

**Propuesta de un Modelo de Confiabilidad QA para Mantenimiento Overhaul
en la Empresa PCB Ingeniería SAS**

César Barrera Medina

Dirección de Posgrados, Universidad ECCI

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Noviembre de 2020

**Propuesta de un Modelo de Confiabilidad QA para Mantenimiento Overhaul
en la Empresa PCB Ingeniería SAS**

César Barrera Medina

Dirección de Posgrados, Universidad ECCI

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Asesor

Mg. Miguel Angel Urián Tinoco

Noviembre de 2020

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad ECCI para optar al título de Especialista En Gerencia de Mantenimiento

Firma de Presidente de Jurado

Firma de Jurado

Firma de Jurado

Bogotá D.C.

Dedicatoria

A mi esposa Mónica Medina

Agradecimientos

Doy gracias a Dios por permitir este logro en mi vida profesional, a mi familia por el apoyo en la culminación de este proyecto y a los docentes que han sido guía en mi aprendizaje y formación.

Glosario

Aseguramiento documental: Su principal función es la de asegurar la información que sale de cada trabajo de overhaul, además de hacer acompañamiento a los contratistas y direccionarlos en cada etapa; también es el encargado de informar los avances y atrasos documentales, no conformidades, y sugerencias que salgan en el proceso.

Calibración equipos: Los equipos de medida y herramientas utilizados en el overhaul deben tener certificado de calibración vigente, tales como voltímetro, amperímetro, pinza voltiamperímetro, torquímetro entre otros.

Características: Descripción técnica o comercial de los materiales, herramientas y equipos.

Contrato: Documento u Orden de servicio de overhaul o reparación mayor.

Descargue: Traslado de los equipos desde el medio de transporte hasta el sitio de almacenamiento.

Dossier de overhaul: Conjunto o compendio de información técnica que consta de documentos (Informes, manuales, procedimientos, especificaciones técnicas, normas, registros, actas,) organizados de manera lógica, que son recopilados durante la ejecución del mismo, cumpliendo las normas técnicas APA de elaboración y recomendaciones de PCB.

Ejecutor del overhaul: Fábrica encargada del desarrollo y ejecución de las pruebas.

Elaboración de inventario: Registro ordenado y detallado de los accesorios que conforman el equipo. El primer inventario debe elaborarse cuidadosamente, tanto cualitativa como cuantitativamente, para que los posteriores que se produzcan no requieran más que su actualización mediante la verificación física de los elementos.

Embalaje: Objeto destinado a contener temporalmente un producto o conjunto de productos durante su manipulación, transporte, almacenamiento o presentación a la venta, a fin de protegerlo, identificarlos y facilitar dichas operaciones.

Empresa de transporte: Persona natural o jurídica legalmente constituida y habilitada que con equipos propios o contratados externamente y por medio de un contrato de transporte moviliza los equipos desde un punto de origen al destino programado por el cliente.

Ensayos END a componentes principales bloque, cigüeñal, árbol de levas, bielas, tren de repartición, volante, tornillería bielas y bancada, volante.

Equipo de prueba: Ficha técnica del banco de carga –Dinamómetro.

Etiqueta o rotulo: Elemento que sirve para la identificación e información del equipo.

Ficha técnica: del equipo electrógeno, capacidad del Grupo Electrógeno, Características técnicas del motor, generador y sistema de control.

Gestión de transporte: Es el proceso de organizar estratégicamente el movimiento de los equipos electrógenos desde y hacia las instalaciones señaladas ya sea desde campo a taller externo y viceversa.

Guía: Documento contractual entre el taller contratista y la empresa transportadora.

Horómetro: dispositivo que registra el número de horas en que un motor o un equipo, generalmente eléctrico o mecánico ha funcionado desde la última vez que se ha inicializado el dispositivo. Estos dispositivos son utilizados para controlar las intervenciones de mantenimiento preventivo de los equipos.

Informe de alineación entre componentes: motor-generador; motor- transmisión, verificación de parámetros de configuración de control.

Informe de Reparación: debe incluir cambio de componentes realizados en motor, generador, radiador, turbo y sistema de inyección, cabina.

Informe Diagnóstico: Compuesto de reportes de diagnóstico del motor, generador y radiador, después del desarme del grupo electrógeno.

Ingeniero asegurador QA: Persona encargada de asegurar los procesos asignados en la ejecución del overhaul.

Manifiesto de importación: Documento que describe los seriales del equipo.

Metrología: Conjunto de operaciones necesarias para mantener las características de un patrón dentro de unos límites, medidas y distancias apropiados.

Novedad: Alteración surgida durante la prestación del servicio, tal como hurto, colisión, saqueo o daño del equipo.

Overhaul: Servicio de mantenimiento preventivo y correctivo que se realiza a los equipos, conocido como mantenimiento mayor o mantenimiento cero, esto se realiza con el fin de mejorar el rendimiento, confiabilidad y prolongar la vida del activo.

Los 3 criterios para la realización de un overhaul:

- Por condición (análisis de aceites, termografía, vibraciones) CBM.
- Por emergencia operacional.
- Por horas de funcionamiento “horómetros”.

Personal: Verificación del perfil del personal que interviene en cada etapa del overhaul, .a ejecutar la prueba FAT/SAT acreditado para la actividad.

Procedimientos: El ejecutor del overhaul /mantenimiento mayor, debe tener un procedimiento escrito de cada etapa de ejecución del mantenimiento, desarme, armado y pruebas tipo del motor, generador y grupo electrógeno.

Pruebas FAT: Factory Acceptance Testing. Pruebas de aceptación de fábrica.

Pruebas SAT: Site Acceptance Testing. Prueba de aceptación del sitio.

Recepción del equipo: Proceso mediante el cual se recibe, inspecciona y verifica equipos o materiales destinados a overhaul o mantenimientos mayores.

Remisión: Documento que emplea el cliente para enviar la mercancía a nuestras instalaciones, este se encuentra impreso y con membrete, sirve para tener evidencia de los equipos que se han recibido en las condiciones solicitadas y aprobadas.

Reporte de reparación de componentes enviados a terceros. Culatas, sistema de inyección, sistema de enfriamiento, generador, radiador, turbo cargadores.

Repuestos: Listado de repuestos o accesorios a remplazar en el proceso de mantenimiento.

Seguimiento de la Guía: Actividad mediante la cual se verifica que el material llega a su destino final en buenas condiciones y el día acordado.

Tablas de derrateo: Perdidas de potencia dadas por el fabricante (Altura y temperatura ambiente del sitio donde se ejecutara la prueba FAT/SAT).

Transportadora: Empresa encargada de recoger y entregar los equipos en el lugar solicitado y/o destino final.

Introducción

Frecuentemente las compañías tienen su propio software de mantenimiento donde se realiza la planeación de Shutdown y Overhaul, ¿Pero qué sucede con estos activos en los talleres externos durante la ejecución de este mantenimiento o reparación? Se desconoce el seguimiento y cuidado de los activos que vele por el cumplimiento normativo, de características técnicas del fabricante y verificación de los costos invertidos en repuestos.

Este vacío en el mantenimiento mayor ha permanecido desapercibido en el sector de oil and gas incurriendo en sobrecostos de paradas no programadas por fallas prematuras en los activos que recién retornan de trabajos de overhaul, información no asertiva en la trazabilidad de los componentes de los equipos en campo y la no existencia de un dossier técnico especializado que brinde la información necesaria en caso de una eventualidad.

La confiabilidad aplicada en el mantenimiento siempre sea centrado en la disponibilidad de los equipos durante su operación, el seguimiento y control se ha llevado mediante software especializado cuya alimentación la mayoría de las veces no es la adecuada ya sea por falta de tiempo de los operadores como también por falta de capacitación de los mismos, esto genera continuamente inconvenientes en el momento de realizar un análisis de causa raíz (RCA) y acentúa el problema al revisar registros mal diligenciados y acumulados por un archivista por la falta de personal de gestión documental especializada.

En esta investigación se hará énfasis en la importancia de combinar en la ejecución de los mantenimientos mayores Overhaul con herramientas de aseguramiento QA y gestión de activos.

Resumen

Se genera la propuesta de Modelo de Confiabilidad QA para Mantenimiento Mayor Overhaul en la Empresa PCB INGENIERIA para ofrecer una mejora continua a los servicios de aseguramiento que está realizando en los equipos electrógenos de los campos de hidrocarburos de una empresa Canadiense dedicada a la exploración y producción de gas natural y petróleo en Colombia, enviados a mantenimiento mayor - overhaul, con sus diferentes contratistas como Trienergy, Gecolsa entre otros.

En el capítulo inicial se realizara un diagnóstico del estado actual de los equipos y el tipo de mantenimiento que se les está realizando, dentro de esta revisión se verificara el ciclo de vida del activo, la distribución taxonómica en la que se encuentra y el aseguramiento QA que tiene durante su ciclo de vida.

En el siguiente capítulo se lleva a cabo la investigación de la normativa técnica y legal que se aplica a la propuesta y se determinara cual es la nacional y cual la internacional y la importancia en los grupos electrógenos.

Posteriormente se realiza el análisis de los resultados de la investigación teniendo en cuenta el LCC del equipo, la jerarquización de criticidad y el desarrollo actualizado de taxonomía, finalizando con el análisis del aseguramiento de calidad QA durante todo el proceso de overhaul.

Se finaliza con la elaboración del informe gerencial y la creación del modelo de confiabilidad aplicado a un activo en este caso un grupo electrógeno.

Palabras Clave

Mantenimiento mayor overhaul, gestión de activos, aseguramiento de calidad (QA), grupo electrógeno, dossier.

Abstract

The QA Reliability Model proposal for Major Overhaul Maintenance is generated in the PCB INGENIERIA Company to offer a continuous improvement to the assurance services that it is performing in the generator equipment of the hydrocarbon fields of a Canadian company dedicated to exploration and production of natural gas and oil in Colombia, sent to major maintenance - overhaul, with its different contractors such as Trienergy, Gecolsa among others.

In the initial chapter, a diagnosis of the current state of the equipment and the type of maintenance that is being carried out will be carried out, within this review the life cycle of the asset, the taxonomic distribution in which it is located and the QA assurance will be verified that it has during its life cycle.

In the following chapter, the investigation of the technical and legal regulations that applies to the proposal is carried out and it is determined which is the national and which is the international one and the importance in the generator sets.

Subsequently, the analysis of the research results is carried out taking into account the team's LCC, the criticality hierarchy and the updated taxonomy development, ending with the analysis of the QA quality assurance throughout the review process.

It ends with the preparation of the management report and the creation of the reliability model applied to an asset, in this case a generator set.

Keywords

Major overhaul maintenance, asset management, quality assurance (QA), generator set, dossier.

Contenido

1	Título de la investigación	17
2	Problema de Investigación	17
2.1	Descripción del problema	17
2.2	Formulación del Problema.....	18
2.3	Sistematización del problema	18
3	Objetivos	19
3.1	Objetivo General.....	19
3.2	Objetivos Específicos	19
4	Justificación y Delimitación.....	19
4.1	Justificación	19
4.2	Delimitación.....	20
4.2.1	Delimitación de contenido.....	20
4.2.2	Delimitación de espacio.....	20
4.2.3	Delimitación de tiempo.....	20
4.3	Limitaciones.....	21
5	Marco Referencial de la investigación	21
5.1	Estado del Arte.....	21
5.1.1	Estado del arte Nacional	21

	14
5.1.2 Estado del arte Internacional.....	32
5.1.3 Sistemas para Evaluar la Confiabilidad, seguimiento QA y mantenimiento mayor overhaul.	32
5.2 Marco teórico.....	35
5.2.1 Mantenimiento Mayor - Overhaul.	36
5.2.2 Gestión de activos.	36
5.2.3 Confiabilidad.	37
5.2.4 Aseguramiento de Calidad (QA).	37
5.2.5 Costo Ciclo de Vida (LCC) en Mantenimiento.	37
5.2.6 Análisis de Causa Raíz (RCA).....	38
5.2.7 Definición de Grupo Electrónico.	39
5.3 Marco Legal y Normativo.....	40
6 Marco Metodológico.....	43
6.1 Recolección de la información	43
6.1.1 Tipo de investigación.....	43
6.1.2 Fuentes de obtención de la información	44
6.1.3 Herramientas.....	45
6.1.4 Metodología.....	45
6.1.5 Información recopilada.....	46
6.2 Análisis de la información	47

	15
6.3 Propuesta de solución	50
7 Impactos esperados / generados	52
8 Análisis financiero.....	62
9 Conclusiones y recomendaciones.....	63
9.1 Conclusiones	63
9.2 Recomendaciones	63
10 Bibliografía.....	64

Contenido figuras

Figura 1. Consolidación de resultados encuesta.....	47
Figura 2. Manual Mantenimiento Contratistas.....	53
Figura 3. Dossier overhaul.....	54
Figura 4. Recepción de equipo.....	55
Figura 5. Procedimiento pruebas FAT y SAT.....	56
Figura 6. Plan de inspección y ensayos.....	57
Figura 7. Taxonomía grupo electrógeno.....	58
Figura 8. LCC grupo electrógeno.....	58
Figura 9. Análisis de criticidad.....	59
Figura 10. Grupo electrógeno durante el overhaul	60
Figura 11. Grupo electrógeno durante el overhaul (continuación).....	60

1 Título de la investigación

Propuesta de un Modelo de Confiabilidad QA para Mantenimiento Overhaul en la Empresa PCB Ingeniería SAS

2 Problema de Investigación

2.1 Descripción del problema

PCB ingeniería es una empresa líder en brindar soluciones de asesoría, interventoría, y direccionamiento QA durante la ejecución de mantenimientos mayores Overhaul, con soluciones integrales para el sector industrial, energía y oil & gas.

La empresa es la encargada de asesorar a una multinacional pública canadiense dedicada a la exploración y producción de gas natural y petróleo, con operaciones enfocadas en Colombia y Perú, se omite el nombre por políticas de confidencialidad.

Esta compañía envía a mantenimiento mayor-overhaul sus grupos electrógenos de acuerdo a la planeación en SAP y se determina de acuerdo a los siguientes criterios:

horómetro, condición, falla

De acuerdo al seguimiento realizado por un año por PCB ingeniería, estos equipos no tienen seguimiento de aseguramiento de calidad, en adelante QA, durante su reparación, por tanto es incierta la calidad de los materiales utilizados y el cumplimiento de los estándares del fabricante del equipo.

Por otra parte estos equipos tan pronto ingresan a campo después del mantenimiento o reparación tienen continuos movimientos de ubicación en las facilidades y en la mayoría de los casos cambian el generador de un equipo a otro y no realizan el cambio de número del activo, este problema persiste cuando ocurre la mal llamada canibalización del equipo,

esto quiere decir que le quitan repuestos o refacciones y las insertan en otros equipos, dejando el primero inoperable y sin registros del cambio.

Cuando se presenta una falla y se genera un reclamo por garantía, el taller que realizó el mantenimiento no responde porqué el equipo fue modificado y la compañía no tiene la trazabilidad de los repuestos o equipos cambiados o reparados.

Finalmente, no se tiene estudios de análisis de causa raíz en adelante RCA, control ni registro de fallas prematuras en los equipos recién ingresados a campo y/o provenientes de mantenimiento mayor overhaul, la suma de los inconvenientes descritos anteriormente genera sobre costos en reparaciones o mantenimientos, paradas de equipos no programadas y por ende pérdidas de crudo en adelante diferidas demasiado altas.

2.2 Formulación del Problema

La pregunta que se formula a continuación orientará en la solución del problema de trazabilidad, sobre costos y paradas de equipos no programadas en activos después del mantenimiento Overhaul.

¿Un Modelo de Confiabilidad QA para Mantenimiento Mayor Overhaul mejora la trazabilidad del activo, reduce sobre costos en reparaciones o mantenimientos y evita paradas de equipos no programadas?

2.3 Sistematización del problema

¿Con qué criterio se puede mantener la trazabilidad de un activo mientras está en mantenimiento overhaul?

¿Qué herramienta se puede utilizar para determinar las fallas prematuras del activo después de su mantenimiento mayor?

¿Cómo aumentar el tiempo de vida útil en los grupos electrógenos?

3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Realizar una propuesta de Modelo de Confiabilidad QA para Mantenimiento Overhaul de la Empresa PCB ingeniería SAS, para tener trazabilidad del activo mientras esta en Mantenimiento Overhaul, disminuir sobre costos y paradas no programadas.

3.2 Objetivos Específicos

Realizar un diagnóstico del seguimiento de confiabilidad y seguimiento QA a los equipos en mantenimiento overhaul en cada una de sus etapas, para verificar los mecanismos utilizados dentro y fuera del país.

Investigar acerca de la jerarquización o distribución taxonómica, análisis del ciclo de vida y análisis de criticidad para establecer la vida útil del activo.

Elaborar informe gerencial y modelo de confiabilidad QA aplicado en un equipo Cummins QSX-15 de 500 kW con generador Stamford C500D6E de 480 v, y que sirva de guía para realizarlo en cualquier tipo de activo que salga a mantenimiento mayor overhaul.

4 Justificación y Delimitación

4.1 Justificación

Frecuentemente las compañías tienen su propio software de mantenimiento donde se realiza la planeación de Shutdown y Overhaul, ¿Pero qué sucede con estos activos en los talleres externos durante la ejecución de este mantenimiento o reparación? Se desconoce el seguimiento y cuidado de los activos que vele por el cumplimiento normativo, de características técnicas del fabricante y verificación de los costos invertidos en repuestos.

La combinación en la ejecución de los mantenimientos mayores Overhaul, con herramientas de seguimiento QA y gestión de activos, tendrá un mayor impacto en los resultados operacionales de la empresa, disminución de fallas tempranas y reducción de costos no programados. De lo expresado anteriormente nace la necesidad de generar un modelo de aseguramiento en overhaul como “Modelo de confiabilidad QA seguimiento de equipos en Mantenimiento Mayor – Overhaul”. Este modelo aparte de generar beneficios económicos en la reducción de los costos no programados, trae grandes beneficios a nivel social, ya que los equipos por sus emisiones de gas producto del combustible diésel disminuyen y por ende no se contamina el medio ambiente.

4.2 Delimitación

4.2.1 Delimitación de contenido.

Para desarrollar esta propuesta se evaluará la información aportada por PCB Ingeniería SAS quien realiza asesorías a una multinacional canadiense de oil & gas que opera en el país y cuenta con 343 grupos electrógenos en operación.

4.2.2 Delimitación de espacio.

La propuesta tomará para el estudio un grupo electrógeno Cummins QSX-15 de 500 kW con generador Stamford C500D6E de 480 v, se elige este equipo por ser promedio de los grupos electrógenos existentes en sitio.

4.2.3 Delimitación de tiempo.

Este proyecto se realizará con un tiempo de 10 meses a partir de febrero de 2020 en las oficinas de PCB INGENIERIA en Bogotá D.C., con viajes eventuales a campo Quifa (Puerto Gaitán, Meta).

4.3 Limitaciones

Se encuentra como limitación el desplazamiento e ingreso a los campos de crudo liviano para verificación del estado actual de los equipos, esta información se manejará mediante registros tomados de SAP, se viajará eventualmente por disponibilidad de permiso de ingreso a los campos de crudo pesado ubicados en Puerto Gaitán departamento del Meta.

5 Marco Referencial de la investigación

5.1 Estado del Arte

5.1.1 *Estado del arte Nacional*

El estado del arte que corresponde a este trabajo está a nivel global, ya que el tema en investigación no se encuentra implementado en Colombia como tampoco en el exterior, la información obtenida está relacionada específicamente por cada área como se describe a continuación en aseguramiento de calidad, overhaul, confiabilidad y grupo electrógeno,

5.1.1.1 *Aseguramiento de calidad.*

- **Experiencias en la evaluación del proceso aseguramiento de la calidad en el departamento Geoinformática mediante la aplicación de indicadores.**

En este artículo se efectúa una evaluación detallada al proceso de aseguramiento de la calidad del departamento Geoinformática del centro de desarrollo y señales digitales de la Universidad de las Ciencias Informáticas. En el ejercicio se midieron un conjunto de variables para compensar el proceso de aseguramiento a través de indicadores, esto evidenció las

deficiencias de un proceso de Aseguramiento de la Calidad informático para luego ser mejorados por medio de acciones correctivas. La validación de los resultados obtenidos se realizó verificando si los indicadores propuestos son capaces de medir las actividades especificadas por el estándar ISO/IEC 15504 (determinación de la Capacidad de Mejora del Proceso de Software) para conseguir buenos resultados en la implantación de un proceso de aseguramiento de la calidad en informática versus un estudio de los hallazgos encontradas en entrevistas al personal del área de calidad. (Jimenez, Rodriguez, & Arévalo, 2012), se toma este artículo con el fin de verificar si los indicadores propuestos pueden ser empleados para la investigación del modelo propuesto, pero solo aplican para la seguridad informática.

- **Sistema de trazabilidad para el aseguramiento de la calidad nutricional y la inocuidad del huevo línea ligera: Estudio de caso en la empresa avícola de Ciego de Ávila.**

El artículo ofrece un procedimiento basado en la normatividad internacional como solución al problema de la trazabilidad en la producción del huevo línea ligera, el objetivo es mantener las propiedades nutritivas, la rotación del producto y la bioseguridad requerida desde el galpón de producción hasta el cliente final. El trabajo describe una serie de procedimientos para la tipificación de las muestras o lotes, valoración de la conformidad de las muestras, certificados de primera parte para toda la línea de compradores, evaluación de proveedores, nóminas, tipo de contratación y lineamientos para el control interno durante toda la producción. (Delgado, 2009) La

anterior investigación describe un seguimiento de la calidad de un producto orgánico compuesto de una sola pieza por tanto no brinda aporte al objetivo real de la propuesta del modelo QA.

- **Aseguramiento de la calidad en instalaciones de atención médica de las fuerzas armadas de México.**

La intención de este trabajo es describir aspectos del aseguramiento de la calidad y establecer los procesos requeridos en la implantación de un sistema de gestión de calidad en unidades médicas involucrando a la Secretaría de la defensa nacional de México. Resalta la importancia de mejorar la calidad de los servicios de salud, garantizar equidad en el trato de los pacientes y finalmente ofrecer crecimiento profesional dentro de las institución al personal médico involucrado, (Amparán, Quirarte, & Volantín, 2004) este artículo se enfoca más a un sistema basado en la norma ISO 9001 que en el aseguramiento de la calidad, por tanto no aporta a la investigación propuesta en este libro.

- **Normativas EN-9100 e ISO 9000 en el sector aeroespacial español.**

Este artículo es específico del sector aeroespacial español, describe los resultados obtenidos al instaurar la norma EN 9100 y compararlos con los resultados que provienen de la implementación de las normas ISO 9000, este estudio se solicitó a de 355 empresas del sector, de las cuales respondieron el cuestionario solamente 115, la conclusión determinó que en este sector aeroespacial la EN 9100 brinda mayor impacto que el paquete brindado por las ISO 9000 en las áreas organizacionales, gestión de recursos, y atención al cliente. (Catillo, Mercado, Prado, & Soto, 2014) El

artículo brinda información administrativa y no técnica de seguimiento a sus equipos o activos que es la intención del modelo QA propuesto.

5.1.1.2 *Mantenimiento Overhaul.*

- **Transitioning defence aerospace support solution to service commercial sector maintenance, repair and overhaul.**

En este artículo La aviación civil como industria ha impulsado un crecimiento continuo utilizando proveedores de MRO externos, este mercado en crecimiento atrajo organizaciones de la industria de defensa para explorar las oportunidades comerciales de prestar servicios en el sector comercial, pero se enfrentan riesgos significativos para superar una gran desventaja inicial antes de que puedan competir, esta investigación compara los requisitos del servicio de los sistemas de MRO en el sector de defensa y el sector comercial para identificar las brechas entre los dos paisajes de servicios.

Permite que los proveedores de servicios respondan a las solicitudes de los clientes, pero con la posibilidad de adaptar un sistema eficaz en la transición militar a comercial, se espera un nuevo sistema de apoyo para que las organizaciones de la industria de defensa aprovechen experiencia en el diseño del sistema y soporte para los aviones militares para migrar al mercado adyacente. (Hodges & PT, 2018)

Este artículo no aporta a la investigación del modelo QA ya que hace referencia a una actividad de activos de carácter militar a comercial y no menciona el overhaul del equipo como se requiere.

- **Collaborative Product–Service Approach to Aviation Maintenance, Repair, and Overhaul. Part II: Numerical Investigations.**

Este documento propone un nuevo enfoque colaborativo para el mantenimiento, reparación y revisión del fuselaje (MRO) describe un modelo cuantitativo para representar las relaciones comerciales entre los fabricantes de equipos originales (OEM) y las empresas MRO.

El modelo presentado se utiliza para evaluar los posibles beneficios financieros obtenidos por cada una de estas partes interesadas como resultado de la colaboración, está construido para capturar las principales dependencias entre un MRO independiente que opera en Sudamérica y su interacciones con los tres principales fabricantes de equipos originales de fuselajes, para este trabajo se realizaron entrevistas con profesionales de MRO y OEM para identificar los recursos operativos impactantes en las actividades de MRO y con los grupos de interés con diferentes características en cuanto a capacidad de producción, presupuesto anual de los ingresos, tamaño de la flota y la antigüedad, todos los anteriores se consideraron en los estudios numéricos para cuantificar la viabilidad del modelo comercial colaborativo propuesto en diferentes escenarios.

Los resultados obtenidos muestran que se deben determinar niveles óptimos de inversión para cada grupo de interés para asegurar la viabilidad de la propuesta de negocio colaborativo, que confirma la necesidad de un método cuantitativo para ayudar a los diseñadores de servicios a tomar decisiones. Este modelo colaborativo contribuye a la literatura relativamente escasa sobre el tema y promueve una colaboración estructurada y efectiva

entre los OEM y las empresas de MRO con el objetivo de ofrecer un mayor valor añadido a los clientes (operadores). (Dias & Kokkolaras, 2019)

El artículo descrito hace énfasis en la importancia entre el mantenimiento y el mercado de repuestos con los proveedores, pero no brinda seguimiento a las partes del activo involucradas.

- **Research of Impact of Layout Overhaul System on Effectiveness and Efficiency of Overhaul Process.**

En Este artículo presenta los resultados de la investigación sobre el efecto del concepto de herramientas de ajuste y diseño en un ciclo de reparación y distribución de carga de trabajo, describe el proceso de revisión de los sistemas técnicos, la distribución de puestos de trabajo de manera que se mantenga un flujo equilibrado de materiales y componentes necesarios para la realización del proceso de revisión técnica del sistema.

Los estudios de su aplicación fueron realizados en el proceso de reparación de un turborreactor mediante la simulación del trabajo, estos procesos utilizan herramientas de software Microsoft Project y Microsoft Office Excel, los resultados de la investigación establecieron los principios de la duración de los ciclos de revisión y cambios en la carga de trabajo en el ciclo de reparación en función del diseño y se puede utilizar de forma confiable para evaluar el impacto de las herramientas aseguramiento en el proceso. (Bogdan & Vlado, 2017)

El artículo describe como determinar una secuencia adecuada en el momento de realizar un mantenimiento teniendo en cuenta los lineamientos

de la simulación, pero no aporta acerca del aseguramiento de calidad durante el proceso.

- **Aggregate overhaul and supply chain planning for rotables**

El artículo considera el problema de planificar el mantenimiento preventivo y la revisión de módulos que se utilizan en una flota de activos como trenes o aviones, cada tipo de módulo tiene su propio programa de mantenimiento en el que una cantidad máxima de tiempo o uso entre revisiones, está estipulado las revisiones que se realizan en un taller con capacidad limitada, el problema es determinar los niveles agregados de la fuerza laboral frente a los niveles de existencias de módulos, cantidades de mantenimientos y reemplazos, el objetivo es minimizar la suma de los costos de mano de obra, los costos de materiales de revisión y el stock de refacciones durante todo el ciclo de vida del activo. (Arts & Flapper, 2013)

Este documento apporto la idea de realizar un LCC comparativo entre un equipo sin overhaul durante toda su etapa de vida frente a uno con trabajos de overhaul.

5.1.1.3 Confiabilidad.

- **El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional.**

En este artículo explica la metodología para establecer las prioridades en los procesos, sistemas o equipos, con el fin de facilitar la toma de decisiones bajo un contexto operacional.

Determina cuatro aspectos fundamentales como son la confiabilidad humana, de proceso, de diseño y la de mantenimiento y concluye que es muy difícil cumplir con cada una de ellas ya que el presupuesto designado para la confiabilidad es muy limitado. (Mendoza, 2000)

El aporte que genera para el modelo planteado es de realizar un análisis de criticidad basado en la jerarquización del activo.

- **Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica.**

Actualmente la mejora del mantenimiento va encaminada a optimizar costos, aumentar la disponibilidad, la confiabilidad operacional, y aumentar el período de vida útil de los activos. Este artículo tuvo como fin generar una herramienta tipo encuesta en una empresa de transmisión eléctrica para ver la viabilidad de implementar un sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad. Se validó dicha herramienta demostrándose su factibilidad de implantación. (Días, Villar, & Cabrera, 2016)

El artículo aporta la importancia de la vida útil de los activos dentro de un proceso de RCM.

- **Propuesta de un nuevo programa de mantenimiento a los motores Hyundai de grupos fuel oil.**

El trabajo expone acciones enfocadas a reducir los costos asociados al mantenimiento de los grupos electrógenos de la Empresa de Generación de Energía Eléctrica Grupos Electrógenos Fuel – Oíl, Bayamo, Granma, Cuba (EMGEF). Realiza una comparación entre el presupuesto del programa de mantenimiento planificado con un nuevo programa como

resultado de este estudio. La propuesta se fundamentó en el alargamiento del ciclo en horas de mantenimiento, muestra una programación de diagnóstico, describe actividades de medición e inspección, con sus rutas de mantenimiento, se establecieron los costos de ejecución de las rutas de inspección y de medición propuestas y con los resultados obtenidos de este análisis se estableció un nuevo presupuesto de mantenimiento más económico. (Álvarez & Hernández, 2020)

Esta artículo aunque no apporto puntualmente al modelo, si genero la necesidad de establecer un plan de inspección de seguimiento para los activos.

- **Metodología para la Planificación y Control de la Ejecución de Mantenimientos Preventivos y Correctivos de Líneas de Subtransmisión**

El artículo plantea una metodología para planear y controlar la ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos en líneas de transmisión a través de la ejecución del método de Gravedad, Urgencia y Tendencia “GUT” que permite precisar prioridades y dar soluciones a las fallas causadas en líneas.

La propuesta describe los tipos de mantenimiento en líneas de transmisión, un inventario de causas de interrupciones, identifica las responsabilidades de la operación y mantenimiento tanto en la Empresa Eléctrica Quito como en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte con las actividades de mantenimientos que se realizan en las líneas. (López & Salazar, 2020)

El artículo aporta la necesidad de tener claro y consignado en un documento el tipo de mantenimiento a realizar y los respectivos registros de su ejecución.

5.1.1.4 Grupo Electrónico.

- **Diagnóstico del servicio de mantenimiento de grupos eléctricos de emergencia.**

Este artículo muestra los efectos de la investigación elaborada para una compañía prestadora de servicios de mantenimiento a grupos eléctricos de emergencia, su objetivo es identificar las causas de mayor impacto sobre el servicio. Para este estudio utilizan herramientas como observación, revisión documental, entrevista, lluvia de ideas, diagrama causa-efecto y diagrama de relaciones, el trabajo identificó un conjunto de factores que impactan negativamente la gestión del mantenimiento, identificó como causa más importante la variedad de marcas y la mezcla de sus contextos operacionales, la falta de conocimiento del personal para establecer y reconocer las fallas funcionales y sus modos de falla, como también la falta de mecanismos de supervisión y control. (Martínez, Cabrera, & Arce, 2019)

Este artículo brinda al modelo la importancia de la supervisión y control durante la realización de un mantenimiento.

- **Contribución del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para el Estudio de Fallos a Equipos Consumidores de Energía Eléctrica.**

El artículo describe el mantenimiento como herramienta tecnológica enfocada al fortalecimiento del desempeño de los activos de producción o servicio, es el notable atenuante para de una forma económicamente racional atenuar el ritmo de deterioro de los equipos. Este trabajo describe los resultados de una investigación ejecutada en un hotel de modalidad de sol y playa cubano, se utilizó la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), incluyó las funciones de los equipos, las fallas funcionales, los efectos de fallas y las consecuencias en los costos de mantenimiento. (Espinosa & Perez, 2020)

Este trabajo describió la importancia de realizar un estudio de criticidad en los activos de un proceso para reducción de costos en reparaciones.

- **Importancia para el mantenimiento de elementos mecánicos y fallos en turbinas de vapor. Análisis de históricos.**

Este trabajo describe el diagnóstico de fallas que se presenta en las turbinas de vapor, el objetivo es establecer los ítems mecánicos y las fallas más representativas para las rutas de mantenimiento, como ejemplo tomaron los datos históricos de tres turbinas de vapor de 100 MW en el período alcanzado entre el año 1999 y 2014. Se determinan los elementos mecánicos más significativos de acuerdo a su tasa de falla y costo de mantenimiento. (Pino & Hernandez, 2017)

El artículo crea la necesidad de generar una taxonomía en los activos para determinar su grado de importancia en el estudio de los modos y efectos de falla.

5.1.2 Estado del arte Internacional

En este numeral se describen algunos trabajos de grado que tratan de los temas afines a la investigación, aunque no aportan puntualmente al trabajo si generan inquietudes que generan soluciones al problema planteado en este trabajo.

5.1.3 Sistemas para Evaluar la Confiabilidad, seguimiento QA y mantenimiento mayor overhaul.

- **Análisis de alternativas de generación de energía para el campo Paoya.**
Universidad Industrial de Santander. Jorge Eliecer Forero Galán, Jorge Humberto Caicedo Ortiz. 2016.

Este documento busca revisar el método actual con el que se proporciona energía a los sistemas de bombeo mecánicos, realiza verificación de los cálculos de la potencia de los equipos, con la tabla de producción de crudo del pozo Campo Payoa establece un comparativo entre la profundidad del pozo vs la potencia de la bomba requerida y de esta forma ver la potencia eléctrica requerida y así determinar el motor requerido para la alimentación del sistema, finalmente establece los costos requeridos en la línea de transmisión de redes externa e internas.

Este proyecto de grado aporta a este trabajo las bases de los cálculos requeridos en establecer la potencia requerida en cada uno de los clúster.

- **Estudio de prefactibilidad para la instalación de 4 plantas eléctricas a gas natural para el abastecimiento energético de la zona franca Bogotá.**
Universidad Industrial de Santander. Deivyd Daniel Aguilar Sánchez. 2016.

Este estudio busca brindar un direccionamiento técnico y financiero de implementación de grupos electrógenos alimentados con gas natural y que cumpla

con las necesidades eléctricas de Zona Franca Bogotá, en el momento de un apagón o pérdida de energía no programada.

Verifican modelos y marcas equipos disponibles en el mercado nacional, el marco legal de certificación de producto RETIE, complementan con un estudio técnico de las necesidades de la zona Franca, teniendo definidas las anteriores variables, realizan el estudio de caja o flujo de valores y de esta forma determinar la viabilidad de la implementación del sistema propuesto.

Este proyecto de grado aporta a este trabajo las bases de los cálculos financieros requeridos en establecer la adquisición del modelo del grupo electrógeno.

- ***Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los motores Caterpillar 3516 de los grupos electrógenos de una refinería de petróleo Iquitos - Perú. Universidad Nacional del Callao. Raúl Humberto Álvarez Caycho. 2018.***

Esta investigación busca generar un plan de mantenimiento basado en RCM en dos grupos electrógenos utilizados en refinería, inicialmente verifican el contexto operacional de los equipos, funciones y fallas funcionales, establecen los modos y efectos de falla de sus principales componentes, y utilizando un diagrama de decisión determinan las tareas de mantenimiento y la periodicidad de las mismas y se elabora e plan de mantenimiento.

Se implementó el nuevo plan de mantenimiento, y se obtuvieron resultados de mejoramiento de la disponibilidad de los equipos, se redujo el tiempo de reparación, y se aumentó el tiempo medio entre fallas.

Este proyecto de grado aporta a este trabajo las bases de los análisis de confiabilidad requeridos en la disponibilidad de los equipos electrógenos.

- ***Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para flota de generadores empresa generación sistemas S.P.A (Gensys). Universidad Técnica Federico Santa María. Chile. Mario Sebastián Garavito González. 2018.***

Este trabajo describe los aspectos de un mantenimiento preventivo, las generalidades de un grupo electrógeno, realizan un diagnóstico del estado actual de la empresa respecto a estos equipos, realizan un inventario de refacciones en stock y con ello elaboran un análisis de costos. Con las actividades descritas anteriormente elaboran el plan de mantenimiento acorde a la empresa, elaboran los formatos requeridos para el seguimiento y control del mantenimiento, establecen los indicadores de medición y logran la optimización de disponibilidad de los equipos, y disminuir los tiempos de reparación no programada.

Este proyecto de grado aporta a este trabajo las bases de los indicadores requeridos en el mantenimiento preventivo y direccionamiento en el stock de repuestos de los equipos.

- ***Evaluación de la confiabilidad del sistema de generación eléctrica en una refinería de hidrocarburos. Universidad de Piura. Perú. Julio Flores Marcelo. 2015***

Este proyecto de grado establece inicialmente los conceptos básicos del sistema eléctrico de los equipos, desde la generación hasta su distribución, posteriormente definen los puntos para la aplicación del análisis de confiabilidad y así determinar las herramientas para generar los modelos de indicadores que se requieren para el seguimiento del activo.

Ya establecidos los criterios anteriormente descritos, conforma su modelo de confiabilidad y lo implementan para realizar la trazabilidad del comportamiento del activo e interpretar los resultados obtenidos.

Este proyecto de grado aporta a este trabajo las bases del análisis de confiabilidad requerido en establecer indicadores de seguimiento de los equipos.

- *Análisis de grupo electrógeno, ups y sistemas de transferencia automática en un hospital tipo del IMSS de la red del país. México. Universidad Nacional Autónoma de México. José Manuel González Hernández. 2016.*

Este estudio pretende aportar mejoras de los sistemas de emergencia en hospitales, mediante un análisis de la instalación eléctrica, los servicios generales, calcular las redes generales de alimentación como transformador de corriente y con estos datos poder determinar el tipo de grupo electrógeno que se requiere, lo más importante en esta investigación es calcular exactamente la UPS, ya que esta debe mantener energizado el circuito en caso de una eventual falta de suministro de energía hay un tiempo muerto mientras se realiza el cambio en la transferencia de energía de publica a la de la planta eléctrica.

Este proyecto de grado aporta a este trabajo las bases de las variables requeridos para dar solución oportuna ante un estado de emergencia o suspensión del suministro de energía no programada.

5.2 Marco teórico

Es el interés de la presente investigación generar el sustento teórico y científico para el desarrollo de cada uno de los elementos necesarios para tener en cuenta en la propuesta es por esto que se tratarán dentro de este numeral los temas:

5.2.1 *Mantenimiento Mayor - Overhaul.*

Mantenimiento Cero Horas (Overhaul): Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano. (Chavez, 2019)

5.2.2 *Gestión de activos.*

La importancia de la gestión de activos es mejorar el rendimiento, aminorar costes, extender la vida útil y obtener el mejor retorno de inversión de los activos. Así que se ha transformado en un modelo de negocio que fusiona la planificación estratégica con mantenimiento, operaciones y decisiones para la inversión de capital. De tal manera que la gestión de activos en empresas industriales recurre a la eficiencia de todos los activos, incluyendo normas, inventarios y recursos humanos. A ello se agregan las metas de inversión, reparación. Mantenimiento y gestión de explotación.

Actualmente, la Gestión de Activos es base para que las empresas de planificación de mantenimiento puedan ofrecer respuesta confiable a las propias necesidades del negocio. No se trata de enfocarse solamente en ejecutar las acciones sobre los activos, sino generar valor a través de activos, es decir, estar enfocado en el negocio.

Así surge la Norma ISO 55000 que tiene como objetivo controlar el riesgo, es decir, gestionar toda la información relacionada a la vida útil de los activos en cuestión. De

manera que se fusione a los demás sistemas de información de la empresa con el objetivo de obtener datos claves para la toma de decisiones.

Esta integración de la información de ciclo de vida de los activos permite optimizar su mantenibilidad elevando así su fiabilidad; por tanto, se asegura la rentabilidad. A estos beneficios se añade la reducción en costes de operación y el incremento de la calidad del producto final. (Forero, 2019)

5.2.3 *Confiabilidad.*

La confiabilidad; se refiere a la probabilidad de que un sistema o componente, pueda funcionar correctamente fuera de falla, por un tiempo específico. Más sencillamente, Confiabilidad es la probabilidad de que un sistema o producto funcione. (Diaz, 2012)

5.2.4 *Aseguramiento de Calidad (QA).*

El aseguramiento de la calidad (se usa con frecuencia el anglicismo Quality Assurance, QA) es el conjunto de actividades planificadas y sistemáticas aplicadas en un sistema de gestión de la calidad para que los requisitos de calidad de un producto o servicio sean satisfechos. (Ramirez, 2018)

5.2.5 *Costo Ciclo de Vida (LCC) en Mantenimiento.*

Desde la concepción de un activo, en la etapa del diseño, quienes lo conciben lo desarrollan pensando en un tiempo de duración conocido como vida estimada.

Siempre en la mente de los diseñadores y proyectistas de activos hay claridad en que en algún momento un activo no será confiable y por tanto habrá razones de peso para darlo de baja, ya sea porque su costo de operación supere los beneficios de utilizarlo, existan altos riesgos para las personas al usarlo, que una norma exija su salida del servicio por regulaciones ambientales, o que el activo llegue a ser obsoleto en su tecnología.

El ciclo se inicia con la definición conceptual y el análisis de la viabilidad económica de la adquisición o modernización del activo. Luego de esto se inicia la selección de tecnología, la definición de materiales y lo que se conoce como la ingeniería de detalle para satisfacer los requerimientos ya definidos, y los parámetros de calidad que se quieren obtener, según los tipos de funciones que vaya a cumplir el sistema en cuestión. A continuación, se seleccionan las alternativas para los activos a adquirir y según sus características, ventajas y limitaciones, se hará el estudio de costos y beneficios.

Luego de que se instala el activo, lo típico es definir una estrategia de mantenimiento con el fin de que las actividades de tipo preventivo, predictivo y correctivo contribuyan al cumplimiento de las funciones. Finalmente, si en algún momento no es satisfactoria la manera como el activo cumple las funciones, y las tareas normales de mantenimiento no logran ser confiables, en ese caso es necesario darlo de baja y evaluar una acción apropiada para reemplazarlo o hacer una inversión en una recuperación de capacidad del mismo. (Reliability, s.f.)

5.2.6 *Análisis de Causa Raíz (RCA).*

Análisis de Causa Raíz (ACR o RCA en sus siglas en inglés) es un método para la resolución de problemas que intenta evitar la recurrencia de un problema o defecto a través de identificar sus causas. Existen varias medidas efectivas (métodos) que abordan las causas raíz de un problema, por lo tanto, ACR es un proceso reiterativo y una herramienta para la mejora continua.

Esta metodología es usada normalmente en forma reactiva para identificar la causa de un evento, para revelar problemas y resolverlos. El análisis se realiza después de ocurrido el evento, con un buen entendimiento de los ACR permite que la metodología sea preventiva y pronosticar eventos probables antes de que sucedan.

El análisis de causa raíz no es una metodología simple y definida; hay muchas herramientas, procesos y filosofías a la hora de realizar un ACR. Sin embargo, existen varios abordajes de amplia definición o corrientes que pueden identificarse por su tratamiento sencillo o su campo de origen: basados en la seguridad, basados en la producción, basados en los procesos, basados en las fallas, y basados en los sistemas.

El objetivo primario del ACR es identificar los factores que resultaron en la naturaleza, la magnitud, la ubicación, el momento (las consecuencias) de un evento o más para poder identificar comportamientos, acciones, inacciones o condiciones necesarias que cambien. De esa manera prevenir la reiteración de eventos dañinos similares y poder identificar las lecciones a aprender para promover el logro de mejores consecuencias. (Se define el "éxito" como la certeza casi absoluta de la prevención de la reiteración de un evento.). (Pistarelli, 2014)

5.2.7 Definición de Grupo Electrónico.

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico.

Así mismo, la legislación de los diferentes países puede obligar a instalar un grupo electrógeno en lugares en los que haya grandes densidades de personas, como hospitales, centro de datos, centros comerciales, restaurantes, cárceles, edificios administrativos, etc.

Una de las utilidades más comunes es la de generar electricidad en aquellos lugares donde no hay suministro eléctrico. Generalmente son zonas apartadas con pocas infraestructuras y muy poco habitadas. Otro caso sería en locales de pública concurrencia:

hospitales, fábricas, etc., lugares en los que la energía eléctrica de red es insuficiente y es necesaria otra fuente de energía alterna para abastecerse. (Cummins, 2018)

5.3 Marco Legal y Normativo

En la tabla descrita a continuación se consolida las normas y reglamentos que aplican en esta investigación de propuesta de un modelo de confiabilidad QA para mantenimientos mayores overhaul.

Tabla 1

Consolidación de resultados encuesta

NORMA/ REGLAMENTO/LEY	NUMERAL	OBSERVACIONES
Reglamento de Instalaciones Eléctricas RETIE (Decreto 18039 de 2004).	Artículo 35° reglamentación técnica para grupos electrógenos y demás Plantas eléctricas accionadas por motor de combustión.	Este documento se tendrá en cuenta para establecer la disposición final y conexión del activo.
NTC 2050 Norma Técnica Colombiana	7.6 Sistemas de emergencia	El objetivo de este código eléctrico Colombiano es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad. Este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad.
ISO 14224 Industria de Petróleo y Gas Natural.	5. Límites y jerarquías de los equipos	En el proyecto esta norma se aplicará en la taxonomía y jerarquización de partes del activo.
ISO 55001 Gestión de Activos.	9.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación	Esta norma es aplicada en proyecto en la elaboración del análisis de criticidad del equipo y sus partes.

NOTA: Tabla de marco legal y normativo

5.4 Marco Histórico

PCB ingeniería es una empresa legalmente constituida desde el año 2016 en Colombia y es conformada por profesionales con más de 10 años de experiencia específica en el área de oil & gas, de los cuales la experiencia adquirida fue en los campos de crudo

liviano y pesado realizando labores de confiabilidad, gestión documental especializada y seguimiento QA en el mantenimiento mayor Overhaul de los activos pertenecientes a Ecopetrol y Frontera Energy. (Barrera, 2016)

Los servicios prestados como pilares de la organización son los siguientes:

5.4.1 Direccionamiento QA

- ***Seguimiento QA Overhaul.***

La combinación en la ejecución de los mantenimientos mayores Overhaul, con herramientas de aseguramiento QA y gestión de activos, tendrá un mayor impacto en los resultados operacionales de la empresa, disminución de fallas tempranas y reducción de costos no programados.

Este modelo es aplicado a maquinas rotativas, equipos estáticos, grupos electrógenos, sistemas de bombeo, compresores, turbinas, transformadores

- ***Gestión Documental Especializada.***

En la ejecución en los trabajos de construcción, reingeniería o repotenciación de equipos la información de trazabilidad muy importante para el cierre de los procesos, PCB Ingeniería cuenta con la experiencia en asesoría, control y elaboración de dossiers de construcción, comisionamiento, precomisionamiento y overhaul en el sector eléctrico y de oil & gas.

5.4.2 Mantenimiento Predictivo

Mantenimiento Predictivo indican síntomas específicos antes del fallo.

No se requiere la interrupción del servicio, tampoco ningún cambio de la tensión de funcionamiento normal, no intrusivo.

No destructivo, las pruebas no afectan o generan daños bajo la inspección.

La prueba se lleva a cabo durante las tensiones habituales.

- ***Termografía***

Es una técnica predictiva no invasiva, la cual recrea una imagen térmica que permite hacer diversos análisis (termograma), tanto cualitativos como cuantitativos, del equipo inspeccionado.

- ***Coronografía.***

Se utiliza para el mantenimiento predictivo de equipos de alta tensión, refleja su capacidad para identificar corona, arco o tracking, denotar ubicación de falla, ayudar a predecir crisis inevitable, visualizar tanto los objetos que emiten y la radiación emitida, y evaluar la gravedad del caso objeto de la inspección.

5.4.3 Asesoría e Interventoría

- ***Gestión de activos***

Un Sistema de Gestión de Activos es un instrumento que permite a las organizaciones planear, ejecutar y controlar actividades necesarias para el desarrollo de integral de la compañía, los cuales son medidos a través de los indicadores de satisfacción de los usuarios, dando cumplimiento a estándares de calidad en pro de la mejora continua.

Asesoría en ISO 14224 Industria de petróleo, petroquímica y gas natural.

Asesoría en ISO 55001 Gestión de activos – sistemas de gestión.

- ***Certificación de Producto***

La certificación de productos, procesos o servicios es un medio para asegurar que estos cumplen con los requisitos especificados en las normas u otros documentos normativos.

Asesoría en ISO/IEC17065 Evaluación de la conformidad — Requisitos para organismos que certifican productos, procesos y servicios.

Asesoría en NTC – ISO –IEC 17067 Evaluación de la conformidad, fundamentos de la certificación de productos y directrices para los esquemas de certificación de productos como los exigidos por RETIE y RETILAP.

- **Reglamentos.**

El objeto fundamental de un reglamento es establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico.

Asesoría en RETIE Reglamento Técnico de instalaciones eléctricas.

Asesoría en RETILAP Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.

(Barrera, 2016)

5.4.4 Ubicación y Datos de Contacto

PCB Ingeniería se encuentra ubicada en Bogotá D.C., en la Calle 163 B # 50 - 32, página web <https://pcbingenieriasas.com>, <https://www.linkedin.com/company/pcb-ingenieria>

6 Marco Metodológico

6.1 Recolección de la información

6.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se utiliza en este trabajo es el descriptivo, ya que se considera concluyente por su naturaleza cuantitativa, esta tiene la virtud de tener una planeación y diseño estructurado. Este tipo de investigación define con mayor precisión la opinión, actitud o comportamiento de un grupo de personas con un tema proporcionado.

Cuando se agrupan las respuestas en opciones predeterminadas brindará datos que pueden deducirse a partir de estadísticas.

6.1.2 Fuentes de obtención de la información

6.1.2.1 Fuentes primarias

La información que se toma con la fuente primaria es la correspondiente a la aportada por la compañía PCB ingeniería, esta corresponde a los archivos de SAP de su módulo de mantenimiento donde están las fichas técnicas de los equipos, históricos de falla, rutinas de mantenimiento, personal a cargo de los trabajos y fechas de programación para mantenimientos mayores overhaul y a los registros de seguimiento y visitas a talleres externos donde realizan los trabajos de mantenimiento a la compañía.

6.1.2.2 Fuentes secundarias

La información correspondiente a las fuentes secundarias se toma de los trabajos afines a esta investigación donde estén descritos temas de confiabilidad, seguimiento QA y mantenimientos mayores overhaul, lamentablemente no se consigue información puntual del tema en investigación, cada uno de las áreas nombradas trabajan de forma independiente y no se correlacionan, por lo tanto se realizara una encuesta técnica a los gerentes de mantenimiento de empresas del sector de oil and gas.

De acuerdo al activo en estudio se tomaran manuales y procedimientos directamente de los fabricantes de los equipos como guía teórica en las buenas prácticas de mantenimiento.

Finalmente se tiene en cuenta la normativa internacional que aplique a la mejora continua de los activos como la ISO 14224 y la ISO 55001.

6.1.3 Herramientas

Las herramientas utilizadas para el procesamiento de la información obtenida serán aplicadas de acuerdo a su grado de aplicación en la investigación.

Elaborar una encuesta técnica a los gerentes de mantenimiento de 11 empresas del sector de oil and gas.

La información obtenida de la herramienta informática SAP, inicialmente se tomara exclusivamente el activo grupo electrógeno, su histórico de fallas y rutinas de mantenimiento, en la parte administrativa se verifica si se realiza una evaluación de proveedores en su ámbito de calidad y técnico y si todo lo descrito está dentro de un marco normativo.

6.1.4 Metodología

La metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos específicos para llegar al objetivo general de la presente investigación se llevara a cabo de la siguiente manera:

Para conocer el estatus actual del proceso de seguimiento QA asociado a la confiabilidad de los equipos se realiza una encuesta al personal de gerencia de mantenimiento en 11 compañías de oil and gas y así determinar el diagnostico o la necesidad de la mejora continua en este proceso.

Realizar un diagnóstico del seguimiento de confiabilidad y seguimiento QA a los equipos en mantenimiento overhaul en cada una de sus etapas, para verificar los mecanismos utilizados dentro y fuera del país.

Investigar acerca de la jerarquización o distribución taxonómica, análisis del ciclo de vida y análisis de criticidad para establecer la vida útil del activo.

Elaborar informe gerencial y modelo de confiabilidad QA aplicado en un equipo Cummins QSX-15 de 500 kW con generador Stamford C500D6E de 480 v, y que sirva de guía para realizarlo en cualquier tipo de activo que salga a mantenimiento mayor overhaul.

6.1.5 Información recopilada

Encuesta realizada a la gerencia de mantenimiento en la programación de mantenimientos mayores en 11 compañías de oil and gas.

Se realizó la encuesta con las siguientes preguntas:

- ¿Tiene un plan de mantenimiento para sus equipos basado en confiabilidad?
- ¿Tiene un plan de seguimiento QA en sus procesos de mantenimiento?
- ¿Tiene un plan independiente de mantenimiento mayor - overhaul?
- ¿Realiza seguimiento a las fallas tempranas de sus equipos?
- ¿Realiza evaluación de desempeño a sus contratistas de mantenimiento y/o reparaciones?
- ¿Conoce los lineamientos del fabricante y la normatividad de sus equipos?
- ¿Analiza periódicamente el costo ciclo de vida de sus equipos?
- ¿Específicamente, los equipos en su sistema de mantenimiento están discriminados por su taxonomía?
- ¿Los repuestos en stock del almacén son solicitados por análisis de criticidad?
- ¿De acuerdo a las preguntas anteriores, cual tema le gustaría reforzar en su plan de mantenimiento?

El cuestionario mencionado comprende puntualmente los temas más importantes de la investigación planteada, busca las falencias y fortalezas en cada una de las empresas participantes en el tema del mantenimiento mayor overhaul.

Se obtuvo los manuales del fabricante del activo que se tomó como piloto para la aplicación del modelo propuesto, grupo electrógeno compuesto de un motor Cummins QSX-15 de 500 kW con generador Stamford C500D6E de 480 v.

PCB ingeniería aporta a la investigación toda la información requerida de fallas del equipo, rutinas de mantenimiento, listado de talleres externos de reparación, y demás información relacionada con el tema descargada del SAP de la compañía canadiense que opera en Colombia.

6.2 Análisis de la información

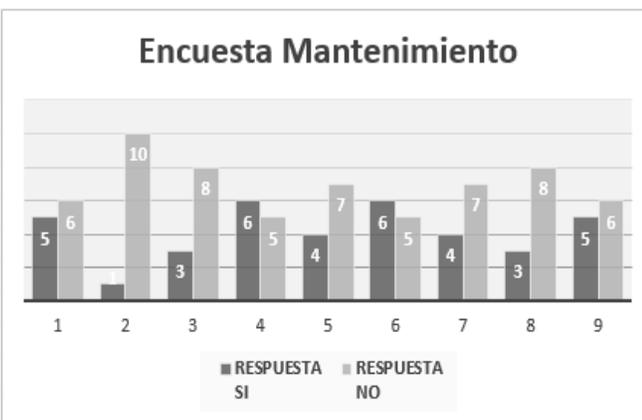
Después de realizar un análisis de la información que determina las fortalezas y opciones de mejora, se obtienen los siguientes resultados:

La encuesta realizada a las compañías del sector ver figura 1, describe la consolidación de los resultados, en estos se evidencia que la mayoría de las respuestas de la encuesta realizada es no, esto demuestra la necesidad de un modelo de confiabilidad específico para los activos en trabajos de overhaul.

Figura 1

Consolidación de resultados encuesta

NUMERO DE PREGUNTAS	11 EMPRESAS	
	RESPUESTA SI	RESPUESTA NO
1	5	6
2	1	10
3	3	8
4	6	5
5	4	7
6	6	5
7	4	7
8	3	8
9	5	6
10	TEORICA	



NOTA: Resultado de encuesta realizada a 11 compañías del sector de oil and gas. Fuente: Autor

La mayoría de las compañías cuentan con un software de mantenimiento especializado, en este mantienen el seguimiento de la planeación, ejecución de las rutas de mantenimiento, backlog, cálculos de confiabilidad para la disponibilidad de los equipos y la importancia de los equipos backup en el momento de una falla.

Pero todas tienen en común que es un mantenimiento generalizado, y no existe seguimiento QA durante el mantenimiento mayor overhaul, es de notar que este tipo de mantenimiento es el que requiere una mayor inversión, cambio de refacciones, y pruebas funcionales de la repotenciación.

El software está programado para dar la alarma de que el equipo debe salir a mantenimiento, el personal a cargo lo envía a talleres externos para la reparación previa aprobación presupuestal del personal administrativo (análisis de la orden de servicio emitida por el taller externo), el equipo sale a overhaul, después de la reparación ingresa nuevamente a campo, se actualiza el software con la novedad de la reparación y de esta forma mantiene el ciclo.

Este resultado evidencia un vacío durante la ejecución el overhaul, genera la incertidumbre en varios aspectos tales como:

- Los repuestos que se cobraron realmente son los que colocaron, si estos eran originales o genéricos, si están soportados con certificados de calidad y con parte número.
- En el proceso de desarme y armado utilizaron los procedimientos especificados por los manuales del fabricante, se tomaron las metrologías correctamente con equipos calibrados por laboratorios certificados.
- La evaluación que realizan a los contratistas es solamente comercial, no realizan visita a los talleres para evidenciar infraestructura, herramientas, equipos, perfil de los trabajadores entre otros.
- En el momento del embalaje o recepción se utilizaron las medidas y equipos necesarios para la preservación el activo.
- No existe en ninguna de las compañías una trazabilidad documental especializada que evidencie las etapas del overhaul, materiales utilizados, diagnostico de falla, registro de pruebas FAT/SAT entre otros, solo se tiene el registro presupuestal y la oferta económica del servicio.
- No existe una estandarización de requerimientos técnicos entre trabajos de overhaul del mismo tipo de activo como tampoco unificación de criterios entre talleres.
- En el sistema SAP solo tienen la jerarquización o taxonomía hasta el nivel 5, no se tiene el específico de los activos del nivel 5 al 9 de la ISO 14224, para conocimiento y control de los repuestos o refacciones de reparación o cambio.

- Las compañías desean reforzar el tema de seguimiento QA en sus procesos de overhaul, porque solo lo tienen implementado en construcción de clúster, facilidades y perforación.

De acuerdo a los resultados obtenidos se ve la necesidad de crear una propuesta de modelo que debe ser de fácil comprensión para cada una de las áreas involucradas en el proceso de mantenimiento mayor, desde la gerencia hasta el técnico ejecutor del overhaul.

Respecto a los manuales del fabricante del grupo electrógeno se evidencio que existen procedimientos normativos para tener en cuenta en el momento de realizar un mantenimiento al activo, determina pruebas básicas y tipo que se deben realizar de carácter obligatorio, describe procedimientos de revisión antes de la puesta en marcha del equipo, recomendaciones de funcionamiento y las características técnicas específicas que requiere cada componente.

Este análisis da soporte a la necesidad de llevar un control en cada proceso o etapa del overhaul para verificar el cumplimiento de los lineamientos del fabricante y de esta manera preservar la vida útil del activo.

La información recibida del SAP de la compañía, permite realizar una relación de costos de reparación de mantenimiento, un análisis de criticidad de componentes y un histórico de fallas prematuras después de que el equipo llega de trabajos de overhaul.

6.3 Propuesta de solución

De acuerdo a los resultados de la encuesta y al análisis realizado a la información obtenida, se presenta la solución al problema, una propuesta de Modelo de Confiabilidad QA para Mantenimiento Overhaul de la Empresa PCB ingeniería SAS, para tener trazabilidad técnica y documental del activo mientras esta en Mantenimiento Overhaul, y así disminuir sobre costos y paradas no programadas.

La propuesta del modelo se diseña tipo book o manual para fácil entendimiento en todas las áreas involucradas en el mantenimiento mayor y su aplicación en cualquier equipo estático o rotativo.

Este modelo consiste en realizar un seguimiento QA al activo desde su salida de campo (lugar donde opera), embalaje y recepción por parte el taller de reparación.

Inspección y registro en la etapa de desarme, diagnóstico, toma de metrologías de desarme, verificación de repuestos no conformes.

Inspección de refacciones o repuestos nuevas o rectificadas, verificación de los certificados de calidad del fabricante, inspección de procedimientos utilizados durante el armado del equipo, verificación de metrologías de armado conformes al manual del fabricante.

Verificación de listado de repuestos reemplazados versus proforma económica contractual. Inspección y verificación de registro de calibración de los equipos de medida y pruebas utilizados durante el proceso.

Verificación de competencias, certificados o perfil del personal operativo que realiza el trabajo. Atestiguamiento de las pruebas funcionales FAT/SAT en el equipo.

Verificación de procedimiento e inspección del embalaje y despacho nuevamente a campo.

Consolidación de la documentación generada en cada etapa del mantenimiento (desarme, overhaul, armado, pruebas y despacho) y evaluación integral del desempeño e infraestructura del taller de reparación.

7 Impactos esperados / generados

De acuerdo a lo ejecutado en cada uno de los objetivos específicos se logra la consolidación de resultados para dar cumplimiento al objetivo general de la investigación.

Realizar una propuesta de Modelo de Confiabilidad QA para Mantenimiento Overhaul de la Empresa PCB ingeniería SAS, para tener trazabilidad del activo mientras esta en Mantenimiento Overhaul, disminuir sobre costos y paradas no programadas.

Para el cumplimiento del objetivo específico N° 1.

- **Manual de mantenimiento mayor overhaul** dirigido a los proveedores o talleres externos con los siguientes ítems.

Objetivo: Establecer los criterios, procedimientos y requerimientos necesarios para el desarrollo de las actividades concernientes a la realización de overhaul, y de esta forma dar aceptación y/o liberación a los grupos electrógenos después de realizar intervención por overhaul.

Alcance: Este manual debe conocerse y aplicarse por el personal cuyas funciones estén relacionadas con reparación, mantenimiento, inspección, verificación y seguimiento QA de elementos y equipos electrógenos en intervención de Overhaul.

Formatos asociados:

F01-PR-MTO-001 Lista chequeo dossier overhaul

PR-MTO-001 Procedimiento compilación dossier overhaul

F02-PR-MTO-002 Lista chequeo recepción o despacho equipo

PR-MTO-002 Procedimiento recepción embalaje, despacho y transporte equipos overhaul

F03-PR-MTO-003 Lista de chequeo pruebas de carga equipos

PR-MTO-003 Procedimiento QA pruebas FAT y SAT overhaul

M-OVH-001 Manual de documentación técnica para equipos overhaul

Figura 2

Manual Mantenimiento Contratistas

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO.....	4
2. ALCANCE.....	4
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	4
4. DEFINICIONES.....	4
5. DOCUMENTACION TECNICA	6
5.1. Manual documentación técnica.....	6
5.2. Responsabilidades del contratista overhaul.....	6
5.3. Gestión documental overhaul	7
5.4. Pruebas FAT/SAT	7
5.5. Recepción, Embalaje, Despacho y transporte de equipos.....	8
6. PROCEDIMIENTOS Y FORMATOS	9

NOTA: Descripción del contenido del manual de contratistas. Fuente: Autor

- **Procedimiento para elaboración de dossier de overhaul** con los siguientes volúmenes, evidenciado cada una de las etapas de overhaul.

Objetivo: Es fijar los requerimientos para la compilación del Dossier de Overhaul (DDO) el cual provee la estructura específica que se debe seguir y suministra los detalles generales del contenido de las diferentes secciones del “DDO”. Estos requerimientos deben ser seguidos como una práctica estándar a lo largo de la ejecución del proyecto.

El propósito del “DDO” es proveer un documento al contratista con todos los archivos producto de la ejecución y entregables técnicos y contractuales, en su última versión al momento del cierre de los trabajos de overhaul.

Alcance: Este procedimiento debe conocerse y aplicarse por el personal cuyas funciones estén relacionadas con el control documental de dosieres o personas responsables en la intervención del mantenimiento del overhaul.

Formato asociado: F01-PR-MTO-001 Lista chequeo dossier overhaul

Figura 3

Dossier overhaul

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO	4
2. ALCANCE.....	4
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	4
4. DEFINICIONES	4
5. REQUISITO ENTREGA DE DOSSIER.....	4
6. CONTENIDO DDO	6
7. SECCIONES DDO (CONTENIDO DETALLADO).....	6
7.1. 1. SECCIÓN - PORTADA.....	7
7.2. 2. SECCIÓN - ÍNDICE DETALLADO	7
7.3. 3. SECCIÓN - DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	7
7.4. 4. SECCIÓN - RECEPCIÓN DEL EQUIPO	7
7.5. 5. SECCIÓN - DEENSAMBLE Y DIAGNÓSTICO	7
7.6. 6. SECCIÓN - SERVICIO TÉCNICO REPARACIÓN	7
7.7. 7. SECCIÓN - ENSAMBLE EQUIPO	9
7.8. 8. SECCIÓN - PRUEBAS FUNCIONALES EN BASE	9
7.9. 9. SECCIÓN - TRASLADO Y ENTREGA EN CAMPO	9
7.10. 10. SECCIÓN - INFORMACIÓN ECONÓMICA	9
7.11. 11. SECCIÓN - CERTIFICADOS, MANUALES	9
7.12. 12. SECCIÓN - INFORMES QA.....	9
8. FOLIADO DE DOSSIER	10
9. ENTREGA DEL DOSSIER	10
10. FORMATOS.....	10

NOTA: Descripción del contenido del dossier de overhaul. Fuente: Autor

- **Procedimiento de recepción del equipo**, se describe desde su inicio hasta su embalaje final.

Objetivo: Establecer las pautas para el control en la recepción, embalaje, despacho y transporte, de los equipos electrógenos antes y después de realizar intervención de mantenimiento overhaul.

Alcance: Este procedimiento debe conocerse y aplicarse por el personal cuyas funciones estén relacionadas con el control en la recepción, embalaje, despacho y transporte de elementos y equipos electrógenos en intervención de Overhaul.

Formato asociado: F02-PR-MTO-002 Lista de chequeo de recepción o despacho del equipo.

Figura 4

Recepción de equipo

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO.....	4
2. ALCANCE	4
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	4
4. DEFINICIONES.....	4
5. RECEPCION, EMBALAJE, DESPACHO Y TRANSPORTE DE EQUIPOS	5
5.1. Embalaje y despacho del equipo de campo a taller externo	5
5.2. Recepción del equipo en taller externo.....	6
5.3. Embalaje y despacho del equipo de taller externo a campo	6
5.4. Recepción del equipo en campo	7
6. Flujograma recepción, embalaje, despacho y transporte de equipos.....	7
7. FORMATOS.....	7

NOTA: Contenido del procedimiento de recepción y embalaje del activo. Fuente: Autor

- **Procedimiento de Pruebas FAT y SAT** facilitando el direccionamiento para realizar el seguimiento QA de las mismas.

Objetivo: Establecer los criterios y requerimientos necesarios para el desarrollo de las actividades concernientes a la realización de pruebas FAT (Factory Acceptance Testing) y pruebas SAT (Site Acceptance Testing), y de esta forma dar aceptación y/o liberación de los activos después de realizar intervención por overhaul.

Alcance: Este procedimiento debe conocerse y aplicarse por el personal cuyas funciones estén relacionadas con inspección, verificación y seguimiento QA de elementos y equipos en intervención de Overhaul.

Formato asociado: F03-PR-MTO-003 Lista de chequeo pruebas de carga equipos.

Figura 5

Procedimiento pruebas FAT y SAT

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO.....	4
2. ALCANCE	4
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	4
4. DEFINICIONES.....	4
5. Aseguramiento de calidad PCB ingeniería	4
5.1. Responsabilidades entre QA y contratista de las Pruebas.....	5
5.2. Ejecución de pruebas FAT/SAT	5
6. Aplicación del procedimiento en grupo electrógeno.	7
6.1. Aseguramiento de calidad PCB ingeniería	7
6.2. Responsabilidades entre QA y contratista de las Pruebas.....	7
6.2.1. Programación de Pruebas	7
6.2.2. Inicio de pruebas FAT/SAT	7
6.2.3. Finalización de Pruebas.....	8
6.2.4. Suspensión de las Pruebas	9
6.3. Ejecución de pruebas FAT/SAT	9
6.3.1. Acondicionamiento	9
6.3.2. Instalación.....	9
6.3.3. Pruebas Funcionales y de Desempeño	9
6.3.4. Duración y Criterios de Aceptación.....	10
6.3.5. Protocolo de pruebas FAT/SAT	10
7. FORMATOS.....	11

NOTA: Descripción del contenido del procedimiento de pruebas FAT y SAT. Fuente: Autor

- **Elaboración de un Plan de Inspección y Ensayos**, describe y registra el proceso en cada una de sus etapas, actividades, ensayos, pruebas end, documentos de referencia, responsable, criterios de aceptación y firma de cumplimiento. Es el registro técnico con toda la trazabilidad del proceso de mantenimiento mayor.

Figura 6

Plan de inspección y ensayos

PLAN DE INSPECCIÓN Y PRUEBA																				
OBJETIVO DE INSPECCIÓN		NÚMERO DE INSPECCIÓN										FECHA DE INSPECCIÓN								
ÁREA DE INSPECCIÓN		PROCESO DE INSPECCIÓN		FORMA DE INSPECCIÓN		MATERIA		TIPO DE INSPECCIÓN												
CICLO	PROCESO	DESCRIPCIÓN	REQUISITOS CLAVES	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	CATEGORÍA		MATERIA, DESCRIPCIÓN Y USUARIO										FECHA DE INSPECCIÓN		FECHA DE INSPECCIÓN	
					DEFINICIÓN	INDICADOR	PROCESO	DESCRIPCIÓN	USUARIO	FECHA DE INSPECCIÓN	FECHA DE INSPECCIÓN	FECHA DE INSPECCIÓN								
1	Procedimiento de Inspección	Procedimiento de Inspección	Este procedimiento describe el proceso de inspección.	Norma ISO 14224, Norma ISO 9001	Inspección	100	Inspección de Control de Calidad													
2	Inspección de Control de Calidad	Inspección de Control de Calidad	Este procedimiento describe el proceso de inspección de control de calidad.	Norma ISO 14224, Norma ISO 9001	Inspección	100	Inspección de Control de Calidad													
3	Inspección de Control de Calidad	Inspección de Control de Calidad	Este procedimiento describe el proceso de inspección de control de calidad.	Norma ISO 14224, Norma ISO 9001	Inspección	100	Inspección de Control de Calidad													
4	Inspección de Control de Calidad	Inspección de Control de Calidad	Este procedimiento describe el proceso de inspección de control de calidad.	Norma ISO 14224, Norma ISO 9001	Inspección	100	Inspección de Control de Calidad													

NOTA: Descripción del contenido del plan de inspección y ensayos parte 1. Fuente: Autor

Para el cumplimiento del objetivo específico N° 2

- **Realizar la jerarquización o distribución taxonómica del activo** teniendo en cuenta la norma ISO 14224 de los numerales del 5 al 9., se realiza a partir de estos numerales ya que la compañía de producción de crudo ya tiene implementado dentro de su sistema SAP los primeros ítems de la norma.

Figura 7

Taxonomía grupo electrógeno

Se realizó el análisis de criticidad de los componentes del grupo electrógeno y se determinó su grado de importancia en caso de una falla o una parada no programada y de esta forma mantener en stock los repuestos adecuados para la emergencia.

Figura 9

Análisis de criticidad

MAQUINA GRUPO ELECTROGENO QSX-15	EVALUACION POTENCIAL						Prom.	CLASE
	S	Q	W	D	F	M		
BLOQUE	2	2	3	4	4	4	3,2	A
CIGÜEÑAL	2	2	3	4	4	4	3,2	A
CARTER	1	2	3	3	3	3	2,5	C
BIELAS	1	2	3	4	4	4	3,0	B
PISTONES	1	2	3	4	4	4	3,0	B
ÁRBOL DE LEVAS	1	2	3	4	4	4	3,0	B
IMPULSORES	2	2	3	3	1	2	2,2	C
CULATA	1	3	3	4	4	4	3,2	A
VÁLVULAS	2	2	3	3	4	4	3,0	B

NOTA: Fragmento del análisis de criticidad del activo (total 31 componentes.). Fuente: Autor

Para el cumplimiento del objetivo específico N° 3

- **Se elaboró un informe gerencial** y modelo de confiabilidad QA aplicado en un equipo Cummins QSX-15 de 500 kW con generador Stamford C500D6E de 480 v, realizando taxonomía, LCC, análisis de criticidad y seguimiento durante el overhaul y elaboración de dossier.

Figura 10

Grupo electrógeno durante el overhaul



NOTA: Etapas overhaul desarme, mantenimiento y armado del motor. Fuente: Autor

Figura 11

Grupo electrógeno durante el overhaul (continuación).



NOTA: Etapas overhaul desarme, mantenimiento y armado del generador. Fuente: Autor

Es de notar que la consolidación de los resultados de la encuesta realizada a 11 compañías del sector de oil and gas evidenció la necesidad de un modelo QA durante la ejecución del mantenimiento mayor overhaul.

Se estructuró procedimientos de consolidación de dossier de overhaul, recepción y embalaje y de pruebas FAT y SAT.

Se creó un manual de mantenimiento para contratistas (talleres de mantenimiento) consolidado con los procedimientos antes mencionados.

Se elaboró plan de inspección y ensayos para dar seguimiento de confiabilidad QA durante los trabajos de mantenimiento mayor.

Se generó la taxonomía del grupo electrógeno hasta sus ítems mantenibles (nivel del 5 al 9 de la ISO 14224).

Se realizó el análisis de criticidad y el LCC del equipo tomando como cero el retorno del mantenimiento mayor overhaul.

Se estructuró el modelo de confiabilidad QA tipo book o manual, esto permite que se pueda replicar en todos los sectores de la industria, su aplicación se puede realizar en todo tipo de equipos sean estáticos o rotativos.

El modelo ya se está implementado en una multinacional Canadiense de extracción y producción de crudo que opera en Colombia, y se espera implementarla en los diferentes sectores industriales.

8 Análisis financiero

Para verificar el análisis financiero resultado de la investigación se realiza un comparativo entre los costos en mantenimientos del activo (grupo electrógeno) que durante su mantenimiento mayor no tuvo seguimiento QA vs los costos de un equipo que se le implementó la propuesta de confiabilidad QA durante su overhaul.

Este documento se manejó de manera confidencial por la empresa, se determinó que un equipo con seguimiento QA durante el mantenimiento overhaul obtiene un 35 % menos de costo en reparaciones, 15% menos en paradas no programadas y 43% de aumento en su vida útil. El ROI del equipo sin overhaul es de -1,72; mientras el ROI con seguimiento QA es de 2,5.

9 Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

La aplicación de este modelo de confiabilidad QA se puede realizar en todo tipo de equipos estáticos o rotativos de sector industrial, eléctrico, minero y de oil and gas.

Utilizar como herramienta la implementación de un plan de inspección y ensayos antes de iniciar un overhaul, facilita realizar un efectivo seguimiento al mantenimiento mayor.

Esta propuesta genera reducción de costos de mantenimiento en compra de repuestos y pagos innecesarios a los talleres externos.

Aumento en la producción por que se reducen los tiempos de paradas por fallas prematuras en los equipos que retornan de overhaul.

9.2 Recomendaciones

Mantener la mejora continua en la elaboración de formatos que apliquen a las metrologías, ensayos no destructivos, pruebas FAT y SAT de los equipos estáticos y rotativos que estén programados a mantenimiento mayor overhaul.

Realizar continuamente evaluación de proveedores externos (talleres), no solo de costo sino de sistema organizacional, calidad, infraestructura y capacitación de sus operarios.

Tener el personal calificado con las competencias para realizar el seguimiento de confiabilidad QA en los equipos que se encuentran en overhaul.

Utilizar como herramienta la implementación de un plan de inspección y ensayos antes de iniciar un overhaul, facilita realizar un efectivo seguimiento al mantenimiento mayor.

10 Bibliografía

- Álvarez, D., & Hernández, A. (2020). Propuesta de un nuevo programa de mantenimiento a los motores. *Ingeniería Energética*, 2020, vol. 41, n.2 Universidad Tecnológica de La Habana, José Antonio Echeverría, Cujae, 1-9.
- Amparán, J. G., Quirarte, M. C., & Volantín, R. M. (2004). Aseguramiento de la calidad en instalaciones de atención médica de las fuerzas armadas de México. *56/to. Aniversario de la revista de sanidad militar*, 1-9.
- Arts, J., & Flapper, S. (2013). Aggregate overhaul and supply chain planning for rotables. *Springer Science+Business Media New York* , 1-25.
- Barrera, C. (2016). *PCB ingeniería SAS*. Obtenido de <https://pcbingenieriasas.com/>
- Bogdan, M., & Vlado, M. (2017). Research of impact of layout overhaul system on effectiveness and efficiency of overhaul process. *ANNALS of faculty engineering Hunedoara international journal of engineering tome XV*, 1-9.
- Catillo, C., Mercado, C., Prado, C., & Soto, F. (2014). Normativas EN- 9100 e ISO - 9000 en el sector aeroespacial español. *Revista venezolana de gerencia (RVG)*, 1-26.
- Chavez, J. (2019). *academia*. Obtenido de https://www.academia.edu/33536990/TIPOS_DE_MANTENIMIENTO
- Cummins. (2018). *Cummins*. Obtenido de <https://www.cummins.com/>

- Delgado, A. (2009). Sistema de trazabilidad para el aseguramiento de la calidad nutrimental y la inocuidad del huevo línea ligera: estudio de caso en la empresa avícola de Ciego de Ávila. *Revista Cubana Aliment Nutr*, 1-9.
- Días, A., Villar, L., & Cabrera, J. (2016). Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica. *Ingeniería Mecánica. Vol. 19. No. 3*, 1-7.
- Dias, C., & Kokkolaras, M. (2019). Collaborative Product–Service Approach to Aviation Maintenance, Repair, and Overhaul. Part II: Numerical Investigations. *JATE Journal of Aviation Technology and Engineering*, 1-17.
- Diaz, A. (2012). *Mantenimiento planificado*. Obtenido de <https://avdiaz.files.wordpress.com/2012/06/mantenimiento-centralizado-en-la-confiabilidad-1.pdf>
- Espinosa, J., & Perez, R. (2020). Contribución del mantenimiento centrado en confiabilidad para el estudio de fallos a equipos consumidores de energía eléctrica. *Revista centro azucar vol 47*, 1-12.
- Forero, L. A. (2019). *Predictiva21*. Obtenido de <https://predictiva21.com/iso-55000-gestion-de-activos-una-vision-general/>
- Hodges, V., & PT, J. (2018). Transitioning defence aerospace support solution to service commercial sector maintenance, repair and overhaul. *International Journal of Production Research*, 1-20.
- Jimenez, G., Rodriguez, Z., & Arévalo, S. (2012). Experiencias en la evaluación del proceso aseguramiento de la calidad en el departamento de Geoinformatica mediante la aplicación de indicadores. *Revista cubana de ciencias informáticas*, 1-15.

- López, C., & Salazar, G. (2020). Metodología para la Planificación y Control de la Ejecución de Mantenimientos Preventivos y Correctivos de Líneas de Subtransmisión. *Artículo académico Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito, Ecuador*, 1-14.
- Martínez, E., Cabrera, J., & Arce, B. (2019). Diagnóstico del servicio de mantenimiento de grupos electrógenos de emergencia. *Ingeniería Mecánica. Vol. 22. No. 2*, 1-9.
- Mendoza, R. H. (2000). El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. *Ingeniería mecánica*, 1-8.
- Pino, J., & Hernandez, F. (2017). Importancia para el mantenimiento de elementos mecánicos y fallos en turbinas de vapor. Análisis de históricos. *Revista de Ingeniería Energética, 2017, vol XXXVIII, n. 2,* 1-10.
- Pistarelli, A. (2014). *Manual de mantenimiento ingeniería, gestión y organización*. Talleres graficos R y C Buenos Aires Argentina.
- Ramirez, E. (2018). *Colegio nacional de educación profesional técnica*. Obtenido de https://issuu.com/esperanzaramirez374/docs/colegio_nacional_de_educacion_profesional
- Reliability, W. (s.f.). *Reliability web.com*. Obtenido de <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/gestion-de-activos-y-ciclo-de-vida/#:~:text=Definiremos%20tambi%C3%A9n%20el%20Costo%20de,operaci%C3%B3n%20de%20mantenimiento%20y%20disposici%C3%B3n%20final.>

***MANUAL DE DOCUMENTACION TECNICA
PARA EQUIPOS OVERHAUL***

M-OVH-001
Versión 1 – Junio, 2020

PCB INGENIERÍA S.A.S.





M-OVH-001

MANUAL DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA PARA EQUIPOS OVERHAUL



Versión 1 Jun./2020

MANUAL DE DOCUMENTACION TECNICA PARA EQUIPOS OVERHAUL

0	Emisión inicial	César Barrera	Mónica Medina	Feb./2020
VER. No.	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	APROBÓ	FECHA

La impresión de este documento
Se considera COPIA NO CONTROLADA

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO.....	4
2. ALCANCE	4
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	4
4. DEFINICIONES.....	4
5. DOCUMENTACION TECNICA	6
5.1. Manual documentación técnica	6
5.2. Responsabilidades del contratista overhaul	6
5.3. Gestión documental overhaul.....	6
5.4. Pruebas FAT/SAT	7
5.5. Recepción, Embalaje, Despacho y transporte de equipos	8
6. PROCEDIMIENTOS Y FORMATOS	8

 M-OVH-001	MANUAL DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA PARA EQUIPOS OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
---	---	---

1. OBJETIVO

Establecer los criterios, procedimientos y requerimientos necesarios para el desarrollo de las actividades concernientes a la realización de overhaul, y de esta forma dar aceptación y/o liberación a los grupos electrógenos después de realizar intervención por overhaul.

2. ALCANCE

Este manual debe conocerse y aplicarse por el personal cuyas funciones estén relacionadas con reparación, mantenimiento, inspección, verificación y seguimiento QA de elementos y equipos electrógenos en intervención de Overhaul.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Orden de servicio o contrato de overhaul.
- Ficha técnica del equipo electrógeno.

4. DEFINICIONES

Dossier de overhaul Conjunto o compendio de información técnica que consta de documentos (Informes, manuales, procedimientos, especificaciones técnicas, normas, registros, actas,) organizados de manera lógica, que son recopilados durante la ejecución del mismo, cumpliendo las normas técnicas APA de elaboración y recomendaciones de PCB.

Embalaje: Objeto destinado a contener temporalmente un producto o conjunto de productos durante su manipulación, transporte, almacenamiento o presentación a la venta, a fin de protegerlo, identificarlos y facilitar dichas operaciones.

Horometro: dispositivo que registra el número de horas en que un motor o un equipo, generalmente eléctrico o mecánico ha funcionado desde la última vez que se ha inicializado el dispositivo. Estos dispositivos son utilizados para controlar las intervenciones de mantenimiento preventivo de los equipos.

Metrología: Conjunto de operaciones necesarias para mantener las características de un patrón dentro de unos límites, medidas y distancias apropiados.

Overhaul: Servicio de mantenimiento preventivo y correctivo que se realiza a los equipos, conocido como mantenimiento mayor o mantenimiento cero, esto se realiza con el fin de mejorar el rendimiento, confiabilidad y prolongar la vida del activo.

Los 3 criterios para la realización de un overhaul:

- Por condición (análisis de aceites, termografía, vibraciones) CBM.
- Por horas de funcionamiento “horómetros”.
- Por emergencia operacional.

 M-OVH-001	MANUAL DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA PARA EQUIPOS OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
---	---	---

Pruebas FAT: Factory Acceptance Testing. Pruebas de aceptación de fábrica.

Pruebas SAT: Site Acceptance Testing. Prueba de aceptación del sitio.

Recepción del equipo: Proceso mediante el cual se recibe, inspecciona y verifica equipos o materiales destinados a overhaul o mantenimientos mayores.

Calibración equipos: Los equipos de medida y herramientas utilizados en el overhaul deben tener certificado de calibración vigente, tales como voltímetro, amperímetro, pinza voltiamperímetro, torquímetro entre otros.

Contrato: Documento u Orden de servicio de overhaul o reparación mayor.

Equipo de prueba: Ficha técnica del banco de carga –Dinamómetro.

Ensayos END a componentes principales bloque, cigüeñal, árbol de levas, bielas, tren de repartición, volante, tornillería bielas y bancada, volante.

Ficha técnica: del equipo electrógeno, capacidad del Grupo Electrógeno., Características técnicas del motor, generador y sistema de control.

Informe de alineación entre componentes: motor-generador; motor- transmisión, verificación de parámetros de configuración de control.

Informe Diagnostico: Compuesto de reportes de diagnóstico del motor, generador y radiador, después del desarme del grupo electrógeno.

Informe de Reparación: debe incluir cambio de componentes realizados en motor, generador, radiador, turbo y sistema de inyección, cabina.

Personal: Verificación del perfil del personal que interviene en cada etapa del overhaul, .a ejecutar la prueba FAT/SAT acreditado para la actividad.

Procedimientos: El ejecutor del overhaul /mantenimiento mayor, debe tener un procedimiento escrito de cada etapa de ejecución del mantenimiento, desarme, armado y pruebas tipo del motor, generador y grupo electrógeno.

Repuestos: Listado de repuestos o accesorios a remplazar en el proceso de mantenimiento.

Tablas de derrateo: Perdidas de potencia dadas por el fabricante (Altura y temperatura ambiente del sitio donde se ejecutara la prueba FAT/SAT).

Reporte de reparación de componentes enviados a terceros. Culatas, sistema de inyección, sistema de enfriamiento, generador, radiador, turbo cargadores.

(Para Mas Definiciones Ver Glosario Anexo).

 M-OVH-001	MANUAL DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA PARA EQUIPOS OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
---	--	---

5. DOCUMENTACION TECNICA

5.1. Manual documentación técnica

El presente manual debe asegurar que el ejecutor del overhaul del equipo, cumpla con la información técnica correspondiente a cada etapa del mantenimiento o reparación, y con la información de los trabajos ejecutados según el manual del fabricante del equipo eléctrico y a los requerimientos exigidos en el contrato.

5.2. Responsabilidades del contratista overhaul

Las partes deben realizar por escrito y con anterioridad la programación para la realización del overhaul en un plan de trabajo PDT.

El overhaul incluye pero sin limitarse a las siguientes actividades:

- Diagnóstico, condición de equipo y componentes a reutilizar.
- Informe metrológico y pre-costeo del Overhaul.
- Mano de obra para las actividades requeridas según rutina de fabricante y/o condición del equipo.
- Suministro de repuestos OEM (Original Equipment Manufacturer), y accesorios requeridos según rutina de fabricante y/o condición del equipo.
- Reparación de componentes y periférico según aplique.
- Pintura de motor, generador, cabina, según aplique.
- Pruebas de carga en talleres del contratista (FAT), para determinar la conformidad del mantenimiento mayor.
- Informe final de reparación conforme a la proforma aprobada.
- Transporte desde las instalaciones del contratista, hasta el respectivo campo, incluyendo el izaje para el descargue de los equipos en cada campo.
- Acompañamiento y soporte durante la puesta en servicio del grupo eléctrico en cada campo (Pruebas SAT).
- Dossier de reparación.
- Garantía por calidad del servicio y materiales.

El ingeniero asegurador QA, realizará seguimiento al cumplimiento según plan de trabajo concertado (PDT) respetando los tiempos de "Plazo de Entrega/Ejecución".

Es responsabilidad del contratista el cumplimiento de los tiempos, PDT acordado y la garantía. Los estándares de la reparación de los componentes serán exigidos por aseguramiento QA y asumidos por quien ensambla el equipo y realiza las pruebas funcionales.

5.3. Gestión documental overhaul

 <p>M-OVH-001</p>	<p>MANUAL DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA PARA EQUIPOS OVERHAUL</p>	 <p>Versión 1 Jun./2020</p>
--	---	--

Se verificará antes y durante la realización del overhaul, las especificaciones técnicas y operativas del fabricante y gestor de reparación del equipo los siguientes enunciados descritos en el “*Procedimiento Para Compilación De Dossier De Overhaul PR-MTO-001*”.

- **DOSSIER DE OVERHAUL** documento conformado por:

- Volumen 1
- Volumen 2
- Volumen 3
- Volumen 4
- Volumen 5
- Volumen 6
- Volumen 7
- Volumen 8
- Volumen 9
- Volumen 10
- Información Técnica
- Recepción Del Equipo
- Desensamble Y Diagnóstico
- Servicio Técnico Reparación
- Etapa De Ensamble
- Pruebas Funcionales En Base
- Traslado Y Entrega En Campo
- Información Económica
- Certificados, Manuales, Procedimientos
- Informes Aseguramiento QA
- Anexos

5.4. Pruebas FAT/SAT

Los criterios y requerimientos necesarios para el desarrollo de las actividades concernientes a la realización de pruebas FAT (Factory Acceptance Testing) y pruebas SAT (Site Acceptance Testing), que se requieren para dar aceptación y/o liberación a los grupos electrógenos después de realizar intervención ya sea por overhaul, se describen en el “*Procedimiento QA Pruebas FAT y SAT Overhaul PR-MTO-003*”, en este documento se verificá que el equipo cumpla con la información documental correspondiente a cada etapa del mantenimiento o reparación, a la información de los trabajos ejecutados según el manual del fabricante del equipo electrógeno y a los requerimientos exigidos en el contrato.

El procedimiento de prueba FAT y SAT describirá los métodos y procesos que se aplican durante la prueba, debe indicar los pasos a seguir, la aplicación de carga KW, el tiempo entre la aplicación de bloque de carga y tiempo total de la prueba.

El protocolo /registro de pruebas FAT/SAT debe incluir:

- Características técnicas del equipo a probar
- Fecha de ejecución de la prueba FAT
- Descripción de las condiciones de prueba
- Serie de los componentes principales del grupo electrógeno
- Valor de carga nominal
- Valor de carga real a probar
- Tiempo de ejecución de la prueba, incluyendo intervalos de tiempos de las tomas de medida de la prueba

 M-OVH-001	MANUAL DE DOCUMENTACIÓN TECNICA PARA EQUIPOS OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
---	---	---

- Toma de datos principales (temperaturas, presiones, velocidad, voltajes, corriente potencia, entre otras)
- Identificación de los representantes del ejecutor del overhaul /mantenimiento e ingeniero de aseguramiento QA, que ejecutan y atestiguan la prueba respectivamente
- Comentarios realizados por ingeniero de aseguramiento QA
- Referencia de las desviaciones generadas durante las pruebas FAT/SAT
- Copias de reportes y registros de la prueba.

5.5. Recepción, Embalaje, Despacho y transporte de equipos

El transporte de los equipos desde el campo hacia los talleres en donde se llevará a cabo la reparación, se hará previo acuerdo entre las partes, o como haya quedado contractualmente.

En el “*Procedimiento Recepción, Embalaje, Despacho y Transporte Equipos Overhaul PR-MTO-002*”, se describen los requisitos exigidos para el transporte de los equipos de campo Frontera a Taller externo y viceversa, en este se indican los siguientes ítems:

- Embalaje y despacho del equipo de campo a taller externo.
- Recepción del equipo en taller externo.
- Embalaje y despacho del equipo de taller externo a campo.
- Recepción del equipo en campo.

Lo anterior con el fin de que el personal que despacha y recibe los grupos electrógenos verifique e inspeccione de forma detallada el embalaje enviado/recibido, comprobar que el equipo viene lo suficientemente protegido, permite hacer una comparación de lo enviado con lo recibido y diligenciar el formato “F02-PR-MTO-002 LISTA CHEQUEO RECEPCIÓN Ó DESPACHO EQUIPO ”., registrando como identificación del equipo el número de serie del grupo electrógeno, serie del motor, número del generador y del radiador, así como las novedades encontradas en cada uno de los elementos inspeccionados.

El proceso de embalaje debe ser resistente, proteger y conservar los equipos (impermeabilidad, higiene, deterioro), facilita su transporte y almacenamiento, también ayuda a prevenir o registrar el desmonte o desensamble de piezas utilizadas para otros fines.

6. PROCEDIMIENTOS Y FORMATOS

F01-PR-MTO-001	LISTA CHEQUEO DOSIER OVERHAUL
PR-MTO-001	PROCEDIMIENTO COMPILACIÓN DOSSIER OVERHAUL
F02-PR-MTO-002	LISTA CHEQUEO RECEPCIÓN Ó DESPACHO EQUIPO
PR-MTO-002	PROCEDIMIENTO RECEPCION EMBALAJE, DESPACHO Y TRANSPORTE EQUIPOS OVERHAUL



M-OVH-001

**MANUAL DE DOCUMENTACIÓN TECNICA
PARA EQUIPOS OVERHAUL**



Versión 1 Jun./2020

F03-PR-MTO-003	LISTA DE CHEQUEO PRUEBAS DE CARGA EQUIPOS
PR-MTO-003	PROCEDIMIENTO QA PRUEBAS FAT y SAT OVERHAUL
M-OVH-001	MANUAL DE DOCUMENTACIÓN TECNICA PARA EQUIPOS OVERHAUL

***PROCEDIMIENTO PARA COMPILACIÓN
DE DOSSIER DE OVERHAUL***

PR-MTO-001
Versión 1 – Junio, 2020

PCB INGENIERÍA S.A.S.





PR-MTO-001

PROCEDIMIENTO PARA COMPILACIÓN DE DOSSIER DE OVERHAUL



Versión 1 Jun./2020

PROCEDIMIENTO PARA COMPILACION DE DOSSIER DE OVERHAUL

0	Emisión inicial	César Barrera	Mónica Medina	Feb./2020
VER. No.	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	APROBÓ	FECHA



PROCEDIMIENTO PARA COMPILACIÓN DE DOSSIER DE OVERHAUL



PR-MTO-001

Versión 1 Jun./2020

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO	4
2. ALCANCE.....	4
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	4
4. DEFINICIONES	4
5. REQUISITO ENTREGA DE DOSSIER	4
6. CONTENIDO DDO	6
7. SECCIONES DDO (CONTENIDO DETALLADO)	6
7.1. 1. SECCIÓN - PORTADA.....	7
7.2. 2. SECCIÓN - ÍNDICE DETALLADO	7
7.3. 3. SECCIÓN - DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.....	7
7.4. 4. SECCIÓN - RECEPCIÓN DEL EQUIPO.....	7
7.5. 5. SECCIÓN - DESENSAMBLE Y DIAGNÓSTICO.....	7
7.6. 6. SECCIÓN - SERVICIO TÉCNICO REPARACIÓN.....	7
7.7. 7. SECCIÓN - ENSAMBLE EQUIPO.....	9
7.8. 8. SECCIÓN - PRUEBAS FUNCIONALES EN BASE.....	9
7.9. 9. SECCIÓN - TRASLADO Y ENTREGA EN CAMPO.....	9
7.10. 10. SECCIÓN - INFORMACIÓN ECONÓMICA	9
7.11. 11. SECCIÓN - CERTIFICADOS, MANUALES	9
7.12. 12. SECCIÓN - INFORMES QA.....	9
8. FOLIADO DE DOSSIER	10
9. ENTREGA DEL DOSSIER.....	10
10. FORMATOS.....	10



PR-MTO-001

PROCEDIMIENTO PARA COMPILACIÓN DE DOSSIER DE OVERHAUL



Versión 1 Jun./2020

1. OBJETIVO

El objetivo de este documento es fijar los requerimientos para la compilación del Dossier de Overhaul (DDO) el cual provee la estructura específica que se debe seguir y suministra los detalles generales del contenido de las diferentes secciones del “DDO”. Estos requerimientos deben ser seguidos como una práctica estándar a lo largo de la ejecución del proyecto.

El propósito del “DDO” es proveer un documento al contratista con todos los archivos producto de la ejecución y entregables técnicos y contractuales, en su última versión al momento del cierre de los trabajos de overhaul.

2. ALCANCE

Este procedimiento debe conocerse y aplicarse por el personal cuyas funciones estén relacionadas con el control documental de dosieres o personas responsables en la intervención del mantenimiento del overhaul.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- M-OVH-001 Manual de documentación técnica contratistas overhaul.
- F01-PR-MTO-001 Lista de chequeo dossier de overhaul.

4. DEFINICIONES

Dossier de overhaul: Conjunto o compendio de información técnica que consta de documentos (Informes, manuales, procedimientos, especificaciones técnicas, normas, registros, actas,) organizados de manera lógica, que son recopilados durante la ejecución del mismo, cumpliendo las normas técnicas APA de elaboración y recomendaciones de PCB.

Aseguramiento documental: Su principal función es la de asegurar la información que sale de cada trabajo de overhaul, además de hacer acompañamiento a los contratistas y direccionarlos en cada etapa; también es el encargado de informar los avances y atrasos documentales, no conformidades, y sugerencias que salgan en el proceso.

5. REQUISITO ENTREGA DE DOSSIER

Dossier físico *(de ser requerido).*

- La información del dossier debe ser compilada en carpetas de color blanco y con un mecanismo de 3 argollas D, con ancho del folder entre 1” a 3”, según sea requerido por el volumen de información a adjuntar, con bolsillo plástico al frente y en la espina que lo cubra totalmente.

La impresión de este documento
Se considera COPIA NO CONTROLADA



PR-MTO-001

PROCEDIMIENTO PARA COMPILACIÓN DE DOSSIER DE OVERHAUL



Versión 1 Jun./2020

- Los folder del Dossier se deben identificar con portadas en el frente y en el lomo, insertado en los bolsillos plásticos del folder.
- No se aceptan portadas que sean fotocopias, ni adhesivas.
- Se utilizará separadores plásticos, en las diferentes secciones. Las etiquetas deberán indicar el número de la sección y donde sea posible el título. Las etiquetas sobresaldrán un máximo de 15 mm del borde de la hoja del separador.
- Se debe dejar un espacio mínimo de 5 mm en cada folder, para tener la posibilidad de incorporar hojas suplementarias.
- Cada sección contendrá un índice de contenido general y específico del mismo. Este índice se referirá a todos los contenidos dentro de la sección, con el detalle suficiente para identificar las subdivisiones principales contenidas dentro de los títulos de la sección principal.
- Las hojas individuales tendrán el margen suficiente a mano izquierda, mínimo una pulgada para cualquier agujero de perforadora. Donde esto no es posible el compilador se asegurará de que ningún dato sea borrado por agujeros de perforadora. Las márgenes superiores e inferiores y derecha idealmente deberían ser de 3/4 y la 3/8 de pulgada respectivamente.
- La legibilidad y la claridad deberán ser mantenidas durante el proceso de fotocopia, reducción fotográfica e imprenta, para asegurar que los documentos son digitalizables por medios electrónicos. Las hojas con datos incompletos, ilegibles, o cortados no serán aceptadas.
- La calidad del papel usado deberá ser conveniente para el almacenamiento por largos periodos de tiempo, (mínimo 75 gms/m²) de alta calidad, como mínimo para garantizar la vida de la información.
- El uso de fluidos de corrección no es permitido.
- El uso de marcas fluorescentes para distinguir, para resaltar, etc., no es permitido a fin de evitar problemas de copiado.
- La impresión de este dossier debe ser a color.
- El dossier físico terminado, permanecerá en la biblioteca de cada CONTRATISTA para cuando sea requerido, será revisado y firmado por aseguramiento QA-PCB.

Dossier digital

- El CONTRATISTA debe entregar a ASEGURAMIENTO QA-PCB una (1) copia digital del dossier y finalmente ASEGURAMIENTO QA entregará al CONTRATANTE 2 copias digitales.



PR-MTO-001

PROCEDIMIENTO PARA COMPILACIÓN DE DOSSIER DE OVERHAUL



Versión 1 Jun./2020

- El CONTRATISTA debe entregar una (1) copia digital la cual contendrá los archivos en formato PDF y deberá ir organizada y clasificada según los volúmenes y las secciones que conforman el dossier físico.
- Los documentos que requieran firmas como las actas, informes y reportes deben ir firmados y escaneados, con el fin de asegurar la integridad del documento firmado y verificar que es exactamente el mismo que el original y que no ha sufrido alteración o manipulación.
- Todos los archivos deben ser entregados en formato PDF.
- Todos los archivos que se encuentren en formato PDF deben tener un orden lógico: La información mínima que debe tener cada archivo es: “Numeración”, “Titulo”, para que permita su fácil identificación.

Ejemplo:

 1.5. Recepción Del Equipo Motor 6CT GE-012.pdf 28/11/2016 10:57 a.m. Adobe Acrobat Document 1.053 KB

- Todos los documentos se deben encontrar en la dirección correcta de lectura al momento de abrirlos.

6. CONTENIDO DDO

El contenido del “DDO” estará conformado por:

1. SECCIÓN – Portada
2. SECCIÓN – Índice detallado
3. SECCIÓN – Descripción del equipo
4. SECCIÓN – Recepción del equipo
5. SECCIÓN – Desensamble y diagnóstico
6. SECCIÓN – Servicio técnico reparación
7. SECCIÓN – Ensamble equipo
8. SECCIÓN – Pruebas funcionales en base
9. SECCIÓN – Traslado y entrega en campo
10. SECCIÓN – Información económica
11. SECCIÓN – Certificados, manuales
12. SECCIÓN – Informes QA

ANEXOS

7. SECCIONES DDO (contenido detallado)

Las secciones que conforman el Dossier deben ser recopilados de forma progresiva y paralela con el

	PROCEDIMIENTO PARA COMPILACIÓN DE DOSSIER DE OVERHAUL	
PR-MTO-001		Versión 1 Jun./2020

progreso de las actividades del PDT siguiendo un orden lógico distribuido de la siguiente manera:

7.1. 1. SECCIÓN - Portada

La cual debe contener el nombre del equipo, el modelo, el número del serial y el contratista responsable de esta reparación, esta hoja no se debe paginar pero si se contará como la primera hoja del dossier.

7.2. 2. SECCIÓN - Índice detallado

El encabezado de la hoja debe tener el número del contrato y el servicio.

El índice debe tener en su estructura Ítem, descripción y página de cada uno de los archivos que contiene el dossier, su numeración empezará desde la página 2.

7.3. 3. SECCIÓN - Descripción del equipo

- Identificación del equipo, establecer las características técnicas del activo, ejemplo; cuando el equipo sea un grupo electrógeno, se encontrarán 3 hojas con la siguiente información, identificación del motor, identificación del generador, identificación del radiador, cada hoja debe contener el modelo, serie, parte número, foto del equipo y foto de la placa.
- Ficha Técnica / Data Sheet.
- Manual del equipo.

7.4. 4. SECCIÓN - Recepción del equipo

- Transferencia de materiales o Remisión del Equipo
- Acta de entrega equipo en campo
- Declaración de importación
- Informe de recepción del Equipo
- Check List del activo

NOTA: Si el equipo es retirado por falla operacional, falla catastrófica se solicita el Reporte de Falla al supervisor de campo, si aplica.

7.5. 5. SECCIÓN - Desensamble y Diagnóstico

- Metrologías de desarme del equipo, este formato debe contener los rangos de medida, según el manual del fabricante de cada equipo.

7.6. 6. SECCIÓN - Servicio Técnico Reparación

Según las características del equipo, ejemplo:

Esta sección se dividió en:



PROCEDIMIENTO PARA COMPILACIÓN DE DOSSIER DE OVERHAUL



PR-MTO-001

Versión 1 Jun./2020

- 6.1. MOTOR
- 6.2. GENERADOR
- 6.3. RADIADOR
- 6.4. SISTEMA DE INYECCIÓN

MOTOR:

Para la verificación en el aseguramiento del motor se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- 1- Inspección visual en la cual se representará con archivo fotográfico del equipo y sus partes.
- 2- Trazabilidad de repuestos.
- 3- Pruebas blow by.
- 4- De acuerdo al diagnóstico de cada equipo si se llega a presentar una fractura, agrietamiento, golpe o situación anormal a los lineamientos del fabricante en una de las piezas mayores (Bloque, cigüeñal, culatas), se realizará pruebas según aplica prueba END (líquidos penetrantes, partículas magnéticas).
- 5- Prueba hidrostáticas para culatas cuando aplique.
- 6- Balanceo dinámico para eje de turbos cuando aplique.
- 7- prueba de pintura (de adherencia).

GENERADOR:

Para la verificación en el aseguramiento del generador se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- 1- Inspección visual en la cual se representará con archivo fotográfico del equipo y sus partes.
- 2- Trazabilidad de repuestos.
- 3- Balanceo dinámico del rotor.
- 4- Prueba de aislamiento eléctrico al rotor y estator.
- 5- prueba de pintura (de adherencia).

RADIADOR:

Para la verificación en el aseguramiento del radiador se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- 1- Inspección visual en la cual se representará con archivo fotográfico del equipo y sus partes.
- 2- Trazabilidad de repuestos.
- 3- Pruebas hidrostáticas/hidroneumáticas a radiador pos enfriador, enfriadores de combustible.

SISTEMA DE INYECCIÓN:

Para la verificación en el aseguramiento del sistema de inyección se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- 1- Inspección visual en la cual se representará con archivo fotográfico del equipo y sus partes.
- 2- Trazabilidad de repuestos. (bomba, inyectores).

Reporte reparación de cabina, el cual debe contener soporte fotográfico (Inspección visual) verificación de ajuste, prueba de pintura (de adherencia).



PR-MTO-001

PROCEDIMIENTO PARA COMPILACIÓN DE DOSSIER DE OVERHAUL



Versión 1 Jun./2020

7.7. 7. SECCIÓN - Ensamble Equipo

Metrologías de ensamble del equipo, este formato debe contener los rangos según el manual del equipo y los valores numéricos de los diámetros de cada componente.

7.8. 8. SECCIÓN - Pruebas Funcionales en Base

- Lista de Chequeo (verificaciones previas al arranque).
- Prueba de Funcionamiento equipo o Reporte de Pruebas.
- Ficha técnica banco de cargas.
- Certificado o ficha técnica de Banco de carga para sistemas de generación.

7.9. 9. SECCIÓN - Traslado y Entrega en Campo

- Informe de despacho del equipo
- Listado de partes de disposición
- Remisión
- Documentación del Envío
- Acta de entrega en campo
- Adhesivos para arranque de equipo.

7.10. 10. SECCIÓN - Información Económica

- Ordenes de servicio y aceptación. (La gestión financiera de cada overhaul debe contener la orden de servicio y/o la aceptación y las fechas de radicación, esta documentación debe venir firmado).
- Cotizaciones de Repuestos, (Debe existir un documento que contemple el listado de partes con el que llegó el equipo, lo que se va a reutilizar y lo que se cambió (proformas).
- Contrato, adendos, etc.

7.11. 11. SECCIÓN - Certificados, Manuales

- Certificados de instrumentación vigentes
- Certificados del Personal Técnico que interviene en la reparación
- Fichas técnicas (pintura, silenciadores). Etc.
- Gestión HSEQ- Manual de seguridad

7.12. 12. SECCIÓN - Informes QA

- Esta sección contiene los informes que genera aseguramiento QA-PCB, del seguimiento que se realiza a cada reparación (Informes de inspección, hallazgos, actas de reuniones).

ANEXOS

La impresión de este documento
Se considera COPIA NO CONTROLADA



PR-MTO-001

PROCEDIMIENTO PARA COMPILACIÓN DE DOSSIER DE OVERHAUL



Versión 1 Jun./2020

- ATS
- Soporte fotográfico de la reparación
- Certificaciones Vehículo y Personal Cargue
- Acta entrega Dossier

8. FOLIADO DE DOSSIER

Cada dossier debe tener las firmas finales de las personas que intervinieron en el mantenimiento del equipo y la revisión final y V.º B.º de Aseguramiento QA-PCB, con esto se procede a foliar el dossier, con la intención de asegurar que toda la información recibida por parte del CONTRATISTA sea la misma que Aseguramiento QA-PCB entrega al cliente final sin omitir ningún archivo.

9. ENTREGA DEL DOSSIER

Fecha de entrega del dossier; el contratista debe hacer la entrega del dossier a Aseguramiento QA-PCB, mínimo 5 días hábiles después de terminadas las pruebas FAT del equipo, para última revisión y ajustes antes de entregarlo al cliente final.

El Dossier puede estar sujeto a revisión por parte de Aseguramiento QA-PCB en cualquier instante del tiempo durante el desarrollo del overhaul.

10. FORMATOS

Datos del Formato F01-PR-MTO-001 LISTA DE CHEQUEO DOSSIER DE OVERHAUL



LISTA DE CHEQUEO DOSSIER DE OVERHAUL



Versión 1 – Junio, 2020

Datos del Formato
F01-PR-MTO-001

CONTRATISTA:

EQUIPO:

SERIAL NUMBER:

DISCIPLINA:

ITEM	DESCRIPCIÓN	1ERA REVISION	2DA REVISION	REVISION FINAL	AVANCE %	NO APLICA	COMENTARIOS
1.SECCIÓN							
1	Página portada						
2.SECCIÓN							
2	Indice detallado DDO						
3.SECCIÓN							
3	3.1.Data Sheet	X	✓	✓	100.0%		
4	3.2.Garantía Caterpillar						
5	3.3.Performance Data (G32) GEN SET CAT 3516						
4.SECCIÓN							
5	Control, entrada y salida de elementos						
6	Recepción del equipo TALLER						
7	Recepción del equipo						
8	Plan de Trabajo						
5.SECCIÓN							
9	Metrología de componentes desarme						
6.SECCIÓN							
10	Reporte Técnico de Servicio						
11	Informe diagnóstico componentes						
12	Metrología de bancada bloque						
13	Metrología altura low bore, bloque						
14	Metrología eje de levas						
15	Metrología Cigüeñal						
16	Metrología Bielas						
17	Metrologías culatas						
18	Certificado conformidad de procesos						
19	Chequeo generador taller						
20	Informe inspección generador						
21	Informe prueba final generador						
22	Informe técnico radiador						
23	Certificado Inyectores y Turbos						
24	Acta de verificación de cambio de motor GEN37 (equipo nuevo)						
25	Certificado (equipo nuevo)						
26	Autorización reemplazo motor (equipo nuevo)						
27	Manual de Operación y mantenimiento (equipo nuevo)						
28	Engine Test Certificate (equipo nuevo)						
29	Declaración de incorporación (equipo nuevo)						
7.SECCIÓN							
	Metrología de Componentes-Armado						
8.SECCIÓN							
30	Lecturas de Pruebas con carga						
31	Pruebas con carga TALLER						
32	Acta asistencia a pruebas de carga						
32	Datasheet banco de carga						
9.SECCIÓN							
33	Despacho de equipo						
34	Remisión del equipo						
10.SECCIÓN							
35	Orden de Servicio						
36	Condiciones especiales orden de servicio						
37	Oferta comercial cambio de equipo						
38	contrato						
39	11.SECCIÓN						
42	Certificados de Instrumentación						
43	Comparador Carátula						
44	Galgas Telescópicas						
45	Megóhmetro digital						
46	Micrómetro de Exteriores						
47	Micrómetro de Exteriores						
48	Micrómetro de Exteriores						
49	Pie de rey						
50	Certificado Torcómetro Tipo Click						
51	Certificado Torcómetro Tipo Click						
52	Torcómetro analógico						
53	Certificación Balanceo LKS						
54	Certificación Balanceo LKS						
55	Pinza Voltiampérimétrica digital						
56							
57	Fichas técnicas						
58	Ficha técnica pintura at 905						
59	Ficha técnica silenciadores						
60	Fichas técnicas lana minerales						
61	Lamina Cold Rolled						
62	Certificado personal técnico						
63	Manual sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo						
64	Certificado distribución cummins						
65	12.SECCIÓN						
67	Informe QA recepción equipo						
68	Informe QA desensamble equipo						
69	Informe QA pruebas FAT equipo						
71	Acta entrega dosieres TRIENERGY						

Observaciones:

COMPANÍA	ASEGURAMIENTO DE CALIDAD PCB INGENIERIA S.A.S.	COORDINADOR QA CESAR BARRERA
FIRMA		
NOMBRE		
FECHA		

***PROCEDIMIENTO RECEPCION,
EMBALAJE, DESPACHO Y TRANSPORTE
EQUIPOS OVERHAUL***

PR-MTO-002
Versión 1 – Junio, 2020

PCB INGENIERÍA S.A.S.



 PR-MTO-002	PROCEDIMIENTO RECEPCION, EMBALAJE, DESPACHO Y TRANSPORTE EQUIPOS OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
--	--	---

**PROCEDIMIENTO RECEPCION, EMBALAJE, DESPACHO
Y TRANSPORTE EQUIPOS OVERHAUL**

0	Emisión inicial	César Barrera	Mónica Medina	Feb./2020
VER. No.	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	APROBÓ	FECHA

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO.....	4
2. ALCANCE	4
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	4
4. DEFINICIONES.....	4
5. RECEPCION, EMBALAJE, DESPACHO Y TRANSPORTE DE EQUIPOS	5
5.1. Embalaje y despacho del equipo de campo a taller externo.....	5
5.2. Recepción del equipo en taller externo	6
5.3. Embalaje y despacho del equipo de taller externo a campo.....	6
5.4. Recepción del equipo en campo	7
6. Flujograma recepción, embalaje, despacho y transporte de equipos	7
7. FORMATOS	7

 PR-MTO-002	PROCEDIMIENTO RECEPCION, EMBALAJE, DESPACHO Y TRANSPORTE EQUIPOS OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
--	--	---

1. OBJETIVO

Establecer las pautas para el control en la recepción, embalaje, despacho y transporte, de los equipos electrógenos antes y después de realizar intervención de mantenimiento overhaul.

2. ALCANCE

Este procedimiento debe conocerse y aplicarse por el personal cuyas funciones estén relacionadas con el control en la recepción, embalaje, despacho y transporte de elementos y equipos electrógenos en intervención de Overhaul.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Orden de servicio o contrato de overhaul o reparación mayor.
- Ficha técnica del equipo electrógeno.
- F02-PR-MTO-002 “lista de chequeo recepción ó despacho del equipo”.

4. DEFINICIONES

Características: Descripción técnica o comercial de los materiales, herramientas y equipos.

Recepción: Proceso mediante el cual se recibe, inspecciona y verifica un producto, equipos o material.

Descargue: Traslado de los equipos desde el medio de transporte hasta el sitio de almacenamiento.

Elaboración de inventario: Registro ordenado y detallado de los accesorios que conforman el equipo. El primer inventario debe elaborarse cuidadosamente, tanto cualitativa como cuantitativamente, para que los posteriores que se produzcan no requieran más que su actualización mediante la verificación física de los elementos.

Embalaje: Objeto destinado a contener temporalmente un producto o conjunto de productos durante su manipulación, transporte, almacenamiento o presentación a la venta, a fin de protegerlo, identificarlos y facilitar dichas operaciones.

Empresa de transporte: Persona natural o jurídica legalmente constituida y habilitada que con equipos propios o contratados externamente y por medio de un contrato de transporte moviliza los equipos desde un punto de origen al destino programado por el cliente.

Etiqueta o rotulo: Elemento que sirve para la identificación e información del equipo.

Gestión de transporte: Es el proceso de organizar estratégicamente el movimiento de los equipos electrógenos desde y hacia las instalaciones señaladas ya sea desde campo a taller externo y viceversa.

Guía: Documento contractual entre el taller contratista y la empresa transportadora.

La impresión de este documento

Se considera COPIA NO CONTROLADA

 PR-MTO-002	PROCEDIMIENTO RECEPCION, EMBALAJE, DESPACHO Y TRANSPORTE EQUIPOS OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
--	--	---

Manifiesto de importación: Documento que describe los seriales del equipo.

Novedad: Alteración surgida durante la prestación del servicio, tal como hurto, colisión, saqueo o daño del equipo.

Recepción del equipo: Proceso mediante el cual se recibe, inspecciona y verifica equipos o materiales destinados a overhaul o mantenimientos mayores.

Seguimiento de la Guía: Actividad mediante la cual se verifica que el material llega a su destino final en buenas condiciones y el día acordado.

Remisión: Documento que emplea el cliente para enviar la mercancía a nuestras instalaciones, este se encuentra impreso y con membrete, sirve para tener evidencia de los equipos que se han recibido en las condiciones solicitadas y aprobadas.

Transportadora: Empresa encargada de recoger y entregar los equipos en el lugar solicitado y/o destino final.

Metrología: Conjunto de operaciones necesarias para mantener las características de un patrón dentro de unos límites, medidas y distancias apropiados.

5. RECEPCION, EMBALAJE, DESPACHO Y TRANSPORTE DE EQUIPOS

El transporte de los equipos desde el campo hacia los talleres del contratista será definido previo acuerdo entre las partes.

El proceso de embalaje debe ser resistente, proteger y conservar los equipos (impermeabilidad, higiene, deterioro), facilita su transporte y almacenamiento, también ayuda a prevenir o registrar el desmonte o desensamble de piezas utilizadas para otros fines.

Los requisitos exigidos para el transporte de los equipos de campo a Taller externo y viceversa, se indican los siguientes ítems:

5.1. Embalaje y despacho del equipo de campo a taller externo

Para la realización del embalaje y despacho del equipo de campo a taller externo, es necesario diligenciar el formato “F02-PR-MTO-002 lista de chequeo de recepción o despacho del equipo”, donde se especifica los datos de placa del equipo, procedencia, descripción detallada de cada uno de sus componentes tales como:

a. Motor

- Sistema de escape
- Sistema de admisión

La impresión de este documento
 Se considera COPIA NO CONTROLADA

 PR-MTO-002	PROCEDIMIENTO RECEPCION, EMBALAJE, DESPACHO Y TRANSPORTE EQUIPOS OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
--	--	---

- Sistema de combustible
- Sistema de enfriamiento
- Sistema de lubricación
- Accesorios

b. Generador

- Equipamiento eléctrico
- Breaker
- Tarjeta de memoria
- Display
- Tarjeta reguladora de voltaje /amplificadora
- Cableado de control
- Transformador de corriente
- Accesorios

Después de diligenciar los datos anteriores en el formato *F02-PR-MTO-002*, se procede a realizar las firmas correspondientes al personal responsable en campo, y se emitirá una copia del resultado al taller externo donde se va a llevar a cabo la recepción del equipo.

Adicionalmente se debe dar copia del manifiesto de importación al transportador, donde deben coincidir los números de serie de los equipos con los transportados, ya que este es un requerimiento normativo de transporte por carretera nacional.

5.2. Recepción del equipo en taller externo

El lineamiento de recibimiento o recepción de los equipos provenientes de campo en taller externo inicia con la verificación del formato *“F02-PR-MTO-002 lista de chequeo de recepción o despacho del equipo”*, versus la verificación y diligenciamiento del mismo formato para detectar desviaciones o hallazgos, finalizada la revisión se enviará el registro firmado al personal de campo.

Se tomará levantamiento fotográfico del equipo como evidencia para adjuntar en los informes de aseguramiento QA.

5.3. Embalaje y despacho del equipo de taller externo a campo

Terminados los trabajos de overhaul se procede al embalaje y despacho de los equipos de taller externo a campo, para esto aseguramiento QA-PCB debe verificar el estado del equipo y cada uno de sus componentes.

Es necesario verificar si el transporte a utilizar cumple con los requerimientos de seguridad en la carga tales como anclajes, cuerdas o eslingas de seguridad, dimensiones apropiadas para los equipos y capacidad de carga.

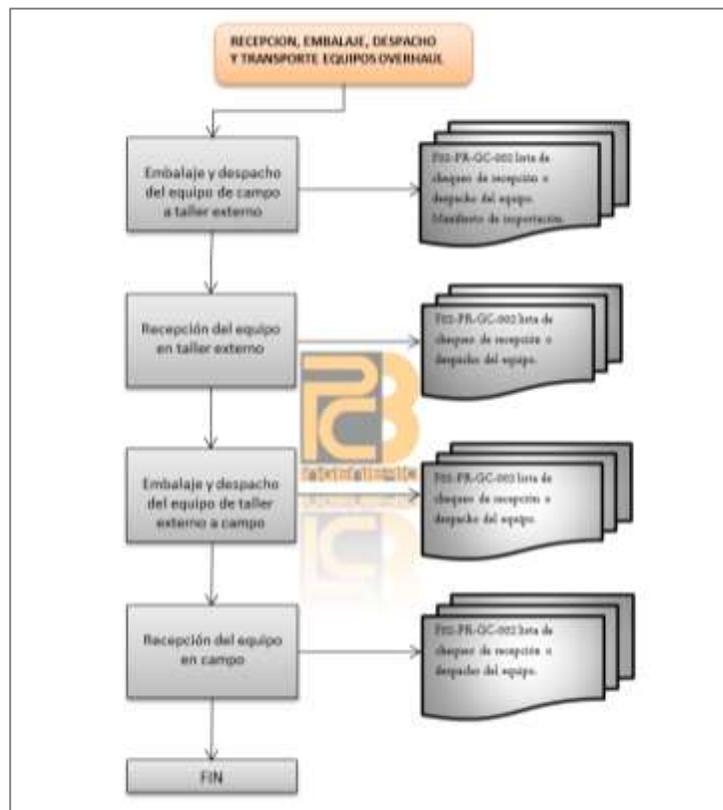


5.4. Recepción del equipo en campo

En el momento de llegada del equipo de talleres externos a campo, el personal que despacha y recibe los grupos electrógenos verifica e inspecciona de forma detallada el embalaje enviado/recibido, comprobando que el equipo viene lo suficientemente protegido, y consignara la recepción en el formato “F02-PR-MTO-002 lista de chequeo de recepción o despacho del equipo”.

Lo anterior permite hacer una comparación de lo enviado con lo recibido, registrando como identificación del equipo el número de serie del grupo electrógeno, serie del motor, número del generador y del radiador, así como las novedades encontradas en cada uno de los elementos inspeccionados.

6. Flujograma recepción, embalaje, despacho y transporte de equipos



7. FORMATOS

- “F02-PR-MTO-002 lista de chequeo de recepción ó despacho del equipo”.



LISTA DE CHEQUEO RECEPCIÓN Ó DESPACHO DEL EQUIPO



Datos del Formato
F02-PR-MTO-002

Versión 1 – Junio, 2020

RECEPCIÓN		DESPACHO		FECHA	
------------------	--	-----------------	--	--------------	--

UNIDAD DE POTENCIA		NUEVO		GRUPO ELECTRÓGENO		USADO	
---------------------------	--	--------------	--	--------------------------	--	--------------	--

DATOS DEL MOTOR

Modelo:	Serie ESN:	CPL:	Año:
Motivo retiro:	Overhaul	Top overhaul	Otro

LISTADO DE CHEQUEO

PARTES O COMPONENTES	SI	NO	PARTES O COMPONENTES	SI	NO	PARTES O COMPONENTES	SI	NO
SISTEMA DE ESCAPE			SISTEMA DE ADMISIÓN			SISTEMA DE COMBUSTIBLE		
Silenciador			Filtro de aire			Bomba de Inyección		
Flexible, codo y abrazadera			Carcasa completa			Actuador Bomba		
Soporte			Indicador de restricción ()			Válvula STC - HTC		
Turbo cargador ()			Tubería y manquera de admisión			Válvula de corte		
Múltiple de escape			Post-enfriador			Tubería de combustible		
Tapa lluvia			Cubierta del postenfriador			Filtro de combustible ()		
Sensor de temperatura de escape			Compresor de aire			Filtro Trampa ()		
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO			SISTEMA DE LUBRICACIÓN			ACCESORIOS		
Radiador			Carter			Motor de arranque		
Tapa del radiador			Bomba del aceite			Solenoides del Motor de arranque		
Refrigerante			Tubería			Alternador		
Tubería del radiador			Nivel Murphy aceite			Correa de alternador ()		
Guarda delantera			Bayoneta del nivel de aceite			Correa Bomba de Agua ()		
Guarda trasera			Tapón de llenado			Tensor de la correa de la bomba de agua ()		
CAC			Cabezal del filtro aceite			Correa del ventilador ()		
Bomba de agua ()			Filtro de aceite			Baterías ()		
Nivel Murphy			Enfriador de aceite			Base de Baterías ()		
Filtro de agua			Filtro by Pass			Cable de Baterías ()		
Sensor del nivel de Refrigerante			Otro			Aisladores de vibraciones		
Otro			Otro			Patín		



LISTA DE CHEQUEO RECEPCIÓN Ó DESPACHO DEL EQUIPO



Datos del Formato
F02-PR-MTO-002

Versión 1 – Junio, 2020

GENERADOR

Marca:	Modelo:		
Número de Serie:	Spec:	Horas:	
Potencia nominal:	Prime		Stand by
TABLERO:	PCC: _____	Detector: _____	
	Deep Sea: _____	Otro: _____	

LISTADO DE CHEQUEO

PARTES O COMPONENTES			PARTES O COMPONENTES			PARTES O COMPONENTES		
	SI	NO		SI	NO		SI	NO
EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO								
Breaker			Pick up Magnético			Muletilla de arranque		
Tarjeta monitora			Cableado de control			Amperímetro		
Display			Cables de potencia del control			Frecuencímetro		
Tarjeta reguladora de voltaje			Cableado del motor			Voltímetro		
Tarjeta gobernadora			Paro de emergencia			Breaker de Campo		
Tarjeta amplificadora			Transformador de corriente ()			Otro		

En constancia firman:

_____ (Firma)	Autorizado	
	Cedula	Celular:
	Cargo:	Destino:

_____ (Firma)	Transportado por	
	Cedula	Celular:
	Placa	Destino:

_____ Recibido por: (Firma)	Recepción equipo	
	Cedula	Celular:
	Cargo	Destino:

***PROCEDIMIENTO QA PRUEBAS FAT Y
SAT OVERHAUL***

PR-MTO-003
Versión 1 – Junio, 2020

PCB INGENIERÍA S.A.S.



 PR-MTO-003	PROCEDIMIENTO QA PRUEBAS FAT y SAT OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
--	--	---

**PROCEDIMIENTO QA PRUEBAS FAT/ SAT
OVERHAUL**

0	Emisión inicial	César Barrera	Mónica Medina	Feb./2020
VER. No.	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	APROBÓ	FECHA

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO.....	4
2. ALCANCE	4
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	4
4. DEFINICIONES.....	4
5. Aseguramiento de calidad PCB ingeniería.....	4
5.1. Responsabilidades entre QA y contratista de las Pruebas	5
5.2. Ejecución de pruebas FAT/SAT.....	5
6. Aplicación del procedimiento en grupo electrógeno.	7
6.1. Aseguramiento de calidad PCB ingeniería.....	7
6.2. Responsabilidades entre QA y contratista de las Pruebas	7
6.2.1. Programación de Pruebas	7
6.2.2. Inicio de pruebas FAT/SAT	7
6.2.3. Finalización de Pruebas	8
6.2.4. Suspensión de las Pruebas.....	9
6.3. Ejecución de pruebas FAT/SAT.....	9
6.3.1. Acondicionamiento	9
6.3.2. Instalación.....	9
6.3.3. Pruebas Funcionales y de Desempeño	9
6.3.4. Duración y Criterios de Aceptación	10
6.3.5. Protocolo de pruebas FAT/SAT	10
7. FORMATOS.....	11

 PR-MTO-003	PROCEDIMIENTO QA PRUEBAS FAT y SAT OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
--	--	---

1. OBJETIVO

Establecer los criterios y requerimientos necesarios para el desarrollo de las actividades concernientes a la realización de pruebas FAT (Factory Acceptance Testing) y pruebas SAT (Site Acceptance Testing), y de esta forma dar aceptación y/o liberación de los activos después de realizar intervención por overhaul.

2. ALCANCE

Este procedimiento debe conocerse y aplicarse por el personal cuyas funciones estén relacionadas con inspección, verificación y seguimiento QA de elementos y equipos en intervención de Overhaul.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Orden de servicio de overhaul.
- Ficha técnica del equipo eléctrico.
- F03-PR-MTO-003 lista de chequeo pruebas de carga equipos.
- Protocolo de pruebas FAT /SAT taller contratista.

4. DEFINICIONES

Pruebas FAT: Factory Acceptance Testing. Pruebas de aceptación de fábrica.

Pruebas SAT: Site Acceptance Testing. Prueba de aceptación del sitio.

Ejecutor del overhaul: Fábrica encargada del desarrollo y ejecución de las pruebas.

Ingeniero asegurador QA: Persona encargada de asegurar los procesos asignados en la ejecución del overhaul.

5. Aseguramiento de calidad PCB ingeniería

PCB ingeniería debe asegurar para la realización de las pruebas FAT/SAT., y posterior liberación del equipo, que el taller cumpla con la información documental correspondiente a cada etapa del mantenimiento o reparación según lo contemplado en el manual del fabricante y a los requerimientos exigidos en el contrato, el ingeniero QA verificará en sitio antes de las pruebas FAT/SAT, las especificaciones técnicas y operativas del fabricante y gestor de reparación del equipo:

- Orden de servicio de overhaul.
- Informe de reparación o cambio de componentes
- Ficha técnica del equipo.
- Procedimiento escrito de ejecución de pruebas FAT /SAT.
- Verificación del perfil del personal a ejecutar la prueba FAT/SAT acreditado para la actividad.

 PR-MTO-003	PROCEDIMIENTO QA PRUEBAS FAT y SAT OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
--	--	---

5.1. Responsabilidades entre QA y contratista de las Pruebas

- El coordinador de las pruebas FAT/SAT debe asegurar que se realicen de acuerdo a las especificaciones técnicas dada por el fabricante de los grupos electrógenos y tener autoridad con su empleador para comisionar las correcciones y desviaciones.
- El ejecutor del overhaul debe tener el personal necesario para realizar las pruebas FAT/SAT bajo el atestiguamiento del ingeniero asegurador QA asignado por el contratante de la reparación o dueño del equipo.
- El ejecutor del overhaul es responsable de tener todos los elementos necesarios para ejecutar la prueba (combustible, banco de carga, etc.).
- La custodia de todos los registros y documentos realizados durante la Prueba FAT/SAT es responsabilidad del ejecutor del overhaul, el cual debe emitir una copia de estos documentos al ingeniero asegurador QA-PCB.
- Se debe registrar los hallazgos y desviaciones detectadas durante las pruebas FAT/SAT, y generar un plan de acción con las acciones correctivas que no afecten el cumplimiento del contrato.

5.2. Ejecución de pruebas FAT/SAT

El diagrama de flujo describe los métodos y procesos que se aplican durante las pruebas, indica los pasos a seguir durante el proceso, el tiempo entre la aplicación de carga y tiempo total de la prueba según aplique:

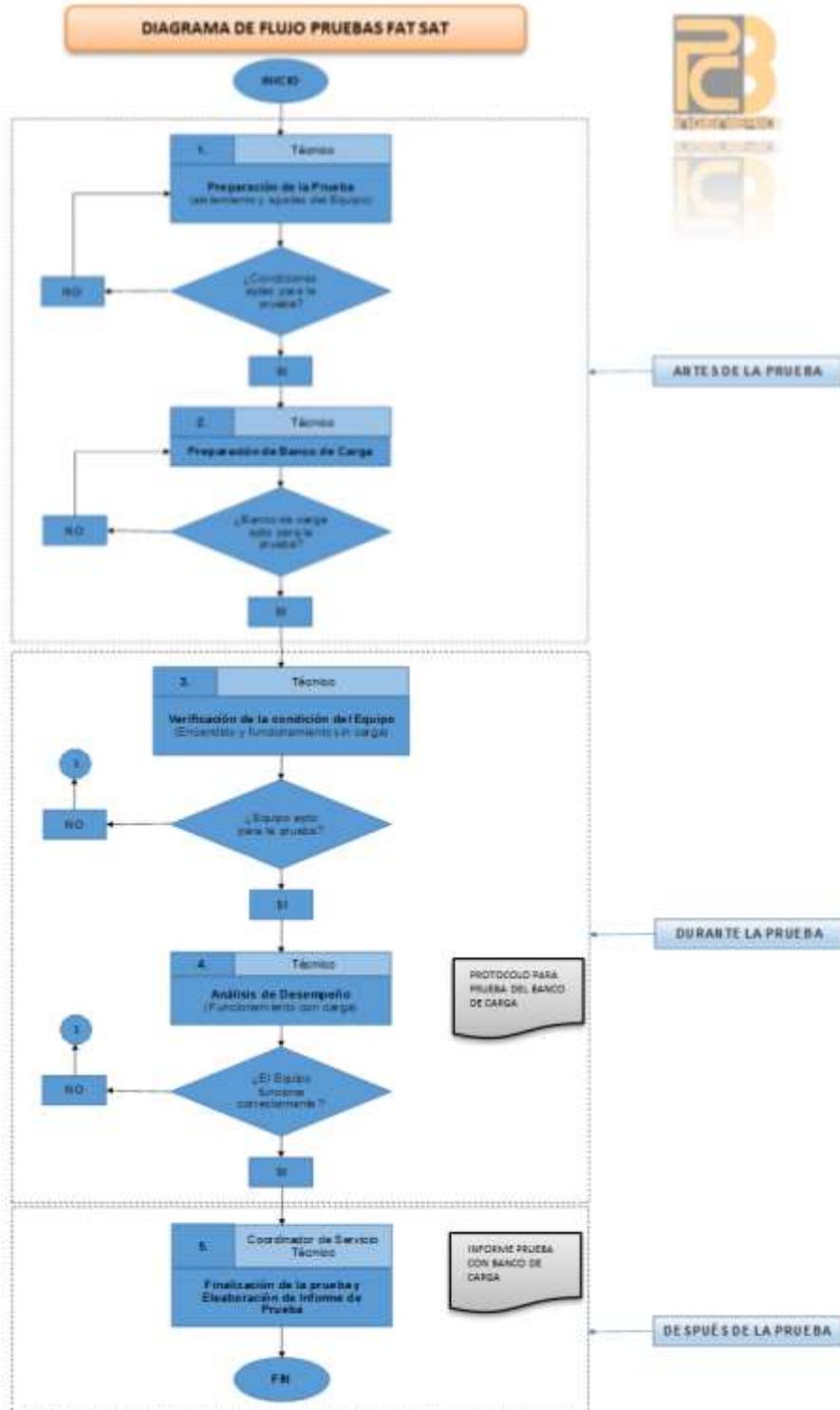


PR-MTO-003

PROCEDIMIENTO QA PRUEBAS FAT y SAT OVERHAUL



Versión 1 Jun./2020



 PR-MTO-003	PROCEDIMIENTO QA PRUEBAS FAT y SAT OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
--	--	---

6. Aplicación del procedimiento en grupo electrógeno.

A continuación se describe detalladamente el procedimiento de pruebas FAT/SAT aplicado a un grupo electrógeno.

6.1. Aseguramiento de calidad PCB ingeniería

El ingeniero de aseguramiento QA realizará inspecciones de la siguiente manera:

a. *De equipos:*

- Verificar que el equipamiento del sistema se encuentre debidamente configurado.
- Se realizará inspección visual de terminaciones adecuadas de conexión, cables y accesorios.
- Verificación en sitio de planos de configuración y ensamble.

b. *Funcionales:*

- Comprobar que el equipo no presente pérdidas de fluidos
- Verificar los parámetros funcionales, deben estar dentro de los dados por el fabricante.
- Revisar que no se presente ruidos anormales.
- Verificar que el sistema generador este trabajando y reciba y sostenga carga.
- Inspeccionar que los periféricos estén actuando de manera correcta.

c. *Desempeño:*

- Verificar que el equipo no presente fluctuaciones durante la aplicación de bloques de carga (KW).
- Verificar que no se presente incremento súbito de temperatura durante el tiempo de prueba.
- Comprobar que el equipo resista el retiro y adición de bloques de carga (KW).
- Inspeccionar que la frecuencia (Hz) se mantenga estable durante la prueba.

6.2. Responsabilidades entre QA y contratista de las Pruebas

6.2.1. Programación de Pruebas

El ejecutor del overhaul /mantenimiento notificará al ingeniero de aseguramiento QA, con una antelación de 24 horas para realizar la logística del (os) funcionarios que atestiguarán la prueba.

6.2.2. Inicio de pruebas FAT/SAT

El ejecutor del overhaul /mantenimiento debe cumplir con los siguientes requerimientos antes de iniciar las pruebas.

 PR-MTO-003	PROCEDIMIENTO QA PRUEBAS FAT y SAT OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
--	--	---

Tener aprobados los planes y procedimientos para la prueba, revisada y aprobada toda la documentación relevante del overhaul, tal como:

a. Metrologías de los componentes principales

- Bloque
- Cigüeñal
- Árbol de levas
- Bielas

b. Ensayos END a componentes principales

- Bloque
- Cigüeñal
- Árbol de levas
- Bielas
- Tren de repartición
- Volante
- Tornillería bielas y bancada
- Volante

c. Reporte de reparación de componentes enviados a terceros.

- Culatas
- Sistema de inyección
- Sistema de enfriamiento
- Generador
- Radiador
- Turbo cargadores

d. Otros

- Certificación del banco de carga (sistemas de generación)
- Registro de alineación entre componentes (motor-generator)
- Registro de torques aplicados durante la etapa de ensamble a los componentes

Dependiendo del tipo de equipo se solicitara información relevante al proponente antes de realizar las pruebas.

6.2.3. Finalización de Pruebas

Se considera que las pruebas han sido conformes sí:

- No se presentaron desviaciones en el comportamiento del equipo durante toda la prueba.

 PR-MTO-003	PROCEDIMIENTO QA PRUEBAS FAT y SAT OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
--	--	---

- Si se presentaron desviaciones durante la prueba debe ser resuelta a satisfacción.
- Todos los registros de la prueba han sido entregados a ingeniero de aseguramiento QA.
- El ingeniero de aseguramiento QA avala por escrito el cumplimiento conforme de las pruebas.

6.2.4. Suspensión de las Pruebas

- Si el ingeniero de aseguramiento QA considera en cualquier momento que la cantidad o severidad de las desviaciones amerita la suspensión de la prueba, el ejecutor del overhaul /mantenimiento debe realizar las correcciones ya sean técnicas o documentales para reprogramar la prueba.
- La reprogramación de la prueba se acuerda entre el ejecutor del overhaul /mantenimiento y el ingeniero de aseguramiento QA.
- La reprogramación de la prueba no será causal para solicitar o justificar una prórroga en el plazo de entrega.

6.3. Ejecución de pruebas FAT/SAT

6.3.1. Acondicionamiento

Antes de realizar las pruebas SAT, el ejecutor del overhaul /mantenimiento debe realizar las siguientes observaciones:

- Verificar y registrar la alineación del sistema que no haya sufrido variación durante el transporte, verificar el torque del sistema.
- Verificar que los niveles de lubricantes y refrigerantes se encuentren en los parámetros indicados por el fabricante.
- Verificar que los componentes del equipo no tengan ningún daño obtenido durante el transporte.
- Inspeccionar que la conexión de potencia se encuentre debidamente instalada y con torque.
- Verificar la instalación y configuración del control.
- Inspeccionar las líneas de combustible, estas deben estar instaladas y bloqueadas.
- Verificar que el sistema de escape se encuentre instalado.

6.3.2. Instalación

Es necesario para la instalación del equipo, llevar a cabo lo siguiente:

- Repetición de la prueba FAT realizada en taller de overhaul /reparación.
- Verificar las condiciones funcionales, estas deben ser las mismas dadas por el fabricante.
- Realizar pruebas Solo Run para verificar que no se presenten perdidas de fluidos.
- Para asegurar la operatividad del campo donde se va a instalar el equipo, el sistema a ensayar NO se conectara en línea, y este requiere la utilización de uno o dos bancos de carga que soporten la capacidad de generación del equipo a entregar.

6.3.3. Pruebas Funcionales y de Desempeño

La impresión de este documento
Se considera COPIA NO CONTROLADA

 PR-MTO-003	PROCEDIMIENTO QA PRUEBAS FAT y SAT OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
--	--	---

a. Funcionales

- Comprobar que el equipo no presente perdidas de fluidos
- Verificar los parámetros funcionales, deben estar dentro de los dados por el fabricante
- Revisar que no se presente ruidos anormales
- Verificar que el sistema generador este trabajando y reciba y sostenga carga
- Inspeccionar que los periféricos estén actuando de manera correcta

b. Desempeño

- Verificar que el equipo no presente fluctuaciones durante la aplicación de bloques de carga (KW)
- Verificar que no se presente incremento súbito de temperatura durante el tiempo de prueba
- Comprobar que el equipo resista el retiro y adición de bloques de carga (KW)
- Inspeccionar que la frecuencia (Hz) se mantenga estable durante la prueba

6.3.4. Duración y Criterios de Aceptación

La duración total de la prueba de funcionamiento, se llevara de mutuo acuerdo entre campo y el ejecutor del overhaul / mantenimiento, pero se sugiere un mínimo de 8 horas de seguimiento y toma de lecturas.

Se realizara una prueba Solo Run durante 15 min, para establecer que no existan perdidas de fluido o fallas de control.

La aceptación de prueba SAT, es dada por el funcionario en campo y se genera un acta de aceptación entre las partes firmada.

El ejecutor del overhaul /mantenimiento debe entregar un reporte sobre los datos obtenidos en la prueba SAT, donde incluya:

- Hallazgos durante la prueba
- Datos operacionales tomados como recomendación cada 30min.
- Recomendaciones del fabricante.
- Acciones de mejora
- Lecciones aprendidas.

6.3.5. Protocolo de pruebas FAT/SAT

El contratista en el protocolo /registro de pruebas FAT/SAT debe incluir:

- Características técnicas del equipo a probar.
- Fecha de ejecución de la prueba FAT/SAT.
- Descripción de las condiciones de prueba.
- Serie de los componentes principales del grupo electrógeno.

La impresión de este documento
Se considera COPIA NO CONTROLADA

 PR-MTO-003	PROCEDIMIENTO QA PRUEBAS FAT y SAT OVERHAUL	 Versión 1 Jun./2020
--	--	---

- Valor de carga nominal.
- Valor de carga real a probar.
- Tiempo de ejecución de la prueba, incluyendo intervalos de tiempos de las tomas de medida de la prueba.
- Toma de datos principales (temperaturas, presiones, velocidad, voltajes, corriente potencia, entre otras).
- Identificación de los responsables, ejecutor del overhaul /mantenimiento e ingeniero de aseguramiento QA, que ejecutan y atestiguan la prueba respectivamente.
- Comentarios realizados por ingeniero de aseguramiento QA.
- Referencia de las desviaciones generadas durante las pruebas FAT/SAT.
- Copias de reportes y registros de la prueba.

7. FORMATOS

- F03-PR-MTO-003 lista de chequeo pruebas de carga equipos.



LISTA DE CHEQUEO PRUEBAS DE CARGA EQUIPOS



Datos del Formato
F03-PR-MTO-003

Versión 1 – Junio, 2020

PROVEEDOR

FECHA

1. DATOS DEL EQUIPO

1.1. GENERADOR

MARCA MODELO SERIAL
 VOLTAJE FRECUENCIA CAPACIDAD KW/KVA

1.2. MOTOR

MARCA MODELO SERIAL

1.3. GENERADOR

MARCA MODELO SERIAL

1.4. MODULO DE CONTROL

MARCA MODELO SERIAL

2. VERIFICACIÓN DOCUMENTAL

DESCRIPCIÓN	ENTREGADO	PENDIENTE	OBSERVACIÓN
El ejecutor del overhaul /mantenimiento mayor, debe tener un procedimiento escrito de ejecución de pruebas FAT /SAT			
Orden de servicio de overhaul o reparación mayor			
Capacidad del Grupo Electrónico			
Características técnicas del motor, generador y sistema de control			
Ficha técnica del equipo electrógeno			
Lista de chequeo para pruebas de carga de los equipos			
Protocolo de pruebas FAT /SAT			
Formatos metrológicos emitidos durante la etapa de ensamble			
Informe de reparación o cambio de componentes: motor, generador, radiador, turbo y sistema de inyección			
Informe alineación entre componentes: motor-generador; motor-trasmisión			
Perdidas de potencia, tablas de derrateo dadas por el fabricante (Altura y temperatura ambiente del sitio donde se ejecutara la prueba FAT/SAT)			
Verificación de parámetros de configuración de control			
Verificación del perfil del personal a ejecutar la prueba FAT/SAT			
Metrológicas de los componentes principales			
Ensayos END a componentes principales			
Reporte de reparación de componentes enviados a terceros.			
Otro Cual?			
Otro Cual?			

3. VERIFICACIÓN DEL EQUIPO Y COMPONENTES

DESCRIPCIÓN	CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIÓN
Inspección visual del equipo y sus componentes principales			
Comprobar niveles de refrigerante, aceite y combustible.			
Comprobar que el equipo no presente pérdidas de fluidos			
Comprobar que el equipo no presente piezas sueltas			
Verificar los parámetros funcionales.			
Comprobar conexión de cableado a Banco de Pruebas o Carga			
Comprobar estado y conexión de baterías de arranque			
Comprobar estado y conexión del modulo de control			
Verificar sistema de escape			
Verificar características banco de prueba			
Otro Cual?			
Otro Cual?			

4. OBSERVACIONES

TECNICO PROVEEDOR	COORDINADOR PROVEEDOR	INGENIERO QA
Nombre:	Nombre	Nombre
Cargo	Cargo	Cargo
Empresa	Empresa	Empresa