

MODELO PARA EL CUIDADO BASICO Y RONDAS ESTRUCTURADAS DEL
EQUIPO ELECTRICO TIPICO EN LAS AREAS DE PROCESO DE LA GERENCIA
REFINERIA BARRANACABERMEJA ECOPEPETROL S.A.

RODOLFO ZULUAGA MOLINA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2011

MODELO PARA EL CUIDADO BASICO Y RONDAS ESTRUCTURADAS DEL
EQUIPO ELECTRICO TIPICO EN LAS AREAS DE PROCESO DE LA GERENCIA
REFINERIA BARRANACABERMEJA ECOPETROL S.A.

RODOLFO ZULUAGA MOLINA

Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director:

Ing. Sergio Fernando Amaya Rojas.
Especialista en Gerencia d Mantenimiento

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2011

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a:

A Dios, por enseñarme el camino de la honestidad, responsabilidad y compromiso para el ejercicio de la gran profesión: Ingeniera Eléctrica.

A mis padres por brindar su mejor ejemplo, haciendo un gran sacrificio por apoyarme en todos los objetivos que me he trazado y poder obtener este nuevo logro en mi vida.

A mi hermano, porque siempre juntos hemos emprendimos varias etapas de nuestras vidas y compartido experiencias donde el apoyo ha sido incondicional como en esta oportunidad para cada uno en su enfoque profesional obtener su título como especialista.

A la Coordinación de Confiabilidad de Equipo Eléctrico de la Refinería de ECOPETROL Barrancabermeja por permitir desarrollarme profesionalmente, apoyándome con los permisos algunos viernes en la tarde para poder asistir a las clases, y algunos compañeros y amigos por colaborar con cambios en los llamados de turno que se cruzaban con las clases.

A Sergio Fernando Amaya Rojas, compañero y amigo, quien como director del proyecto y apoyado en su gran experiencia me enfocó la mejor forma de desarrollarlo y obtener los resultados esperados.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. ASPECTOS GENERALES	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2. OBJETIVOS	19
1.2.1. Objetivos Generales	19
1.2.2. Objetivos Específicos	19
2. JUSTIFICACION DEL PLAN PROPUESTO	20
3. GERENCIAMIENTO DE ACTIVOS	21
4. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO	25
4.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	25
4.2. MANTENIMIENTO PREDICTIVO	26
4.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	26
4.4. RCM	26
4.5. TPM	32
5. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO ELECTRICO ADOPTADAS EN LA GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA - GRB	37
6. ORGANIGRAMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO ELECTRICO EN LA GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA – GRB	44
6.1. OPERADOR MANTENEDOR DE EQUIPO ELECTRICO EN LA GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA – GRB	44
6.1.1. Cuidado Básico de Equipo Eléctrico - BEC	45

6.1.2. Ronda Estructurada de Equipo Eléctrico	45
7. INDICADORES DE CONFIABILIDAD Y TENDENCIA	46
8. TAREAS RUTINARIAS REQUERIDAS EN EQUIPO ELECTRICO SEGÚN FABRICANTES	51
8.1. TRANSFORMADORES DE POTENCIA	51
8.1.1. Tareas para Operador Mantenedor	52
8.2. MOTORES ELECTRICOS	53
8.2.1. Tareas para Operador Mantenedor	54
8.3. CASILLAS ELECTRICAS DE BAJA TENSION	54
8.3.1 Tareas para Operador Mantenedor	55
8.4. EQUIPOS DE RESPALDO ELECTRICO	55
8.4.1. Tareas para Operador Mantenedor	55
9. ORGANIGRAMA DE MANTENIMIENTO ELECTRICO EN LA GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA INCORPORANDO AL OPERADOR MANTENEDOR	57
10. PLAN DE ENTRENAMIENTO	56
11. APORTE VISIBLE EN LA GESTION DE ACTIVOS ELECTRICOS DE LOS OPERADORES MANTENEDORES	58
12. CONCLUSIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	64

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estrategia de Mantenimiento a Motores Eléctricos en la GRB	37
Tabla 2. Estrategia de Mantenimiento a SWG de BT y CCM's en la GRB	38
Tabla 3. Estrategia de Mantenimiento a SWG de MT en la GRB	39
Tabla 4. Estrategia de Mantenimiento a Relés de Protección en la GRB	39
Tabla 5. Estrategia de Mantenimiento a Cables de Potencia en la GRB	40
Tabla 6. Estrategia de Mantenimiento a Transformadores de Potencia en GRB	40
Tabla 7. Estrategia de Mantenimiento a Transformadores de Servicios Generales en la GRB	40
Tabla 8. Estrategia de Mantenimiento a Interruptores de MT en la GRB	41
Tabla 9. Estrategia de Mantenimiento a Líneas Aéreas en la GRB	41
Tabla 10. Estrategia de Mantenimiento a Puesta a Tierra en la GRB	41
Tabla 11. Estrategia de Mantenimiento a Baterías de Sistemas DC en la GRB	42
Tabla 12. Estrategia de Mantenimiento a UPS en la GRB	42
Tabla 13. Estrategia de Mantenimiento a Generadores de Emergencia en GRB	42

Tabla 14. Estrategia de Mantenimiento a Switch de Transferencia Automática en la GRB	43
Tabla 15. Estrategia de Mantenimiento a Actuadores Electricos de válvulas (MOV's) en la GRB	43
Tabla 16. Porcentaje de Confiabilidad en Transformadores de Potencia	47
Tabla 17. Porcentaje de Confiabilidad en Tableros de MT y BT	47
Tabla 18. Porcentaje de Confiabilidad en Equipos de Respaldo	48
Tabla 19. Tasa de falla de Casillas Eléctricas	49
Tabla 20. Tasa de falla de Motores Eléctricos	50

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama actual de Mantenimiento Eléctrico en la Gerencia Refinería Barrancabermeja – GRB	44
Figura 2. Porcentaje de Confiabilidad en Transformadores de Potencia	47
Figura 3. Porcentaje de Confiabilidad en Tableros de MT y BT	47
Figura 4. Porcentaje de Confiabilidad en Equipos de Respaldo	48
Figura 5. Tasa de falla de Casillas Eléctricas	49
Figura 6. Tasa de falla de Motores Eléctricos	50
Figura 7. Organigrama de Mantenimiento Eléctrico en la Gerencia Refinería Barrancabermeja – GRB incorporando al Operador-Mantenedor	57

GLOSARIO

ADMINISTRACIÓN: conjunto de personas encargadas de la planeación estratégica y corporativa, direccionamiento y control de una empresa.

CAMBIO: sustitución de una máquina o componente, que haya perdido confiabilidad, por otra igual pero en buenas condiciones operativas.

COMPONENTE: unidad perteneciente a un conjunto o sistema.

CONFIABILIDAD: Probabilidad que un equipo realice su función por un tiempo determinado sin presencia de fallas.

DETERIORO: Alteración de las condiciones de referencia de un equipo o componente lo cual genera que su función normal no sea satisfactoria.

DIAGNÓSTICO: deducción de la naturaleza de una falla basada en los síntomas detectados.

DISPONIBILIDAD: Probabilidad en que un equipo pueda ejercer su función cuando sea requerido.

ELEMENTO O PIEZA: partes constituyentes de un componente.

EQUIPO: unidad compleja de orden superior integrada por conjuntos, componentes y piezas, agrupadas para formar un sistema funcional.

EQUIPO DE STAND BY: sistema operacional paralelo, que siempre está listo para ser utilizado y permanece en espera de que se produzca algún deterioro de otro en su funcionamiento.

ENTRENAMIENTO: acción de ejercitar y preparar a un individuo para la realización de una función específica o actividad. El entrenamiento es utilizado cuando una persona tiene la habilidad básica pero no conoce el cómo realizarlo o no tiene la agilidad suficiente.

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO: acciones con las que una empresa sigue una determinada política para su mantenibilidad.

ÍNDICE DE GESTIÓN: indicador que de acuerdo a una gestión determinada refleja los resultados para ser evaluados y poder reflexionar sobre las metas propuestas.

INSPECCIÓN: reconocimiento sistemático efectuado a un ítem, verificando su estado real a comparación con el exigido.

INSTALACIÓN: sistema integrado de máquinas y equipos que forman una unidad funcional de producción o servicio.

LUBRICACIÓN: aplicación de un fluido lubricante para la reducción del contacto entre superficies de un equipo.

MANTENIBILIDAD: Probabilidad que un equipo luego de una intervención y ejecución de actividades pueda ser llevado a un nivel de referencia.

MANTENIMIENTO: conjunto de actividades técnicas cuya finalidad es conservar o restituir un equipo a las condiciones que le permitan realizar su función.

MANTENIMIENTO ELÉCTRICO: conjunto de actividades de tipos eléctrico que se realizan en intervalos predeterminados de tiempo, número de operaciones, entre otros.

MANTENIMIENTO MECÁNICO: conjunto de actividades de mantenimiento autónomo que se relacionan directamente con inspecciones programadas, limpieza y ajuste de elementos mecánicos.

MANUAL DE MANTENIMIENTO: recopilación de la información, datos y recomendaciones necesarias para el correcto mantenimiento de un ítem.

MODIFICACIÓN: cambio parcial del diseño de un equipo para adaptarse al sistema productivo.

REPARACIÓN: son los trabajos efectuados para corregir los daños que haya tenido un equipo, o defectos de fabricación que registre el mismo o una de sus partes.

RUTINAS: son los trabajos de preservación y mantenimiento que es necesario realizar periódicamente para obtener buena apariencia, ración y funcionamiento.

TIEMPO DE VIDA ÚTIL: es el tiempo estimado que cubre desde que se instala el equipo hasta que es retirado de la empresa generalmente por motivo de daños u obsolescencia.

RESUMEN

TITULO: *MODELO PARA EL CUIDADO BASICO Y RONDAS ESTRUCTURADAS DEL EQUIPO ELECTRICO TIPICO EN LAS AREAS DE PROCESO DE LA GERENCIA REFINERIA BARRANACABERMEJA ECOPETROL S.A.*¹.

AUTORES: RODOLFO ZULUAGA MOLINA**

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO PROACTIVO, ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO, TPM, OPERADOR-MANTENEDOR, EQUIPO ELECTRICO.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

Esta monografía se enfoca en el desarrollo del mantenimiento proactivo, para que continuamente sea actualizado y fortalecido con los nuevos métodos de la industria en lo que a mantenimiento se refiere; surge la necesidad de estructurar integralmente la ejecución de las estrategias de mantenimiento establecidas para equipo eléctrico donde se integra de forma efectiva al operador de las plantas para que realice labores de cuidado básico y ronda estructurada en equipos eléctricos de acuerdo a su baja competencia.

La aplicación de esta monografía establece la ejecución de rutinas proactivas por parte de operaciones que tendrán un resultado muy importante como complemento en la mantenibilidad al aportar en la identificación oportuna de condiciones que puedan llevar a que un equipo eléctrico falle, este recurso es muy valioso al no generar costos adicionales de ningún concepto e imponer responsabilidad a quien opera y por ende conoce el equipo y convive mayor tiempo con él siempre que ejerce su función.

En la actualidad en la Gerencia Refinería Barrancabermeja este esquema propuesto para el equipo eléctrico se encuentra muy avanzado en lo que tiene que ver con equipo rotativo, es decir turbinas y bombas, por lo que es un campo en el que la confiabilidad es y ha sido difícil de conservar, de todas formas estos conceptos de TPM donde el operador-mantenedor aporta en la ejecución y adquiere conocimientos en pro de mantener la funcionalidad de los equipos ha sido muy importante para los equipos rotativos y se espera que sea igual de aportante para las demás especialidades donde también pueden presentarse eventos con consecuencias operacionales de gran impacto.

¹ Monografía.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Ing. Sergio Fernando Amaya Rojas, Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

SUMMARY

TITLE: *MODEL FOR THE BASIC CARE AND STRUCTURED ROUNDS OF TYPICAL ELECTRICAL EQUIPMENT IN THE AREAS OF PROCESS OF THE GERENCIA REFINERIA BARRANACABERMEJA ECOPETROL S.A.*².

AUTHORS: RODOLFO ZULUAGA MOLINA

KEYWORDS: PROACTIVE MAINTENANCE, MAINTENANCE STRATEGY, TPM, OPERATOR-MAINTAINER, ELECTRICAL EQUIPMENT.

SUBJECT OR DESCRIPTION:

This monograph focuses in the development of proactive maintenance in order to be continuously updated and strengthened with the new methods of the industry as far as maintenance is concerned. The need arises of structuring integrally the implementation of maintenance's strategies that are established for the electrical equipment which effectively integrates the plant's operators to do tasks of basic care and structured rounds in electrical equipment according to their low competence.

The application of this monograph provides the implementation of proactive routines from the operators which will have a very important result as a supplement in maintainability by providing early identification of conditions that can lead to electrical equipment fails. This resource is very valuable by not generating additional costs of any concept and imposing liability to whom operates and therefore knows the equipment and lives a longer time with it as long as it performs its role.

Today in the Barrancabermeja Refinery this proposed scheme for the electrical equipment is very advanced in what it has to do with rotary equipment that is to say, turbines and pumps, so it is a field where reliability is and has been difficult to keep. Anyway these concepts of TPM where the operator-maintainer provides in the implementation and acquires knowledge in favor of keeping equipment functionality have been very important for the rotary equipment and are expected to be just as contributors for the other specialties where events may also occur with high-impact operational implications.

² Monograph

** School of physic mechanical Engineering, Maintenance Management Specialization.
Director: Ing. Sergio Fernando Amaya Rojas, Specialist in Maintenance Management

INTRODUCCIÓN

En el sector industrial se generan, modifican e implementan múltiples esquemas de mantenimiento en las empresas según el sector, tipos de activos, tecnologías y hasta análisis económicos y utilidades, donde la calidad y cobertura son factores de mucha importancia que deben ser muy tenidos en cuenta en el momento de establecer estrategias de mantenimiento, equipos críticos y recursos para que los trabajos no sean repetitivos, se realicen una sola vez y satisfactoriamente, y todos los equipos estén dentro del esquema establecido y de esta manera conocer el estado real de todos los activos eléctricos e implementar planes según se requiera.

El sector petrolero es un sector muy importante en el desarrollo actual a nivel mundial ya que es un recurso constantemente primordial y por tal motivo la definición de las estrategias de mantenimiento deben realizarse con la mayor responsabilidad que este merece; los procesos para ser efectivos deben operar el tiempo estimado con unos costos bajos, esto lleva a que la implementación del TPM y la adaptación del esquema operador-mantenedor agregue valor en la costo-efectividad en la ejecución del mantenimiento.

Es de gran importancia que el operador se sienta parte activa del proceso de mantenimiento en el equipo eléctrico y de esta forma sirva como elemento auto-motivador para adquirir conocimientos adicionales en este tipo de equipos y aportar en mantener o mejorar la confiabilidad de las unidades de proceso, es muy valioso cuando el operador cuestiona, sugiere o recomienda en lo que a equipo eléctrico se refiere, así como actualmente lo hace en el equipo rotativo donde los resultados han sido muy positivos durante los últimos años.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El equipo eléctrico presente en las plantas de proceso normalmente se clasifica en Equipo Mayor el cual en caso de falla restringe directamente parcial o total la producción en dicha planta. Estos están relacionados con el suministro energético de una población de equipos, con el manejo de la carga del producto de mayor valor en el proceso específico o equipos pertenecientes a manejos ambientales y de allí la importancia de su estado confiable.

Otros equipos tan solo forman parte del proceso y se tienen facilidades operacionales los cuales hacen que se excluyan de la clasificación de equipos críticos, estos serian equipo menor.

En la Refinería de Barrancabermeja existe el cuidado básico de equipos y rondas estructuradas de los operadores en gran parte enfocado al equipo rotativo como son las bombas y las turbinas, los cuales han tenido mayor afectación durante los últimos años, de igual manera se ha mejorando mucho en los resultados de confiabilidad de estos activos pero descuidando el análisis operacional los otros tipos de equipos donde existe menor la ocurrencia de fallas pero no son menos importante al punto de no tener establecidas tareas preventivas en los equipos eléctricos de los departamentos operativos.

En el Departamento de Mantenimiento se tienen planteadas unas rutinas preventivas y predictivas a los equipos donde se han definido frecuencias con la participación unilateral de todos los involucrados como Mantenimiento, Confiabilidad, Planeación y Proyectos, pero de igual manera se afectan los equipos perjudicando la confiabilidad y disponibilidad en los procesos e incrementando la mantenibilidad por intervenciones correctivas y disminuyendo la costo efectividad de las empresas.

La efectividad en implementación del mantenimiento en la industria consiste en la continua optimización de los recursos y procesos, esto es algo que ha dado sus frutos pero ha hecho falta involucrar más al operador en la parte eléctrica, lograr que conozca sus equipos eléctricos, se familiarice con sus ventanas operativas y aporte como mantenedor con frecuencias más reducidas y de cero costo, actuando como complemento para los demás departamentos como Mantenimiento y Confiabilidad.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivos Generales:

- Aumentar la Confiabilidad de los Equipos Eléctricos presentes en Los Departamentos Operativos de la Gerencia Refinería Barrancabermeja ECOPETROL S.A involucrando al personal Operativo.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Identificar los Equipos Eléctricos Críticos Típicos para una Planta de Proceso en la Gerencia Refinería Barrancabermeja.
- Transferir el conocimiento referente a la importancia, operación, confiabilidad, mantenimiento e integridad de los Equipos Eléctricos y fomentar de esta manera el sentido de pertenencia de estos activos en el personal de operaciones/producción.
- Incorporar modelos en Equipo Eléctrico donde se implemente el enfoque operador-mantenedor.
- Aumentar la Disponibilidad de los equipos eléctricos críticos para los Departamentos Operativos.
- Disminuir las intervenciones correctivas en los equipos eléctricos con la detección oportuna preventiva de fallas potenciales ejerciendo control sobre las variables que se salen de las llamadas guías y ventanas de operación.
- Reducir los costos de mantenimiento fortaleciendo el mantenimiento proactivo e incorporando al operador como pieza clave del proceso y nueva fuente de información.
- Establecer un modelo de implementación del TPM para la industria petroquímica en la gestión de los activos eléctricos.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO:

La tendencia de las metodologías de mantenimiento tienen como objetivo la reducción de costos que se representan en reparaciones de daños catastróficos, reposiciones de equipos y pérdida de producción, lo cual resulta importante tener estrategias que disipen estas situaciones y se reflejen en la costo efectividad de las empresas.

Por tal motivo este trabajo corresponde a un énfasis estratégico ya que se basa en la implementación de un nuevo modelo para el área eléctrica donde sus resultados tienen un enfoque netamente económico, mejorando la efectividad de las intervenciones de mantenimiento y reduciendo los daños cuyas pérdidas perjudiquen de manera importante a la empresa.

3. GERENCIAMIENTO DE ACTIVOS

La Gestión de los activos a evolucionado considerablemente a través del tiempo, esta evolución no ha sido fácil, no solo por que se han dedicado grandes esfuerzos para su desarrollo, sino que adicionalmente, han debido generar grandes cambios en la cultura organizacional de las empresas para superar la visión tradicional que considera el mantenimiento como un gasto y limitada a la operación y los equipos, por una nueva mirada en la que el mantenimiento se transforma en una unidad de resultado que aporta al negocio.

En sus inicios el mantenimiento se limitó a una respuesta reactiva a las fallas, en una siguiente etapa la característica fue desarrollar un mantenimiento preventivo rutinario o cíclico, hasta maneras más evolucionadas como el predictivo donde el enfoque es el monitoreo.

Más recientemente surge el mantenimiento mejorativo donde se incorpora y aplica el mantenimiento centrado en la confiabilidad, análisis del ciclo de vida y mejoramiento continuo desarrollando modelos y metodologías que optimizan las instalaciones y equipos para asegurar una operación costo-efectiva bajo perspectivas a largo plazo.

En esta nueva forma de mantenimiento donde se privilegia el uso de los recursos optimizando la ejecución de las intervenciones, la gestión de activos asume un rol relevante, por lo tanto el gran desafío es evolucionar de un estado en el que el mantenimiento correctivo es una práctica usual y naturalmente aceptada por la organización, por uno nuevo en el que la prevención en sus formas más evolucionadas por la condición, predictivas y mejorativas sean los ejes de las acciones posteriores.

Es este desafío donde la Gestión de Activos asume un rol fundamental en la concepción y desarrollo de un nuevo proyecto, como también durante la operación, ya que se enfoca el mejoramiento continuo del mantenimiento a través de la incorporación y difusión del conocimiento y análisis que favorece los resultados en beneficio del negocio.

Adicionalmente como se ejecutan labores y estrategias de mantenimiento que tienen una mejora constante y que representa gran importancia para la organización, este se debe medir como pieza clave de la gestión de activos y la toma de decisiones, y así replantear y analizar los resultados valorando la efectividad e identificando desviaciones que permitan obtener mejores resultados en el futuro, se definen indicadores claves en los que la gestión del mantenimiento tenga incidencia directa o indirectamente y se fijan metas cumplibles de acuerdo a la historia, estas serán año tras año más retadoras llevando a que se implementen nuevas estrategias o reestructuren las existentes para lograr los objetivos, que aunque en el indicador se ve como un número, pero en caso de cumplirlo se notarán los resultados de forma general brindando confiabilidad.

Las políticas de mantenimiento más adecuadas dependen de los equipos que componen las instalaciones y su criticidad entendida como la combinación de las frecuencias de las fallas y su impacto económico.

Dado que estas condiciones que varían con el tiempo, por las variaciones operacionales y en las instalaciones, es necesario actualizar las políticas de mantenimiento que minimicen los costos, adicionalmente la revisión periódica de los procedimientos en la ejecución del mantenimiento para involucrar nuevas tecnologías de uso más fácil, eficiente y de mejores resultados para el enfoque proactivo que se busca, y asegurar la existencia de todos los instructivos requeridos para todas las tareas realizadas por el departamento de mantenimiento, con sus consideraciones de seguridad, herramientas, repuestos y

elementos de protección personal requeridos, tiempos estimados de ejecución, personal y competencias necesarias.

La Gestión de activos integra las funciones de la empresa alimentando datos e información fundamentalmente asociados con la ejecución del mantenimiento, producción e ingeniería para transformarlo en conocimiento de uso práctico.

Características básicas en la Gestión de Activos:

- Relacionarse con el entorno en términos de identificar nuevas tecnologías, metodologías y normativas.
- Integración entre producción y mantenimiento, orientado al mejoramiento del desempeño de los activos e instalaciones en beneficio del negocio.
- Incorporación y aplicación en métodos de ingeniería para el mejoramiento del mantenimiento.
- Incorporación de oportunidades de mejora, considerando el comportamiento de los activos y las competencias profesionales disponibles en las unidades operativas.
- Planeación del mantenimiento.
- Definición de Mejores Prácticas y lecciones aprendidas.
- Estudios de Confiabilidad e Inspección de Equipos, análisis estadístico de desempeño.
- Gestión de los sistemas informáticos de apoyo.

Un Factor importante en la Gestión de activos es la definición de las frecuencias de reemplazo o intervención y establecer las políticas que apliquen a cada equipo.

En la gestión de activos debe haber un seguimiento sistemático al comportamiento y tendencias de los activos en términos de los indicadores de confiabilidad donde

se dejan compromisos a corto o largo plazo pero de alto impacto para el mejoramiento evidente de los resultados.

Las grandes organizaciones nombran un responsable en el Gerenciamiento de Activos el cual es la autoridad en términos de confiabilidad y expresa, audita, investiga, evalúa y promueve todo lo concerniente a ese tema en la empresa, este además realimenta a la parte operativa en la importancia que tiene realizar los análisis de causa raíz (RCA), cumplir con los preventivos definidos en los RCM y fortalecer el Cuidado básico y ronda estructurada en los equipos de sus unidades.

4. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO

Para una efectiva Gestión sobre los activos es importante adoptar estrategias de mantenimiento que permitan extender la vida de los equipos, mantener la confiabilidad y demandar menos costos, algunos de estos son los siguientes:

4.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo permite detectar fallas repetitivas, disminuir las paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costos de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación, etc.

Estas tareas son generalmente basadas en el tiempo y constituyen labores de reemplazo de componentes, cuidado básico e inspecciones, este se ocupa de determinar las condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de un equipo aumentando los tiempos en que puede generarse un mantenimiento correctivo.

Aunque el mantenimiento preventivo es considerado valioso para las organizaciones, existen una serie de fallas en la maquinaria o errores humanos a la hora de realizar estos procesos de mantenimiento, por esta razón las frecuencias cortas pueden ser inconvenientes.

Algunos de los métodos más habituales para determinar que procesos de mantenimiento preventivo deben llevarse a cabo son las recomendaciones de los fabricantes, la legislación vigente, las recomendaciones de expertos y las acciones llevadas a cabo sobre activos similares.

4.2. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo se basa en la determinación del estado de la máquina en operación. El concepto fundamenta que las máquinas darán un tipo de aviso antes que fallen y este mantenimiento trata de percibir los síntomas para después tomar acciones.

Se trata de realizar ensayos no destructivos, como pueden ser análisis de aceite, análisis de desgaste de partículas, medida de vibraciones, medición de temperaturas, termografías, etc.

El mantenimiento predictivo permite que se tomen decisiones antes de que ocurra la falla: cambiar o reparar la maquina en una parada programada cercana, detectar cambios anormales en las condiciones del equipo y subsanarlos, etc.

El mantenimiento predictivo es costoso por lo que requiere equipos y recursos adicionales y análisis de expertos en ocasiones, pero es necesario ya que este costo es despreciable al compararlo con un reemplazo de un equipo y los costos que genera su indisponibilidad.

4.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este mantenimiento es aquel que está orientado al diagnóstico y reparación del equipo cuando se presenta la falla, afecta la disponibilidad, genera paradas no programadas, presenta altos costos de reparación y es resultado generalmente de no tener una estrategia de mantenimiento clara.

4.4. RCM

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado que puede ser aplicado a cualquier

tipo de instalación industrial, esta estrategia es útil para el desarrollo y optimización de un plan eficiente de mantenimiento.

Fue desarrollada por la industria de la aviación en Estados Unidos donde se analiza cada uno de los sistemas y cómo puede perder la función. Los efectos de cada falla son analizados y clasificados de acuerdo al impacto en la seguridad, operación y costo, estas fallas son estimadas para tener un impacto cuantitativo significativo en la revisión posterior para la determinación de las raíces de las causas.

Es la función desempeñada por una máquina lo que interesa desde el punto de vista productivo, esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos sino en condiciones suficientes para realizar bien su función.

Implica también que se deben conocer con gran detalle las condiciones en que se realiza esta función y sobre todo las condiciones que la interrumpen o dificultan, éstas últimas son las fallas.

El proceso de análisis global del RCM se resume como sigue:

- Análisis de fallos funcionales. Define el funcionamiento del componente en un equipo, su falla funcional y sus consecuencias de falla.
- Selección de componentes críticos. Determina y analiza qué componentes o sistemas se caracterizan como funcionalmente primordiales.
- Decisión lógica del RCM. Incluye el análisis de los ítems funcionalmente primordiales para determinar la consecuencia de la falla.
- Análisis de inspección. La inspección determina qué datos son necesarios para el apoyo del análisis RCM.
- Resumen de las necesidades de mantenimiento. Determina la agrupación de las tareas requeridas de mantenimiento para ser implementadas.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM, como herramienta estructurada de análisis a partir de la información específica de los equipos y la experiencia de los usuarios, trata de determinar qué tareas de mantenimiento son las más efectivas y así mejorar la confiabilidad de los sistemas relacionados con la seguridad y disponibilidad, previniendo sus fallas y minimizando los costos de mantenimiento.

Para llevar a cabo el RCM y como parte fundamental para su implementación se debe establecer un plan definido y garantizar la existencia de los procedimientos requeridos.

Los requisitos de las tareas son el resultado del análisis del RCM que pueden tener intervalos variantes. Las tareas deben ser resumidas en grupos con el objetivo de lograr varias tareas en el equipo cuando se tiene un programa de mantenimiento, resumidas las tareas se consideran los niveles e intervalos de mantenimiento en las áreas de trabajo.

Todas las tareas se despliegan en función del tiempo para ver si hay agrupaciones naturales, el ajuste de las frecuencias de mantenimiento se realiza con el objetivo de agrupar tareas de mantenimiento, estas deben ser registradas para realizar comparaciones, rediseñar y determinar los procesos más convenientes del mantenimiento fijado.

Las siguientes consideraciones son requisitos para la realización de un programa de mantenimiento:

- Agrupar todas las necesidades para mantenimiento en un área específica sobre todo si se tiene pérdida de tiempo, sin embargo, si se carga excesivamente un área de trabajo con demasiado personal de mantenimiento es un procedimiento ineficaz, el personal debe ser distribuido uniformemente en áreas de trabajo diferentes.

- El resumen de tareas de un programa de mantenimiento afecta tales situaciones como las horas-hombre, la realización del mantenimiento, la disponibilidad del equipo y en algunos casos la estructura organizada del mantenimiento.

GRUPOS DE TRABAJO

El grupo de trabajo debe incluir una persona de la función de mantenimiento, una de operación o producción y un facilitador especialista en RCM quien tiene todo el conocimiento de la metodología, el grupo define y clasifica los objetivos y el alcance del análisis, requerimientos y políticas de criterio de aceptación con respecto a la seguridad y protección del medio ambiente.

El equipo debe ser multidisciplinario y altamente proactivo conformado por personas de los departamentos de mantenimiento, operaciones y especialistas. Estas personas deberán estar altamente familiarizadas con los temas que les competen.

FUNCIONES DEL GRUPO DE TRABAJO

Las funciones del grupo de trabajo están enmarcadas en realizar actividades de mejoramiento continuo en las operaciones de la empresa, estas pueden ser agrupadas en dos frentes de trabajo.

- Actividades reactivas: Análisis Causa Raíz (ACR), solución de problemas.
- Actividades proactivas: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) con el análisis funcional y análisis de criticidad de equipos.

TAREAS PRINCIPALES DEL RCM

Los principales elementos del análisis RCM se resumen en los doce pasos siguientes:

- Estudios y preparación.
- Definición y selección de sistemas.
- Análisis funcional de la falla.
- Selección de ítems críticos.
- Tratamiento de los ítems no críticos.
- Recopilación y análisis de los datos.
- Análisis de los modos de falla y sus efectos.
- Selección de las tareas de mantenimiento.
- Determinación de las frecuencias de mantenimiento.
- Análisis y comparación de las estrategias de mantenimiento.
- Implementación de recomendaciones.
- Seguimiento de resultados.

DEFINICION Y SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS

Después de la definición para la ejecución del análisis RCM en la planta se consideran dos preguntas:

- ¿Para cuál de los sistemas el análisis es beneficioso comparado con la planificación tradicional?

- ¿A qué nivel de instalación (planta, sistema, subsistemas, etc.) debe ser conducido la ejecución del RCM?

El criterio de la selección de las tareas de mantenimiento usadas en el RCM tiene dos requisitos:

- 1) Aplicabilidad.
- 2) Efectividad.

La aplicabilidad:

Un programa de mantenimiento es aplicable cuando este puede eliminar la falla o reducir la probabilidad de ocurrencia hasta un nivel aceptable reduciendo el impacto.

La efectividad:

Significa que el costo de las tareas definidas en el programa de mantenimiento es menor que los costos de las fallas.

El seguimiento y el análisis de los resultados que se van obteniendo en la planta con la implementación del nuevo programa de mantenimiento son tareas que resultan de gran importancia para la evaluación de su eficacia, este proceso requerirá por una parte la definición de los parámetros e índices de seguimiento (indicadores de gestión), la implementación de los pertinentes procesos de recolección de información básica necesaria, el establecimiento del adecuado procedimiento del desarrollo de esta implementación y la correspondiente asignación de recursos.

La necesidad de considerar nuevas técnicas de mantenimiento, añadir algún posible modo de falla o componente no analizado inicialmente o revisar las hipótesis de estudio, sus conclusiones entre otras, harán conveniente la

actualización global de estudio del RCM, cada cierto tiempo con el fin de minimizar la obsolescencia de las recomendaciones aportadas con el paso del tiempo.

4.5. TPM

Filosofía originaria de Japón que se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paradas, calidad y costos en los procesos de producción industrial.

Los sistemas productivos, que durante muchas décadas han concentrado sus esfuerzos en el aumento de su capacidad de producción, están evolucionando cada vez más hacia la mejora de su eficiencia, que lleva a los mismos a la producción necesaria en cada momento con el mínimo empleo de recursos, los cuales serán utilizados de forma eficiente, es decir, sin derrochar.

El primer paso firme fue la aparición del Just in Time (JIT), sistema que ha soportado abandonar el objetivo de maximizar la producción para pasar a reorganizar los sistemas productivos y reasignar sus recursos de forma que se consiga adaptar la producción de cada momento a las necesidades reales, y que ésta se logre en base a un conjunto de actividades consumidoras de recursos, las cuales se reducirán a las mínimas estrictamente necesarias.

A la producción ajustada sin consumo de recursos innecesarios se puede añadir la implementación de la producción de calidad sin defectos en el producto resultante.

La gestión TQM (Total Quality Management) conduce a la implementación de procesos productivos que generen productos sin defectos, y que lo hagan a la primera oportunidad en aras de mantener la óptima eficiencia del sistema productivo.

Los sistemas que en la actualidad consiguen optimizar conjuntamente la eficiencia productiva de los procesos y la calidad de los productos resultantes son considerados como altamente competitivos.

El TPM surgió como un sistema para el control de equipos en las plantas con un nivel de automatización importante.

En Japón, de donde es originario el TPM, antiguamente los operarios llevaban a cabo tareas de mantenimiento y producción simultáneamente; sin embargo, a medida que los equipos productivos se fueron haciendo progresivamente más complicados, se derivó hacia el sistema norteamericano de confiar el mantenimiento a los departamentos correspondientes. Sin embargo, la llegada de los sistemas cuyo objetivo básico es la eficiencia en aras de la competitividad ha posibilitado la aparición del TPM.

Donde existe una transición en el modo de pensar y hacer las cosas producto de una necesidad industrial costo-efectiva: “Yo opero, tu reparas”, da paso a “Yo soy responsable de mi equipo”.

En contra del enfoque tradicional del mantenimiento, en el que unas personas se encargan de “producir” y otras de “reparar” cuando hay averías, el TPM aboga por la implicación continua de toda la plantilla en el cuidado, limpieza y mantenimiento preventivos, logrando de esta forma que no se lleguen a producir averías, accidentes o defectos.

TPM en Colombia

El caso de la primera incursión que tuvo una empresa ensambladora de autos en Colombia de implementar un sistema de mejoramiento como lo es el de ‘Calidad Total’, es un ejemplo de gran importancia a tener en cuenta por cualquier

compañía que desee seguir este camino, ya que gracias a la experiencia vivida por esta compañía se puede obtener valiosa información y enseñanzas acerca de los problemas, dificultades y características especiales que se generaron durante la implantación del sistema de Calidad Total, de manera que se tengan en cuenta para la elaboración de estrategias y planes que permitan sobrepasar estos inconvenientes ya identificados.

Cómo implementarlo

- Trazo de objetivos claros por directivas de la organización.
- Creación de equipos encargados de planear como difundir y comunicar la metodología a la empresa.
- Nombramiento de personal encargado de capacitar a colaboradores y trabajadores llamados 'multiplicadores'.
- Generación de grupos interdisciplinarios.
- Cambios organizacionales para la mejora de relaciones.
- Empoderamiento a los trabajadores de toda la organización.

Por donde iniciar

- Lo más importante siempre es establecer el inicio de un programa de mejoramiento continuo desde la alta dirección y que sea esta quien plantee los objetivos y estrategias de implementación enfocados en todos los ámbitos de la organización pero en especial en el personal encargado de la producción, operarios y personal de mantenimiento.
- Estrategias como la utilización de lemas, eslogan y frases ubicadas en todos los sectores de la compañía relacionando el tema de mejoramiento,

cambio y acompañamiento mutuo acercan y concientizan al personal del cambio organizacional y cultural que se avecina.

Aspectos críticos de éxito o fracaso

- Generación del plan de mejoramiento, compromiso, seguimiento y retroalimentación constante por parte de las directivas.
- Clima laboral propicio.
- Problemas sindicales.
- Identificar a los trabajadores con intereses serios de mejora, desempeño y calidad de la empresa y de los que no tienen ningún interés por mejorar.
- Empoderamiento de los empleados con tareas importantes y competitivas que produzcan personas pensantes, capaces de generar conocimiento y cambios por sí mismos.

En Colombia se empieza a vivir el mejoramiento del ambiente competitivo, los cuales deben introducir formas innovadoras de pensamiento que rompan y reemplacen los moldes culturales establecidos, creencias, comportamientos y la percepción pobre, garantizando de esta manera el sostenimiento del crecimiento industrial.

El principal problema que existe para implementar el TPM en una planta en Colombia es el factor humano, ya que para esta estrategia es el factor que hace la diferencia para que sea un éxito o un fracaso. En la industria el cambio de paradigma es un tema que no todos los empleados pueden sobrellevar y más aún cuando sus funciones las han realizado por un periodo de tiempo muy prolongado, el personal de más experiencia puede ser favorable o desfavorable para los demás, este es el mayor reto a vencer, vender la idea de que el cambio traerá muchas mejoras y que es bueno para todos, creando ambientes de trabajo más productivos y seguros.

Para la introducción de un nuevo sistema es primordial contar con la colaboración de todas las personas con algún tipo de mando, como también si existe un sindicato, trabajar de la mano con él, este trabajo de implementación llegará hasta el punto en que las personas que asuman el proyecto lo determinen sin ser este recurso de mejoramiento algo impositivo o estricto en su ejecución, lo mejor es verlo como una excelente herramienta para mejorar infinidad de procesos ya que este sistema ha garantizado excelentes resultados en industrias que buscan la categoría de clase mundial.

El TPM en Colombia requiere que las personas sean más comunicativas, que sean más sociables, que encuentren en el compañero a alguien en el que puedan confiar, convertirse en líderes, apropiarse de sus funciones, el trabajar en equipo es clave en el buen manejo del TPM, este buen manejo crea una transformación organizacional que es percibida por los clientes y se ve reflejada en los procesos productivos.

5. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO ELECTRICO ADOPTADAS EN LA GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA – GRB

La experiencia adquirida en los departamentos de mantenimiento y confiabilidad de la Refinería de Barrancabermeja los ha llevado a adoptar prácticas estandarizadas de SHELL para la industria, llamadas Dep de Shell, realizar RCM implementado tareas preventivas y predictivas en los equipos eléctricos que con el análisis estadístico de desempeño y la optimización de la planeación (PMO) se han ajustado definiendo tareas que actualmente existen en cada tipo de equipo para garantizar el cumplimiento de la función, ausencia de fallas y extensión de la vida de operación de los activos.

Las estrategias actuales son las siguientes:

Motores Eléctricos

Tabla 1. Estrategia de Mantenimiento a Motores Eléctricos en la GRB

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	REFERENCIA
Ronda del operador	Turno	BEC
Monitoreo estado lubricación por aceite (semáforo)	6 meses	Talleres RCM GRB Práctica de monitoreo de lubricación Coordinación Equipo Rotativo GRB
Lubricación por aceite	Por condición	Talleres RCM GRB
Lubricación por grasa	6 meses	Optimización de los talleres RCM de la GRB (revista Machinery Lubrication- Richard Widman)
Monitoreo vibraciones	1 mes	DEP 63.10.08.11-GEN Shell Talleres RCM GRB
Monitoreo aislamiento eléctrico	3 meses	Talleres RCM GRB Análisis estadístico fallas de motores 2006-2007
Pruebas eléctricas (MT)	2-4 años (por oportunidad)	DEP 63.10.08.11-GEN Shell
Reemplazo de cojinetes	Por condición	Talleres RCM GRB
Inspección y mantenimiento eléctrico general	Por oportunidad (4 años aprox.)	Talleres RCM GRB
Re-aislamiento	Según lo determinado por las pruebas.	DEP 63.10.08.11-GEN Shell Talleres RCM GRB

Inspección excitación (motores sincrónicos)	Por oportunidad (>1 año)	DEP 63.10.08.11-GEN Shell
Inspección de escobillas	15 días	Talleres RCM GRB
Ronda del operador para escobillas	Turno	BEC
Cambio de escobillas	Por condición	Talleres RCM GRB
Inspección y limpieza de filtros de	6 meses	Talleres RCM GRB
Ronda del operador para filtros	15 días	BEC

Switchgear de BT y CCM's

Tabla 2. Estrategia de Mantenimiento a SWG de BT y CCM's en la GRB

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	REFERENCIA
Inspección visual	1 semana	NFPA 70B
Inspección termográfica (no se aplica a switchracks. En estos sólo se aplica por excepción)	4-6 meses (igualmente se deben realizar 2 semanas antes y después de las T/A's)	NFPA 70B (PMO aplicado a estas rondas)
Mantenimiento general	4 años	Talleres RCM GRB DEP 63.10.08.11-GEN Shell
Ductos de barra asociados – Mantenimiento general	4 años	Talleres RCM GRB DEP 63.10.08.11-GEN Shell
Arrancadores de motores – Mantenimiento general (aplica igual para SWR's)	Por condición	Talleres RCM GRB DEP 63.10.08.11-GEN Shell
Arrancadores de motores – pruebas de protecciones	4 años	Talleres RCM GRB DEP 63.10.08.11-GEN Shell
Interruptores de potencia de baja tensión – Mantenimiento general	4 años	Talleres RCM GRB DEP 63.10.08.11-GEN Shell
Switchracks – mantenimiento general	Por oportunidad en T/A o paradas técnicas (<4 años)	
Pulsadores- Mantenimiento general	4 años	Análisis estadístico

		fallas en casillas 2009
Pulsadores – inspección visual	Por oportunidad (por reparaciones del motor, > 1 año)	Análisis estadístico fallas en casillas 2009

Switchgear de MT

Tabla 3. Estrategia de Mantenimiento a SWG de MT en la GRB

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	REFERENCIA
Mantenimiento general	4 años	Talleres RCM GCB DEP 63.10.08.11-GEN Shell
Switchgear del sistema de interconexión– mantenimiento general	5 años	Recomendación fabricante

Relés de Protección

Tabla 4. Estrategia de Mantenimiento a Relés de Protección en la GRB

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	REFERENCIA
Relés electromecánicos – pruebas y mantenimiento	2 años	Talleres RCM GCB FIST volume 4-1B
Relés electromecánicos críticos – pruebas y mantenimiento	1 año	PMO a Talleres RCM
Relés electrónicos pruebas	2 años	PMO a talleres RCM
Relés electrónicos críticos - pruebas	1 año	PMO a talleres RCM
Relés digitales – Ronda	quincenal	PMO a talleres RCM
Relés digitales críticos - Ronda	Semanal	PMO a talleres RCM
Relés digitales – pruebas	Paradas de planta (>4 años)	PMO a talleres RCM
Revisión estudios de coordinación de protecciones	5 años (se deben revisar antes de las T/A´s para implementar las modificaciones durante la misma).	FIST 39olumen 4 1B

Cables de Potencia

Tabla 5. Estrategia de Mantenimiento a Cables de Potencia en la GRB

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	REFERENCIA
Reemplazo cables MT	18 años	Talleres RCM GRB
Reemplazo cables anillo interconexión	25-30 años	Comité Técnico de Autoridades
Reemplazo cables BT	Ante falla	Talleres RCM GRB
Reemplazo cables BT críticos	15 años o por condición	Talleres RCM GRB
Ruta de BEC a manholes eléctricos principales	3 meses	RCA´s fallas del sistema electric.
Preventivo manholes eléctricos	5 años	RCA´s fallas del sistema electric.

Transformadores de Potencia

Tabla 6. Estrategia de Mantenimiento a Transformadores de Potencia en GRB

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	REFERENCIA
Ronda en áreas industriales	Semanal	PO&M 19 Transformer FIST 40olumen 3-30
Ronda en nodos de distribución (CCP) y ET´s principales de servicios generales (Ing confiabilidad)	mensual	Comité técnico área eléctrica (Dic 01 2009)
Ronda sistema de distribución en MT de áreas residenciales.	3 meses	Comité técnico área eléctrica (Dic 01 de 2009)
Análisis aceite y gases	Anual	NFPA 70B, 18-17 Transformer FIST volume 3-30
Reapriete, limpieza aisladores y medición aislamiento eléctrico	5 años	NFPA 70B 7-2 IEEE P62-1995, 6.1.5 y Transformer FIST volume 3-30 Talleres RCM GCB
Mantenimiento general	Por condición	DEP 63.10.08.11-GEN Shell

Transformadores de Servicios Generales

Tabla 7. Estrategia de Mantenimiento a Transformadores de Servicios Generales en la GRB

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	REFERENCIA
Ronda	Semanal	
Reapriete y limpieza	5 años	Talleres RCM GRB
Reemplazo	Ante falla	Talleres RCM GRB

Interruptores de Potencia MT

Tabla 8. Estrategia de Mantenimiento a Interruptores de MT en la GRB

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	REFERENCIA
Interruptores en aire – Mantenimiento general	3 – 4 años	FIST volume 3-16 Talleres RCM GCB
Interruptores en vacío – Mantenimiento general	5 años	FIST volume 3-16 Talleres RCM GCB
Inspección	Después del despeje de una falla	DEP 63.10.08.11-GEN Shell

Líneas Aéreas MT

Tabla 9. Estrategia de Mantenimiento a Líneas Aéreas en la GRB

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	REFERENCIA
Ronda de inspección (CCP)	3 meses	DEP 63.10.08.11-GEN Shell
Termografía (CCP)	6 meses	FIST 41 volumen 4-1B
Mantenimiento	Por condición	DEP 63.10.08.11-GEN Shell
Cajas de maniobra – mantenimiento general	4 años	Recomendación fabricante
Reconectores – mantenimiento	Por condición	Comité técnico área eléctrica (dic 01 de 2009)
Seccionadores – Termografía	6 meses	Comité técnico área eléctrica (dic 01 de 2009)
Seccionadores – mantenimiento	Por condición	Comité técnico área eléctrica (dic 01 de 2009)
Poda de arboles	6 meses	Comité técnico área eléctrica (dic 01 de 2009)
Ronda a líneas de interconexión incluyendo termografía (CCP)	15 días	Comité técnico área eléctrica (dic 01 2009)
Líneas – mantenimiento general	5 años	Comité técnico área eléctrica (dic 01 2009)

Puestas a Tierra

Tabla 10. Estrategia de Mantenimiento a Puesta a Tierra en la GRB

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	REFERENCIA
Inspección visual (para todas las categorías, se toma una muestra del 5%)	1 año	DEP 63.10.08.11-GEN Shell
Aterrizamiento del neutro (ESE) – medición	5 años	DEP 63.10.08.11-GEN Shell
Tierra de seguridad (EE) - medición de continuidad de cable a la malla (muestreo del 5%)	4 años	DEP 63.10.08.11-GEN Shell
Tierra de pararrayos y estática (LPE) – medición de resistencia de puesta a tierra del electrodo y pruebas de continuidad del cable a la malla (muestreos del 20% y 5% respectivamente).	4 años	DEP 63.10.08.11-GEN Shell
Tierra limpia (CE) – medición.	4 años	DEP 63.10.08.11-GEN Shell

Baterías Sistemas de DC

Tabla 11. Estrategia de Mantenimiento a Baterías de Sistemas DC en la GRB

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	REFERENCIA
Ronda	1 semana	Orange Book IEEE
Inspección según procedimientos	4 meses	Orange Book IEEE DEP 63.10.08.11-GEN Shell PMO a talleres RCM
Prueba de descarga	por condición	DEP 63.10.08.11-GEN Shell PMO a talleres RCM
Reemplazo	Por condición	Talleres RCM GRB
Cargadores – ronda	semanal	Análisis estadístico de desempeño
Cargadores – Prueba funcional	4 meses	Análisis estadístico de desempeño

UPS´s

Tabla 12. Estrategia de Mantenimiento a UPS en la GRB

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	REFERENCIA
Ronda operador	turno	RCA´s UPS´s
Ronda	1 semana	
Inspección UPS y banco de baterías.	4 meses	PMO talleres RCM
Preventivo UPS´s	1 año	RCA´s UPS´s
Reposición baterías	4 años	Recomendación fabricantes (vida útil baterías VRLA)
Reposición UPS´s	10 años	Recomendación fabricantes (vida útil)

Generadores de Emergencia

Tabla 13. Estrategia de Mantenimiento a Generadores de Emergencia en GRB

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	REFERENCIA
Prueba funcional	15 días	Talleres RCM GRB

Switches de Transferencia Automática

Tabla 14. Estrategia de Mantenimiento a Switch de Transferencia Automática en la GRB

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	REFERENCIA
Prueba funcional	Por oportunidad	Talleres RCM GRB

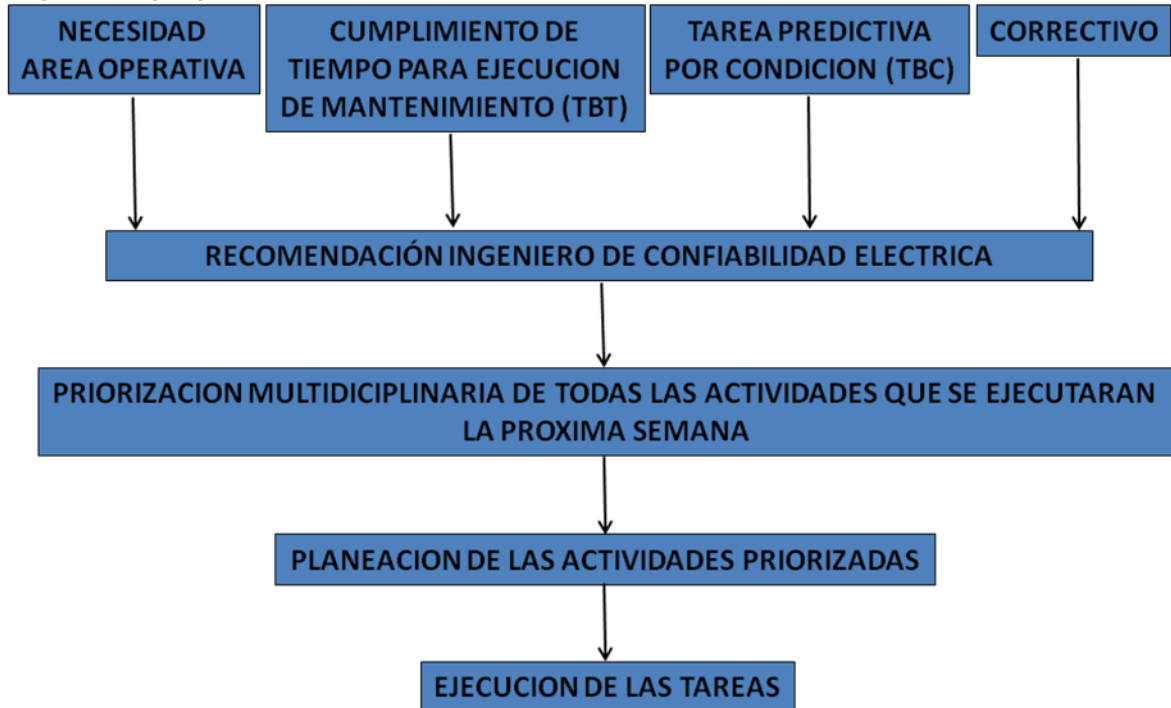
MOV's

Tabla 15. Estrategia de Mantenimiento a Actuadores Electricos de válvulas (MOV's) en la GRB

DESCRIPCION	FRECUENCIA	REFERENCIA
Pruebas funcionales	Por oportunidad	Talleres RCM GRB
Mantenimiento general	T/A's	Talleres RCM GRB

6. ORGANIGRAMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO ELECTRICO EN LA GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA – GRB

Figura 1. Organigrama actual de Mantenimiento Eléctrico en la Gerencia Refinería Barrancabermeja – GRB



6.1. OPERADOR MANTENEDOR DE EQUIPO ELECTRICO EN LA GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA – GRB

Esta estrategia con tareas definidas de mantenimiento en todos los tipos de equipos eléctricos, permite que muchas de estas puedan ser ejecutadas por operaciones quienes son los dueños de los activos y quienes los operan a diario, sería costo-efectivo, mucho más económico y se podría ampliar el Cuidado Básico y Ronda estructurada que actualmente se realiza a los equipos rotativos como bombas y turbinas, además sería el concepto del TPM aplicado a la industria petroquímica más específicamente en sus equipos eléctricos.

La información arrojada por el operador con sus hallazgos al ser incorporada esta nueva modalidad alimentaria al ingeniero de confiabilidad eléctrica, y en general a toda la organización para realizar las recomendaciones respectivas y priorizarlas según su criticidad representada en seguridad, integridad y operación, o urgencia necesaria.

6.1.1. CUIDADO BASICO DE EQUIPO ELECTRICO – BEC

El Cuidado Básico consiste en definir unas tareas pequeñas para ejecución que entregan cierta información del estado de los equipos y se pueden realizar acciones para corregir desviaciones en la operación garantizando la confiabilidad.

6.1.2. RONDA ESTRUCTURADA DE EQUIPO ELECTRICO

La Ronda estructurada consiste en definir una ruta de toma de datos teniendo en cuenta una ventana de operación normal, esta evidencia la confiabilidad de un equipo y permite llevar la trazabilidad en su desempeño.

7. INDICADORES DE CONFIABILIDAD Y TENDENCIA

En la ejecución del mantenimiento de la Refinería de Barrancabermeja siempre han existido estrategias definidas inicialmente partiendo de las Dep de Shell y asegurando la información emitida por los fabricantes como parte fundamental de la consolidación en el conocimiento y posterior transferencia.

Se evidencian tareas de cuidado básico y ronda estructurada que aunque siempre se han realizado, presentan falencias por las múltiples ocupaciones que tienen los roles de mantenimiento y confiabilidad, como eventos adicionales en el día a día, lo cual lleva a que se pierda continuidad y se descuiden estos temas de gran importancia.

En los últimos años los resultados a través del tiempo son positivos en lo que tiene que ver con la confiabilidad y con tendencia a la mejora continua, este resultado se obtiene entre otras cosas gracias a la ejecución del cuidado básico y ronda estructurada aun siendo evidente las grandes oportunidades de mejora que se tiene en la parte eléctrica y que se describen en el presente documento.

Las mejoras en confiabilidad de los equipos eléctricos en los que se propone el apoyo de operaciones para la ejecución del cuidado básico y ronda estructurada se muestran a continuación:

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Tabla 16. Porcentaje de Confiabilidad en Transformadores de Potencia

CLASE (TRANSFORMADORES - TF)																	
EST.	DIC 06	DIC 07	DIC 08	DIC 09	DIC 10	ENE 11	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
EF	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0							
M C/MT	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
OF	18	4	4	1	0	0	0	0	0	0							
OP	146	164	163	168	178	178	178	178	178	178							
Total	165	168	167	170	178	178	178	178	178	178							
% CONFIABLE	88.5	97.6	97.6	98.8	100	100	100	100	100	100							
%META						100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

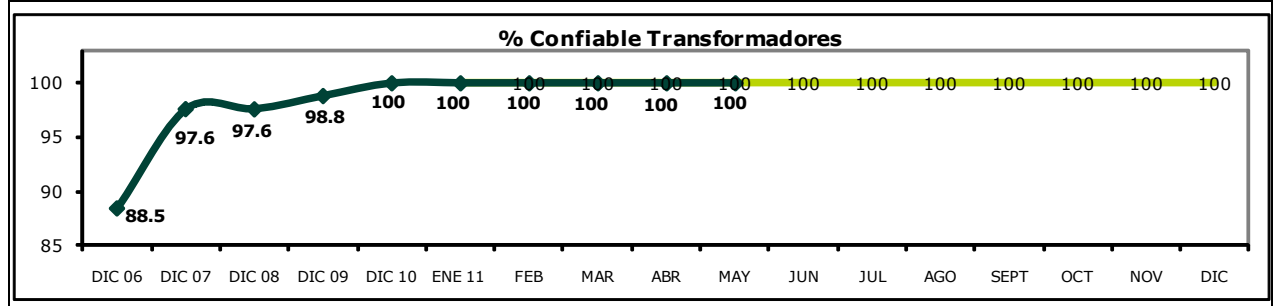


Figura 2. Porcentaje de Confiabilidad en Transformadores de Potencia

En la curva se aprecia como existe una mejora importante en la confiabilidad general de los Transformadores de potencia sobre todo entre los años 2006 y 2007, los años más recientes el reto ha sido mantenerlo y enfocarnos adicionalmente al cuidado básico y ronda estructurada a implementar mejores herramientas predictivas que ayuden para un mayor soporte técnico en la identificación de fallas potenciales.

TABLEROS DE MEDIA Y BAJA TENSION

Tabla 17. Porcentaje de Confiabilidad en Tableros de MT y BT

CLASE (SWITCHGEAR - CENTRO CONTROL MOTORES)																	
EST.	DIC 06	DIC 07	DIC 08	DIC 09	DIC 10	ENE 11	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
EF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
M C/MT	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0							
OF	20	32	24	20	14	14	14	13	14	14							
OP	81	204	207	219	234	234	234	235	234	234							
Total	101	237	232	239	248	248	248	248	248	248							
% CONFIABLE	80.2	86.1	89.2	91.6	94.4	94.4	94.4	94.8	94.4	94.4							
%META						94.4	94.4	94.4	94.8	94.8	94.8	94.8	94.8	94.8	96.4	97.2	97.2

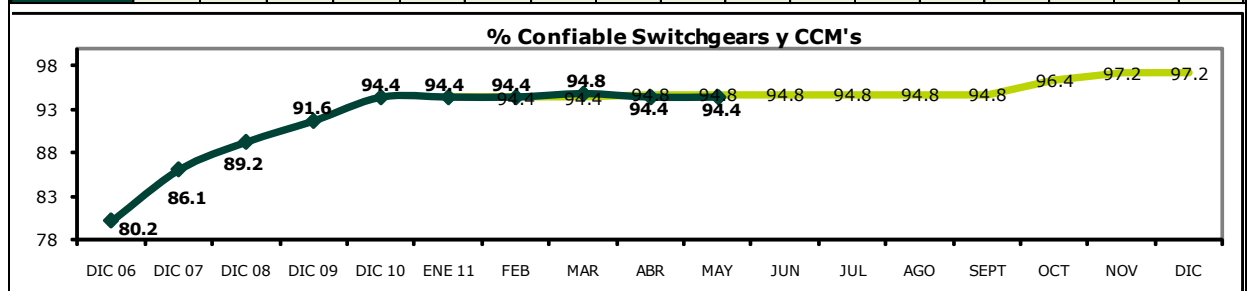


Figura 3. Porcentaje de Confiabilidad en Tableros de MT y BT

Para estos activos eléctricos la mayor dificultad para mejorar en el porcentaje de confiabilidad los últimos años donde los resultados son buenos básicamente pero se mantienen, corresponde al no cumplimiento oportuno de mantenimientos en plantas que no cuentan con programas de parada y a reposiciones pendientes por cumplimiento de vida útil.

Sin embargo el aporte que se hace con la verificación de variables eléctricas a diario como parte de una ronda estructurada ha ayudado a tener hallazgos importantes y así poder estructurar un plan de ejecución.

EQUIPOS DE RESPALDO

Tabla 18. Porcentaje de Confiabilidad en Equipos de Respaldo

CLASE RE: EQUIPO DE RESPALDO (UPS - 125 Vdc)																	
EST.	DIC 06	DIC 07	DIC 08	DIC 09	DIC 10	ENE 11	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
EF	11	14	10	7	2	2	2	2	2	1							
M C/ M T	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1							
OF	27	23	10	6	5	5	3	3	2	3							
OP	186	216	228	228	173	173	174	172	172	170							
Total	224	253	250	241	180	180	179	177	177	175							
% CONFIABLE	83.0	85.4	91.2	94.6	96.1	96.1	97.2	97.2	97.2	97.1							
%M ETA						96.1	97.2	97.2	98.3	98.9	98.9	98.9	99.4	99.4	100	100	100

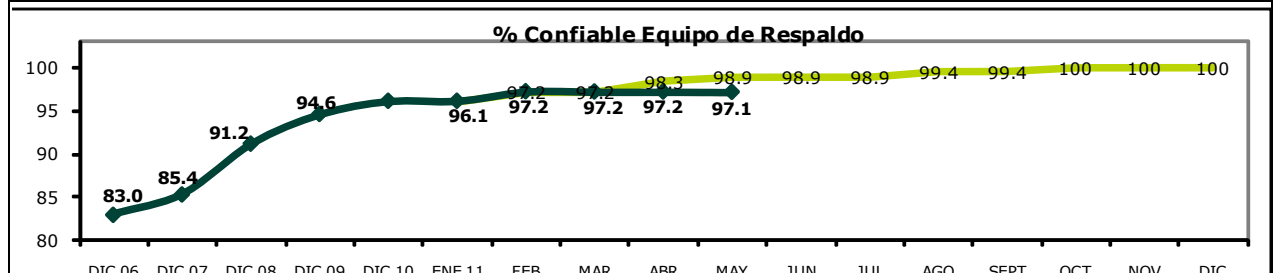


Figura 4. Porcentaje de Confiabilidad en Equipos de Respaldo

En las rondas de equipos de respaldo se han identificado múltiples condiciones que con el mantenimiento del equipo y oportuna intervención preventiva en tarjetas electrónicas y baterías se evitan grandes impactos negativos para la operación ya que una falla en estos equipos afecta directamente cargas críticas de las plantas.

Es evidente la notable mejoría en su confiabilidad donde apenas a principios del año 2009 superó el 90%, la actual dificultad que nos tiene por debajo de los valores de referencia en este 2011 corresponde a las demoras en los procesos de contratación en los acuerdos de servicio con las firmas fabricantes predominantes en la refinería para mayor respaldo y presencia ante fallas potenciales encontradas en las rondas o eventos presentes.

CASILLAS ELECTRICAS

Tabla 19. Tasa de falla de Casillas Eléctricas

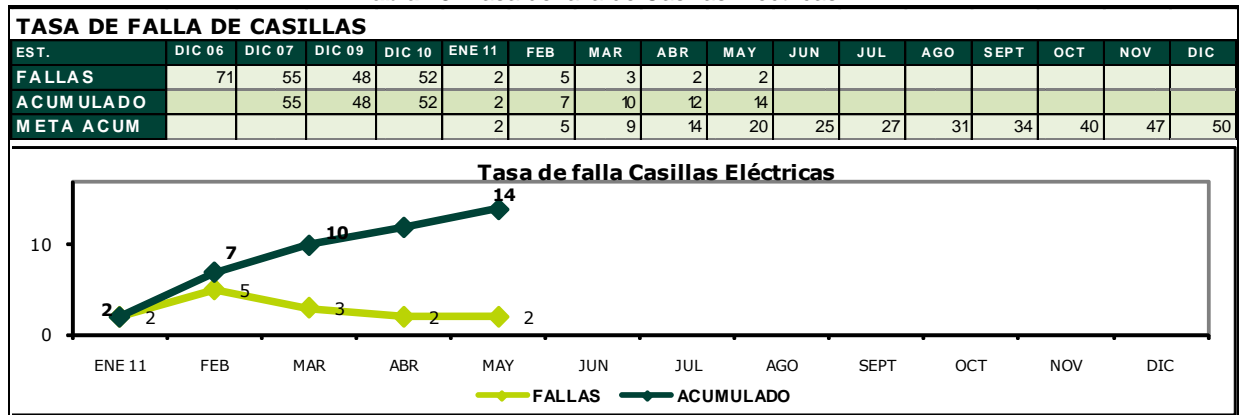


Figura 5. Tasa de falla de Casillas Eléctricas

Para las casillas eléctricas se tiene el manejo de tasa de falla, entendiéndose como la no disponibilidad de un equipo por concepto de control, esto incluye lo que son daños en componentes eléctricos y fallas humanas que atenten contra dicha disponibilidad, por tal motivo es muy importante tal y como se define en este documento la definición por parte de operaciones de los equipos críticos como bombas auxiliares de lubricación, bombas de carga, etc., para ejecutar la ronda que en las casillas se evidencie la real disponibilidad eléctrica.

Los resultados han sido positivos en los últimos años disminuyendo significativamente la tasa de falla con la ejecución del mantenimiento preventivo y mejorativo directamente en las casillas y realizando las rondas de disponibilidad definida.

MOTORES ELECTRICOS

Tabla 20. Tasa de falla de Motores Eléctricos

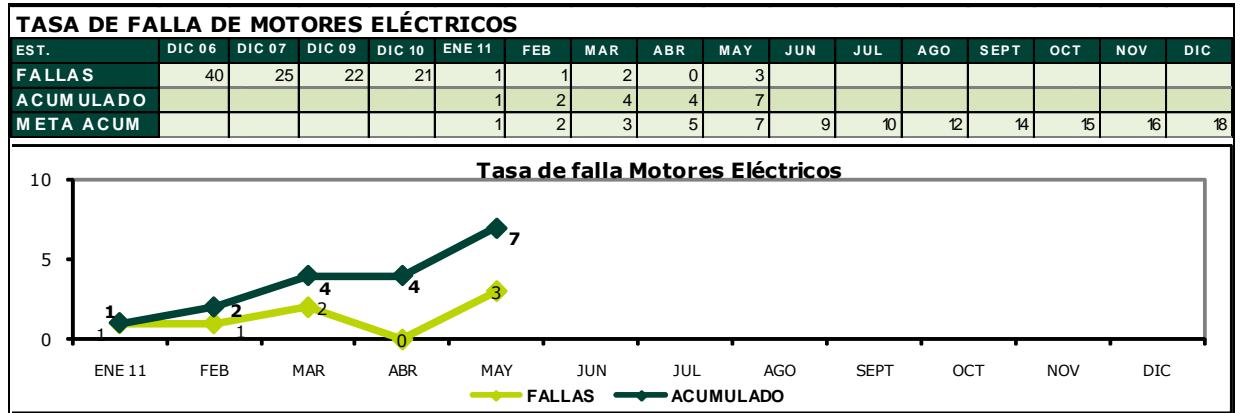


Figura 6. Tasa de falla de Motores Eléctricos

En lo referente a motores eléctricos la tendencia en tasa de falla ha sido muy favorable para la refinería donde los resultados muestran mejora desde el 2007, el aporte en el cuidado básico de toma de temperaturas y supervisión de aceite y su condición ha sido de gran ayuda dado que el mayor aporte en la tasa de falla corresponde a daño mecánico es decir a los rodamientos y chumaceras.

8. TAREAS RUTINARIAS REQUERIDAS EN EQUIPO ELECTRICO SEGÚN FABRICANTES

8.1. TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Equipo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión o voltaje manteniendo la frecuencia por una acción de campos magnéticos, sus potencias de entrada y salida son las mismas (considerando un sistema ideal sin pérdidas), constituida por dos o más bobinas denominados primario y secundario de material conductor aisladas eléctricamente entre ellas y enrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético.

- Verificar variables, alarmas y eventos en relé. Ronda Semanal.
 - *Evidencia de estado anormal o de eventos registrados que pueden ser asociados a fallas*
- Tomar temperaturas. Ronda Semanal.
 - *Duración de materiales aislantes, temperatura máxima del aceite 90°C y la temperatura máxima del punto más caliente 110°C.*
- Verificación de Nivel de Aceite Dieléctrico. Ronda Semanal.
 - *Importante en términos de aislamiento y refrigeración, fluctuaciones grandes obligan a establecer sus causas.*
- Verificación de Presión de nitrógeno sí aplica. Ronda Semanal.
 - *Importante en términos de roturas debido a que si es negativa y no hay evidencia de fugas de aceite podría absorber humedad.*
- Presencia de Ruidos Anormales. Ronda Semanal.
 - *Resonancia de la cuba, radiadores por cambios de frecuencia en la fuente.*
 - *Defectos en los ajustes del núcleo.*
 - *Defectos en la estructura central, tornillos flojos en las bridas.*

- *Descarga estática por partes metálicas no aterrizadas o imperfecciones en la puesta a tierra.*
- Conexiones de tierra Fojas. Ronda Semanal.
- Mecanismos de anclaje suelto o flojo. Ronda Semanal.
 - *Desplazamiento del transformador.*
- Fugas de Aceite. Ronda Semanal.
 - *Deterioro de empaques o mal posicionamiento.*
- Inspección de Termómetros. Anual.
- Accesorios con contactos de alarma y disparo. Anual.
- Ventiladores. Anual.
- Resistencia de Aislamiento. Anual.
- Medición Tangente delta. Cada Tres Años.
- Rigidez Dieléctrica. Anual.
- Prueba Fisicoquímica Anual.

8.1.1. TAREAS PARA OPERADOR – MANTENEDOR EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA

- Verificar variables, alarmas y eventos en relé. Ronda Semanal.
- Tomar temperaturas. Ronda Semanal.
- Verificación de Nivel de Aceite Dieléctrico. Ronda Semanal.
- Verificación de Presión de Nitrógeno. Ronda Semanal.
- Presencia de Ruidos Anormales. Ronda Semanal.
- Conexiones de tierra Fojas. Ronda Semanal.
- Mecanismos de anclaje suelto o flojo. Ronda Semanal.
- Fugas de Aceite. Ronda Semanal.
- Verificar funcionamiento de ventiladores. Ronda Semanal.

8.2. MOTORES ELECTRICOS DE MEDIA TENSION

Equipo eléctrico que transforma la energía eléctrica por medio de interacciones magnéticas en energía mecánica a través de un eje con un par y una velocidad de rotación.

- Verificación de Voltaje. Ronda Semanal.
 - +/- 10%.
- Verificación de Frecuencia. Ronda Semanal.
 - +/- 5%.
- Monitoreo de Vibraciones. Ronda Semanal.
 - *Tendencia de deterioro mecánico o desalineación.*
- Verificación de Corriente. Ronda semanal.
- Verificación de Temperaturas en Bobinado y Cojinetes. Ronda semanal.
- Nivel de Aceite. Ronda semanal.
- Flujo de Aire de ventilación. Ronda semanal.
- Condición del Aceite. Mensual.
- Medida de Aislamiento. Cada Dos Años.
- Verificación de Gap p Entrehierro. Cada Dos Años.
- Inspección conexiones eléctricas. Cada Dos Años.
- Inspección y limpieza de Filtros de aire. Cada Dos Años.
- Inspección de la jaula. Cada Dos Años.
- Inspección Chumacera. Cada Dos Años.
- Inspección Sellos de Laberinto. Cada Dos Años.
- Inspección Anillo de Lubricación. Cada Dos Años.
- Verificar End Play. Cada Dos Años.
- Limpieza al Bobinado. Cada Cuatro Años.

8.2.1. TAREAS PARA OPERADOR – MANTENEDOR EN MOTORES ELECTRICOS DE MEDIA TENSION

- Verificación de Voltaje. Ronda Semanal.
- Verificación de Frecuencia. Ronda Semanal.
- Monitoreo de Vibraciones. Ronda Semanal.
- Verificación de Corriente. Ronda semanal.
- Verificación de Temperaturas en Bobinado y Cojinetes. Ronda semanal.
- Nivel de Aceite. Ronda semanal.
- Flujo de Aire de ventilación. Ronda semanal.
- Condición del Aceite. Mensual.

8.3. CASILLAS ELECTRICAS DE BAJA TENSION

Conjunto de componentes eléctricos que permiten la protección en el arranque y operación de un equipo eléctrico, adicionalmente la energización y desenergización del mismo para labores de mantenimiento.

- Termografía a componentes y conexiones. Cada Seis Meses.
 - *Puntos Calientes >90°C o Deltas >30°C.*
- Disponibilidad Eléctrica de Sistemas Críticos. Ronda semanal.
 - *Bombas auxiliares de lubricación, bombas asociadas a sistemas de carga, etc.*

8.3.1. TAREAS PARA OPERADOR – MANTENEDOR EN CASILLAS ELECTRICAS DE BAJA TENSION

- Disponibilidad Eléctrica de Sistemas Críticos. Ronda semanal.

8.4. EQUIPOS DE RESPALDO ELECTRICO

Equipos que junto con la electrónica de potencia permiten tener un suministro de energía continuo a cargas que son críticas y pueden generar disturbios o apagadas al verse interrumpida su fuente de energía eléctrica, esto se logra con topologías de UPS y cargadores de baterías en paralelo, y teniendo en buen estado las baterías las cuales asumirán la carga en alguna falla presente.

- | | |
|---|------------------|
| • Alarmas Presentes. | Ronda Semanal. |
| • Ventiladores internos en Funcionamiento. | Ronda Semanal. |
| • Temperatura del sitio. | Ronda Semanal. |
| • Temperatura y Aspecto Baterías Cerradas. | Ronda Semanal. |
| • Nivel de Liquido Baterías de Plomo acido. | Ronda semanal. |
| • Extractores presentes en Funcionamiento. | Ronda semanal. |
| • Limpieza interna tarjetas. | Cada Seis Meses. |
| • Medidas de Voltaje. | Cada Seis Meses. |
| • Maniobras por ByPass y Baterías. | Anual. |
| • Prueba de descarga de baterías. | Anual. |
| • Medida de Impedancia de Baterías. | Anual. |

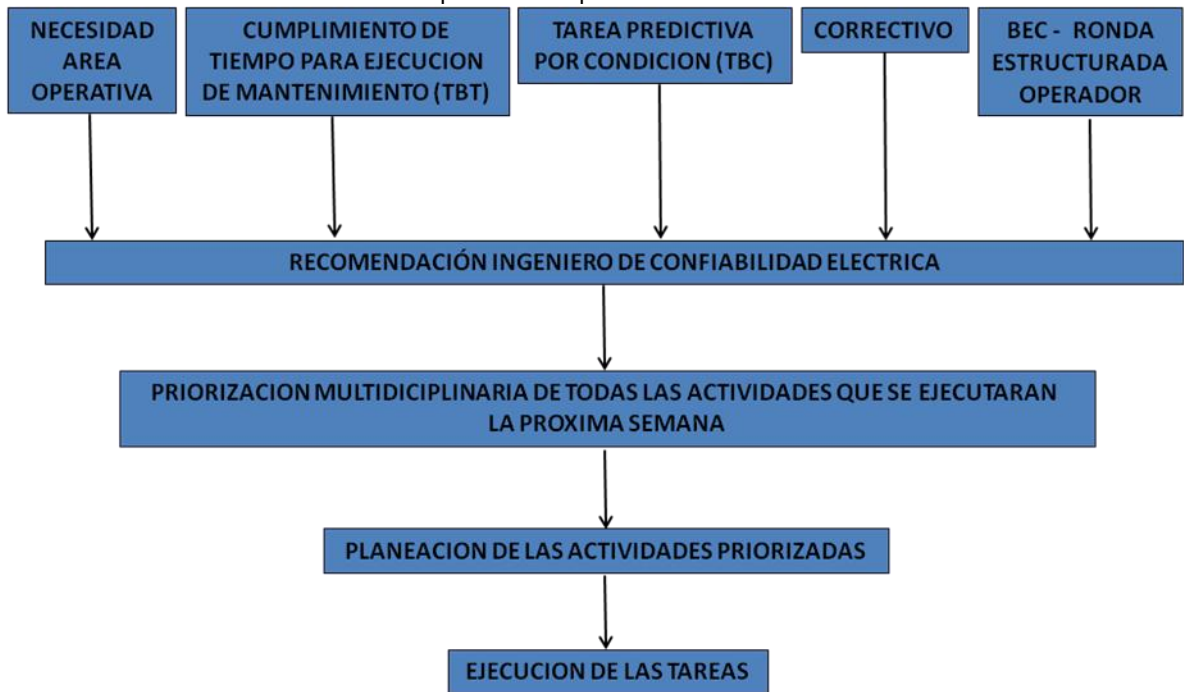
8.4.1. TAREAS PARA OPERADOR – MANTENEDOR EN EQUIPOS DE RESPALDO ELECTRICO

- | | |
|--|----------------|
| • Alarmas Presentes. | Ronda Semanal. |
| • Ventiladores internos en Funcionamiento. | Ronda Semanal. |

- Temperatura del sitio. Ronda Semanal.
- Temperatura y Aspecto Baterías Cerradas. Ronda Semanal.
- Nivel de Liquido Baterías de Plomo acido. Ronda semanal.
- Extractores presentes en Funcionamiento. Ronda semanal.

9. ORGANIGRAMA DE MANTENIMIENTO ELECTRICO EN LA GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA – GRB INCORPORANDO AL OPERADOR MANTENEDOR

Figura 7. Organigrama de Mantenimiento Eléctrico en la Gerencia Refinería Barrancabermeja – GRB incorporando al Operador-Mantenedor



10. PLAN DE ENTRENAMIENTO

Es evidente que para un empoderamiento con excelencia de ciertas tareas puntuales y menores de mantenimiento para ejecución del personal de operaciones o producción sobre los activos eléctricos se deben adelantar entrenamientos en los que especifique de una forma sencilla, clara y detallada en lo que consiste cada actividad.

Estas estrategias deben desarrollarse en jornadas de trabajo con personal de amplia experiencia de los diferentes departamentos como lo son mantenimiento, confiabilidad y producción los cuales tengan todo el conocimiento para poder plasmar de forma pedagógica los diferentes pasos al realizar dicha actividad y sus diferentes consideraciones en temas de tanta importancia como lo son la seguridad, calidad, tolerancia y manejo de variables, efectividad y eficiencia.

Adicionalmente se debe establecer un mecanismo de medida para realizar seguimiento sistemático a la productividad en la implementación de la ronda estructurada y cuidado básico de equipo eléctrico por parte de operaciones, entendiéndose como la valoración de los resultados obtenidos con la identificación de hallazgos, resolución oportuna de fallas potenciales y aporte al mejoramiento continuo de los resultados de confiabilidad en los activos eléctricos de la Refinería Barrancabermeja.

Es importante que estos entrenamientos incluyan la parte teórica informando los beneficios en los que se incurre con la implementación para que el personal operativo que lo realizará identifique el valor agregado que brinda a la organización, de igual manera la parte práctica debe ser bien desarrollada y enfocada debido a que estos activos son de total desconocimiento para operaciones.

El plan debe considerar refuerzos, actualizaciones y total acompañamiento por lo que al aplicarse anualmente los PMO, análisis estadísticos de desempeño, resultados de confiabilidad e implementación de nuevas estrategias de mantenimiento presentes en el mercado tenemos que estar alineados en toda la organización independientemente del departamento administrativo, lo importante es mejorar continuamente en términos de confiabilidad.

En ECOPETROL existen todas las herramientas necesarias para adelantar e implementar correctamente un plan de desarrollo de sus funcionarios enfocado al rol que desempeñan, cada Departamento operativo cuenta con un Líder de Entrenamiento, uno de confiabilidad y uno de mantenimiento, mantenimiento maneja un programa llamado “mantenimiento con excelencia” y confiabilidad uno llamado “ingeniería con excelencia”, adicionalmente en la refinería existen tres líderes temáticos los cuales hacen seguimiento los tres aspectos que son operación, mantenimiento y confiabilidad donde son responsables en su implementación, los pasos para poner en funcionamiento esta propuesta es la siguiente:

- Identificación de las ventajas y resultados esperados con la implementación del cuidado básico y ronda estructurada de equipo eléctrico por parte de operaciones.
- Divulgación al personal operativo de las ventajas identificadas y el valor agregado que genera para la organización y a nivel de transferencia de conocimiento.
- Identificación de los equipos eléctricos a aplicar el cuidado básico y ronda estructurada por parte de operaciones.

- Desarrollo de las tareas que pudieran ejecutarse con ayuda del personal operativo.
- Análisis, revisión y cuestionamiento de las tareas para precisar el alcance y enfoque de cada una.
- Acercamiento con el personal operativo para socialización preliminar del resultado luego de la revisión.
- Realizar plan por parte de mantenimiento y confiabilidad con el cronograma de cumplimiento de elaboración de las guías de entrenamiento para el personal operativo incluyendo la teoría y la práctica.
- Entregar a los líderes de entrenamiento para operaciones las guías terminadas para su revisión y adaptación a sus esquemas y documentación para familiarizar al personal.
- Aplicar las guías de entrenamiento teórico-práctica al personal a capacitarse con apoyo de los ingenieros de confiabilidad y mantenimiento generando los escenarios apropiados en los diferentes turnos para cubrir la totalidad del personal.
- Auditar el cumplimiento de la totalidad del personal y revisar los resultados obtenidos.
- Garantizar la actualización anual del contenido de las guías si es necesario.
- Aplicar las guías cada dos años para cubrir al personal con las modificaciones realizadas.

11. APORTE VISIBLE EN LA GESTION DE ACTIVOS ELECTRICOS DE LOS OPERADORES MANTENEDORES

El aporte del Operador para la preservación, prolongación y cuidado de los activos eléctricos reflejados en su confiabilidad y disponibilidad es evidentemente de mucha importancia, debido a que siendo operaciones los dueños o custodios de los equipos, deben conocerlos y ser partícipes de su mantenibilidad, ellos no generan gasto alguno por convivir en las plantas de proceso las 24 horas del día, los 365 días al año, este recurso es mas costoefectivo volviendo al operador parte activa del proceso de mantenimiento y confiabilidad por emitir información valiosa para los análisis de desempeño, monitoreo, tendencias, ventanas operativas, análisis de fallas, reingenierías y cambios controlados en el equipo eléctrico, haciendo realidad la implementación del TPM.

12. CONCLUSIONES

Al finalizar el análisis y elaboración de este proyecto se concluye lo siguiente:

- Los resultados de confiabilidad en equipo eléctrico en los últimos años de la Refinería Barrancabermeja han sido positivos, la tendencia mejorará involucrando al operador por brindar mayor oportunidad en la resolución de hallazgos de fallas potenciales.
- Existen varios equipos eléctricos críticos en los que el aporte del operador en la mantenibilidad impacta evidentemente de manera positiva en la confiabilidad de las unidades operativas.
- La automotivación que adquiere el operador al ser involucrado en los temas de mantenimiento eléctrico es muy importante porque muestra interés y propone ideas favorables a la obtención de los objetivos de confiabilidad en los activos de la planta.
- La implementación del modelo operador-mantenedor en el equipo eléctrico genera sentido de pertenencia y le da participación activa a operaciones en los planes de mantenimiento.
- Al aumentar la confiabilidad de los equipos eléctricos con el esquema operador-mantenedor se mejora en la disponibilidad mecánica y se aseguran los procesos.
- El fortalecimiento en la proactividad disminuye las intervenciones correctivas y por ende sus costos asociados.

- El TPM es muy valioso pues brinda una participación efectiva a los involucrados en el proceso industrial beneficiando factores importantes como la eficiencia y productividad.

BIBLIOGRAFIA

ARATA, Adolfo. Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad en las Plantas Operacionales. Ril Editores, 442p

GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y Gestión Integral del Mantenimiento. Madrid: Diaz Santos. 2003, 303p.

B. BLOOM, Neil. Realibility Centred Maintenance (RCM): Implementation made simple. McGraw-Hill. 2005, 291p.

CUATRECASAS ARBÓS, Luis. TPM: Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de Producción. Gestión 2000. 2000, 311p.

DEP's RELIABILITY SHELL: Compendio de normas de Shell Global Solutions sobre confiabilidad, donde se estructuran y definen los parámetros de planeación y mantenimiento de las principales refinerías de Shell.

PLANEACION, PROGRAMACION Y EJECUCION DEL MANTENIMIENTO RUTINARIO DE LA GCB. GCB-PPG-P-005: En este procedimiento se definen todas las directrices y condiciones para el proceso integral de mantenimiento de la Refinería de Barrancabermeja de ECOPETROL S.A.

MEJORES PRACTICAS EN EQUIPO ELECTRICO DE LA GCB. GRB-CEE-PO-001: En este documento se definen todas las directrices y condiciones para la ejecución del mantenimiento durante el tiempo en el equipo eléctrico de la Refinería de Barrancabermeja de ECOPETROL S.A.