental. Es por ello que los planes en ocasiones quedan postergados por falta de dinero para adquirir repuestos, materiales, servicios de capacitaciones, etc. Todo esto restringe a que este punto tenga una no conformidad menor. Se recomendaría buscar una política por parte de la empresa que haga énfasis a que los valores por mantenimiento de máquinas no sean tocados argumentando que son las fuentes para producir la ganancia que posteriormente son para el beneficio de la sociedad en general. Es un punto muy crítico pero que se debe implementar para que no afecte tanto a la gestión de mantenimiento.
- Para terminar el punto de eficiencia que tuvo el 63% del valor alcanzado, esta con una no conformidad menor esto se debe que los trabajos terminados con los repuestos que se dan por el portal de compras públicas son materiales de mala calidad que obliga a que la calidad del trabajo sea sujeta a varias condiciones que afectan directamente a la gestión de mantenimiento. Es por ello que las especificaciones de los materiales y repuestos que se pidan adquirir deben tener más datos específicos los cuales determinaran que su adquisición sea la más correcta, aseguraremos trabajos de calidad y al mismo tiempo se disminuirá en tiempos de entrega dichos trabajos.

Como se puede apreciar en general la situación del estado de gestión de mantenimiento está muy lejos de lo que se pretende alcanzar, muchas interferencias afectan a las mismas ya sean por políticas internas de la empresa o externas a la misma. El departamento de compras debe tener una reestructuración tal cual ayude al beneficio de la empresa y no sea uno de los inconvenientes que se van suscitando a lo largo de la funcionalidad de la misma.

2.3 Análisis de la disponibilidad de la central El Descanso en los años 2015 y 2016.

La central El Descanso calcula una disponibilidad operacional en sus unidades de generación, los datos históricos lo manejan el departamento de planificación. Ellos analizan todos los datos generados para pronosticar futuras generaciones para los próximos años. La fórmula de cálculo de la disponibilidad operacional de las unidades es la siguiente:

$$DISPONIBILIDAD OPERACIONAL = \frac{hs + hrf}{hp}$$

hs = Horas de servicio.

hsf = Horas de reserva en frío.

Y las horas de servicio se calcula de la siguiente manera:

$$hs = hsf + hmp$$

hsf = horas de salidas forzadas. (fallas).

hmp = horas de mantenimiento preventivo.

Los datos del año 2015 y 2016 de disponibilidad de las unidades de generación proporcionados por el departamento de planificación son:

Tabla 14. Disponibilidad de las unidades de generación de la central El Descanso en los años 2015, 2016.

Fuente: Departamento de Planificación de Elecaastro. S.A.

UNIDADES DE GENERACIÓN	DISPONIBILIDAD 2015 (%).	DISPONIBILIDAD 2016 (%).
UNIDAD DE GENERACIÓN 1	87.75	84.75
UNIDAD DE GENERACIÓN 2	92.67	92.5
UNIDAD DE GENERACIÓN 3	91.25	90
UNIDAD DE GENERACIÓN 4	89	90.67

La unidad 1 en los dos años posee una disponibilidad baja con relación a las otras máquinas. En el siguiente capítulo se analizará el porqué de esta baja disponibilidad, se encontrará cuáles son los sistemas o componentes críticos que afecta al funcionamiento de la unidad.

El sistema de gestión de calidad que está impulsando la empresa, con el departamento de planificación han puesto en la actualidad valores mínimos de disponibilidad para cada central, el Descanso su disponibilidad mínima está en el 88%. Si llegará a obtener valores por debajo de los límites se realizará un informe indicando la causa que provocó esta baja tan considerable de la

disponibilidad y se tomará las mejores soluciones correctivas. Se puede apreciar que la mayoría de las unidades están por encima del valor mínimo de disponibilidad, pero la unidad 1 en el año 2016 ha presentado valores por debajo del límite establecido. Los fallos recurrentes han provocado indisponibilidad y su generación se ha visto afectada.

Los valores que se presentaron de esos años muestran un reflejo de la situación de la central, la antigüedad de sus equipos es muy notorio y está afectando a la operación de la misma. El objetivo está en buscar las alternativas para elevar los índices de disponibilidad, para ello la propuesta de implantar un sistema de gestión de mantenimiento como es el RCM, nos servirá de mucha ayuda con el objetivo planteado.

2.4 Análisis de los costos de generación de la central El Descanso en los años 2015 y 2016.

El ente regulador que norma la compra de energía generada en el país es el ARCONEL (Agencia de regulación y control eléctrica), Elecaustro se rige a todas las disposiciones expuestas por esta agencia. El departamento de planificación de la empresa es encargado de facturar la energía generada por todas las centrales, llevan los registros mensuales de generación y disponibilidad de las unidades. La central el Descanso tiene una manera distinta de recibir el pago de su generación es muy diferente de las centrales hidráulicas, por ser una central térmica el ARCONEL reconoce dos rubros a los que los llama costos fijos y costos variables.

- Los costos fijos. - El ARCONEL asignó un valor económico de \$250.000 dólares en los años 2015 y 2016 por la disponibilidad de las unidades de generación del Descanso. La central debe mantener una disponibilidad mínima por máquina del 88%. Cuando el valor es igual o mayor al nombrado cancelan la totalidad, si el valor es menor paga el proporcional con una penalización que afecta en la asignación de presupuestos económicos para los siguientes años. En la tabla 15 se indica los costos que canceló el ARCONEL a la empresa.

Tabla 15. Costo de la disponibilidad de las unidades de generación de la central El Descanso en los años 2015, 2016.

Fuente: Departamento de Planificación de Elecaastro. S.A.

UNIDADES DE GENERACIÓN	COSTOS DE DISPONIBILIDAD 2015 (\$)		COSTOS DE DISPONIBILIDAD 2016 (\$)	
	DISP. 2015 (%)	COSTOS (\$).	DISP. 2016 (%)	COSTOS (\$).
UNIDAD DE GENERACIÓN 1	87.75	54843.75	84.75	52968.75
UNIDAD DE GENERACIÓN 2	92.67	62500.00	92.5	62500.00
UNIDAD DE GENERACIÓN 3	91.25	62500.00	90	62500.00
UNIDAD DE GENERACIÓN 4	89.00	62500.00	90.67	62500.00

La unidad de generación 1 está por debajo del valor mínimo de disponibilidad por diferentes fallos ocurridos en su funcionamiento. Esto implica menor recaudación y penalización para la asignación de recursos económicos para los siguientes años de generación.

- Costos variables. - El ARCONEL reconoce el precio por kW-h generado, para la central el Descanso de \$0,37 de dólar en promedio para los años 2015 y 2016. En las siguientes tablas colocamos los datos obtenidos de la generación de la central el Descanso.

Tabla 16. Costo de la energía de las unidades de generación de la central El Descanso en el año 2015.

Fuente: Departamento de Planificación de Elecaastro. S.A.

2015			
UNIDADES DE GENERACION.	Energía producida kW-h	Energía producida kW-h x factor de planta 0,6	Valor de la energía producida (\$)
UNIDAD DE GENERACION 1	14727840	8836704	326958.048
UNIDAD DE GENERACION 2	17309760	10385856	384276.672
UNIDAD DE GENERACION 3	16927200	10156320	375783.84
UNIDAD DE GENERACION 4	15759360	9455616	349857.792

En este año se puede ver que los valores de generación fueron óptimos para la empresa, las fallas han estado presente en las diferentes unidades, pero la central se mantuvo generando la gran parte del año.

Tabla 17. Costo de la energía de las unidades de generación de la central El Descanso en el año 2016.

Fuente: Departamento de Planificación de Elecaastro. S.A

2016			
UNIDADES DE GENERACION.	Energía producida kW-h	Energía producida kW-h x factor de planta 0,6	Valor de la energía producida (\$)
UNIDAD DE GENERACION 1	10852800	6511680	240932.16
UNIDAD DE GENERACION 2	13406400	8043840	297622.08
UNIDAD DE GENERACION 3	12686400	7611840	281638.08
UNIDAD DE GENERACION 4	12251520	7350912	271983.74

En este año se aprecia que los valores económicos cayeron notablemente, esto se debe a que una buena parte del año la central no generó producción. Esto se dio por el ingreso de nuevas centrales de generación hidráulicas. Las fallas en las unidades estaban presentes en ese período, la antigüedad de las mismas afectó al funcionamiento normal de la central.

Los costos que se presentan en estas tablas nos muestran como el Descanso está siendo afectado por la situación actual del mercado eléctrico, los valores obtenidos por la energía producida van disminuyendo cada año. Esto nos hace apreciar que debemos actuar para que cuando se genere, lo realicen sin ningún contratiempo y con toda la potencia instalada.

Los términos expuestos de disponibilidad y costos nos indican la realidad de la central el Descanso, la mejora debe ser planteada de manera urgente para que las unidades suban nivel de disponibilidad y así aumentar los valores de energía producida.

CAPÍTULO 3.

3. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD EN LA CENTRAL EL DESCANSO. -

3.1 Formación del equipo de trabajo. -

Para el desarrollo de la metodología del RCM, en la central El Descanso procedemos primero a conformar el equipo de trabajo que nos ayudara a recolectar la información necesaria para llenar los diferentes formatos que presenta la metodología en estudio para ello describimos la personas que estarán al frente del presente estudio.

- El facilitador.
- Supervisor de la central térmica El Descanso.
- Ingeniero 1 del departamento de control y generación (DCG).
- Auxiliar de ingeniería 1.
- Mecánico de generación.
- Operador de centrales.

Como esta detallado en la siguiente figura:



Figura 21. Equipo de trabajo para la implementación del RCM.
Realizado por: El Autor.

3.2 Rol del equipo de trabajo. -

El equipo de trabajo, recolectará la información pertinente que se necesite y con la experiencia que tienen nos será de mucha ayuda en determinar el contexto operacional de los activos que sean críticos, así mismo permitirán llenar la hoja de información del RCM, a determinar las funciones de los activos seleccionados, sus fallos funcionales, modos de fallos y efectos.

Partiendo de la hoja de información del RCM, procedemos a llenar la hoja de decisión del RCM y se obtendrán tareas que permitirán mitigar los daños eventuales que se presentan en las unidades de generación que provocan la indisponibilidad de las mismas.

3.3 Determinación de los activos de la central El Descanso. -

En este punto en conjunto con el equipo de trabajo mencionado anteriormente determinamos los siguientes activos físicos de la central, los mismos que los clasificamos basándonos en el sistema de mantenimiento asistido por computadora (SISMAC) como se encuentra en la figura 22 donde apreciamos la manera en la cual define los activos de la central El Descanso.

The screenshot displays the SISMAC software interface for 'CENTRAL TÉRMICA EL DESCANSO'. The main window shows a tree view of assets under the heading 'DESC CENTRAL TÉRMICA EL DESCANSO'. The assets listed are:

- U1 UNIDAD No. 1
- SV SISTEMA DE VIGILANCIA
- U2 UNIDAD No. 2
- U3 UNIDAD No. 3
- U4 UNIDAD No. 4
- CC SALA DE CONTROL
- PA PLANTA DE AGUA
- TR CUARTO DE BOMBAS DE TRANSFERENCIA Y PURIFICADORAS DE DIESEL
- TB TRATAMIENTO DE BUNKER
- TQ AREA DE RECEPCIÓN Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE
- CP CALDERO PRINCIPAL YORK-SHIPLEY DE 125 HP

Below the tree view, there is a table titled 'DESC CENTRAL TÉRMICA EL DESCANSO' with the following columns: CODIGO DE ITEM, DESCRIPCION DE ITEM, Can.Item, Cod.Parte, COD. REFERENCIA, and DESCRIPCION DE F. The table lists various sections and their descriptions:

CODIGO DE ITEM	DESCRIPCION DE ITEM	Can.Item	Cod.Parte	COD. REFERENCIA	DESCRIPCION DE F
-AA	AIRE DE ARRANQUE				
-AB	ABLAMIENTO DE AGUA PARA CALDERAS Y BOMBAS				
-CC	SALA DE CONTROL				
-CD	CENTRAL EL DESCANSO OBRA CIVIL				
-CP	CALDERO PRINCIPAL YORK-SHIPLEY DE 125 HP				
-CS	CENTRO DE CONTROL SCADA				
-DD	CENTRAL EL DESCANSO DCG				
-LU	TANQUES DE ACEITE PARA LUBRICACIÓN DE LOS GRUPOS DE GENERACIÓN				
-PA	PLANTA DE AGUA				
-SA	SERVICIOS AUXILIARES COMUNES				
-SC	SCADA SERVICIOS COMUNES				

Figura 22. Descripción de los activos de la central El Descanso.
Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, versión 2013.

Partiendo de esta figura clasificamos los activos de la central en los siguientes niveles:

- Localización: Se entiende por la central El Descanso.
- Sección: Aquí detallaremos todos los sistemas de la central.

- Subsistema o equipo: Se encuentran todos los equipos que conforman la sección de la central.

Tabla 18. Detalle de los activos de la central El Descanso.
Realizado por: El autor.

DETALLE DE ACTIVOS DE LA CENTRAL EL DESCANSO.		
LOCALIZACIÓN	SECCIÓN	SUBSISTEMAS O EQUIPOS.
CASA DE MAQUINAS	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	CONTADOR DE COMBUSTIBLE
		BOMBA DE RECEPCIÓN DE CRUDO/DIESEL DE 3".
		BOMBA DE RECEPCIÓN DE CRUDO/DIESEL DE 4"
		TANQUE DE RESIDUO SUCIO 1
		TANQUE DE RESIDUO SUCIO 2
		TANQUE DE RESIDUO LIMPIO
		TANQUE DE DIESEL SUCIO
		TANQUE DE DIESEL LIMPIO
	CALDERO PRINCIPAL	QUEMADOR DE DIESEL
		SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA
		SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE
		SISTEMA DE CALDERO
	CUARTO DE BOMBAS DE TRANSFERENCIAS DE COMBUSTIBLE	SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE DIESEL 1
		SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE DIESEL 2
		SISTEMA DE BOMBEO PARA TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE DE CRUDO 1
		SISTEMA DE BOMBEO PARA TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE DE CRUDO 2
		BOMBA DE TRANSFERENCIA DE DIESEL 1
		BOMBA DE TRANSFERENCIA DE DIESEL 2
		BOMBA DE DIESEL PARA LA MEZCLA 1
		BOMBA DE DIESEL PARA LA MEZCLA 2
		TABLERO ELECTRICO DE PURIFICADORES DE DIESEL
		TABLERO ELECTRICO PARA BOMBAS DE MEZCLA DE DIESEL
	TRATAMIENTO DE CRUDO PESADO	SISTEMA DE PURIFICACION DE CRUDO 1
		SISTEMA DE PURIFICACION DE CRUDO 2
		TABLERO ELECTRICO DE BOMBAS DE TRANSFERENCIA DE CRUDO
		TANQUE DIARIO DE CRUDO SUCIO
		TANQUE DIARIO DE CRUDO LIMPIO
		BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE COMBUSTIBLE 1
		BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE COMBUSTIBLE 2
		SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE COMBUSTIBLE

Tabla 18. Continúa.....

CASA DE MAQUINAS	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	CAPTACIÓN DE AGUA
		POZO DE AGUA Y BOMBAS
		FLOCULACIÓN DE AGUA
		SEDIMENTACIÓN DE AGUA
		BOMBAS DE ABASTECIMIENTO A LA PISCINA DE AGUA TRATADA
		FILTROS
		BOMBAS Y POZO PARA RETROLAVADO DE FILTROS
		BOMBA PARA CONSUMO INTERNO
		PISCINAS DE AGUA TRATADA
		BOMBA PARA EL SISTEMA CONTRAINCENDIO
		BOMBAS DE RECIRCULACIÓN
		TABLERO ELECTRICO DE LA PLANTA DE AGUA
	UNIDAD DE GENERACIÓN 1	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA 14 PC2-5V NIGATA
		GENERADOR MITSUBISHI DE 4.8 MW
		SISTEMA DE LUBRICACION DEL MOTOR.
		SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL MOTOR
		SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR.
		SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE DEL MOTOR.
		SISTEMA DE ESCAPE DE GASES DEL MOTOR.
		TURBOCARGADORES NHP-40BS
		TABLEROS ELECTRICOS DE LA UNIDAD
		PANEL DE CONTROL SCADA.
		PANER DE PROTECCIONES SCADA.
		UNIDAD DE GENERACIÓN 2	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA 14 PC2-5V NIGATA
	GENERADOR MITSUBISHI DE 4.8 MW	
	SISTEMA DE LUBRICACION DEL MOTOR.	
	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL MOTOR	
	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR.	
	SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE DEL MOTOR.	
	SISTEMA DE ESCAPE DE GASES DEL MOTOR.	
	TURBOCARGADORES NHP-40BS	
	TABLEROS ELECTRICOS DE LA UNIDAD	
	PANEL DE CONTROL SCADA.	
	PANER DE PROTECCIONES SCADA.	
	UNIDAD DE GENERACIÓN 3		MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA 14 PC2-5V NIGATA
		GENERADOR MITSUBISHI DE 4.8 MW
		SISTEMA DE LUBRICACION DEL MOTOR.
		SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL MOTOR
		SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR.
SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE DEL MOTOR.		
SISTEMA DE ESCAPE DE GASES DEL MOTOR.		
TURBOCARGADORES NHP-40BS		
TABLEROS ELECTRICOS DE LA UNIDAD		
PANEL DE CONTROL SCADA.		
PANER DE PROTECCIONES SCADA.		

Tabla 18. Continúa.....

CASA DE MAQUINAS	UNIDAD DE GENERACIÓN 4	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA 14 PC2-5V NIGATA
		GENERADOR MITSUBISHI DE 4.8 MW
		SISTEMA DE LUBRICACION DEL MOTOR.
		SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL MOTOR
		SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR.
		SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE DEL MOTOR.
		SISTEMA DE ESCAPE DE GASES DEL MOTOR.
		TURBOCARGADORES NHP-40BS
		TABLEROS ELECTRICOS DE LA UNIDAD
		PANEL DE CONTROL SCADA.
		PANER DE PROTECCIONES SCADA.
	SERVICIOS AUXILIARES	SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN PARA SERVICIOS AUXILIARES 6300 V/220V.
		BANCO DE BATERÍAS PLOMO-ACIDO
		PUENTE GRÚA
		SISTEMA CONTRA INCENDIOS
		BOMBAS DE DESAGUE DEL SÓTANO
	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 22 000V / 6300V.	TRANSFORMADOR DE SALIDA DE 22.000V / 6300V.
	PLANTA API DE DESECHOS DE HIDROCARBUROS.	TABLERO DE CONTROL Y SUPERVISIÓN SCADA PLANTA API.
		TABLERO ELÉCTRICO DE RESERVA DE LAS BOMBAS SUMI
		POZO 1 DE AGUA CON HIDROCARBUROS.
		POZO 2 DE AGUA CON HIDROCARBUROS.
		POZO 1 DE AGUA DECANTADA.
		POZO 2 DE AGUA DECANTADA.
		BOMBA SUMERGIBLE 1 DE EXTRACCIÓN DE AGUA.
		BOMBA SUMERGIBLE 2 DE AGUA DECANTADA.
		POZO DE GEOMEMBRANA.
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE EMERGENCIA.		
TUBERÍAS, VÁLVULAS Y ACCESORIOS DEL SISTEMA.		

3.4 Análisis de criticidad de los activos de la central El Descanso. -

Para realizar la criticidad de los activos se utilizará la metodología cualitativa de puntos de los autores Gutiérrez, Agüero, Calisto, 2007. Esto nos permite analizar la frecuencia de fallos y las consecuencias de acuerdo a los siguientes criterios de evaluación los mismos que son:

- Frecuencia de fallos.
- Impacto operacional.
- Flexibilidad operacional.
- Costos de mantenimiento.
- Impacto en la seguridad y medio ambiente.

Además, se utilizará la matriz que anteriormente comentamos su utilización en el capítulo 1 donde código de colores que denotan la menor o mayor intensidad del riesgo relacionado con la Instalación, Sistema, Equipo o Dispositivo (ISED) bajo análisis.

Para calcular la criticidad de la central se utiliza la siguiente formula:

$$Criticidad = Frecuencia de fallo \times Impacto.$$

$$Impacto = consecuencia.$$

$$Consecuencia = (Impacto Operacional \times Flexibilidad Operacional) + (Costo Mantenimiento) + (Impacto Seguridad y Medio Ambiente).$$

A continuación, colocamos la tabla donde evaluaremos la criticidad de los activos de la central.

Toda la información para determinar los criterios se encuentra actualmente en el SISMAC, en las bitácoras y hojas de vida que tienen en manejo en la central El Descanso. A continuación, el detalle de esta información obtenida del programa SISMAC de los diferentes activos de la central El Descanso:

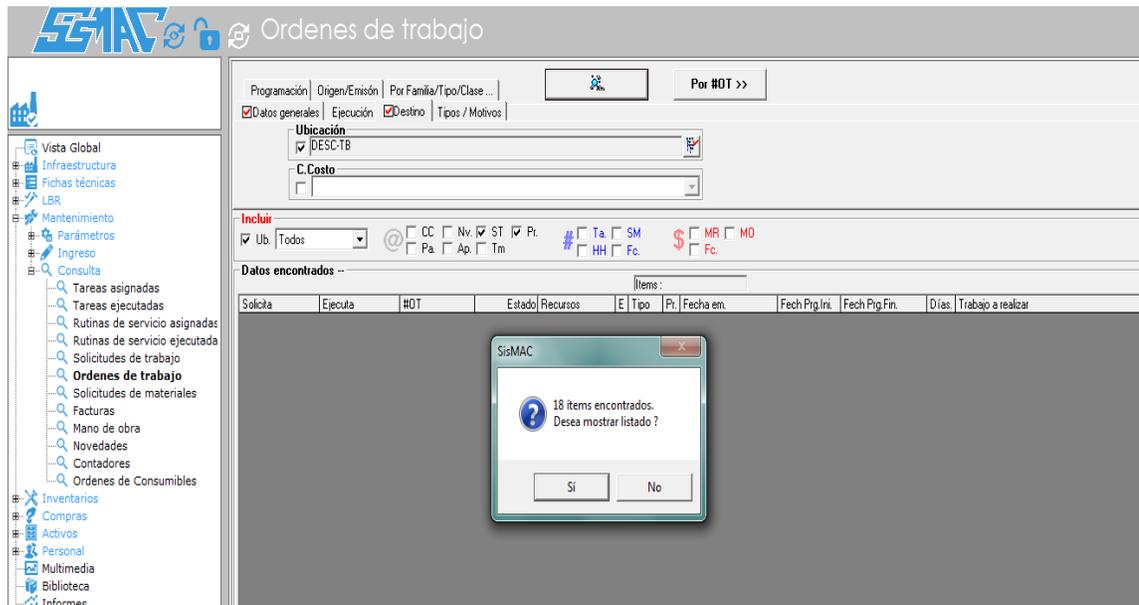


Figura 23. Número de órdenes de trabajo de los tanques de almacenamiento.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, versión 2013.

La figura presenta 18 órdenes de trabajo que se han efectuado en el sistema de tanque de almacenamiento de combustible entre el año 2015 y 2016. Las actividades de mantenimiento han sido mínimas en este sistema debido a su gran confiabilidad del sistema.



Figura 24. Número de órdenes de trabajo del caldero principal.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, versión 2013.

Las órdenes de trabajo del sistema del caldero principal indican que son 20 en total, este es un sistema que no es tan antiguo. Instalaron este equipamiento debido a que la producción de vapor por parte de las unidades de generación empezó a ser ineficiente y no abasteció las necesidades que tenían la central en la generación de vapor.

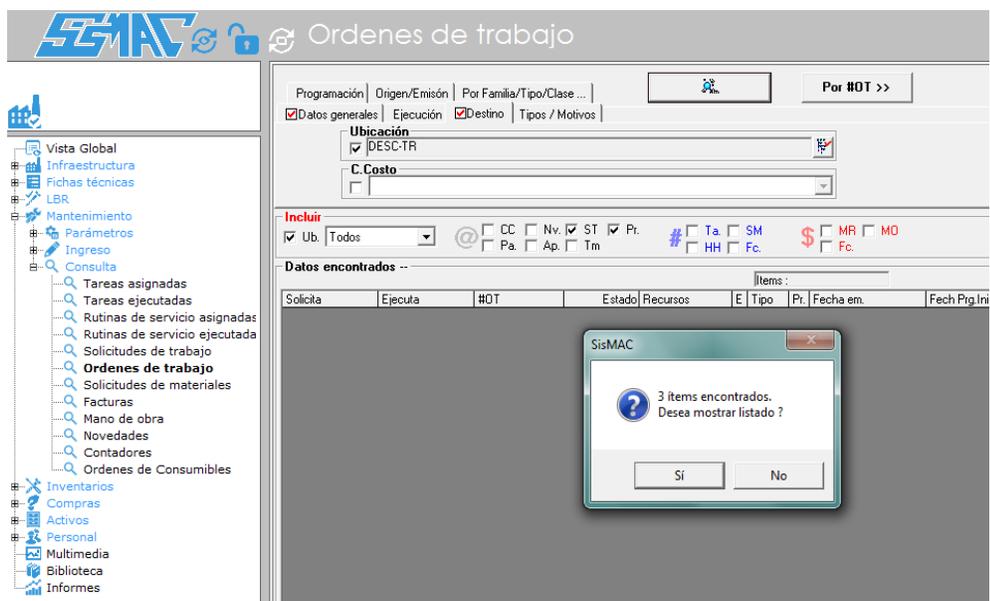


Figura 25. Número de órdenes de trabajo en el cuadro de transferencia de combustible.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, versión 2013.

El sistema de transferencia de combustible tiene 3 órdenes de trabajo realizadas en los años 2015 y 2016. Es el resultado de la variación que se realizó para cambiar de combustible bunker a crudo residual el sistema es muy confiable.

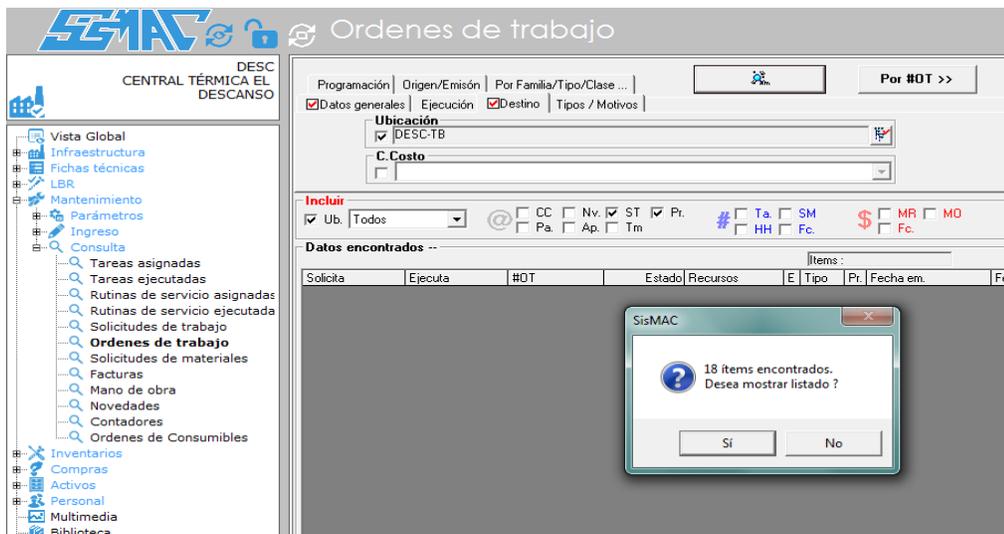


Figura 26. Número de órdenes de trabajo de tanques de crudo residual.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, versión 2013.

El sistema de tanques de crudo residual se han elaborado 18 órdenes de trabajos. El sistema por lo general no está expuesto a problemas críticos dentro de la operación de la central.

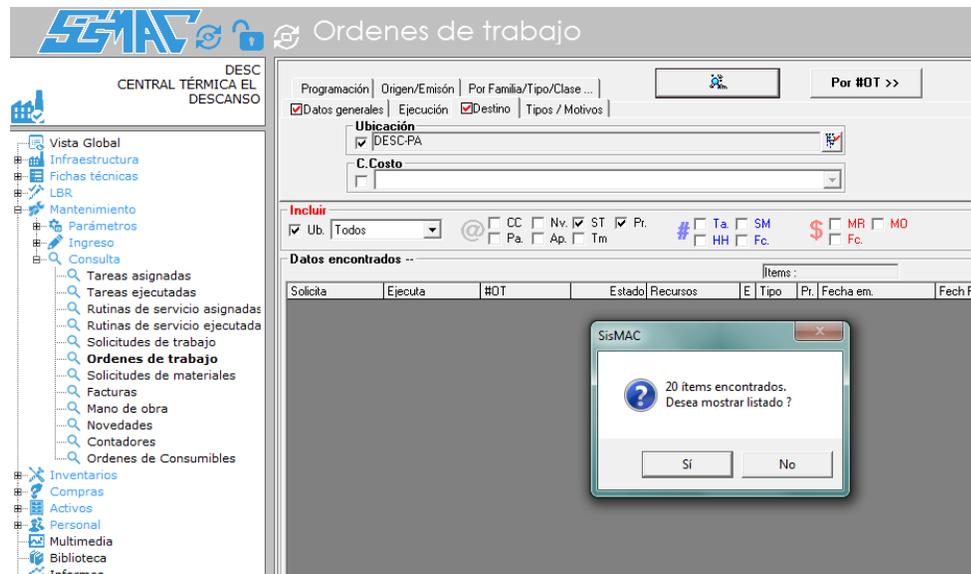


Figura 27. Número de órdenes de trabajo en la planta de tratamiento.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, versión 2013.

La planta de tratamiento de agua se presenta un total de 20 órdenes de trabajo se debe que tuvo reacondicionamientos en sus equipos en años anteriores que han mejorado su confiabilidad del sistema.

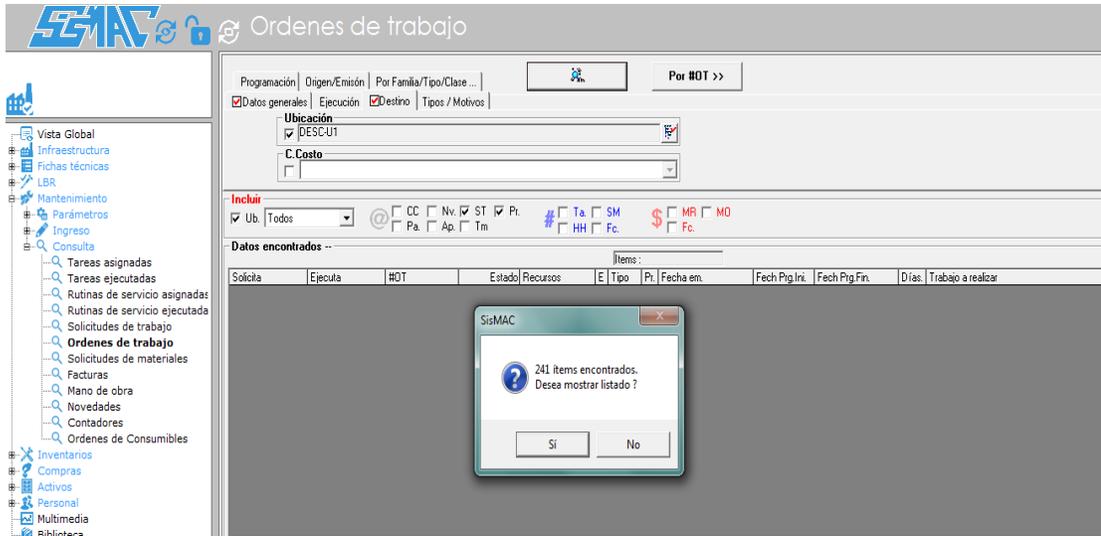


Figura 28. Número de órdenes de trabajo en la Unidad de Generación 1.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, versión 2013.

El sismac en relación a la unidad de generación 1, indica que se generó 241 órdenes de trabajo en los años 2015 y 2016. La antigüedad de la unidad de generación involucra más atención por parte del grupo de mantenimiento se refleja en el programa la gran cantidad de órdenes que se ha emitido.

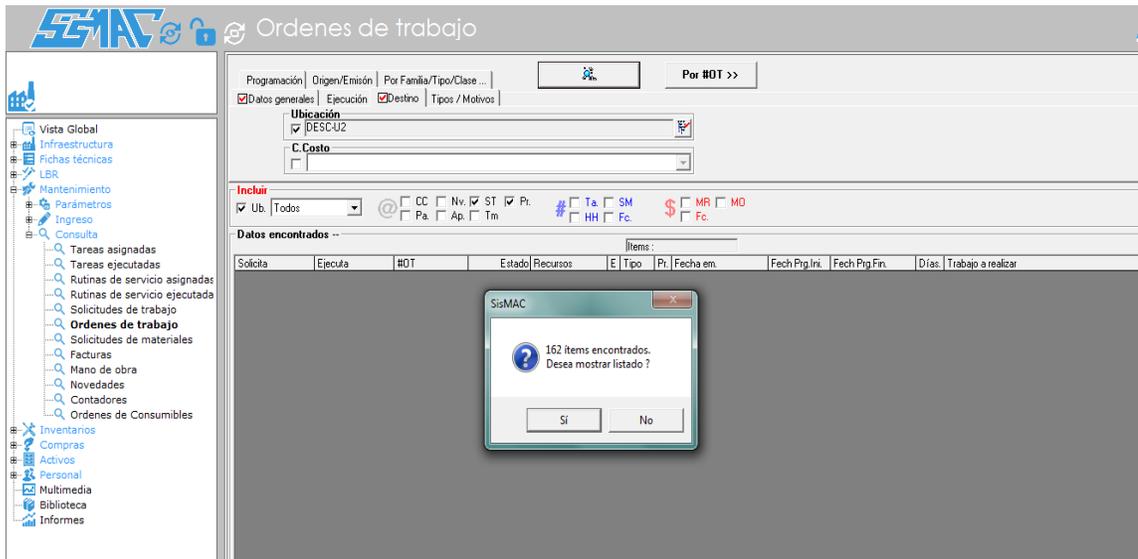


Figura 29. Número de órdenes de trabajo en la Unidad de Generación 2.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, versión 2013.

La unidad de generación 2 presenta 162 órdenes de trabajo, también es similar a la máquina 1 se está apreciando que son sistemas que el grupo de mantenimiento deben tener más precaución en la operación de la central.

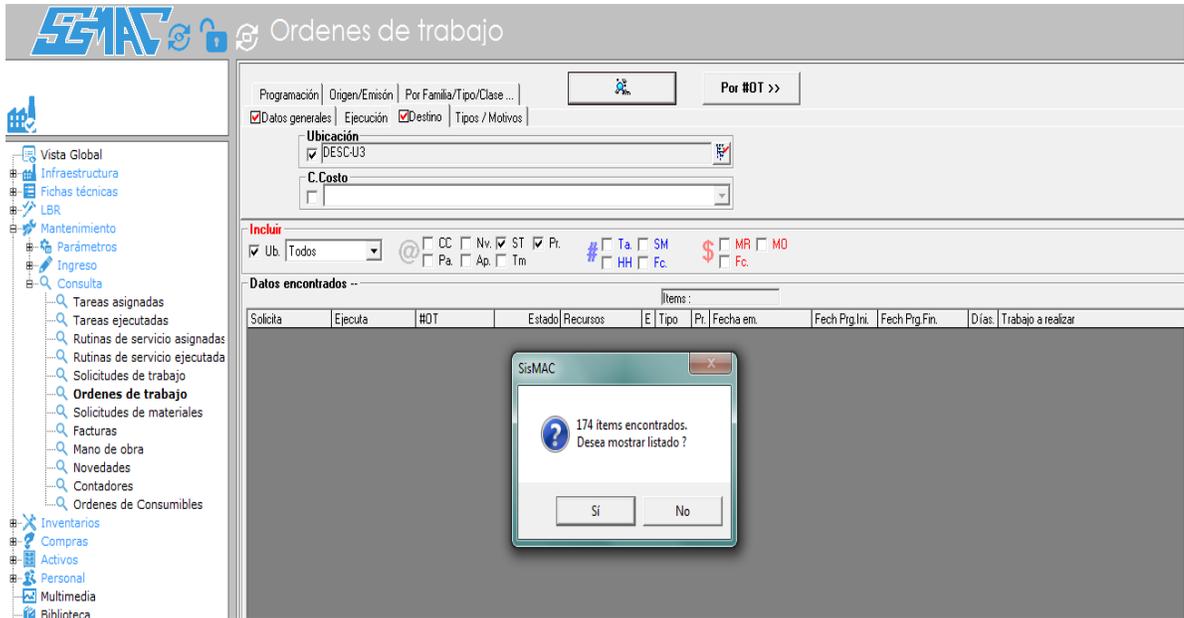


Figura 30. Número de órdenes de trabajo en la Unidad de Generación 3

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, versión 2013.

En la unidad 3 presenta 174 órdenes de trabajo en el período de estudio, tiene la misma tendencia que las anteriores unidades de generación.

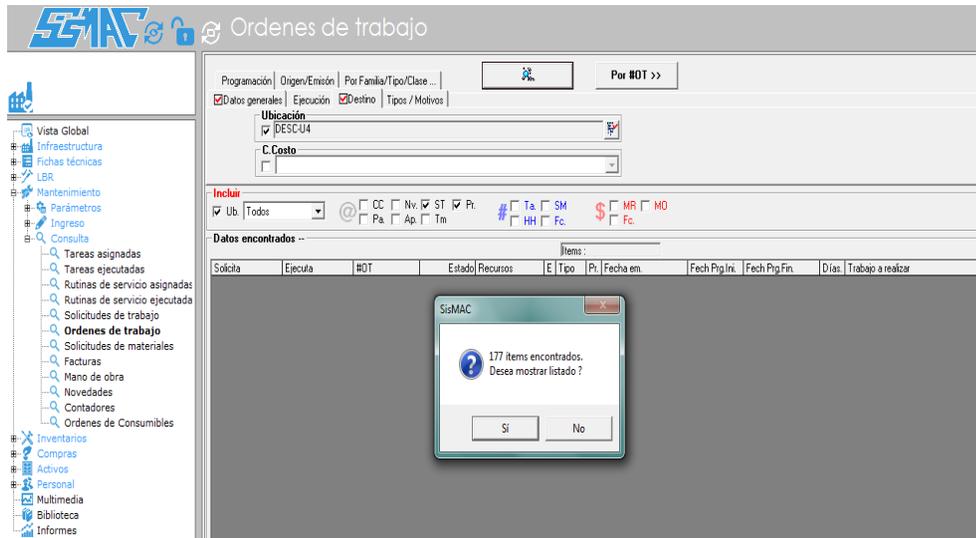


Figura 31. Número de órdenes de trabajo en la Unidad de Generación 4.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, versión 2013.

En la unidad de generación 4 el sistema de mantenimiento nos indica que se han efectuado 177 órdenes de trabajo. Mantiene la misma tendencia de atención que las otras máquinas.



Figura 32. Número de órdenes de trabajo de los servicios auxiliares.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, versión 2013.

En el sistema de servicios auxiliares ha generado 5 órdenes de trabajo, conformado por los tableros eléctricos, transformadores, cables de conexión, medidores de energía, son elementos que han sido renovados y en la actualidad son muy confiables.

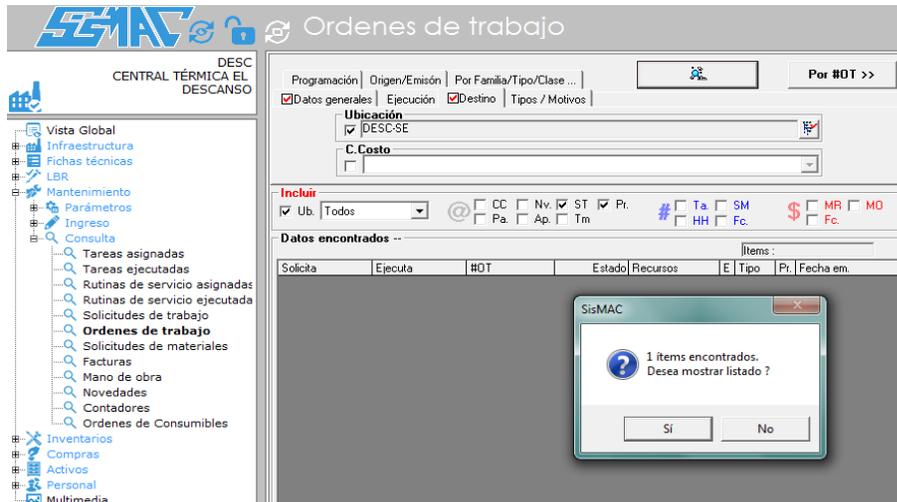


Figura 33. Número de órdenes de trabajo de la sub estación eléctrica.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, versión 2013.

La subestación eléctrica ha tenido para ese lapso de tiempo del 2015 y 2016, una orden de trabajo se debe a que como se realizó el cambio de los equipos antiguos por unos de mejor calidad y los mismos están sujetos a garantías.

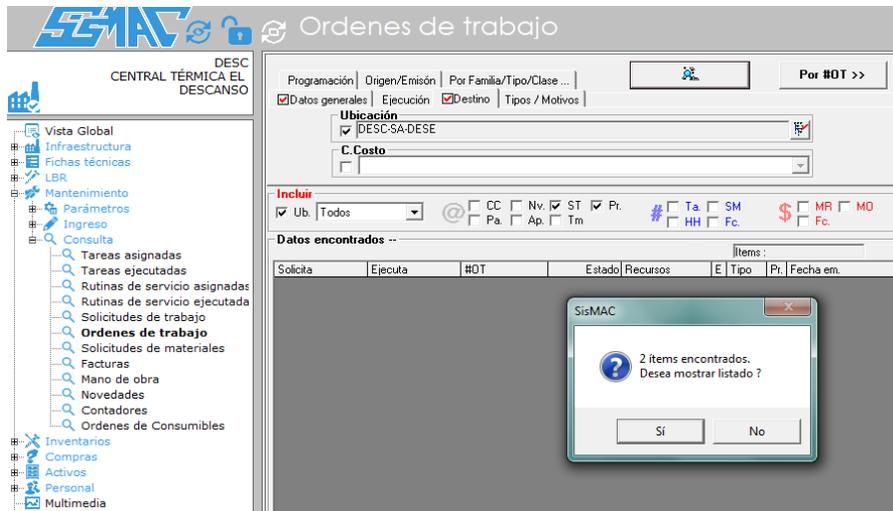


Figura 34. Número de órdenes de trabajo de la planta de tratamiento de agua.

Fuente: C&V Ingeniería Cia. Ltda, versión 2013.

En la planta de tratamiento se ha emitido 2 órdenes de trabajo, también se considera que se realizó cambios en el sistema con equipos muy confiables. Con esta información procedemos a realizar el análisis de la criticidad de los activos de la central considerando criterios del equipo de trabajo que se reunió para determinar los valores cuantitativos y determinar cuáles son los más críticos, en la siguiente tabla los datos obtenidos:

Tabla 19. Datos de criticidad de los activos de la central El Descanso.

Realizado por: El autor.

CRITICIDAD DE LOS ACTIVOS DE LA CENTRAL EL DESCANSO.								
ITEM	ACTIVOS	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTOS DE MANTENIMIENTO	IMPACTO EN LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
1	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	1	1	1	2	6	9	9
2	CALDERO PRINCIPAL	3	4	4	2	3	21	63
3	CUARTO DE BOMBAS DE TRANSFERENCIAS DE COMBUSTIBLE	2	8	1	2	6	16	32
4	TRATAMIENTO DE CRUDO PESADO	2	8	4	2	6	40	80
5	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	3	1	1	2	3	6	18
6	UNIDAD DE GENERACIÓN 1	4	8	4	3	3	38	152
7	UNIDAD DE GENERACIÓN 2	4	8	4	3	3	38	152
8	UNIDAD DE GENERACIÓN 3	4	8	4	3	3	38	152
9	UNIDAD DE GENERACIÓN 4	4	8	4	3	3	38	152
10	SERVICIOS AUXILIARES	2	4	1	2	3	9	18
11	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 22 000V / 6300V.	2	4	4	3	6	25	50
12	PLANTA API DE DESECHOS DE HIDROCARBUROS.	3	1	6	2	6	14	42

La criticidad de los tanques de almacenamiento es el siguiente:

Tabla 20. Matriz de criticidad de los tanques de almacenamiento.

Realizado por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (1 \times 9)$$

$$CRITICIDAD = 9.$$

C O N S E C U E N C I A	VH (180-80)					
	H(79-60)					
	M (59-40)					
	L (39-20)					
	TANQUES DE ALMACENAMIENTOS					
	N (19-5)					
		1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

Como se puede apreciar los tanques de almacenamiento tienen una criticidad en el rango bajo de la matriz por lo que no se aplicaría ninguna metodología en este sistema.

La criticidad del caldero principal es el siguiente:

Tabla 21. Matriz de criticidad del caldero principal.

Realizado por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (3 \times 21)$$

$$CRITICIDAD = 63.$$

C O N S E C U E N C I A	VH (180-80)					
	H(79-60)			CALDERO PRINCIPAL		
	M (59-40)					
	L (39-20)					
	N (19-5)					
			1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

Como verificamos el resultado del caldero principal está en una zona alta de criticidad pero que también no lo tomaremos en cuenta para realizar la presente aplicación de la metodología RCM.

La criticidad del sistema de bombas de transferencia de combustible es la siguiente:

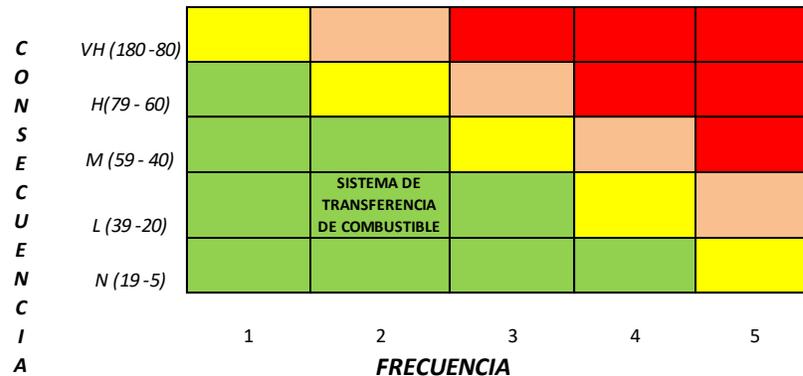
Tabla 22. Matriz de criticidad del sistema de transferencia de combustible.

Realizador por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (2 \times 16)$$

$$CRITICIDAD = 32.$$



En esta matriz de riesgo podemos apreciar que este sistema está en una zona de bajo criticidad.

Ahora la verificamos la criticidad del sistema de crudo pesado:

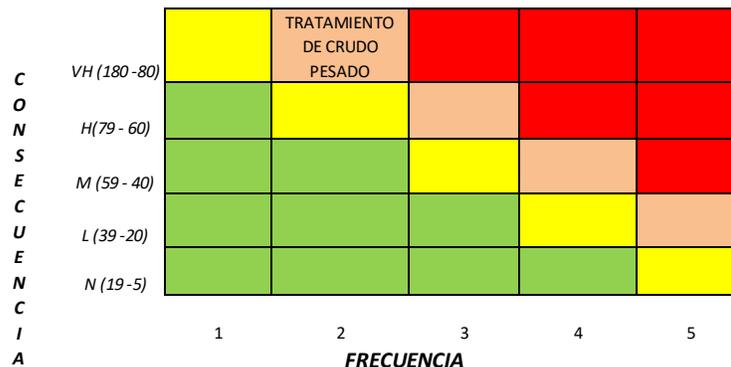
Tabla 23. Matriz de criticidad de los tanques de tratamiento de crudo.

Realizado por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (2 \times 40)$$

$$CRITICIDAD = 80.$$



En la matriz de criticidad de este sistema se nota que está en una zona de alta criticidad, pero no riesgosa, por lo que se debería tomar algunas estrategias para reducir el impacto que tiene este sistema en la central, pero no entraría en el presente estudio de RCM.

El siguiente sistema de estudio de la matriz de criticidad es la planta de tratamiento de agua:

Tabla 24. Matriz de criticidad de la planta agua.

Realizado por: El autor.

CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA × CONSECUENCIA)

CRITICIDAD = (3 × 6)

CRITICIDAD = 18.

C O N S E C U E N C I A	VH (180-80)	Yellow	Orange	Red	Red	Red
	H(79-60)	Green	Yellow	Orange	Red	Red
	M (59-40)	Green	Green	Yellow	Orange	Red
	L (39-20)	Green	Green	Green	Yellow	Orange
	N (19-5)	Green	Green	PLANTA DE AGUA	Green	Yellow
		1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

De acuerdo a los resultados este sistema de planta de agua está en una zona baja de criticidad.

En el sistema de unidades de generación presenta el siguiente análisis:

Tabla 25. Matriz de criticidad de las unidades de generación.

Realizado por: El autor.

CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA × CONSECUENCIA)

CRITICIDAD = (4 × 38)

CRITICIDAD = 152.

C O N S E C U E N C I A	VH (180-80)	Yellow	Orange	Red	UNIDAD DE GENERACIÓN	Red
	H(79-60)	Green	Yellow	Orange	Red	Red
	M (59-40)	Green	Green	Yellow	Orange	Red
	L (39-20)	Green	Green	Green	Yellow	Orange
	N (19-5)	Green	Green	Green	Green	Yellow
		1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

Como podemos apreciar las unidades de generación de la central son los activos más críticos que se pueden encontrar, debido a su alta frecuencia de fallos y su impacto en la producción de energía, cabe mencionar dentro de los datos obtenidos en el SISMAC, se puede apreciar que la unidad de generación 1 posee una gran cantidad de órdenes de trabajo en el

lapso del tiempo 2015 y 2016, en comparación con las otras unidades de generación. Por ello realizaremos el presente estudio en la unidad 1.

En el sistema de servicios auxiliares su matriz de criticidad es la siguiente:

Tabla 26. Matriz de criticidad de los servicios auxiliares.

Realizado por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (2 \times 9)$$

$$CRITICIDAD = 18.$$

C O N S E C U E N C I A	VH (180-80)					
	H(79-60)					
	M (59-40)					
	L (39-20)					
	N (19-5)		SERVICIOS AUXILIARES			
		1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

Analizando los resultados este sistema está fuera de la zona crítica de los activos de la central.

En el siguiente sistema de la subestación eléctrica tenemos la siguiente matriz de criticidad:

Tabla 27. Matriz de criticidad de la subestación eléctrica.

Realizado por: El autor

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (2 \times 25)$$

$$CRITICIDAD = 50.$$

C O N S E C U E N C I A	VH (180-80)					
	H(79-60)					
	M (59-40)		SUBESTACIÓN ELECTRICA			
	L (39-20)					
	N (19-5)					
		1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

Los resultados tenemos que la subestación eléctrica está en una zona de criticidad baja.

En el sistema de planta API, su matriz de criticidad es la siguiente:

Tabla 28. Matriz de criticidad de la planta API.

Realizado por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (3 \times 14)$$

$$CRITICIDAD = 42.$$

C O N S E C U E N C I A	VH (180 - 80)	1	2	3	4	5
	H (79 - 60)	1	2	3	4	5
	M (59 - 40)	1	2	3	4	5
	L (39 - 20)	1	2	3	4	5
	N (19 - 5)	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

En los resultados obtenidos en este sistema tenemos que la planta API, está en una zona media de criticidad debido que los efectos de sus fallos tienen consecuencias más al medio ambiente, razón por la cual no entra en el presente estudio.

Una vez realizado los diferentes análisis en las matrices de criticidad de los diferentes activos de la central se determinó que las unidades de generación son los activos más críticos, es de aquí que se realiza un análisis para determinar cuál de las 4 unidades que tienen la central tiene más problemas y allí se aplicara la metodología del RCM, y sea este estudio que se pueda posteriormente aplicar en las otras unidades de generación.

Presentamos un cuadro en el cual están los datos obtenidos por el SISMAC, el número de órdenes de trabajo emitidas en el lapso de estudio y podemos apreciar que la unidad 1 se ha producido una buena cantidad de órdenes de trabajo correctivas que en las otras unidades provocando en si una baja de disponibilidad de la misma.

SEMAC Ordenes de trabajo

DESC-U1
UNIDAD No. 1

Programación | Origen/Emisión | Por Familia/Tipo/Clase ...

Datos generales | Ejecución | Destino | Tipos / Motivos

Tipo/Subtipo de O.T.: TODAS

Motivos de ...
 ..Trabajo | CEX | Causa Externa | ..Retraso | APA | Equipo(s) Apagado(s)

Incluir
 Ub. Todos | CC | Nv. ST | Pr. | # | Ta. SM | \$ | MR | MO
 Pa. Ap. Tm | # | HH | Fc. | \$ | Fc. MO

Datos encontrados -- Items: 46

Solicita	Ejecuta	#OT	Tipo	Pr.	Fecha em.	Fech Prg.Ini.	Fech Prg.Fin.	Días	Trabajo a realizar	Cod Ub/Eq.
		3392	COR	★	04/04/2016 08:17	04/04/2016	04/04/2016	1	REVISION DEL CILINDRO #10 DE LA MAQUINA #1	DESC-U1-MOTO
		3393	COR	★	04/04/2016 08:46	04/04/2016	04/04/2016	1	FALLA DE LECTURA EN EL VISCOSIMETRO DEL	DESC-U1-COMB
		3426	COR	★	18/04/2016 15:13	18/04/2016	18/04/2016	1	FILTROS DE LA SJ 4000 #1 ESTAN BOTANDO	DESC-U1-LUBM-M
		3428	COR	★	18/04/2016 15:49	18/04/2016	18/04/2016	1	Cambio de manguera flexible del cil. 14 por una nueva	DESC-U1-AGIY-MT.
		3431	COR	★	26/04/2016 16:02	20/04/2016	21/04/2016	2	Cambio de rodillos del eje vertical del sj4000	DESC-U1-PUR1
		3441	COR	★	20/05/2016 09:59	18/05/2016	18/05/2016	1	ARREGLO DE LA VÁLVULA DE ARRANQUE DE LA	DESC-U1-AARR-M
		3454	COR	★	31/05/2016 15:46	09/05/2016	09/05/2016	1	ARREGLO DE FUGA DE ACEITE POR LA TUBERÍA DE	DESC-U1-PUR1-MF
		3457	COR	★	02/06/2016 12:05	06/05/2016	06/05/2016	1	REVISION DE LA SJ 4000 DEL GRUPO # 1 (SE APAGA	DESC-U1-PUR1
		4023	COR	★	12/10/2016 14:20	03/10/2016	03/10/2016	1	MODIFICACION DEL VISOR DE LOS DEPOSITOS DE	DESC-U1-COMB-M
		4024	COR	★	12/10/2016 14:30	04/10/2016	04/10/2016	1	ARREGLO DE SEGURO DE TAPA VALVULAS	
		4942	COR	★	20/03/2017 11:27	17/02/2017	17/02/2017	1	SUELDA DE CAJA DE VALVULA DE ESCAPE	DESC-U1-MOTO-M
CT/MNTO	CT/MNTO	4944	COR	★	20/03/2017 11:35	20/03/2017	20/03/2017	1	LIMPIEZA DEL FILTRO DEL CONTADOR DE RESIDUO	DESC-U1
		4948	COR	★	20/03/2017 11:55	22/02/2017	22/02/2017	1	CAMBIO DE LAS GUIAS DE LAS CAJAS DE VALVULAS	
		4956	COR	★	20/03/2017 13:57	16/02/2017	16/02/2017	1	CAMBIO DE PASOS DE AGUA EN LOS INYECTORES	
		4958	COR	★	20/03/2017 14:04	22/02/2017	22/02/2017	1	CAMBIO DE LAS GUIAS DE LAS CAJAS DE VALVULAS	DESC-U1-MOTO
		4961	COR	★	20/03/2017 14:13	14/02/2017	14/02/2017	1	DESARMADO DE LAS CAJAS DE VALVULAS DEL G1	

SisMAC
46 ítems encontrados.
Desea mostrar listado ?

Figura 35. Órdenes de trabajo correctivas.

Fuente: C&V Ingeniería Cia.Ltda. (Versión 2013).

Podemos apreciar que unidad de generación 1 se generó 46 órdenes de trabajo correctivas, entre los dos años de estudio. Motiva a realizar un análisis para determinar qué sistema está influyendo para que se genere estas órdenes correctivas.

Programación | Origen/Emisión | Por Familia/Tipo/Clase ... | | Por #OT >>

Datos generales | Ejecución | Destino | Tipos / Motivos

Tipo/Subtipo de O.T. TODAS

Motivos deRetraso APA Equipo(s) Apagado(s)

Incluir Ub. Todos CC Nv. ST Pr. # Ta SM \$ MR MO Pa. Ap. Tm # HH Fc. Fc.

Datos encontrados -- Items: 62

Solicita	Ejecuta	#OT	Estado	Recursos	E	Tipo	Pr.	Fecha em.	Fech Prg.Ini.	Fech Prg.Fin.	Días	Trabajo a realizar
		3744	Cerrada			PRD		10/08/2016 10:48	04/09/2016	04/09/2016	1	MONTAJE DE INTERCAMBIADORES DE
		3888	Cerrada			PRD		19/09/2016 15:05	14/09/2016	15/09/2016	2	INSTALACION DE PLATAFORMA PARA MI
CT/MNTO		4025	Cerrada			PRD		12/10/2016 14:40	05/10/2016	06/10/2016	2	CONSTRUCCION DE DEPOSITOS DE ACE
		5027	Cerrada			PRD		11/04/2017 11:17	21/02/2017	21/03/2017	11	MANTENIMIENTO Y ARMADO DE CABEZI
		5090	Cerrada			PRD		03/05/2017 13:23	16/03/2017	16/03/2017	1	REVISION Y ORGANIZACION DE REPUES
CT/JEFE		5093	Cerrada			PRD		03/05/2017 13:42	27/03/2017	27/03/2017	1	MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEE
		5159	Cerrada			PRD		10/05/2017 11:50	13/02/2017	13/02/2017	1	CAMBIO DE LA PRENSA ESTOPA DE LA E
CT/SUPER		5162	Cerrada			PRD		10/05/2017 12:05	08/03/2017	08/03/2017	1	MANTENIMIENTO DE LA VALVULA DE SE
	CT/MNTO	5163	Cerrada			PRD		10/05/2017 12:10	14/03/2017	14/03/2017	1	Cambio del reten de aceite del sj 4000 #1
		5340	Cerrada			PRD		03/07/2017 13:53	03/07/2017	03/07/2017	1	FUGA DE COMBUSTIBLE EN LA BOMBA F
		5350	Cerrada			PRD		03/07/2017 14:28	03/07/2017	03/07/2017	1	REVISION SJ 4000 G#1. MAL FUNCIONAV
		5932	Cerrada			PRD		02/10/2017 14:08	18/09/2017	18/09/2017	1	FUGA DE AGUA POR TUBERIA PERFORA
		5996	Aprobada			PRD		02/10/2017 14:18	27/10/2017	27/10/2017	1	CAMBIO DE LA TUBERIA DE AGUA DE
		5997	Aprobada			PRD		02/10/2017 14:21	30/10/2017	30/10/2017	1	CAMBIO DE LA TUBERIA DE RESIRCULA
CT/MNTO		6015	Cerrada			PRD		05/10/2017 09:01	28/09/2017	28/09/2017	1	GOBERNO DE LOS GRUPOS #3 Y #4 NO
		6016	Cerrada			PRD		05/10/2017 09:03	27/09/2017	27/09/2017	1	REVISION DE LAS BOMBAS Y DEPOSITO

Figura 36. Ordenes de trabajo por mejoras y predictivas.

Fuente: C&V Ingeniería Cia.Ltda. (Versión 2013).

Las órdenes obtenidas en este gráfico en total de 62, fueron realizadas para las mejoras en los diferentes equipos que conforman la unidad de generación1. En la siguiente tabla se colocan los datos obtenidos por el programa sismac, de todas las unidades de generación.

Tabla 29. Matriz de criticidad de los activos de la central El Descanso.

Fuente: El autor.

ACTIVOS CRITICOS DE LA CENTRAL EL DESCANSO	ORDENES DE TRABAJO CORRECTIVAS		ORDENES DE TRABAJO PLANIFICADO		ORDENES DE TRABAJO TOTAL	
	UND	%	UND	%	UND	%
UNIDAD DE GENERACIÓN 1	120	49,79%	121	50,21%	241	100%
UNIDAD DE GENERACIÓN 2	80	49,38%	82	50,62%	162	100%
UNIDAD DE GENERACIÓN 3	75	43,10%	99	56,90%	174	100%
UNIDAD DE GENERACIÓN 4	85	48,02%	92	51,98%	177	100%

Analizando la tabla, los datos obtenidos solo de órdenes de trabajos correctivas de las cuatro unidades, la máquina 1 es la que número. Para complementar estos datos vamos a realizar el análisis de la disponibilidad de las 4 unidades de generación para verificar que estas órdenes de trabajo correctivas tuvieron incidencia en la baja disponibilidad en la central.

El departamento de planificación, de Elecaastro maneja los datos de disponibilidad de todas las centrales de generación y llevan un registro de todos ellos. En las siguientes tablas muestran los datos de la disponibilidad de las unidades para esos dos años de estudio. Mencionemos que el valor mínimo de disponibilidad de la central es del 85% según los parámetros de los indicadores corporativos de la empresa.

Tabla 30. Disponibilidad de la unidad 1 del año 2015.

Fuente: Dirección de planificación de Elecaastro.S. A, 2017.

MES	DISPONIBILIDAD DE LA UNIDAD 1 (%)	VALOR MINIMO DE DISPONIBILIDAD. (%)
Enero	88	85
Febrero	80	85
Marzo	78	85
Abril	91	85
Mayo	95	85
Junio	90	85
Julio	90	85
Agosto	86	85
Septiembre	100	85
Octubre	90	85
Noviembre	85	85
Diciembre	80	85
TOTAL	87.75	85



Figura 37. Disponibilidad de la máquina 1 en el año 2015.

Realizado por: El autor.

En la tabla 26 y figura 37, se observa que los meses de febrero, marzo, y diciembre están por debajo del valor mínimo de disponibilidad. En febrero se presentó un problema en el sistema del motor de combustión interna que duró la reparación 48 horas de reparación y varios problemas en el sistema de turbos por altas vibraciones. En marzo la falla grave en el turbo derecho que ocasionó que la unidad pare por más de 10 días hasta reparar el eje del turbo. En diciembre problemas en el sistema de combustible obligaron a para la unidad en varias ocasiones todo esto sumo una para de 36 horas al mes. El valor promedio de disponibilidad de la máquina 1 en el año fue de 87,75%.

Tabla 31. Disponibilidad de la unidad 1 del año 2016.

Fuente: Dirección de planificación de Elecaustro.S. A, 2017.

MES	DISPONIBILIDAD DE LA UNIDAD 1 (%)	VALOR MINIMO DE DISPONIBILIDAD. (%)
Enero	88	85
Febrero	80	85
Marzo	78	85
Abril	91	85
Mayo	100	85
Junio	100	85
Julio	100	85
Agosto	0	85
Septiembre	100	85
Octubre	110	85
Noviembre	90	85
Diciembre	80	85
TOTAL	84.75	85



Figura 38. Disponibilidad de la máquina 1 en el año 2016.

Realizado por: El autor.

Los resultados de la tabla y figura representan que, en el año 2016, el mes de agosto se realizó una parada muy larga de un mes de duración por la falla del turbo izquierdo, y conseguir el repuesto fue el más grande inconveniente en la central. La disponibilidad total de ese año estaba en un 84,75%.

Tabla 32. Disponibilidad de la unidad 2 del año 2015.

Fuente: Dirección de planificación de Elecaastro.S. A, 2017.

MES	DISPONIBILIDAD DE LA UNIDAD 1 (%)	VALOR MINIMO DE DISPONIBILIDAD. (%)
Enero	90	85
Febrero	85	85
Marzo	88	85
Abril	95	85
Mayo	100	85
Junio	100	85
Julio	100	85
Agosto	86	85
Septiembre	100	85
Octubre	90	85
Noviembre	90	85
Diciembre	88	85
TOTAL	92.67	85

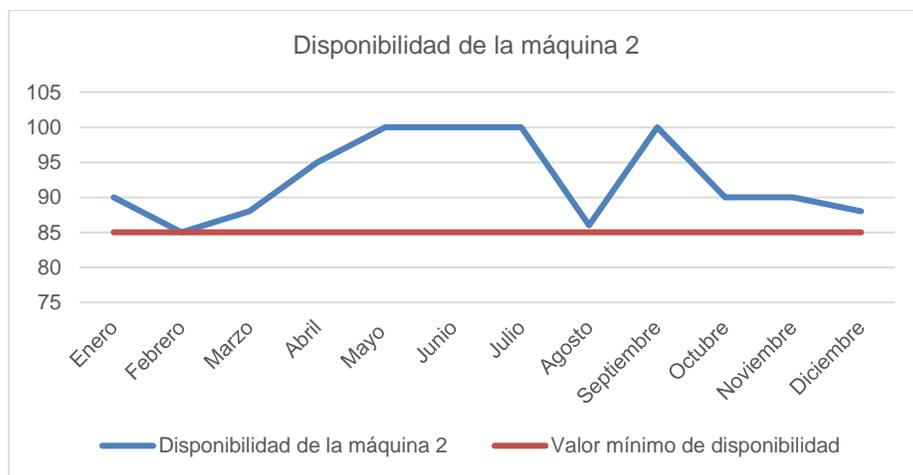


Figura 39. Disponibilidad de la máquina 2 en el año 2015.

Realizado por: El autor.

En el año 2015, las paradas por fallos fueron atendidas con la mayor celeridad, por parte del grupo de mantenimiento, la disponibilidad de la unidad del año estaba en el 92,67%.

Tabla 33. Disponibilidad de la unidad 2 del año 2016.

Fuente: Dirección de planificación de Elecaustro.S. A, 2017.

MES	DISPONIBILIDAD DE LA UNIDAD 1 (%)	VALOR MINIMO DE DISPONIBILIDAD. (%)
Enero	90	85
Febrero	95	85
Marzo	90	85
Abril	90	85
Mayo	100	85
Junio	100	85
Julio	100	85
Agosto	100	85
Septiembre	100	85
Octubre	80	85
Noviembre	85	85
Diciembre	80	85
TOTAL	92.5	85

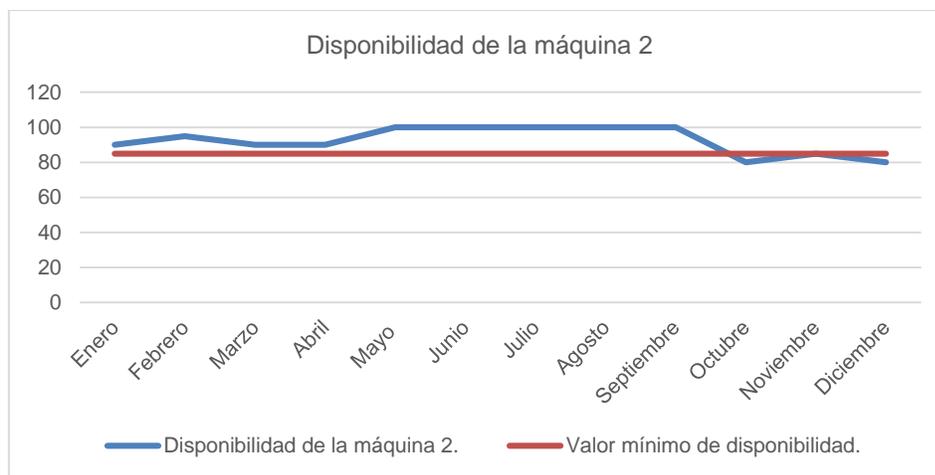


Figura 40. Disponibilidad de la máquina 2 en el año 2016.

Realizado por: El autor.

En el año 2016, la disponibilidad anual quedó en el 92,5%. En los meses de octubre y diciembre baja la disponibilidad de su valor crítico por fallos recurrentes en el sistema de lubricación, la purificadora de aceite SJ 4000 sufrió daños que obligaron a reconstruir algunos de sus componentes.

Tabla 34. Disponibilidad de la unidad 3 del año 2015.

Fuente: Dirección de planificación de Elecaustro.S. A, 2017.

MES	DISPONIBILIDAD DE LA UNIDAD 1 (%)	VALOR MINIMO DE DISPONIBILIDAD. (%)
Enero	85	85
Febrero	90	85
Marzo	90	85
Abril	95	85
Mayo	95	85
Junio	100	85
Julio	95	85
Agosto	80	85
Septiembre	95	85
Octubre	90	85
Noviembre	90	85
Diciembre	90	85
TOTAL	91.25	85



Figura 41. Disponibilidad de la máquina 3 en el año 2015.

Realizado por: El autor.

En agosto la disponibilidad de la máquina 3 está por debajo del valor mínimo se debe que se presentó problemas en el sistema de motor a combustión, los valores de temperatura de los cojinetes subieron fuera del rango de las alarmas y se procedió a realizar el desarmado, corrección de algunos parámetros para que la unidad entre en operación. Su disponibilidad total estaba en 91,25%.

Tabla 35. Disponibilidad de la unidad 3 del año 2016.

Fuente: Dirección de planificación de Elecaastro.S. A, 2017.

MES	DISPONIBILIDAD DE LA UNIDAD 1 (%)	VALOR MINIMO DE DISPONIBILIDAD. (%)
Enero	85	85
Febrero	85	85
Marzo	90	85
Abril	80	85
Mayo	100	85
Junio	100	85
Julio	100	85
Agosto	100	85
Septiembre	100	85
Octubre	80	85
Noviembre	80	85
Diciembre	80	85
TOTAL	90	85

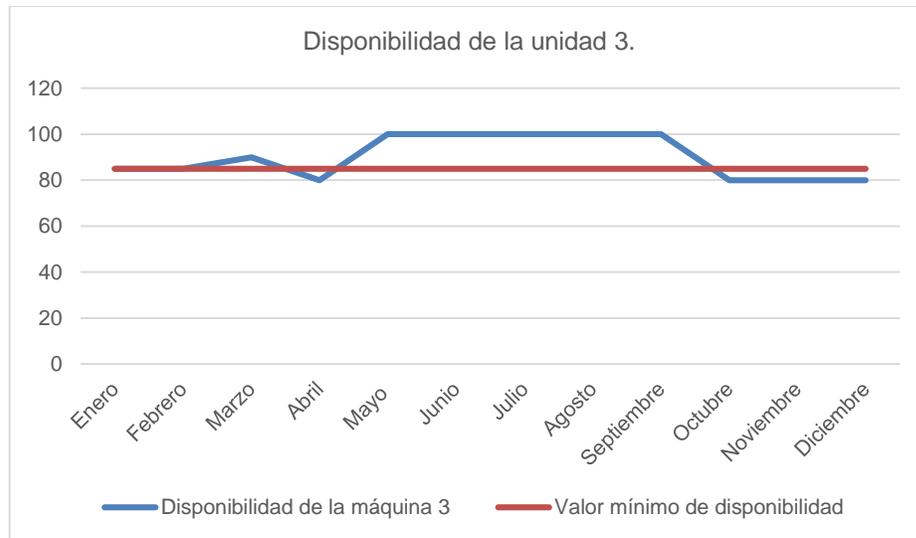


Figura 42. Disponibilidad de la máquina 3 en el año 2016.

Realizado por: El autor.

La máquina 3 en el año 2016, alcanzó el 90% de su disponibilidad total, se debe que el turbo derecho empezó desde el mes de octubre a aumentar las vibraciones y para no dejar de generar energía bajo su producción de 4,3 MW a 3,6 MW. Con esto las revisiones del componente del motor de combustión estuvo en observación en ese lapso de tiempo.

Tabla 36. Disponibilidad de la unidad 4 del año 2015.

Fuente: Dirección de planificación de Elecaustro.S. A, 2017.

MES	DISPONIBILIDAD DE LA UNIDAD 1 (%)	VALOR MINIMO DE DISPONIBILIDAD. (%)
Enero	88	85
Febrero	80	85
Marzo	80	85
Abril	95	85
Mayo	95	85
Junio	90	85
Julio	90	85
Agosto	90	85
Septiembre	100	85
Octubre	90	85
Noviembre	90	85
Diciembre	80	85
TOTAL	89	85

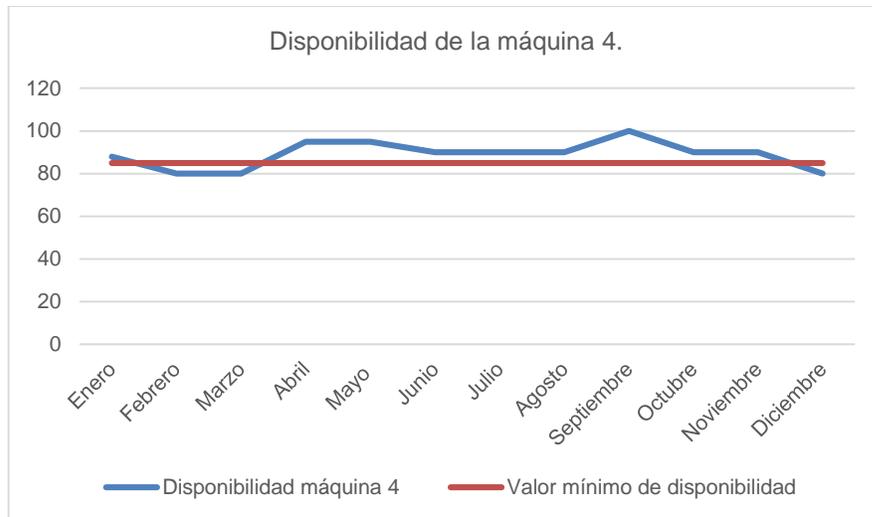


Figura 43. Disponibilidad de la máquina 4 en el año 2015.

Realizado por: El autor.

La disponibilidad total de la unidad 4 en el 2015 estuvo en 89%, los problemas que tenían se focalizó en los meses de febrero, marzo y diciembre. Los sistemas de lubricación y refrigeración empezaron a tener fallos repetitivos en su operación.

Tabla 37. Disponibilidad de la unidad 4 del año 2016.

Fuente: Dirección de planificación de Elecaastro.S. A, 2017.

MES	DISPONIBILIDAD DE LA UNIDAD 1 (%)	VALOR MINIMO DE DISPONIBILIDAD. (%)
Enero	80	85
Febrero	85	85
Marzo	88	85
Abril	85	85
Mayo	100	85
Junio	100	85
Julio	100	85
Agosto	100	85
Septiembre	100	85
Octubre	80	85
Noviembre	85	85
Diciembre	85	85
TOTAL	90.67	85

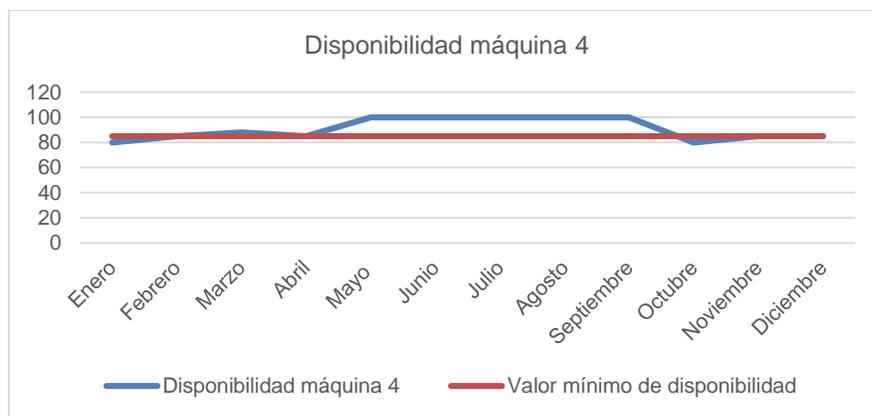


Figura 44. Disponibilidad de la máquina 4 en el año 2016.

Realizado por: El autor.

La máquina 2 con el 90,67% de disponibilidad en el año 2016 se mantuvo dentro de las expectativas de producción, los sistemas de lubricación y sistema de motor a combustión ocasionaron fallas, pero fueron recuperados para mantener la producción y el valor mínimo de disponibilidad.

Tabla 38. Disponibilidad de las unidades de El Descanso, años 2015 y 2016.

Fuente: Dirección de planificación de Elecaustro.S. A, 2017.

UNIDADES DE GENERACIÓN	DISPONIBILIDAD 2015 (%).	DISPONIBILIDAD 2016 (%).
UNIDAD DE GENERACIÓN 1	87.75	84.75
UNIDAD DE GENERACIÓN 2	92.67	92.5
UNIDAD DE GENERACIÓN 3	91.25	90
UNIDAD DE GENERACIÓN 4	89	90.67

La información de la tabla 25 y 34, se puede establecer la relación que tiene las órdenes de trabajo correctivas realizadas han influido directamente en la disponibilidad de las unidades de generación. Dando como resultado la máquina 1 como la de mayor indisponibilidad. Por ello que realizaremos un análisis de criticidad solo a la unidad 1 para determinar qué sistema de la unidad es el más crítico y está perjudicando al funcionamiento de la misma.

Para ello recurriremos a realizar el análisis de la unidad 1 como una localización y de allí desarrollaremos la subdivisión de sistema, subsistema o equipo.

A continuación, colocamos la división de los activos de la unidad 1:

Tabla 39. Determinación de sistemas, subsistemas de la unidad de generación 1.

Realizado por: El autor.

DETALLE DE LOS SISTEMAS DE LA UNIDAD 1.		
LOCALIZACIÓN	SECCIÓN	SUBSISTEMAS O EQUIPOS.
UNIDAD DE GENERACIÓN 1	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA 14 PC2-5V NIGATA	CABEZOTES.
		PISTON
		CIGÜEÑAL
		DAMPER
		BALANCINES
		BLOQUE MOTOR
	GENERADOR MITSUBISHI DE 4.8 MW	COJINETES.
		ROTOR.
		ESTATOR.
		COJINETES.
	SISTEMA DE LUBRICACION DEL MOTOR.	EJE.
		PERNOS DE ACOPLAMIENTO.
		DEPOSITO DE ACEITE.
		BOMBAS DE PRELUBRICACIÓN
		BOMBA DE ENGRANAJES DE LUBRICACIÓN.
BOMBA DE LUBRICACION DE BALANCINES		
UNIDAD DE GENERACIÓN 1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL MOTOR	FILTROS DE ACEITE.
		PURIFICADORES DE ACEITE SJ 4000.
		BOMBAS DE AGUA DE REFRIGERACIÓN
		TORRES DE ENFRIAMIENTO.
		INTERCAMBIADORES DE CALOR.
	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR.	BOMBA DE AGUA PARA INYECTORES.
		VÁLVULAS DE CIERRE
		SISTEMA DE CALDERETAS.
		VISCOMETROS
	SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE DEL MOTOR.	BOMBAS DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE
		INYECTORES DE COMBUSTIBLE.
		FILTROS DE COMBUSTIBLE.
		BOMBAS DE CIRCULACIÓN DE COMBUSTIBLE.
	TURBOCARGADORES NHP-40BS	COMPRESOR DE AIRE.
		BOTELLONES DE AIRE.
INYECTORES DE AIRE.		
DISTRIBUIDOR DE AIRE		
CAÑERIAS DE AIRE.		
TABLEROS ELECTRICOS DE LA UNIDAD	RUEDA COMPRESORA	
	RUEDA IMPULSORA	
	BOMBA DE LUBRICACIÓN DE EJE	
	EJE.	
	CARCAZA	
	SENSORES DE VIBRACIÓN.	
PANEL DE CONTROL SCADA.	TERMOCUPLAS.	
	SWITCH DE CONEXIÓN.	
	TARJETAS DE MEMORIA	
	RELES DE COMANDO	
PANEL DE CONTROL SCADA.	PROTECCIONES ELECTRICAS	
	RESISTENCIAS.	
	PANTALLAS DE CONTROL	
	PLC DE CONTROL	
PANEL DE CONTROL SCADA.	ESTACIÓN DE INGENIERIA.	
	SENSORES DE COMUNICACIÓN	

Posterior a esta clasificación proseguimos a realizar el análisis de la criticidad a los sistemas de la unidad 1 para así determinar qué sistema está influyendo para que produzca por qué este activo es muy crítico.

Recurrimos al programa SISMAC, como las bitácoras y hojas de vida de la unidad 1 para determinar las fallas por las que la máquina dejó de generar energía.

Tabla 40. Determinación de la criticidad de los sistemas unidad de generación 1.

Realizado por: El autor.

CRITICIDAD DE LOS ACTIVOS DE LA CENTRAL EL DESCANSO.								
ITEM	ACTIVOS	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTOS DE MANTENIMIENTO	IMPACTO EN LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
1	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA 14 PC2-5V NIGATA	3	8	6	3	3	54	162
2	GENERADOR MITSUBISHI DE 4.8 MW	1	8	1	3	3	14	14
3	SISTEMA DE LUBRICACION DEL MOTOR.	2	8	4	3	6	41	82
4	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL MOTOR	2	8	4	3	1	36	72
5	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR.	2	8	6	2	3	53	106
6	SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE DEL MOTOR.	2	4	1	1	1	6	12
7	TURBOCARGADORES NHP-40BS	3	8	6	3	3	54	162
8	TABLEROS ELECTRICOS DE LA UNIDAD	2	4	1	1	1	6	12
9	PANEL DE CONTROL SCADA.	2	4	6	3	1	28	56

Con esta información procedemos a realizar las matrices de criticidad a cada uno de los sistemas de la unidad 1, podremos apreciar el sistema o los sistemas que determinan porque la unidad de generación es crítica para la producción de la central.

Empezamos con el sistema de motor de combustión interna y su matriz es la siguiente:

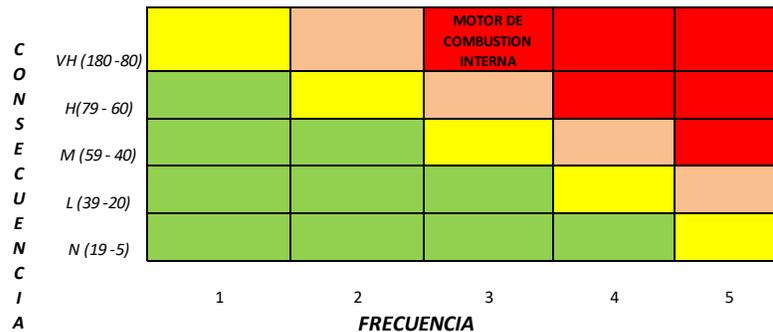
Tabla 41. Matriz de criticidad del motor de combustión interna.

Realizado por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (3 \times 54)$$

$$CRITICIDAD = 162.$$



Tenemos que en esta matriz el motor de combustión interna es un sistema crítico y se debe a su antigüedad en la mayoría de sus partes por lo que las fallas en este sistema son muy recurrentes y complementa la falta de encontrar repuestos para sustituir los mismos.

Ahora tenemos la matriz del generador Mitsubishi observemos su criticidad:

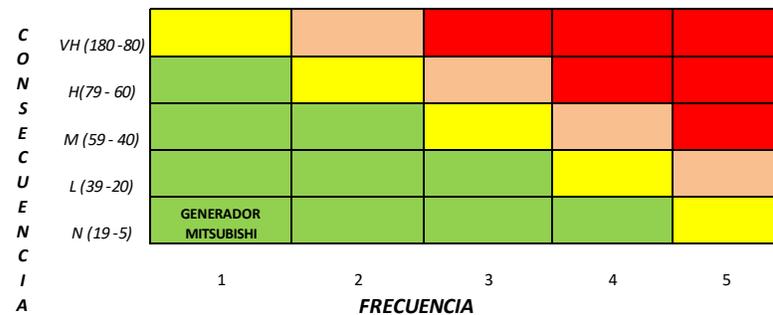
Tabla 42. Matriz de criticidad del generador Mitsubishi.

Realizado por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (1 \times 14)$$

$$CRITICIDAD = 14.$$



Vemos en los resultados que este sistema es poco crítico por lo que no afecta en el funcionamiento de la unidad de generación, debido a que el historial de fallas de este punto ha sido bajo por lo cual se nota que en la matriz el sistema está en una zona de bajo riesgo.

Ahora verificamos la matriz de criticidad del sistema lubricación del motor:

Tabla 43. Matriz de criticidad del sistema de lubricación del motor.

Realizado por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (2 \times 41)$$

$$CRITICIDAD = 82.$$

C O N S E C U E N C I A	VH (180-80)		SISTEMA DE LUBRICACIÓN					
	H(79-60)							
	M (59-40)							
	L (39-20)							
	N (19-5)							
			1	2	3	4	5	
		FRECUENCIA						

Verificamos que este sistema también está en una zona próxima a lo crítico, razón por la cual se considera realizar el estudio del rcm. Un sistema que es parte de la unidad de generación e influye en la operación del mismo es imprescindible verificar sus respectivos daños que provocan indisponibilidad en la unidad.

La matriz del sistema de refrigeración es la siguiente:

Tabla 44. Matriz de criticidad del sistema de refrigeración del motor.

Realizado por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (2 \times 36)$$

$$CRITICIDAD = 72.$$

C O N S E C U E N C I A	VH (180-80)							
	H(79-60)		SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.					
	M (59-40)							
	L (39-20)							
	N (19-5)							
			1	2	3	4	5	
		FRECUENCIA						

El sistema de refrigeración se encuentra en una zona próxima de criticidad los elementos sufren mucho debido a que la calidad de agua, se debe mencionar que es tratada en una planta de potabilización y es apta para el funcionamiento de la máquina, el material de las tuberías son un gran problema ya que no son aptas para la circulación de agua.

La siguiente matriz de criticidad está relacionada con el sistema de alimentación:

Tabla 45. Matriz de criticidad del sistema de alimentación del motor.

Realizado por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (2 \times 53)$$

$$CRITICIDAD = 106.$$

C O N S E C U E N C I A	VH (180 -80)		SISTEMA DE ALIMENTACION			
	H(79 - 60)					
	M (59 - 40)					
	L (39 -20)					
	N (19 -5)					
		1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

Podemos verificar que este sistema está próximo en la zona crítica debido a que los problemas por el combustible y su tratamiento tienen mucha incidencia en el funcionamiento de la unidad, inicialmente todos los elementos que tenía la máquina eran diseñados para otro tipo de combustible como es el bunker, pero el crudo residual es más pesado y tiene mucha suciedad por la cual los elementos expuestos incrementan su degradación, desgaste de los mismos lo que determinan en fallos para la unidad de generación. Por ello entra en el estudio de la aplicación del RCM para proponer soluciones que ayuden a disminuir los fallos de este sistema.

La siguiente matriz hace referencia al sistema de aire para arranque de la unidad:

Tabla 46. Matriz de criticidad del sistema de aire de arranque del motor.

Realizado por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (2 \times 6)$$

$$CRITICIDAD = 12.$$

C O N S E C U E N C I A	VH (180-80)	1	2	3	4	5
	H(79-60)	1	2	3	4	5
	M (59-40)	1	2	3	4	5
	L (39-20)	1	2	3	4	5
	SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE	1	2	3	4	5
	N (19-5)	1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

El sistema de arranque está en una zona de criticidad baja, debido a que el sistema es bastante confiable y por lo general no falla además los mantenimientos que tienen se lo realiza con bastante responsabilidad que se nota que es un sistema que no genera fallas a la unidad de generación.

La siguiente matriz que enfoca al sistema de turbo cargadores los resultados son los siguientes:

Tabla 47. Matriz de criticidad del sistema de turbo cargadores.

Realizado por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (3 \times 54)$$

$$CRITICIDAD = 162.$$

C O N S E C U E N C I A	VH (180-80)	1	2	TURBOCARGADORES NHP	4	5
	H(79-60)	1	2	3	4	5
	M (59-40)	1	2	3	4	5
	L (39-20)	1	2	3	4	5
	SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE	1	2	3	4	5
	N (19-5)	1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

Es un sistema muy crítico debido a su antigüedad y que la fábrica que inicialmente los construyo ya cerro, en la actualidad en el país no hay talleres que se encarguen de estos elementos hacen que sean muy críticos y de mucho cuidado cuando falla, esperamos que aplicando la metodología del RCM lleguemos a un mejorar la situación de los turbos cargadores.

Los tableros eléctricos tienen la siguiente matriz de criticidad:

Tabla 48. Matriz de criticidad del sistema de tableros eléctricos.

Realizado por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (2 \times 6)$$

$$CRITICIDAD = 12.$$

C O N S E C U E N C I A	VH (180 -80)					
	H(79 - 60)					
	M (59 - 40)					
	L (39 -20)					
	N (19 -5)					
		1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

En este sistema como vemos está en una zona de criticidad baja debido a que no presentan muchas fallas en la operación de la unidad, considerando que los tableros son antiguos sus equipos y elementos son muy confiables. Por último, tenemos el sistema de pantalla de SCADA.

Tabla 49. Matriz de criticidad del sistema de tableros eléctricos.

Realizado por: El autor.

$$CRITICIDAD = (FRECUENCIA DE FALLA \times CONSECUENCIA)$$

$$CRITICIDAD = (2 \times 28)$$

$$CRITICIDAD = 56.$$

C O N S E C U E N C I A	VH (180 -80)					
	H(79 - 60)					
	M (59 - 40)					
	L (39 -20)					
	N (19 -5)					
		1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

El departamento de control y generación, los registros que tienen de los equipos determinaron que el panel de control SCADA, está en una zona de criticidad baja por lo que el buen mantenimiento que realizan a estos equipos lo hacen que sean confiables y no originen fallas en la unidad de generación.

Realizado el presente análisis determinamos los siguientes sistemas críticos de la unidad de generación 1:

- Motor de combustión interna.
- Sistema de alimentación del motor de combustión interna.
- Sistema de turbo cargadores NHP - 40BS.

3.5 DESCRIPCION DEL CONTEXTO OPERACIONAL DE LOS SISTEMAS CRITICOS DE LA UNIDAD 1.

3.5.1 CONTEXTO OPERACIONAL DEL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA. -



Figura 45. Motor de combustión interna.

Fuente: Central El Descanso.

El programa sismac, tiene ya clasificado los diferentes sistemas, subsistemas, equipos y componentes de los diferentes activos de la central y del motor de combustión interna lo clasifica de la siguiente manera:

- Bloque motor.
- Cabezotes.
- Tren motriz. (Pistón, biela y cigüeñal).

- Damper.
- Balancines.
- Cojinetes.

Conociendo como está conformado el motor de combustión interna procedemos a determinar el contexto operacional.

El motor es de cuatro tiempos de 14 cilindros en V con una velocidad nominal de 514 rpm y con una potencia de 4,8 MW que es transmitido al generador, para el arranque y la toma de carga hasta llegar a 2,4 MW utiliza diésel 2 y luego realiza el cambio a residuo de petróleo, el mismo que es dosificado con un porcentaje de diésel 2 hasta alcanzar una viscosidad de trabajo de 76 a 83 cst, para luego ser centrifugado y mantenerse a una temperatura de 80°C, y así alcanzar una viscosidad de trabajo en cada unidad de 25 cts. El motor está diseñado con un sistema de enfriamiento de los cilindros que trabaja a una presión de 3 kgf/cm² y una temperatura de 70°C. Durante la operación normal del motor que puede ser de 8 horas o 24 horas los 365 días, debe trabajar en un rango de 370 a 450 °C la temperatura de los cilindros medidos en el múltiple de escape, y la temperatura de las chapas de bielas y bancadas no debe ser superior a 80°C. El motor es turbo alimentado, teniendo un turbo para cada banco de 7 cilindros, los mismos que son una parte fundamental para que el generador alcance la potencia nominal (4,8 MW). El block del motor esta acoplado a la plataforma de concreto mediante pernos de anclaje para garantizar total soporte de los elementos rodantes.

3.5.1.1 ANALISIS DE MODOS DE FALLO Y EFECTOS DEL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA.

Tabla 50. Análisis de modos de fallas y efectos en el motor térmico de combustión.

Realizado por: El autor.

Hoja de información RCM.		Sistema: Unidad de generación 1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.	Fecha: 10/02/2018	Hoja N° 1
		Subsistema: Motor de combustión interna.		Auditor:	Fecha: 10/02/2018	De: 3
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
1	Transformar la energía química del combustible en energía mecánica rotativa, transmitirla al generador, para llegar a una potencia de 4,3MW.	1 Incapaz de generar 4.3MW.	1	Intercambiador de calor de agua de camisas obstruido.	La temperatura del sistema de agua de refrigeración del motor supera los 80°C, dando una señal sonora en el centro de control el operador baja la potencia generada debido a que las temperaturas de los cilindros tienden a subir, de esta manera el operador trata de mantener la temperatura de trabajo del sistema de refrigeración que es de 60 a 70 °C, se notifica al personal de mantenimiento y se programa una parada para una limpieza del intercambiador de calor, tiempo para realizar este trabajo 48 horas.	
			2	Micro motor del limitador de carga dañado.	El operador trata de subir la carga a 4, 3 MW, pero no se tiene ninguna respuesta del limitador de carga, se notifica al personal de mantenimiento, y se comprueba que el micro motor no responde, se procede a parar la unidad. Tiempo necesario para cambiar el micro motor 1 hora.	
			3	Variación en la viscosidad del combustible.	Aparece una alarma sonora en la sala de control debido a la variación de la temperatura del tanque limpio de combustible, lo que conlleva a una variación de la temperatura de los cilindros, variación en la eficiencia de los turbos y rechazo de carga, el operador procede a calibrar el ingreso de vapor al tanque de combustible limpio a 80°C y verifica que la viscosidad del combustible en el motor se estabilice en 25 cts. Recuperando la potencia generación de la unidad. Tiempo estimado para la regulación del vapor 10 minutos.	

Tabla 50. Continúa.....

Hoja de información RCM.		Sistema: Unidad de generación 1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.	Fecha: 10/02/2018	Hoja N° 2.
		Subsistema: Motor de combustión interna.		Auditor:	Fecha: 10/02/2018	De: 3
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	
1	Transformar la energía química del combustible en energía mecánica rotativa, transmitirla al generador, para llegar a una potencia de 4,3MW.		Incapaz de generar 4.3MW.	4	Alta vibración de los turbos.	Se presenta una alarma sonora en la sala de control por el incremento de la vibración en los turbos, el operador procede a bajar la carga a 3 MW, produciendo una pérdida parcial de la función. Tiempo de parada de la unidad para balancear el eje y reemplazar los rodamientos 4 días.
		2	Incapaz de producir energía mecánica.	1	Baja presión del sistema de alimentación	El operador visualiza que no tiene condiciones indiciales para realizar la secuencia de arranque, apareciendo en la pantalla del HMI una alarma de baja presión del sistema de alimentación, lo cual es reportado al personal de mantenimiento, los mismos que realizan un purgado del sistema y verifican el funcionamiento de la bomba. Tiempo para revisar 1 hora.
				2	Distribuidor de aire obstruido.	EL operador realiza la apertura de la válvula principal del aire de arranque, pero no gira el cigüeñal, lo que indica que hay una pérdida de presión del aire. Tiempo necesario para la limpieza del distribuidor 1 hora.

Tabla 50. Continúa.....

Hoja de información RCM.		Sistema: Unidad de generación 1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.		Fecha: 10/02/2018		Hoja N° 3.	
		Subsistema: Motor de combustión interna.		Auditor:		Fecha: 10/02/2018		De: 3.	
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA			
2	Trabajar en un rango de temperatura de 370 a 450 °C medidos en el múltiple de escape de cada cilindro.	1	La temperatura de trabajo de los cilindros es superior a 450°C.	1	Válvula de escape quemada.	El operador visualiza en la pantalla del sistema de control un incremento progresivo de la temperatura del cilindro alcanzando valores superiores a los 450 °C en un tiempo de 48 horas, se para la unidad y se realiza el remplazo de la válvula de escape, tiempo de parada para cambiar la válvula es de 3 horas.			
				2	Desgaste de la leva de la bomba de inyección.	El operador visualiza que la temperatura del cilindro supera los 450 °C en un tiempo de 8 horas, informa al personal de mantenimiento, se realiza la medición de la presión de combustión del cilindro y se comprueba que el valor está por debajo de 115 Kg/cm ² , se para la unidad y se cambia la leva de la bomba de inyección, tiempo estimado para realizar el trabajo 5 horas.			
		2	La temperatura de trabajo de los cilindros es inferior a 370°C	1	Inyector defectuoso.	El operador visualiza que la temperatura de trabajo del cilindro es de 100 a 150 °C, procede a parar la unidad, el personal de mantenimiento cambia el inyector y se realiza el arranque de la unidad, tiempo estimado de parada 2 horas.			

Tabla 51. Hoja de decisión del motor de combustión interna.

Realizado por: El autor.

HOJA DE DECISIÓN RCM			Sistema: Unidad de generación1.					Facilitador: Ing. Marcelo Soto.					Fecha: 10/02/2018			Hoja N° 1
			Subsistema : Motor de combustión interna					Auditor:					Fecha: 10/02/2018			de 1
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3	O1	O2	O3	H4				H5	S4
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3							
1	1	1	S	N	N	S	N	S						Monitorear la temperatura, en caso de no existir diferencia de temperatura planificar una para de la unidad y realizar la limpieza del intercambiador	Sin frecuencia	Mecánico de generación
1	1	2	S	N	N	S	S							Monitorear el micro motor, lubricarlo, en caso de no existir respuesta planificar la parada de la unidad	Sin frecuencia	Auxiliar de Ingeniería.
1	1	3	S	N	N	N	N	N	N	N	N			Ningún mantenimiento preventivo	Sin frecuencia	Mecánico de generación
1	1	4	S	N	N	S	N	S						Monitoreo diario de las vibraciones	Diariamente	Operador Scada.
1	2	1	S	N	N	S	S							Purgado del sistema antes de arranque de la unidad	Sin frecuencia	Operador de centrales 2.
1	2	2	S	N	N	S	S							Limpieza del distribuidor de aire	Mensual	Mecánico de generación
2	1	1	S	N	N	S	N	S						Mantenimiento cíclico en las válvulas.	3000 horas	Mecánico de generación
2	1	2	S	N	N	S	N	S						Revisión del estado de las levas de las bombas de inyección	5000horas.	Mecánico de generación
2	2	1	S	N	N	S	N	S						Mantenimiento ciclico de los inyectores.	5000horas.	Mecánico de generación

3.5.2 CONTEXTO OPERACIONAL DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN. -

El sistema de lubricación está conformado por los siguientes subsistemas y estos son:

- Depósito de aceite.
- Bomba de pre lubricación.
- Bomba de engranajes de lubricación
- Filtros de aceite.
- Purificadoras de aceite SJ 4000.

Este sistema es el encargado de lubricar todas las partes móviles del motor de combustión interna, la presión de circulación está en los $6\text{kgf}/\text{cm}^2$, a una temperatura de 80°C , se utiliza un aceite mono grado con características para, lubricar, ser detergente, y como enfriador del motor. Este circuito tiene dos etapas en su funcionamiento, la primera etapa es un pre lubricación en el motor de combustión interna para que este cumpla las funciones de la bomba principal que funciona una vez arrancada la máquina, compuesto por una bomba de engranajes activada por un motor eléctrico, funciona a una presión de $2\text{kgf}/\text{cm}^2$. Y esta se desconecta una vez que la unidad empezó a girar, cabe mencionar la bomba principal es accionada por el movimiento del motor de combustión interna y eleva la presión a $6\text{kgf}/\text{cm}^2$. Adicionalmente existe un circuito de lubricación que asiste al sistema de balancines del motor es un circuito aparte que funciona con una bomba accionada por un motor eléctrico, la presión es de $1,2\text{kgf}/\text{cm}^2$.

Para mencionar el sistema de lubricación tiene dos circuitos independientes, el sistema para lubricar los balancines y el otro la maquina en general. Ambos tienen respectivamente filtros que se realizan la purificación del mismo, pero en el circuito principal utilizan unos elementos que son los purificadores de aceite SJ 4000, cuya misión es limpiar todos los lodos que se generan en la lubricación de las partes móviles de la unidad.

3.5.2.1 ANALISIS DE MODOS DE FALLO Y EFECTOS EN EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN.

Tabla 52. Análisis de modos de fallas y efectos en el sistema de lubricación.

Realizado por: El autor.

Hoja de información RCM.		Sistema: Unidad de generación 1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.	Fecha: 10/02/2018	Hoja N° 1
		Subsistema: Sistema de lubricación.		Auditor:	Fecha:	De: 3
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	
1	Lubricar el sistema de balancines a una presión de 1,2 kgf/cm2.	1	Incapaz de llegar a la presión de lubricación de 1,2 kgf/cm2	1	Filtros obstruidos.	Alarma sonora detectada por el operador Scada, se da conocimiento al grupo de mantenimiento, no se para la unidad, se procede a limpiar los filtros tiempo de duración 20 minutos.
				2	Aire en el sistema.	En el proceso de arranque se puede determinar visualmente que el manometro de presión no marca registro, por lo cual el operador 1 procede a purgar el aire del sistema tiempo de duración: 10 minutos.
				3	Bomba de lubricación defectuosa	Mediante una inspección por parte de los operadores pueden visualizar que no tiene presión se comunica al personal de mantenimiento, tiempo de duración: 1 hora.
				4	Niveles bajos de aceite.	Se realiza la inspección visual y se determina que existe bajo nivel de aceite, se comunica al personal de mantenimiento y revisan las posibles fugas del sistema, Tiempo de duración: 30 minutos.

Tabla 52. Continúa.....

Hoja de información RCM.		Sistema: Unidad de generación 1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.	Fecha: 10/02/2018	Hoja N° 2
		Subsistema: Sistema de lubricación.		Auditor:	Fecha:	De: 3
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA
2	Pre lubricar las partes móviles de la unidad de generación a una presión de 2 kgf/cm2.	1	Incapaz de llegar a la presión de lubricación de 2 kgf/cm2	1	Bomba de pre lubricación defectuosa	En las pantallas del scada se verifica la baja presión y se comunica al personal de mantenimiento, tiempo de duración de inspección y reparación: 1hora.
				2	Acoples de unión defectuoso	En la revisión visual en el proceso de arranque se verifica que el estado de los acoples no es el adecuado por lo que la bomba no es accionada, se comunica al mecánico de generación, tiempo de duración: Tiempo de duración 2 horas.
				3	Motor eléctrico defectuoso	En la pantalla del sistema scada se verifica que la presión de lubricación no tiene valores, se realiza una inspección visual y se verifica el daño, se comunica al auxiliar de ingeniería eléctrico y procede al arreglo. Tiempo de duración: 2 horas.
				4	Filtros obstruidos.	En una inspección visual por parte del operador 1 se verifica la baja presión y verifica el color de la banderilla de los filtros que indica los filtros con suciedades, procede a realizar el cambio tiempo de duración: 10 minutos.

Tabla 52. Continúa.....

Hoja de información RCM.		Sistema: Unidad de generación 1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.		Fecha: 10/02/2018	Hoja N° 3
		Subsistema: Sistema de lubricación.		Auditor:		Fecha:	De: 3
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
3	Lubricar el sistema de las partes móviles de la unidad de generación a una presión de 6 kgf/cm ² .	1	Incapaz de llegar a la presión de lubricación de 6 kgf/cm ² .	1	Bomba de lubricación defectuosa	En inspecciones visuales el operador puede verificar que la presión no es la óptima por lo que se para la unidad de generación. El grupo de mantenimiento revisa el elemento. Tiempo de duración: 24 Horas.	
				2	Filtros obstruidos.	En la sala de control del SCADA, una alarma sonora indica que la presión es baja e indica que los filtros estan sucios, se comunica al personal de mantenimiento para el lavado de los mismos, el tiempo de duración: 15 minutos.	
				3	SJ 4000 con suciedad.	Con una alarma sonora, se determina que la SJ 4000 esta con demasiada cantidad de lodos que se extrae al purificar el aceite de la unidad el operador realiza lavados con agua a presión tiempo de duración 15 minutos.	

Tabla 53. Hoja de decisión del sistema de lubricación.

Realizado por: El autor.

HOJA DE DECISIÓN RCM			Sistema: Unidad de generación1.					Facilitador: Ing. Marcelo Soto.					Fecha: 10/02/2018			Hoja N° 1
			Subsistema : Sistema de lubricación.					Auditor:					Fecha:			de 1
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
							O1	O2	O3							
1	1	1	S	N	N	N	S						Realizar la limpieza de los filtros en cada arranque de la unidad	Sin frecuencia	Mecánico de generación.	
1	1	2	S	N	N	N	S						Realizar el purgado cada arranque de la unidad	Sin frecuencia	Mecánico de generación.	
1	1	3	S	N	N	S	S						Cambiar la bomba cuando falle	Sin frecuencia	Mecánico de generación.	
1	1	4	S	N	S		N	N	N	S			Rediseño del depósito de aceite para evitar las fugas	Sin frecuencia	Mecánico de generación.	
2	1	1	S	N	N	N	S						Mantenimiento programado de la bomba.	1000 horas	Mecánico de generación.	
2	1	2	S	N	N	N	S						Revisión visual diaria del acople	Diariamente	Operador 1.	
2	1	3	S	N	N	N	S						Mantenimiento programado del motor eléctrico.	2000 horas	Auxiliar de Ingeniera 1.	
2	1	4	S	N	N	N	S						Revisión visual de los filtros	Cada 8 horas	Operador 1.	
3	1	1	S	N	N	S	S						Mantenimiento programado de la bomba.	2000 horas	Mecánico de generación.	
3	1	2	S	N	N	S	S						Realizar la limpieza de los filtros en cada arranque de la unidad.	Sin frecuencia	Mecánico de generación.	
3	1	3	S	N	S		S						Realizar lavados de la SJ 4000	4 horas	Operador 1.	

3.5.3 CONTEXTO OPERACIONAL DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN. -

El sistema de refrigeración está conformado por los siguientes subsistemas:

- Bombas de refrigeración.
- Torres de enfriamiento.
- Intercambiadores de calor.
- Válvulas de cierre
- Sistema de calderetas.

Conociendo la composición de los equipos que conforman el sistema de refrigeración procedemos a conocer la función del sistema en la unidad de generación, está encargado de mantener una temperatura de operación óptima para que la máquina (42 °C), a una presión de 3 kgf/cm^2

El agua que se toma de un reservorio de agua que es tratada en una planta de potabilización para que esta se encuentre en condiciones que no sean tan abrasivas para el deterioro de las partes de la unidad. Termina la función en las torres de enfriamiento colocados al final del proceso de circulación de agua debido a que allí se facilita el proceso de transferencia de calor del agua manteniendo en una temperatura óptima.

3.5.3.1 ANALISIS DE MODOS DE FALLO Y EFECTOS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN. –

Tabla 54. Hoja de información del sistema de refrigeración.

Realizado por: El autor.

Hoja de información RCM.		Sistema: Unidad de generación 1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.	Fecha: 10/02/2018	Hoja N° 1
		Subsistema: Sistema de refrigeración.		Auditor:	Fecha:	De: 1
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
1	Mantener la temperatura de la unidad a 42°C con una presión de 3kgf/cm2.	1	Incapaz de llegar a la presión de 3 kgf/cm2.	1	Bomba de circulación defectuosa	En la pantalla del sistema SCADA se presenta una alarma sonora, se para la unidad de generación por el cual se informa al personal de mantenimiento procede a realizar las revisiones del caso. El tiempo de duración es de 4 horas
				2	Tuberías taponadas	El operador 1 observa que la presión no alcanza el valor nominal, se para la unidad de generación se informa al grupo de mantenimiento y revisa. Tiempo de duración 10 horas.
				3	Fugas en el sistema de refrigeración	El operador 1 observa fugas en el sistema, se procede a parar la unidad de generación y se comunica al grupo de mantenimiento. Tiempo de duración: 4 horas.
				4	Motor eléctrico defectuoso	El auxiliar de ingeniería eléctrico realiza la revisión y verifica el incremento de corriente en fases del motor por lo cual procede a para la unidad. Tiempo de duración 10 horas.
				5	Válvulas reguladoras de presión defectuosas	El operador 1 en sus rutinas observa que la presión no llega a su valor nominal, procede a calibrar y las válvulas están deterioradas se procede a para la unida de generación. Se informa al grupo de mantenimiento y el tiempo de duración de 2 horas.

Tabla 54. Continúa.....

Hoja de información RCM.		Sistema: Unidad de generación 1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.		Fecha: 10/02/2018	Hoja N° 1
		Subsistema: Sistema de refrigeración.		Auditor:		Fecha:	De: 1
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
1	Mantener la temperatura de la unidad a 42°C con una presión de 3kgf/cm2.	2	Sobre pasa la temperatura de 42°C	1	Intercambiadores de calor sucios.	En la sala de control una alarma sonora indica el incremento de temperatura para lo cual el operador 1 regula unas llaves de paso de agua en el intercambiador, se informa a grupo de mantenimiento y verifica que el intercambiador esta obstruido. Para la unida de generación, se limpia el intercambiador. Tiempo de duración 60 horas.	
				2	Torres de enfriamientos defectuosas	El operador 1 verifica en sus inspecciones que la torre de enfriamiento se encuentra en mal estado y se comunica la personal de mantenimiento. Se para la unida de generación y el tiempo de duración es de 60 horas.	
				3	Tuberías taponadas	El personal de mantenimiento determina este tipo de problema, para la unida de generación y procede a la reparación, tiempo de duración 24 horas.	
				4	Niveles bajo de agua en la planta de agua	El operador 1 se percata de los niveles bajos de agua y procede a informar al operador de la planta de purificación que atienda el problema. Tiempo de duración: 2 horas.	

Tabla 55. Hoja de decisión del sistema de refrigeración.

Realizado por: El autor.

HOJA DE DECISIÓN RCM			Sistema: Unidad de generación1.					Facilitador: Ing. Marcelo Soto.			Fecha: 10/02/2018			Hoja N° 1		
			Subsistema: Sistema de refrigeración.					Auditor:			Fecha:			de 1		
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
							N1	N2	N3							
1	1	1	S	N	N	S	N	S					Reemplazar el elemento hasta que falle	Sin frecuencia	Mecánico de generación.	
1	1	2	S	N	N	S	N	S					Reemplazar el elemento hasta que falle	Sin frecuencia	Mecánico de generación.	
1	1	3	S	N	N	S	S						Mantenimiento preventivo de cañerías de refrigeración	2000 horas	Mecánico de generación.	
1	1	4	S	N	N	S	N	S					Reemplazar el elemento hasta que falle	Sin frecuencia	Auxiliar de ingeniería 1.	
1	1	5	S	N	N	N	S						Mantenimiento de la válvulas periódicamente	2000 horas	Mecánico de generación.	
1	2	1	S	N	N	S	N	S					Mantenimiento de los intercambiadores	2000 horas	Mecánico de generación.	
1	2	2	S	N	N	S	N	N	N	S			Rediseño de las torres de enfriamiento.s	Sin frecuencia	Mecánico de generación.	
1	2	3	S	N	N	S	N	S					Reemplazar el elemento hasta que falle.	Sin frecuencia	Mecánico de generación.	
1	2	4	S	N	N	N	S						Limpeza de la planta de tratamiento diaria	Diariamente	Operador de planta.	

3.5.4 CONTEXTO OPERACIONAL DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA. -



Figura 46. Sistema de alimentación.

Fuente: Central El Descanso.

El sistema de alimentación constituido por los siguientes elementos:

- Viscosímetros.
- Bombas de inyección de combustible.
- Inyectores de combustible
- Filtros de combustible.
- Bombas de circulación de combustible.

El sistema de alimentación está encargado de llevar el combustible del tanque limpio de almacenamiento a la unidad de generación, el mismo transporta una mezcla dosificada entre los combustibles diésel 2 y crudo residual, los porcentajes de mezcla está determinado en base experimental oscila en el 25% de diésel 2 y un 75% de crudo residual. Esto se realiza para que el crudo residual deje de ser muy pastoso y pase a un estado más líquido, claro con un aporte de temperatura que está en unos 80°C, llega a una viscosidad de 75 a 80 cst. Esta mezcla es dirigida por medio de bombas de engranajes al motor de

combustión interna que, mediante un sistema de cañerías, bombas de inyección llegan a los inyectores y distribuyen la mezcla en la etapa de compresión del motor y provocan el encendido o trabajo de la máquina.

Hay que tener en consideración que para el arranque de la máquina se utiliza el diésel 2 hasta que llegue a un régimen de 514 rpm y esta sincronizada la unidad con 2 MW. Partiendo de estos parámetros se realiza el cambio de combustible ya con la mezcla de diésel 2 y crudo residual para que realice el trabajo a una carga de 4,3 MW.

3.5.4.1 ANALISIS DE MODOS DE FALLO Y EFECTOS EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN. -

Tabla 56. Análisis de modos de fallas y efectos en el sistema de alimentación

Realizado por: El autor.

Hoja de información RCM.		Sistema: Unidad de generación 1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.		Fecha: 10/02/2018	Hoja N° 1
Función		Subsistema: Sistema de combustible.		Auditor:		10/02/2018	3
Función		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA			
1	Suministrar la mezcla de combustible diésel-crudo residual al motor de combustión interna a una presión de 3 Kgf/cm2. a una temperatura de 80°C.	1	Incapaz de llegar a la presión de 3 Kgf/cm2.	1	Filtros de combustibles obstruidos	La presión del sistema de combustible no llega al nivel óptimo, dando una señal sonora en el centro de control el operador empieza a bajar la carga debido a que la presión no es la adecuada, de esta manera el operador realiza cambios de con llaves en el circuito de alimentación para que se recupere la presión, se notifica al personal de mantenimiento y ellos realizan la limpieza de los filtros, tiempo para realizar este trabajo 4 horas.	
				2	Fugas de combustibles en las cañerías de ingreso a las bombas de inyección	El operador se percata de fugas visibles en las cañerías de combustible por lo que se debe parar la unidad inmediatamente, se notifica al personal de mantenimiento, y se procede a realizar la reparación de las fuga. Tiempo necesario para realizar la reparación de 4 horas.	
				3	Presencia de aire en el sistema de combustible	Aparece una alarma sonora en la sala de control debido a la variación de la presión de combustible, lo que conlleva a una variación en la carga de la unidad, se procede a bajar carga y se comunica a mantenimiento y ellos operan válvulas de purga de aire para estabilizar la presión. Tiempo estimado para la regulación del vapor 20 minutos.	

Tabla 56. Continúa.....

Hoja de información RCM.		Sistema: Unidad de generación 1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.		Fecha: 10/02/2018	Hoja N° 2.
		Subsistema: Sistema de combustible.		Auditor:		10/02/2018	3
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
1	Suministrar la mezcla de combustible diésel-crudo residual al motor de combustión interna a una presión de 3 kgf/cm ² , a una temperatura de 80°C.	1	Incapaz de llegar a la presión de 3 Kgf/cm ² .	4	Bomba de combustible defectuosa	Se presenta una alarma sonora en la sala de control por la baja de presión de combustible procede a parar la unidad de generación se comunica al personal de mantenimiento para que revise la bomba de combustible por ruidos anormales. Tiempo de parada de la unidad para el recambio de la bomba de 8 horas.	
				5	Purificadores de combustible SJ 8000 obstruidas.	Se presenta una alarma sonora en el cuarto de las SJ 8000 (purificadores de combustible pesado), se procede a limpiar los filtros y realizar lavados con agua a presión en el sistema. Tiempo de trabajo 30 minutos.	
		2	No llega a la temperatura de 80°C	1	Fugas de vapor del sistema.	El operador visualiza que existe fugas de vapor, lo cual es reportado al personal de mantenimiento, los mismos que realizan la reparación del sistema. Tiempo para revisar 1 hora.	
				2	Presencia de condensados en el sistema de vapor	En la sala de control se presenta una alarma sonora que indica al operador, que el nivel de tanque de condensados a aumentado, por lo que los operadores realizan el purgado del sistema y evacuan el alto nivel del tanque, Tiempo necesario para el purgado de condensados 15 minutos.	

Tabla 56. Continúa.....

Hoja de información RCM.		Sistema: Unidad de generación 1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.		Fecha: 10/02/2018	Hoja N° 3.
		Subsistema: Sistema de combustible.		Auditor:		Fecha: 10/02/2018	De: 4.
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
1	Suministrar la mezcla de combustible diesel-crudo residual al motor de combustión interna a una presión de 3 Kgf/cm2., a una temperatura de 80°C.	2	No llega a la temperatura de 80°C	3	Fallo en el viscosímetro.	El operador visualiza en la pantalla del sistema de control una baja de temperatura de combustible por lo que la unidad empieza a realizar cambios de combustible de mezcla residual a diesel, se comunica a personal de mantenimiento y se realiza el el remplazo de la viscosímetro, tiempo de parada para cambiar es de 4 horas.	
		3	Sobre pasa la temperatura de 80°C.	1	Alta temperatura de combustible en los tanques diarios.	La unidad empieza a rechazar carga y emite contra explosiones, por lo que se realiza el cambio automatico de combustible de residuo a diesel 2, el operador verifica la temperatura en los tanque diarios y corrige purgando el sistema o cerrando el aporte de vapor al sistema, mediante llaves de control, tiempo estimado 15 minutos.	

Tabla 56. Continúa.....

Hoja de información RCM.		Sistema: Unidad de generación 1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.	Fecha: 10/02/2018	Hoja N° 4.
		Subsistema: Sistema de combustible.		Auditor:	Fecha: 10/02/2018	De: 4.
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA
2	Suministrar la cantidad de Diésel para el arranque de la unidad de generación a una presión de 2,5 kgf/cm2.	1	Incapaz de llegar a la presión de 2,5 kgf/cm2.	1	Bomba de combustible defectuosa	No puede cumplir el proceso de arranque de la máquina a detectar una baja presión de combustible en las pantallas de control, por lo que se avisa a personal de mantenimiento y estos cambian el elemento, tiempo estimado 1 hora.
				2	Fugas de combustible diesel en los filtros de purificación.	El operador de centrales observa las fugas, por lo que se comunica a personal de mantenimiento los hechos, se para la unidad y se procede al arreglo del mismo, tiempo esperado: 30 minutos.
				3	Filtros de combustible obstruidos	Se presenta una alarma sonora en la sala de control, por lo que se comunica a personal de mantenimiento lo sucedido y el tiempo esperado es de 20 minutos

Tabla 57. Hoja de decisión del sistema de alimentación.

Realizado por: El autor.

HOJA DE DECISIÓN RCM			Sistema: Unidad de generación1.					Facilitador: Ing. Marcelo Soto.				Fecha: 10/02/2018		Hoja N° 1		
			Subsistema : Sistema de combustible					Auditor:				Fecha: 10/02/2018		de 1		
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3								O1	O2	O3	H4	H5	S4
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3							
1	1	1	S	N	N	N	S						limpieza diaria de los filtros de combustible	Diario	Operador de centrales 1	
1	1	2	S	N	N	S	S						Inspección visual de las cañerías y ajustes mas frecuentes	Semanalmente	Mecánico de Generación.	
1	1	3	S	N	N	S	S						Purgar el sistema en el arranque de la unidad	Sin frecuencia	Mecánico de Generación.	
1	1	4	S	N	N	N	S						Reemplazar el elemento cuando falle.	Sin frecuencia	Mecánico de Generación.	
1	1	5	S	N	S		S						Lavado de las SJ 8000. en funcionamiento.	8 horas	Operador de centrales 1	
1	2	1	S	S			S						Cambio de cañerías de cobre mensualmente	Mensualmente	Mecánico de Generación.	
1	2	2	S	N	N	S	S						Purgar el sistema de condensados con mayor frecuencia	Diariamente	Operador de centrales 1	
1	2	3	S	N	N	N	S						Reemplazar el viscosimetro cuando falle	Sin frecuencia	Mecánico de Generación.	
1	3	1	S	N	N	S	S						Revisión del sistema con mayor frecuencia	4 horas	Operador de centrales 1	
2	1	1	S	N	N	N	S						Reemplazar el elemento cuando falle.	Sin frecuencia	Mecánico de Generación.	
2	1	2	S	S			S						Revisión de las cañerías semanalmente.	Semanalmente	Mecánico de Generación.	
2	1	3	S	N	N	N	S						limpieza diaria de los filtros de combustible	Diario	Operador de centrales 1	

3.5.5 CONTEXTO OPERACIONAL DEL SISTEMA DE TURBO CARGADORES. -



Figura 47. Sistema de turbo cargadores.

Fuente: Central El Descanso.

En el sistema de turbo cargadores se encuentra conformado por los siguientes elementos los cuales son:

- Rueda compresora.
- Rueda impulsora.
- Bomba de lubricación de eje.
- Eje.
- Carcaza.
- Sensores de vibración.

Los turbos cargadores son los encargados de aumentar la cantidad comprimida de aire al cilindro del motor en un 20% más, con la finalidad que en la etapa de trabajo del motor la combinación con la mezcla de combustible se obtenga una combustión total de la provocando en si un mejor trabajo motriz. Aprovechando la salida de los gases mediante una rueda impulsora conectada por un eje central a una rueda compresora ejecutan la misión de aumentar la cantidad

de aire a presión a los cilindros de la máquina. Este sistema tiene una velocidad nominal de 14000 r.p.m. el eje es auto lubricado por una bomba de paletas que mantiene una película de aceite para que evite el rozamiento de eje con sus cojinetes, el aceite para este trabajo es hidráulico de viscosidad 68.

3.5.5.1 ANALISIS DE MODOS DE FALLO Y EFECTOS EN EL SISTEMA DE TURBO CARGADORES.

Tabla 58. Análisis de modos de fallas y efectos en el sistema de turbo cargador.

Realizado por: El autor

Hoja de información RCM		Sistema : Unidad de generación 1		Facilitador : Ing. Marcelo Soto.		Fecha : 10/02/2018	Hoja N° 1
		Subsistema : Turbo cargadores.		Auditor :		Fecha : 10/02/2018	De : 1
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
1	Aumentar el volumen de aire en la cámara de combustión con una presión de 1,2 bar a 18000 r.p.m.	1	Incapaz de aumentar el volumen de la cámara.	1	Alta vibración de los turbos	Se presenta una alarma sonora en la sala de control por lo que el operador baja la carga hasta mantener un nivel estable de vibración, se notifica la personal de mantenimiento. Se para la unidad y se procede a la verificación del estado de los ejes y descarbonización del los mismos. Tiempo necesario de descarbonización: 7 días laborables de 8 horas.	
				2	Alta temperatura en los enfriadores de aire	Se presenta una alarma sonora en la sala de control, por lo que se baja la carga y se para la unidad. Se comunica al grupo de mantenimiento para la revisión del mismo. Tiempo de revisión es de 48 horas.	
				3	Baja presión de aceite.	Se presenta una alarma sonora en la sala de control, por lo que se baja la carga y se para la unidad. Se comunica al grupo de mantenimiento para la revisión del mismo. Tiempo de revisión es de 3 horas.	

Tabla 59. Hoja de decisión del sistema de turbo cargador.

Realizado por: El autor.

HOJA DE DECISIÓN RCM			Sistema: Unidad de generación1.				Facilitador: Ing. Marcelo Soto.			Fecha: 10/02/2018			Hoja N° 1		
			Subsistema : Sistema de turbo cargadores.				Auditor:			Fecha:			de 1		
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3						
							O1	O2	O3	H4	H5	S4			
1	1	1	S	N	N	S	N	N	S				Sustitución ciclica, reemplazo de los ejes.	Anualmente.	Mecánico de generación
1	1	2	S	N	N	N	S						Limpieza de los intercambiadores	Semestralmente.	Mecánico de generación
1	1	3	S	N	N	S	S						Corrección de fugas	Mensualmente	Mecánico de generación

CAPITULO 4.

4. RESULTADOS. -

4.1 RESULTADOS DE LA AUDITORIA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA CENTRAL EL DESCANSO. -

El análisis realizado en capítulo 2 sobre la situación inicial de la gestión de mantenimiento nos permitió conocer el estado actual en la que se encuentra la central el Descanso. Con la ayuda del jefe departamental y el supervisor de la central se revisó la información de la metodología de la auditoría de mantenimiento. Analizaron cada parte del documento y vieron que existe mucha relación con las actividades del grupo de mantenimiento, además que se tiene información que manejan ellos y son recursos para el desarrollo de esta metodología.

El desarrollo de la auditoría se realizó de la siguiente manera:

1. Revisión de la información, explicación de la metodología y recopilación de datos.
2. A cada área de la metodología se le asignan un valor porcentual de acuerdo al criterio de grupo de realizó la auditoría estos valores son:
 - Organización, personal, relaciones dando valor del 10%.
 - Preparación y planificación del trabajo con un 20%.
 - Ingeniería, inspección y mantenimiento preventivo con un 20% de valor.
 - Compras y almacenes de materiales el valor de 10%.
 - Contratación de 10%.
 - Presupuestos de mantenimiento, control de costo un valor de 20%.
 - Eficiencia se dio el valor de 10%.
3. Calificamos los puntos anteriores con los datos que se tienen de la central y se llena la tabla con la valoración obtenida.
4. Presentan los datos obtenidos y se realizan las conclusiones del tema.

La siguiente tabla resumen de manera global los resultados obtenidos:

Tabla 60. Valoración cuantitativa de la central el Descanso.

Realizado por: Jefe departamental, supervisor de la central y el facilitador.

AREA	META %	% CALIFICACION MTO
2.2.1. Organización. Personal. Relaciones.	10	6.59
2.2.2. Preparación y Planificación del Trabajo	20	14.86
2.2.3. Ingeniería. Inspección y Mantenimiento Preventivo.	20	17
2.2.4. Compras y Almacenes de Materiales.	10	3.1
2.2.5. Contratación.	10	6.7
2.2.6. Presupuestos de Mantenimiento. Control de costos.	20	10.2
2.2.7. Eficiencia.	10	6.3
TOTAL	100	64.75

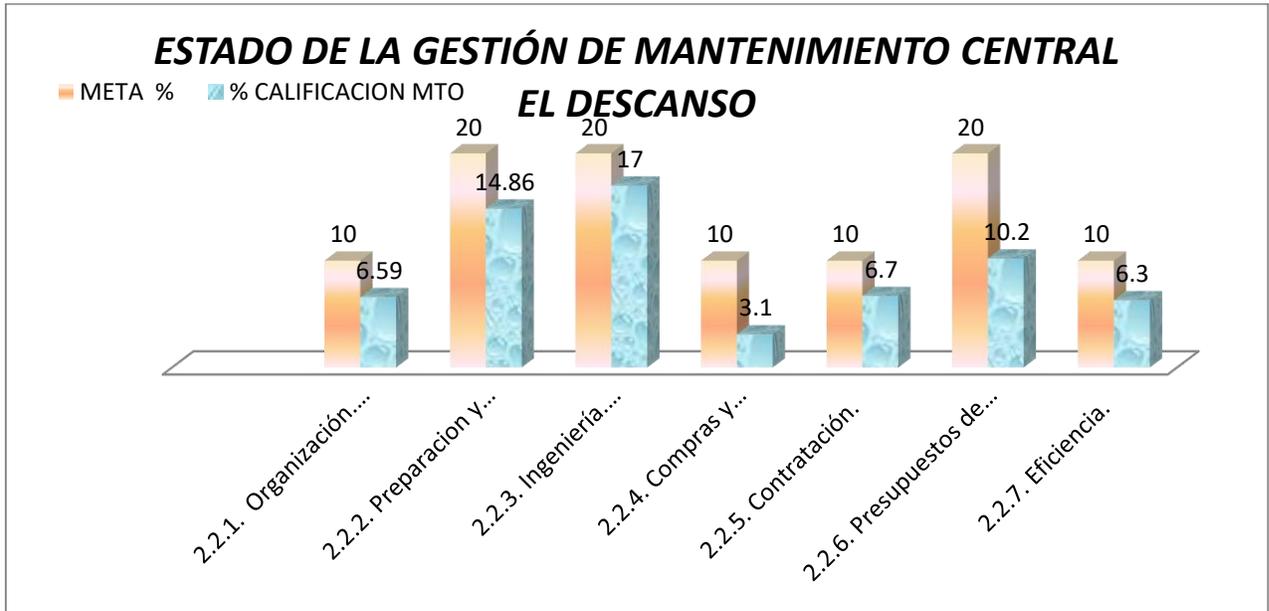


Figura 48. Estado de la gestión de mantenimiento central El Descanso.

Realizado por: Jefe departamental, supervisor de la central y el facilitador.

Los datos que se presentan en la tabla y la gráfica muestran los valores que se obtuvieron al realizar la auditoría de mantenimiento a al central el Descanso, el área de compras y almacenes obtuvieron el menor resultado y son los más críticos, la buena planificación y el cambio de políticas lograron superar estos niveles bajos que obstruyen a tener una buena gestión. En la siguiente figura está el detalle general de los datos de auditoría del Descanso.

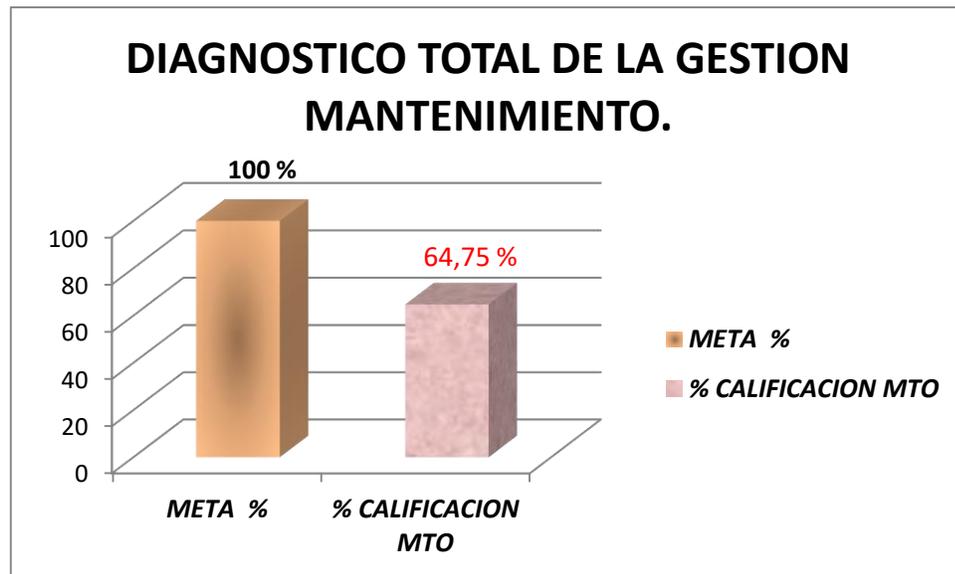


Figura 49. Diagnostico total de la gestión de mantenimiento.

Fuente: el autor.

4.2 Plan de mantenimiento para los activos críticos de la Unidad 1 de la central el Descanso. -

Una vez aplicado la metodología del RCM, en los activos críticos en la unidad de generación 1 de la central el Descanso, presentamos a continuación los cuadros del plan de mantenimiento para la unidad 1, pues se han incluido tareas que se modifican su periodo de realización, pues se disminuyeron los periodos y en otros casos recomendaciones que anteriormente no se tomaban en cuenta. Para este plan lo realizara todo el conjunto del personal que conforma la central el Descanso (Supervisor, auxiliares de ingeniería, mecánico de generación, auxiliar electromecánico, y los operadores de centrales 1 y 2), todo en conjunto con el departamento de control y generación.

Tabla 61. Plan de mantenimiento para los activos críticos de la unidad de generación 1.
Fuente: El autor.

Sistema: Unidad de generación1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.	Fecha: 10/02/2018	Hoja N° 1
		Auditor:	Fecha:	de 3
Componente:	Tarea de mantenimiento:	Frecuencia:	Departamento encargado	
Motor de combustión interna	Monitorear la temperatura, en caso de no existir diferencia de temperatura planificar una para de la unidad y realizar la limpieza del intercambiador.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Monitorear el micro motor, lubricarlo, en caso de no existir respuesta planificar la parada de la unidad.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Ningún mantenimiento preventivo.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Monitoreo diario de las vibraciones.	Diariamente	Departamento de control y generación	
	Purgado del sistema antes de arranque de la unidad.	Sin frecuencia	Operación de la Central El Descanso	
	Limpieza del distribuidor de aire.	Mensual	Mantenimiento Central El Descanso	
	Mantenimiento cíclico en las válvulas.	3000 horas	Mantenimiento Central El Descanso	
	Revisión del estado de las levas de las bombas de inyección.	5000horas.	Mantenimiento Central El Descanso	
	Mantenimiento ciclico de los inyectores.	5000horas.	Mantenimiento Central El Descanso	

Tabla 61. Continúa.....

Sistema: Unidad de generación1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.	Fecha: 10/02/2018	Hoja N° 2
		Auditor:	Fecha:	de 3
Componente:	Tarea de mantenimiento:	Frecuencia:	Departamento encargado	
Sistema de alimentación.	limpieza diaria de los filtros de combustible.	Diario	Operación de la Central El Descanso	
	Inspección visual de las cañerías y ajustes mas frecuentes.	Semanalmente	Mantenimiento Central El Descanso	
	Purgar el sistema en el arranque de la unidad.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Reemplazar el elemento cuando falle.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Lavado de las SJ 8000. en funcionamiento.	8 horas	Operación de la Central El Descanso	
	Cambio de cañerías de cobre mensualmente.	Mensualmente	Mantenimiento Central El Descanso	
	Purgar el sistema de condensados con mayor frecuencia.	Diariamente	Operación de la Central El Descanso	
	Reemplazar el viscosímetro cuando falle.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Revisión del sistema con mayor frecuencia.	4 horas	Operación de la Central El Descanso	
	Reemplazar el elemento cuando falle.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Revisión de las cañerías semanalmente.	Semanalmente	Mantenimiento Central El Descanso	
	limpieza diaria de los filtros de combustible.	Diario	Operación de la Central El Descanso	
	Sistema de turbocargadores	Sustitución ciclica, reemplazo de los ejes.	Anualmente.	Mantenimiento Central El Descanso
Limpieza de los intercambiadores.		Semestralmente.	Mantenimiento Central El Descanso	
Corrección de fugas.		Mensualmente	Mantenimiento Central El Descanso	

Tabla 61. Continúa.....

Sistema: Unidad de generación1.		Facilitador: Ing. Marcelo Soto.	Fecha: 10/02/2018	Hoja N° 3
		Auditor:	Fecha:	de 3
Componente:	Tarea de mantenimiento:	Frecuencia:	Departamento encargado	
Sistema de refrigeración	Reemplazar el elemento hasta que falle.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Reemplazar el elemento hasta que falle.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Mantenimiento preventivo de cañerías de refrigeración.	2000 horas	Mantenimiento Central El Descanso	
	Reemplazar el elemento hasta que falle.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Mantenimiento de la válvulas periódicamente.	2000 horas	Mantenimiento Central El Descanso	
	Mantenimiento de los intercambiadores.	2000 horas	Mantenimiento Central El Descanso	
	Rediseño de las torres de enfriamiento.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Reemplazar el elemento hasta que falle.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Limpieza de la planta de tratamiento diaria.	Diariamente	Operación de la Central El Descanso	
Sistema de lubricación.	Realizar la limpieza de los filtros en cada arranque de la unidad.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Realizar el purgado cada arranque de la unidad.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Cambiar la bomba cuando falle.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Rediseño del depósito de aceite para evitar las fugas.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
	Mantenimiento programado de la bomba.	1000 horas	Mantenimiento Central El Descanso	
	Revisión visual diaria del acople.	Diariamente	Operación de la Central El Descanso	
	Mantenimiento programado del motor eléctrico.	2000 horas	Mantenimiento Central El Descanso	
	Revisión visual de los filtros.	Cada 8 horas	Operación de la Central El Descanso	
	Mantenimiento programado de la bomba.	2000 horas	Mantenimiento Central El Descanso	
	Realizar la limpieza de los filtros en cada arranque de la unidad.	Sin frecuencia	Mantenimiento Central El Descanso	
Realizar lavados de la SJ 4000.	4 horas	Operación de la Central El Descanso		

CONCLUSIONES. -

- Verificando los resultados generales de la auditoría a la gestión de mantenimiento a la central térmica el Descanso, tenemos que en general alcanza el 64,75% de la meta a cumplir. Como mencionamos en el punto que trato este tema, la gestión por parte del departamento de compras y adquisiciones tienen una gran influencia debido a los procesos engorrosos que vienen por parte de sistema de compras públicas que provocan en si una pérdida de tiempo y calidad de los materiales, repuestos que se solicitan. Además de la manera de gestionar las ordenes de compras que por lo general la política interna de la empresa está provocando un retraso y caos a la gestión de mantenimiento no solo en la central El Descanso sino en todas las centrales que pertenecen a la empresa.
- Podemos mencionar en el presente estudio que dentro del análisis del sistema de gestión de mantenimiento actual de la central El Descanso, el sistema de mantenimiento asistido por computadora (SISMAC), no es explotado en su totalidad. Falta de nutrirle de más datos por parte de las otras áreas, falta un compromiso de la parte administrativa en el apoyo y tener una excelente herramienta que podrá ayudar en la implementación de una ISO de calidad.
- Con el grupo conformado entre las diferentes personas que trabajan en la central, con la ayuda del facilitador se determinó que la máquina de generación 1 es el elemento más crítico de la central, a la vez de este elemento se realizó un análisis de criticidad para determinar que sistemas son los que afecta directamente a que no tenga una buena disponibilidad. Estos son: el motor de combustión interna, sistema de turbo cargadores, sistema de alimentación, sistema de lubricación y el sistema de refrigeración, que en general provocan que la unidad no tenga una buena disponibilidad.
- Se realizó un análisis en los sistemas críticos, se determinaron sus funciones, sus modos de fallos y sus consecuencias utilizando una matriz de criticidad y con los datos obtenidos por el sistema de mantenimiento asistido por computadora (SISMAC), proporcionado por parte de la central. Se pudo llenar la hoja de información del RCM, para proceder en el desarrollo a proponer las tareas más adecuadas para evitar que los elementos críticos fallen.
- Basado ya en el diagrama de decisión que propone la metodología de RCM, se menciona las tareas más adecuadas para disminuir las fallas que provocan los activos críticos en la disponibilidad de la unidad de generación 1. Son tareas propuestas que cambian los

cronogramas de mantenimiento que se vienen llevando en la actualidad en El Descanso. En la mayoría de tareas se proponen acortar los tiempos son el resultado del análisis con el equipo y se espera logra con ello tener una mayor disponibilidad y confiabilidad de la unidad de generación 1.

RECOMENDACIONES.

- Como una recomendación para incrementar los porcentajes de la gestión de mantenimiento se debe reestructurar el departamento de adquisiciones y compras, pues la tramitología en realizar un proceso de adquisición de un material o repuesto es muy extenso y muy problemático. Cabe mencionar que como se está sujeto a las leyes públicas como el SERCOP y la vigilancia de la Contraloría General del Estado obliga a buscar alternativas para ser más eficientes y dar paso a unas compras oportunas con materiales o repuestas de excelente calidad con la finalidad de aumentar la confiabilidad de los activos de la empresa.
- Se debe involucrar a todas las áreas de la empresa en el sistema de mantenimiento asistido por computadora SISMAC, para que en conjunto los indicadores que tiene el programa sean más representativos para un análisis de fallos, críticos, bajas de disponibilidad ya sea en la central El Descanso como en las otras centrales de la empresa. Como podemos apreciar el sistema que se tiene no está explotado en su totalidad y no cumple con las funciones que la empresa contrato este servicio. Razón por la cual se debe considerar proponer a la administración que se involucre más y ello les sirva para el bien en común de toda la empresa.
- Determinado las tareas propuestas para la unidad de generación 1, sean el modelo para realizar el estudio para las diferentes unidades de generación que tiene la central. Además, con ello nos ayudaran a disminuir los fallos que se puedan encontrar en otros sistemas y mejorar la disponibilidad de toda la central.
- La metodología del RCM, debería ser expuesta a todo el personal de mantenimiento para ellos se capaciten y puedan aportar para estos temas. Todo esto se realizaría con la finalidad de aportar con criterios de todos ellos para encontrar mejoras tareas de remediación.

BIBLIOGRAFIA.

- Moubray John, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM II), Edición Aladón en español 2004. Consulta el 20 de septiembre de 2015.
- Sexto Cabrera L. F. (2007), La confiabilidad integral del activo, Ingeniería Mecánica 1 (2008) 49 – 56. Consulta el 20 de septiembre de 2015.
- Nowlan Stanley y Heap Howard, Reliability-Centered Maintenance, San Francisco U.S, Department of commerce, 1978. Consulta el 19 de septiembre de 2015.
- Hung, Alberto J. alberto.hung@laedc.com.ve (2013), Mantenimiento Centrado en Confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC, Revista de Ingeniería Energética. Vol. 30 Issue 2. Consulta el 18 de septiembre de 2015.
- Cajas C. Y Janeta A. 2009. Planificación de mantenimiento basado en el método de confiabilidad RCM para motores estacionarios de la planta Termopichincha s.a. Central Guangopolo. Tesis de Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Elecaastro. S.A. (2016), sistema de inventarios.
- C&V Ingeniería Cia.Ltda. (versión 2013), Manual del usuario del SISMAC.
- SAE JA1011. (agosto de 1999). Norma SAE JA1011.
- Operación Scada Central El Descanso (2015 – 2016).
- ELECAUSTRO S. A. (2017). <http://www.elecaastro.gob.ec>.