

MODELO DE GESTIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTOS MAYORES A
COMPRESORES DE GAS RECIPROCANTES EN PLANTAS DE REFINACIÓN Y
PETROQUÍMICA

JUAN MATEO DURÁN MANTILLA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2019

MODELO DE GESTIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTOS MAYORES A
COMPRESORES DE GAS RECIPROCANTES EN PLANTAS DE REFINACIÓN Y
PETROQUÍMICA

JUAN MATEO DURÁN MANTILLA

MONOGRAFÍA PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN GERENCIA DE
MANTENIMIENTO

DIRECTOR

JOSE LUIS SILVA REYES

MAGISTER EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2019

DEDICATORIA

A mi familia, principal motivación en mi vida.

Son el tesoro mas grande que Dios me dio.

Mi amor y gratitud por siempre.

Juan Mateo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	12
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	14
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo General	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
1.3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO	17
2. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.....	18
2.1.1 Definición del mantenimiento industrial en las empresas	18
2.1.2 Historia del mantenimiento industrial	18
2.2 GESTIÓN DE ACTIVOS	20
2.2.1 Definición de gestión de activos.....	20
2.2.2 Normas ISO 55000.....	20
2.3 COMPRESORES RECIPROCANTES EN PLANTAS DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA.....	22
2.3.1 Componentes principales de un compresor recíprocante	23
2.3.2 Componentes de desgaste en un compresor recíprocante.....	26
3. MARCO CONCEPTUAL.....	29
3.1 ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO	29
3.1.1 Mantenimiento correctivo	29
3.1.2 Mantenimiento preventivo	29
3.1.3 Mantenimiento predictivo	29
3.1.4 Mantenimiento mayor.....	29
3.1.5 Paradas de planta	30
3.3 MODELOS DE GESTIÓN EN PROYECTOS DE MANTENIMIENTO.....	31
3.3.1 Definición de modelo de gestión en el mantenimiento	31

3.3.2 Gestión de la calidad en el mantenimiento	32
4. MODELO DE GESTIÓN PARA MANTENIMIENTOS MAYORES A COMPRESORES RECIPROCANTES.....	37
4.1 DIAGRAMA DEL MODELO PROPUESTO	37
4.2 DEFINICION DEL ALCANCE DE MANTENIMIENTO.....	39
4.3 PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO	39
4.3.1 Actividades de mantenimiento según alcance (Worklist)	40
4.3.2 Plan detallado de trabajo (PDT)	48
4.3.3 Plan de inspección y pruebas de calidad (ITP)	54
4.3.4 Plan de seguridad HSE	56
4.3.5 Repuestos	59
4.3.6 Herramientas	64
4.3.7 Consumibles.....	67
4.4 ACTIVIDADES DE ALISTAMIENTO	69
4.5 EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	71
4.5.1 Ruta crítica	71
4.5.2 Curva de avance de la ejecución	73
5. MATRIZ DE INTERESADOS Y COMUNICACIÓN EN UN MANTENIMIENTO MAYOR..	75
5.1 ROLES Y RESPONSABILIDADES DE UN MANTENIMIENTO MAYOR	76
6. IMPACTO ECONÓMICO DEL ATRASO EN LA EJECUCIÓN DE UN MANTENIMIENTO MAYOR	77
6.1 COSTOS DIRECTOS DE UN MANTENIMIENTO MAYOR	77
6.2 COSTOS INDIRECTOS DE UN MANTENIMIENTO MAYOR.....	78
6.3 COSTO POR LUCRO CESANTE	78
7. CONCLUSIONES.....	79
BIBLIOGRAFIA	81

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Actividades requeridas para el apagado de la unidad	40
Tabla 2. Actividades requeridas para el desensamble de un compresor recíprocante	41
Tabla 3. Actividades requeridas para la inspección y reparación de un compresor recíprocante	43
Tabla 4. Actividades requeridas para el ensamble de un compresor recíprocante	45
Tabla 5. Actividades requeridas para el mantenimiento del motor eléctrico	47
Tabla 6. Actividades requeridas para el mantenimiento de los equipos de lubricación	47
Tabla 7. Actividades requeridas para el pre comisionamiento de un compresor recíprocante	48
Tabla 8. Plan detallado de trabajo para el mantenimiento a un compresor recíprocante – Parte 1	49
Tabla 9. Plan detallado de trabajo para el mantenimiento a un compresor recíprocante – Parte 2	50
Tabla 10. Plan detallado de trabajo para el mantenimiento a un compresor recíprocante – Parte 3	51
Tabla 11. Plan detallado de trabajo para el mantenimiento a un compresor recíprocante – Parte 4	52
Tabla 12. Plan detallado de trabajo para el mantenimiento a un compresor recíprocante – Parte 5	53
Tabla 13. Plantilla para elaboración de un plan de inspección y pruebas (ITP)	54
Tabla 14. Plan de inspección y pruebas para el desensamble de un compresor recíprocante.	56
Tabla 16. Repuestos requeridos para un mantenimiento mayor a un compresor recíprocante	59
Tabla 17. Herramientas básicas requeridas para el mantenimiento de un compresor recíprocante	65
Tabla 18. Consumibles requeridos para el mantenimiento de un compresor recíprocantos	67

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Compresor reciprocante en una planta de proceso	14
Figura 2. Evolución histórica del mantenimiento	19
Figura 3. Análisis de criticidad de activos	21
Figura 4. Vista superior de un compresor reciprocante de dos tiros.	23
Figura 5. Vista frontal de un compresor reciprocante de dos tiros.	24
Figura 6. Vista seccional de una pieza de distancia y cilindro de un compresor reciprocante	25
Figura 7. Componentes de cambio recomendados por un fabricante	28
Figura 8. Fragmento de un procedimiento de mantenimiento para alineación laser de ejes	33
Figura 9. Ejemplos de registros de metrología para compresores reciprocantes	35
Figura 10. Ejemplo de protocolo para mantenimiento de válvulas en compresores reciprocantes	36
Figura 11. Diagrama de modelo de gestión para mantenimientos mayores	37
Figura 12. Elementos de un plan de inspección y pruebas (ITP).....	55
Figura 13. Tipos de inspección y ensayos durante un mantenimiento	55
Figura 14. Organigrama de ejecución de un mantenimiento mayor en parada de planta.	57
Figura 15. Cadena de llamado de un plan de seguridad HSE	58
Figura 16. Método de la ruta crítica de un proyecto	72
Figura 17. Curva de avance de ejecución	73
Figura 18. Matriz de interesados y canal de comunicación efectiva	75

RESUMEN

TITULO:

MODELO DE GESTIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTOS MAYORES A COMPRESORES DE GAS RECIPROCANTES EN PLANTAS DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA

AUTORES:

JUAN MATEO DURÁN MANTILLA **

PALABRAS CLAVE:

MANTENIMIENTO, COMPRESOR, RECIPROCANTE, REFINERÍA, PARADA DE PLANTA, MODELO, GESTIÓN.

CONTENIDO:

Esta monografía muestra el desarrollo de un modelo de gestión para la ejecución de mantenimientos mayores a compresores de gas reciprocantes en plantas de refinación y petroquímica, realizado como respuesta a la necesidad de minimizar los impactos en la producción causados por atrasos en los tiempos de intervención.

Este desarrollo está soportado por la información técnica de los compresores reciprocantes de gas en general, el conocimiento y experiencia del autor en la ejecución de mantenimientos mayores. Adicionalmente, está referenciado en las estrategias y parámetros propuestos por el Project Management Institute en la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos denominada PMBOK.

Una vez desarrollado esto, el modelo de gestión brinda una metodología estructurada que permite planear y asegurar los recursos necesarios para una ejecución efectiva de un mantenimiento mayor de un equipo crítico en general, con una aplicación práctica mediante un ejemplo a un compresor reciprocante en una planta de refinación y petroquímica. De esta forma, aplicando el modelo de gestión propuesto se logra cumplir con el tiempo y presupuesto inicialmente establecido para el proyecto de mantenimiento en particular.

* Monografía de grado

** Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Jose Luis Silva Reyes.

ABSTRACT

TITLE:

MANAGEMENT MODEL FOR RECIPROCATING COMPRESSORS OVERHAULS IN REFINING AND PETROCHEMICAL PLANTS TURNAROUNDS*

AUTHORS:

JUAN MATEO DURÁN MANTILLA**

KEYWORDS:

MAINTENANCE, RECIPROCATING, COMPRESSOR, REFINERY, TURNAROUND, MANAGEMENT, MODEL

CONTENTS:

This monograph shows the development of a management model for reciprocating compressors overhauls and refining and petrochemical plants turnarounds, made as a solution to minimize the impacts caused by the delay times in the maintenance execution.

This development is supported by the technical information of the reciprocating compressors in general, and by the knowledge and experience of the author in the execution of overhauls. Additionally, this paper is referenced in the strategies and parameters proposed by the Project Management Institute guide of fundamentals for project management, called PMBOK.

Once developed, this management model gives a structured methodology that enables to plan and ensure the different resources needed for the effective execution of an overhaul in a critical asset in general, with a practical application through an example for a reciprocating compressor in a refining and petrochemical plant. In this way, following the management model, it's possible to achieve the time and budget once set for the maintenance project.

* Monograph

** Physical – Mechanical Engineering Faculty. Maintenance Management Postgraduate. Director: Jose Luis Silva Reyes

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria del petróleo es cada vez más competitiva a nivel mundial, y las refinerías y plantas petroquímicas buscan la manera de aumentar su rendimiento y eficiencia, de manera que puedan obtener mejores márgenes de producción y rentabilidad.

La gestión de los activos a través de las estrategias de mantenimiento permiten, en gran medida, garantizar la confiabilidad y disponibilidad operativa de los equipos, de manera que se puedan alcanzar las metas de producción trazadas y garantizando su operación continua por un tiempo establecido. Para lograr la rentabilidad deseada por las empresas, se requieren estrategias de mantenimiento cada vez más efectivas y con menores tiempos de intervención. Por tanto, se deben planear las ejecuciones de mantenimiento con el suficiente nivel de detalle para evitar sobre tiempos, y a su vez, sobre costos.

Los equipos críticos de las plantas de refinación y petroquímica requieren de una parada de planta para su intervención periódica. Teniendo en cuenta que se debe cumplir con la producción proyectada, se deben cumplir con los tiempos mínimos de mantenimiento, mediante la planeación efectiva de sus actividades. En el presente proyecto de grado se propone un modelo de gestión enfocado en la calidad, que permita el cumplimiento del tiempo y presupuesto establecido inicialmente en un proyecto de mantenimiento mayor a un compresor recíprocante en una planta de refinación y petroquímica, a través de las estrategias y parámetros de seguimiento adecuados durante las etapas de planeación, alistamiento y ejecución del mismo.

El contenido del libro se organiza de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se describe el problema que se soluciona a través de este proyecto y los objetivos que se trazaron para llevarlo a cabo.

En el capítulo 2 se realiza una breve fundamentación teórica con relación al mantenimiento industrial, la gestión de activos, los compresores reciprocantes en las plantas de refinación y petroquímica.

En el capítulo 3 se desarrollan los conceptos relacionados con las estrategias de mantenimiento y los modelos de gestión relacionados con los mantenimientos mayores.

En el capítulo 4 se expone el modelo de gestión propuesto para ejecutar de manera satisfactoria un mantenimiento mayor a un compresor reciprocante en una planta de refinación y petroquímica.

En el capítulo 5 se muestra la matriz de interesados, se explican los canales de comunicación efectivos y se describen los roles de cada uno de los integrantes del grupo que participa en un mantenimiento mayor.

En el capítulo 6 se explican los costos asociados a un proyecto de mantenimiento mayor y el impacto económico que genera un atraso en las actividades durante la intervención de un equipo crítico en una planta de refinación y petroquímica.

En el capítulo 7 se describen las conclusiones del proyecto de grado, relacionado con los objetivos inicialmente planteados.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los compresores reciprocantes son equipos frecuentemente utilizados en plantas de refinación y petroquímica como parte fundamental de los procesos de compresión y transporte de diferentes gases; son considerados equipos críticos en la mayoría de sus aplicaciones y requieren de estrategias de mantenimiento que permitan garantizar su operación continua durante un periodo de tiempo determinado.

Figura 1. Compresor reciprocante en una planta de proceso



Fuente: En línea <<http://www.dresser-rand.com/products-solutions/reciprocating-compressors/api-618-process-reciprocating-compressors/>>

Las principales aplicaciones de los compresores reciprocantes de gas son:

- **Upstream:** Levantamiento artificial por inyección de gas (Gas Lift).
- **Midstream:** Transporte y almacenamiento de gas natural.
- **Downstream:** Procesos de producción y tratamiento con hidrógeno, etileno y otros gases derivados de hidrocarburos.

Además del monitoreo por condición mediante análisis de aceites, termografía y vibraciones, la criticidad de estos equipos hace necesario programar mantenimientos mayores (overhaul) de manera preventiva con determinadas frecuencias para la revisión y cambio de los componentes sometidos a desgaste, evitando una posible falla inesperada y en consecuencia una parada no programada.

Una parada no programada por una falla inesperada representa un costo muy alto debido al lucro cesante de la planta por el tiempo que puede tardar en reestablecerse su operación normal y por la cantidad de recursos que se requieren para su reparación. Debido a que realizar un mantenimiento mayor a un equipo crítico impide la operación normal de una planta, esta debe programarse anticipadamente y planearse de forma detallada para reducir el impacto en términos de costo y producción.

En general, para ejecutar un overhaul de forma exitosa y reducir el tiempo del mantenimiento, se requiere realizar una planeación exhaustiva de las actividades y los recursos requeridos, de manera que se puedan cumplir los tiempos esperados. Cuando la planeación y ejecución de un mantenimiento no son suficientemente detalladas, se pueden presentar retrasos por la falta de claridad en las actividades a ejecutar, la falta de materiales y repuestos, herramientas y consumibles al momento de requerirse, la falta de experiencia específica del personal para realizar las labores, las fallas y reprocesos por la falta de aseguramiento de la calidad, entre otros.

Según Hung, “El mantenimiento debe en todo momento lograr la reducción de las averías imprevistas y de los tiempos de reparación, propiciar la prolongación de la vida útil de los componentes y/o equipos obteniendo los efectos del ahorro de recursos y con ellos, reducir los costos de mantenimiento de las instalaciones contribuyendo a mejorar la calidad de los productos y servicios.” ¹

En muchas ocasiones, los overhaul tardan más de lo inicialmente establecido debido, entre otras cosas, a reprocesos por la falta de planeación y control sobre las actividades a ejecutar. La ausencia de modelos de gestión detallados y específicos para mantenimientos mayores a compresores de gas reciprocantes en plantas de refinación y petroquímica dificultan su ejecución, obteniendo resultados insatisfactorios en términos de tiempos y costos.

¹ HUNG, Alberto J. Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC. Ingeniería Energética, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, 2009.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General. Proponer un modelo de gestión que permita ejecutar satisfactoriamente mantenimientos mayores a compresores de gas reciprocantes en plantas de refinación y petroquímica.

1.2.2 Objetivos Específicos. Describir las actividades y los recursos que requieren planificarse y asegurarse previo a realizar un mantenimiento mayor a un compresor de gas reciprocante.

Definir las estrategias y los parámetros de calidad para el seguimiento y control de las actividades durante la ejecución del mantenimiento de modo que se cumpla con el tiempo y el presupuesto inicialmente establecido.

Identificar los interesados del mantenimiento y establecer los canales de comunicación efectiva para actualizar los avances, cambios en la línea base del cronograma, emergentes e imprevistos.

Exponer el impacto económico que puede representar el atraso en la ejecución de un mantenimiento mayor de un equipo crítico en una planta de refinación y petroquímica.

1.3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

El impacto económico debido a una parada inesperada de un equipo crítico es el principal motivo para programar mantenimientos mayores de manera preventiva con cierta frecuencia, evitando las fallas repentinas. El lucro cesante de una planta de refinación y petroquímica puede variar según su capacidad instalada y los productos que maneja. En cualquier caso, entre mayor sea el tiempo de reparación para devolver el equipo a su estado operativo, mayor será el lucro cesante por la pérdida de la capacidad de producción de una planta. Ejecutar un mantenimiento mayor a un equipo crítico sin realizar una planificación suficientemente detallada de las actividades y los recursos requeridos y sin implementar los controles de seguimiento durante la ejecución puede ocasionar demoras por reprocesos, fallas de calidad y no conformidades, repercutiendo en sobretiempos y sobrecostos, afectación de la imagen, pérdida de la confianza, entre otros.

Se pretende con el siguiente trabajo proponer un modelo de gestión para administrar cada una de las etapas de un mantenimiento mayor a un compresor de gas recíprocante en una planta de refinación y petroquímica. Desde una planificación detallada que permita contemplar los recursos requeridos y anticipar los posibles contingentes, pasando por un alistamiento para asegurar cada uno de los materiales, herramientas y mano de obra previamente identificados, para luego ejecutar las actividades programadas haciendo los seguimientos y controles respectivos, finalizando con las pruebas exigidas antes del comisionamiento y puesta en servicio de la unidad.

El producto de la monografía será un modelo de gestión práctico y aplicable, que permita realizar cada etapa de un mantenimiento mayor, garantizando la confiabilidad y disponibilidad operativa del equipo después de la intervención, de manera que se cumplan a satisfacción las expectativas en términos de tiempo y calidad exigidos por los departamentos de producción en las plantas de refinación y petroquímica en general.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

2.1.1 Definición del mantenimiento industrial en las empresas. El mantenimiento industrial es el conjunto de técnicas empleadas para conservar la condición de los equipos e instalaciones de una planta, manteniéndolos dentro de parámetros establecidos y garantizando su confiabilidad operacional.

En la actualidad, el mantenimiento industrial juega un papel fundamental en la operación rentable de una empresa, debido a que permite dar continuidad a sus procesos de producción manteniendo la funcionalidad operativa de los activos y prolongando su vida útil.

2.1.2 Historia del mantenimiento industrial. El concepto de mantenimiento industrial ha sufrido muchos cambios a lo largo del tiempo. Inicialmente, el mantenimiento estaba enfocado en los equipos de manera aislada y consideraba únicamente tareas correctivas cuando los estos fallaban de forma imprevista. Posteriormente, se desarrollaron técnicas enfocadas en la producción de la planta y se plantearon estrategias de mantenimiento con tareas preventivas planeadas con frecuencias de tiempo establecidas para evitar que las fallas ocurrieran o corregirlas antes de un daño catastrófico.

Luego, se establecen los conceptos de productividad, optimización y confiabilidad junto con estrategias de mantenimiento proactivo. Se comienzan a implementar estrategias de mantenimiento a nivel táctico, involucrando a todas las áreas de cada empresa, de manera que se puedan operar y mantener los activos de manera sincronizada teniendo en cuenta las necesidades de producción.

El crecimiento económico a nivel mundial de las empresas y la competitividad fomentada por la globalización genera la necesidad de medir y controlar los costos relacionados con

el mantenimiento, por lo cual surgen los programas de gestión de mantenimiento asistidos por computadora y los índices clave de desempeño.

Figura 2. Evolución histórica del mantenimiento

Etapas	sucede aproximadamente	Producción - Manufactura		Mantenimiento e Ingeniería de Fábricas	
		Orientación hacia	Necesidad específica	Orientación hacia	Objetivo que pretende
I	antes de 1950	el producto	generar el producto.	hacer acciones correctivas.	reparar fallos imprevistos.
II	entre 1950 y 1959	la producción	estructurar un sistema productivo.	aplicar acciones planeadas.	prevenir, predecir y reparar fallos.
III	entre 1960 y 1980	la productividad	optimizar la producción.	establecer tácticas de mantenimiento.	gestar y operar bajo un sistema organizado.
IV	entre 1981 y 1995	la competitividad	mejorar índices mundiales.	implementar una estrategia.	medir costos, CMD, compararse, predecir índices, etc.
V	entre 1996 y 2003	la innovación tecnológica	hacer la producción ajustada a la demanda.	desarrollar habilidades y competencias.	aplicar ciencia y tecnología de punta.
VI	desde 2004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinada entre ambas dependencias. Gestión de activos.			

Fuente: MORA, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. 1 ed. Editorial AMG, 2005

Actualmente el mantenimiento se centra en la gestión de los activos de la empresa de manera integral, mediante el monitoreo permanente de la condición de los equipos y el análisis estadístico de las variables requeridas para la predicción de las fallas. De esta manera y haciendo uso de la tecnología como mecanismo de decisión se puede anticipar y disminuir la ocurrencia de las fallas a un costo óptimo, garantizar la operación de los equipos y la producción continua según la demanda del mercado.

Por último, el mantenimiento se continúa desarrollando mediante la gestión de la información y el conocimiento en las empresas, haciendo uso de la innovación tecnológica para el desarrollo de las habilidades y competencias del personal encargado de ejecutar las rutinas definidas por las metodologías establecidas en el proceso de gestión de activos de la empresa.

2.2 GESTIÓN DE ACTIVOS

2.2.1 Definición de gestión de activos. Es el proceso que le permite a las empresas conservar sus activos en un estado óptimo maximizando su valor durante su ciclo de vida.

En la actualidad, las empresas de clase mundial que poseen un gran número de equipos se ven obligadas a realizar un proceso de mantenimiento enfocado en la gestión de activos que les permita ser competitivas y cumplir con sus objetivos, relacionados con el aumento de la producción, la reducción de costos de operación y mantenimiento, el aumento de la disponibilidad y vida útil de sus equipos y líneas de producción y la disminución de los inventarios de repuestos y consumibles.

2.2.2 Normas ISO 55000. Es el conjunto de normas internacionales que proveen los aspectos generales para la gestión de activos, proporcionando la combinación óptima entre los costos, riesgos, el rendimiento y la condición de los equipos a través de todo su ciclo de vida.

La norma ISO 55000 establece las definiciones relacionadas con la gestión de activos, mientras que la norma ISO 55001 define los requerimientos para el establecimiento, la implementación, mantenimiento mejora de un sistema de gestión de activos. Por último, la norma ISO 55002 expone las guías para la aplicación de la norma anterior.

Este conjunto de normas se centra en el cumplimiento de los objetivos estratégicos de las empresas, a nivel estratégico, táctico y operacional, resaltando las buenas prácticas de gestión de activos físicos.

2.2.3 Criticidad de equipos industriales. Una planta industrial está compuesta por múltiples equipos de diferentes tipos; equipos rotativos, estáticos, eléctricos, y electrónicos. Para garantizar la operación continua de una planta, se debe priorizar el mantenimiento y los recursos destinados a los equipos según la importancia que tengan dentro del proceso. Los equipos se pueden clasificar en críticos, importantes y prescindibles teniendo en cuenta los siguientes criterios:

Figura 3. Análisis de criticidad de activos

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

Fuente: GARCÍA, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. 1 ed. Madrid: Editorial Díaz de Santos S.A, 2003.

La criticidad de un equipo será la más alta que obtenga en cualquiera de los factores de evaluación anteriormente expuestos.

Según García, los equipos críticos son aquellos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de una empresa o planta industrial.² En el caso de una planta de refinación o petroquímica, un equipo crítico es aquel que puede suspender la producción en caso de suceder una parada del mismo. Normalmente, los equipos críticos no poseen equipos de respaldo debido a su elevado costo, por tanto, se debe garantizar su disponibilidad mediante estrategias de mantenimiento adecuadas. Debido a que la parada de un equipo crítico puede suspender la operación de una planta, sus estrategias de mantenimiento se basan en el monitoreo permanente de su condición a través de variables operacionales, junto con estrategias de mantenimientos mayores programados con frecuencias entre 1 a 5 años.

2.3 COMPRESORES RECIPROCANTES EN PLANTAS DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA

Los compresores reciprocantes son ampliamente utilizadas en la industria del petróleo, tanto en plantas de refinación como petroquímicas y son normalmente considerados equipos de alta criticidad, por tanto requieren de una estrategia de mantenimiento que permita garantizar su disponibilidad y confiabilidad operativa por periodos de tiempo previamente definidos teniendo en cuenta la producción de la unidad donde se encuentran.

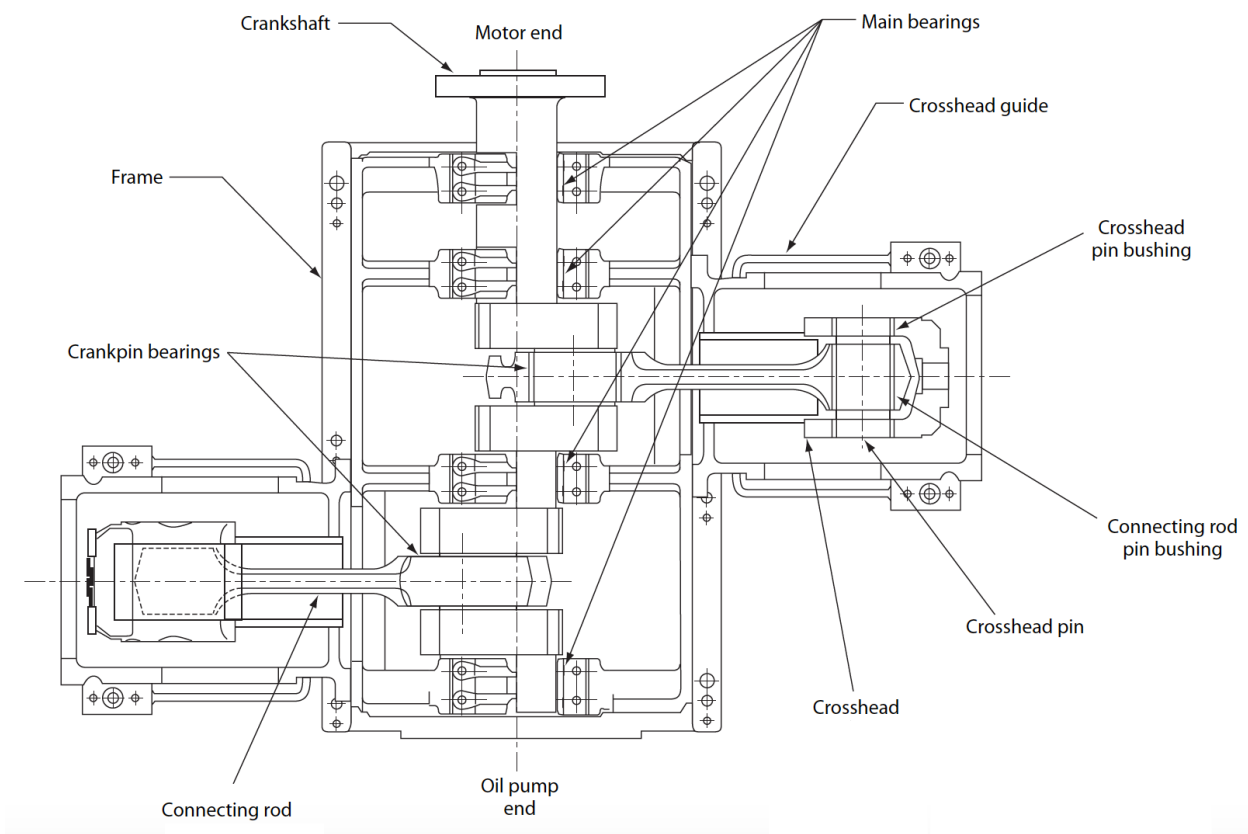
Consisten básicamente en uno o un conjunto de pistones, los cuales comprimen gas dentro de unos cilindros, mediante válvulas de succión y descarga. Los compresores reciprocantes se utilizan para aplicaciones exclusivas en servicios donde se requieren elevadas presiones, las cuales no pueden ser alcanzadas por compresores de otro tipo. A diferencia de los compresores rotativos, un compresor reciprocante requiere de intervenciones periódicas para la revisión y cambio de su componentes internos, sometidos a desgaste permanente.

² GARCÍA, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. 1 ed. Madrid: Editorial Díaz de Santos S.A, 2003.

El estándar que establece los requerimientos mínimos para compresores reciprocantes en la industria del petróleo es la norma API 618. Esta norma cubre compresores reciprocantes de baja velocidad junto con sus sistemas de lubricación, control, instrumentación, interenfriadores y otros sistemas auxiliares.

2.3.1 Componentes principales de un compresor reciprocante. A continuación, se describirán cada uno de los componentes básicos de un compresor reciprocante, según lo establecido en la norma API 618. Estos componentes pueden presentar ligeras variaciones según el fabricante del compresor y la aplicación del mismo.

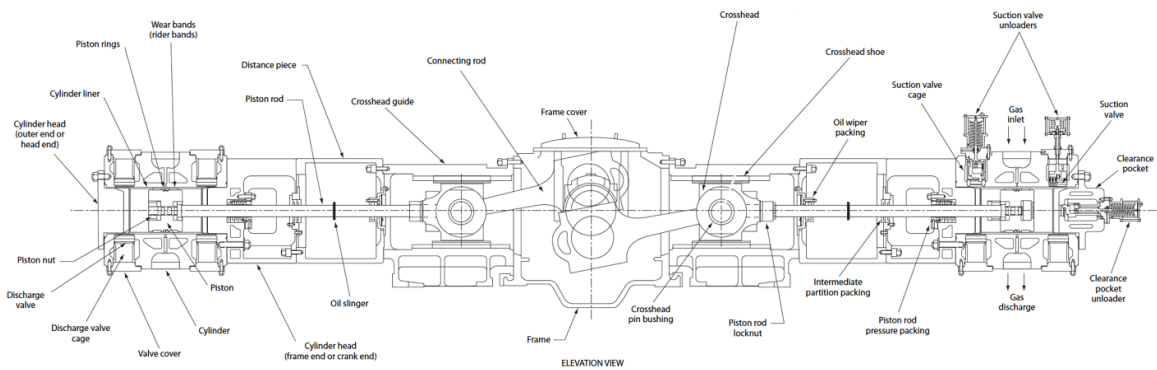
Figura 4. Vista superior de un compresor reciprocante de dos tiros.



Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. API STANDARD 618: Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services.

- **Cárter:** Es la estructura donde se soporta el cigüeñal mediante sus bancadas. Adicionalmente sirve como depósito de aceite para la lubricación de los componentes internos del compresor.
- **Cigüeñal:** Es uno de los componentes principales del compresor, y consiste en un eje con múltiples codos y contrapesos, en cada uno de los cuales se ajustan las bielas, y permiten transformar el movimiento rotativo en movimiento rectilíneo.
- **Bielas:** Son los componentes que conectan el cigüeñal a las crucetas del compresor, y transforma el movimiento rotatorio en movimiento rectilíneo. Debe haber tantas bielas como número de tiros en el compresor.

Figura 5. Vista frontal de un compresor reciprocante de dos tiros.

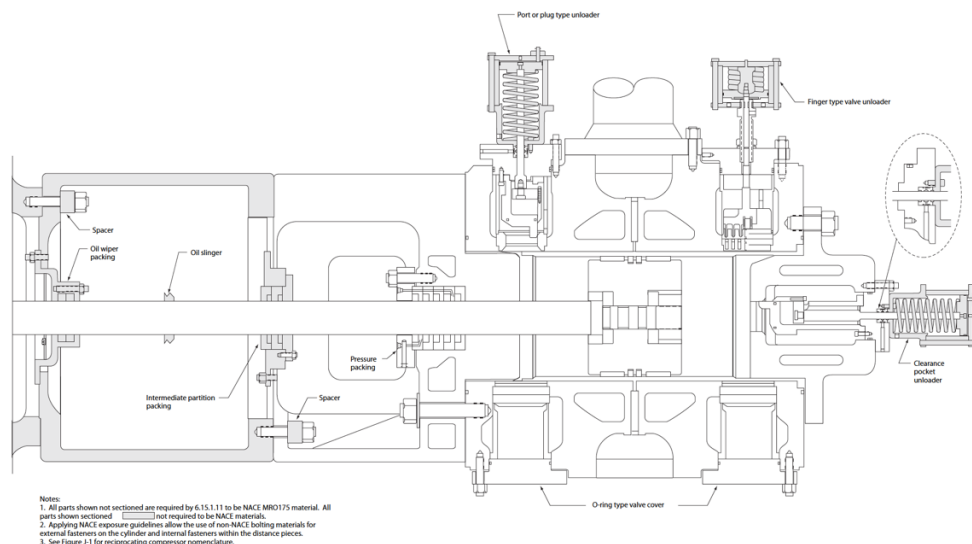


Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. API STANDARD 618: Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services.

- **Piezas de distancia:** Son los componentes que separan las guías de las crucetas y el cárter de cada uno de los cilindros.
- **Crucetas:** Son los elementos que permiten conectar las bielas con los vástagos que van a los pistones. Estos componentes se ubican en las guías de las crucetas, las cuales se conectan al cárter y a las piezas de distancia.

- **Vástagos:** Son ejes con roscas en sus extremos que permiten conectar las crucetas a los pistones. Cuando las presiones de descarga son muy altas, usualmente el vástago y el pistón hacen parte de una única pieza.
- **Pistones:** Son los componentes que comprimen el gas dentro de las recámaras de los cilindros de compresión mediante el movimiento alternativo transmitido a través del vástago.
- **Cilindros:** Son las recámaras cilíndricas donde el gas es comprimido por los pistones mediante su movimiento alternativo. En algunas aplicaciones, los cilindros poseen recámaras adicionales para su enfriamiento con agua.
- **Válvulas:** Son los componentes que, debidamente ensamblados, permiten la succión y descarga del gas en la recámara de los cilindros. Existen diferentes diseños, como válvulas tipo platos, tipo anillos, y tipo cabezales.

Figura 6. Vista seccional de una pieza de distancia y cilindro de un compresor reciprocante



Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. API STANDARD 618: Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services.

Los componentes anteriormente descritos se consideran principales en un compresor reciprocante. Normalmente, estos componentes no son reemplazados durante los mantenimientos mayores parciales de los compresores; por el contrario, son recuperados si han sufrido algún tipo de desgaste.

Es importante identificar los componentes del compresor que están sometidos a desgaste, debido a que estos serán inspeccionados y reemplazados en la mayoría de los mantenimientos para evitar su falla repentina a futuro. El cambio de componentes principales solo se amerita cuando estos han sufrido un desgaste anormal, una falla, si ya han cumplido su ciclo de vida útil o si se va a efectuar algún cambio de tecnología. Los componentes principales representan un costo bastante alto y representativo, por tanto, su estrategia de mantenimiento debe estar basado en condición y no por reemplazos preventivos basados en tiempo.

2.3.2 Componentes de desgaste en un compresor reciprocante. Los componentes de desgaste son aquellos que evitan que los componentes principales del compresor sufran un deterioro acelerado, facilitando el mantenimiento del equipo y reduciendo sus costos. Los componentes de desgaste de un compresor reciprocante son, en términos generales:

- **Cojinetes de bancada:** Son elementos cilíndricos de materiales blandos, los cuales soportan el cigüeñal en las bancadas y en el cárter y permiten la rotación mientras el aceite lubricante fluye a través de ellos.
- **Cojinetes de empuje:** Son elementos semi-circulares de materiales blandos, los cuales restringen el movimiento axial del cigüeñal.
- **Bujes de biela:** Son elementos cilíndricos de materiales blandos que evitan el desgaste por contacto metal-metal entre la biela con el cigüeñal y la cruceta.

- **Retenedores de aceite:** Son los componentes de sellado que permiten el movimiento de los componentes mientras se mantiene contenido el aceite dentro del cárter y cilindros del compresor.
- **Zapatas de cruceta:** Son los componentes que evitan el desgaste entre las crucetas y sus respectivas guías.
- **Sellos de gas:** Son los componentes de sellado que impiden el paso del gas desde la recámara de compresión en el cilindro hacia la pieza de distancia a través del vástago.
- **Camisas de cilindro:** Son los elementos que se instalan en el diámetro interno de los cilindros de compresión para evitar su desgaste y reemplazo.
- **Anillos de compresión:** Son los anillos que sellan el paso del gas entre la recámara de compresión del cilindro y el pistón.
- **Anillos de desgaste:** Son los anillos que evitan el contacto metal-metal entre el pistón y la camisa del cilindro.
- **Componentes internos de válvulas:** Son los componentes que permiten la succión y compresión del gas en la válvula.
- **Empaques:** Son los componentes de sellado que se utilizan en las juntas entre cilindros, piezas de distancia, guías de cruceta y cárter. Siempre que son retirados del equipo deben ser reemplazados para evitar fugas de aceite o gas.

Los componentes anteriormente mencionados corresponden a elementos sometidos a desgaste que, de cierta manera, protegen los componentes principales que tienen un costo más elevado y que implican actividades más complejas para su mantenimiento.

A continuación, se muestran un listado de componentes para cambio recomendados por un fabricante de compresores reciprocantes:

Figura 7. Componentes de cambio recomendados por un fabricante

V.I.P Parts Guide for Reciprocating Compressors

VITAL PARTS

- 1 Bearing Main Assembly
 - Breather Frame (not shown)
- 3 Shoe Thrust
 - Gasket Set Frame (not shown)
- 6 Seal Crankshaft & Retainer Seal
- 8 Bushings, Hubs, & Pins Oil Pump
 - Gasket Set Pump Oil, Manifold & Int. lube Oil (not shown)
 - Gasket Set Piping Oil Strainer (not shown)

- 17 Bushing Conn. Rod
- 18 Bearing Assembly Conn. Rod
 - Gasket Set Extension Frame (not shown)
- 21 Shoe Crosshead
- 22 Shim Set Crosshead & Fasteners
 - Gasket Set Distance Piece (not shown)
- 26 Nut Piston
- 27 Nut Crosshead
- 28 Seal Oil Deflector Piston Rod

- 29 Ring Piston
- 30 Ring Rider
- 31 Ring Set Renewal & Gaskets Packing Main
- 33 Ring Set Renewal & Gaskets Packing Partition
- 35 Ring Set Renewal & Gaskets Scraper Oil
 - Gasket Set Cylinder (not shown)
- 39 Valve Inlet Complete
- 40 Internal Parts Set Valve Inlet
- 41 Gasket Set Valve Inlet & Cover

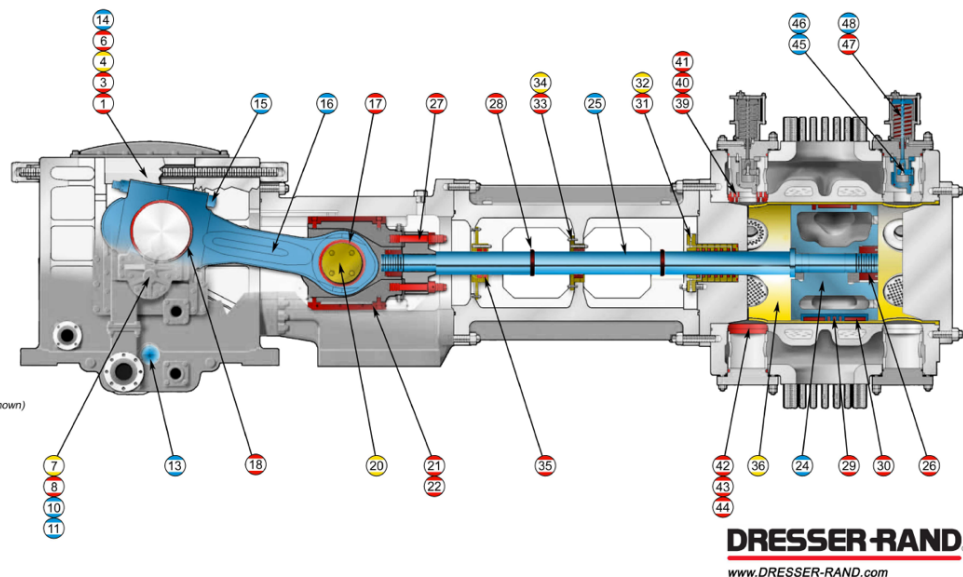
- 42 Valve Discharge Complete
- 43 Internal Parts Set Valve Discharge
- 44 Gasket Set Valve Discharge & Cover
- 47 Kit Unloader Rebuild Operator & Unloader

IDEAL PARTS

- 4 Bearing Housing Fasteners
- 7 Shaft & Gear Oil Pump
- 20 Pin Crosshead Assembly
- 32 Packing Main Complete
- 34 Packing Partition Complete
- 36 Liner

PREVENTATIVE PARTS

- 10 Valve Relief Oil Pump
- 11 Hub Coupling Oil Pump
- 13 Gauge Oil Level
- 14 Ring Crankshaft Oil
- 15 Bolt & Nut Set Conn. Rod
- 16 Conn. Rod Complete
- 24 Piston
- 25 Rod Piston
 - Valve Indicator Cylinder (not shown)
- 45 Valve Operator & Unloader
- 46 Rod Operator & Unloader
- 48 Piston Operator & Unloader



Fuente: Dresser-Rand Reciprocating Products Division.

- **Componentes vitales:** Son los componentes críticos que deben mantenerse siempre en stock para evitar una parada inesperada y costosa del compresor debido a un repuesto sometido a desgaste permanente cuyo costo es bajo.
- **Componentes ideales:** Son los elementos que están sujetos a cierto desgaste por un largo periodo de tiempo, normalmente con una duración de dos años.
- **Componentes preventivos:** Son los componentes con los que se puede intervenir un mantenimiento mayor más extenso.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO

Para lograr los objetivos del mantenimiento industrial, se deben establecer las estrategias a cada uno de los equipos para mantener su condición y confiabilidad operativa.

3.1.1 Mantenimiento correctivo. Se realiza la intervención del equipo después de ocurrida la falla. Normalmente es intrusivo y puede incurrirse en tiempos elevados de parada por falta de planificación de recursos y actividades, disminuyendo así la disponibilidad del equipo. En el caso de equipos críticos, se pueden generar sobre costos debido al lucro cesante de las plantas.

3.1.2 Mantenimiento preventivo. Se realiza la intervención del equipo en intervalos de tiempo establecidos para el cambio de componentes sin importar su condición.

3.1.3 Mantenimiento predictivo. Se realiza el monitoreo a la condición de los equipos mediante el análisis de las variables más representativas como niveles de vibración, temperatura, condición aceites, consumo de energía, entre otras. La información obtenida se analiza para predecir una falla antes de que ocurra.

3.1.4 Mantenimiento mayor. Se realiza la intervención del equipo en intervalos programados para evitar la ocurrencia de cualquier falla. En esta intervención se realiza una revisión general de todos los componentes del equipo sometidos a desgaste, reparándolos o cambiándolos según sea su condición, para garantizar un tiempo de operación establecido. Esta estrategia es considerada un mantenimiento mayor y es comúnmente utilizada en equipos críticos durante paradas de planta, en la cual se intervienen también los equipos auxiliares.

En los equipos industriales y sobre todo en equipos críticos, es común implementar varias de estas estrategias en conjunto, sin embargo, el criterio para la utilización de una u otra estrategia depende del costo del mantenimiento y al lucro cesante de las plantas por la no disponibilidad de estos equipos, entre otros factores. Según García, “La mezcla más idónea de todos estos tipos de mantenimiento nos la dictarán estrictas razones ligadas al coste de las pérdidas de producción en una parada de ese equipo, al costo de reparación, al impacto ambiental, a la seguridad y a la calidad del producto o servicio, entre otras”.³

3.1.5 Paradas de planta. También conocida como Turnaround, es una estrategia que consiste en la suspensión programada de una planta de producción para realizar inspecciones e intervenciones en múltiples equipos y garantizar su disponibilidad operacional a futuro evitando fallas inesperadas. Las paradas de planta son programadas con suficiente tiempo de anterioridad, lo cual permite una planificación detallada para asegurar una ejecución que cumpla con los requerimientos de tiempo exigidos para alcanzar las metas de producción de la planta.

En general, las paradas de planta se llevan a cabo en instalaciones que por razones de seguridad o de producción deben funcionar de manera confiable durante largos periodos de tiempo.

Según Angosto, coordinar una parada de planta requiere de un nivel organizativo muy importante, debido a que muchos equipos son desmontados, desarmados, revisados, ensamblados, vueltos a montar y puestos en marcha nuevamente.⁴

La planeación es una etapa muy importante previa a la ejecución de las actividades de un mantenimiento mayor a un equipo crítico, debido a que permite anticipar los posibles

³ GARCÍA, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. 1 ed. Madrid: Editorial Díaz de Santos S.A, 2003.

⁴ ANGOSTO, Luis A. Organización, planificación, y optimización de paradas de planta para mantenimiento programado. Ejemplo práctico. Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela técnica superior de Ingeniería Industrial, 2011.

riesgos que pueden presentarse y mitigarlos para disminuir su impacto. El costo, duración y calidad de los trabajos realizados son factores trascendentales para el éxito de una reparación durante una parada de planta y requieren ser controlados durante su ejecución.

3.3 MODELOS DE GESTIÓN EN PROYECTOS DE MANTENIMIENTO

3.3.1 Definición de modelo de gestión en el mantenimiento. Es un modelo que permite optimizar los recursos empleados en un proyecto de mantenimiento mayor, mediante la gestión correcta del tiempo, la calidad, la mano de obra, los costos, la seguridad, la logística, y el conocimiento. Las principales razones para elaborar un modelo de gestión óptimo para el mantenimiento mayor de un equipo en específico son:

- La rentabilidad del mantenimiento requerida por las gerencias de las instalaciones industriales.
- La competencia en la industria, la cual obliga a bajar los costos de los procesos optimizando el consumo de los recursos.
- La exigencia de los departamentos de producción de reducir los tiempos de intervención de los equipos para cumplir con las metas de producción y reducir el costo por lucro cesante de las plantas.
- La calidad y seguridad laboral exigida por los estándares internacionales y entes regulatorios en la industria.
- El cuidado por la imagen corporativa, reflejada en los indicadores relacionados con los márgenes de ganancia, disponibilidad y confiabilidad de equipos, capacidad y producción, entre otras.

3.3.2 Gestión de la calidad en el mantenimiento. La gestión de la calidad en mantenimiento corresponde al cumplimiento de las actividades teniendo en cuenta los alcances de los equipos, siguiendo los parámetros establecidos en los procedimientos, protocolos y registros de calidad definidos y haciendo uso de la menor cantidad de recursos posibles. Para asegurar la calidad en la ejecución de los trabajos se debe:

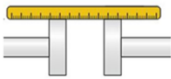
- Disponer de la cantidad necesaria de mano de obra calificada para los trabajos a realizar.
- Contar con las herramientas adecuadas para los equipos a intervenir.
- Utilizar los repuestos que cumplan con los requerimientos exigidos por el fabricante del equipo.
- Tener la información del equipo, el manual de operación y mantenimiento, así como los parámetros de calidad; procedimientos, protocolos, registros de metrología, entre otros.
- Planear los trabajos de manera que se utilice el método más adecuado para cada actividad.
- Cumplir con los tiempos establecidos entre mantenimiento y producción para la intervención de los equipos.
- **Norma ISO 9000 en el mantenimiento.** El conjunto de normas ISO 9000 consisten en un sistema documental que permite asegurar los procesos y las actividades que se realizan en una empresa o en un departamento determinado, siguiendo las pautas establecidas por los diferentes parámetros de calidad. El conjunto de normas ISO 9001 son aplicables al mantenimiento mediante el aseguramiento de procedimientos de trabajo, registros de metrología, protocolos

de mantenimiento y planes e calidad. Además, siguiendo los lineamientos de estas normas, es posible definir los estándares de excelencia relacionados con la mano de obra, los métodos de trabajo, los materiales y repuestos, los medios técnicos, la evaluación de resultados, la seguridad y el medio ambiente en proyectos de mantenimiento mayor.

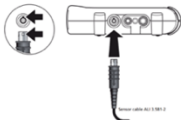
- **Procedimientos de mantenimiento.** Son los documentos que definen el paso a paso de las actividades específicas a ejecutar por parte del personal de mantenimiento. Los procedimientos deben tener el nivel de detalle suficiente que permita al ejecutor estar seguro del trabajo a realizar, sin dar lugar a una duda o a una interpretación equivocada. Cada paso del procedimiento debe incluir, preferiblemente, el componente o pieza a retirar o instalar con su debida ubicación de manera gráfica, ya sea con una fotografía o un plano, además de la herramienta a utilizar y los parámetros a tener en cuenta para aceptar o rechazar el paso o el componente. Adicionalmente se deben mencionar las precauciones que se deben tener.

Figura 8. Fragmento de un procedimiento de mantenimiento para alineación laser de ejes

1. Realice una pre-alineación

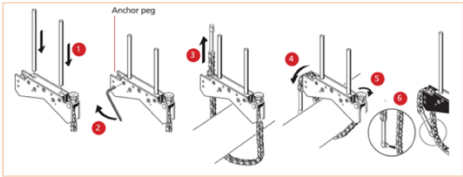


- 1.1. Realice una alineación vertical y horizontal aproximada entre acoples utilizando una regilla. Recuerde que el uso de más de tres calzas en cada pata y valor mayor a 0.125" para la suma de las calzas genera inestabilidad del conjunto.
- 1.2. Realice desplazamientos en el plano horizontal usando los tornillos gato, instale calzas si se requiere.
- 1.3. Mantenga la distancia entre las caras del acople DBSE establecido por el fabricante del acople.
- 1.4. Ajuste los tornillos de anclaje.



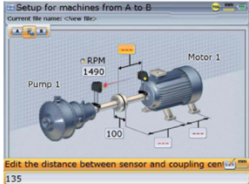
- 3.6. Encienda el equipo pulsando y manteniendo oprimida la tecla  por unos cuantos segundos.
- 3.7. Quite la tapa protectora del emisor, pero deje instalada la del receptor.

2. Instale los soportes en los ejes de las máquinas



- 2.1. Seleccione la cadena de acuerdo con el diámetro de los ejes de las máquinas.
- 2.2. Instale los soportes sobre los ejes y asegúrelos para que no se muevan.
- 2.3. Seleccione la longitud de las barras porta objetivos teniendo cuidado de que no interfieran con la rotación del conjunto.
- 2.4. Ajuste las barras con una llave hexagonal.

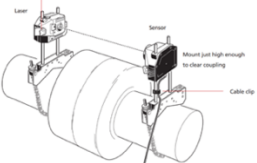
4. Dimensiones y configuración inicial.



- 4.1. Seleccione alineación de ejes (Shaft alignment)
- 4.2. Utilice las flechas para seleccionar la casilla de medición a la cual ingresará la dimensión, digítela y pulse la tecla  para guardar la información.
- 4.3. El emisor y el receptor poseen unas marcas para facilitar la medición.

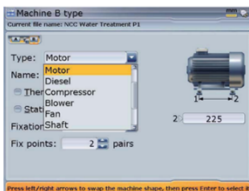


3. Instale los objetivos



- 3.1. Instale el reflector en la máquina móvil.
- 3.2. Verifique que la leva de color amarillo que ajusta el reflector, este en posición de abierta antes de instalarlo en las barras.
- 3.3. Instale el emisor en la máquina fija.
- 3.4. Verifique que los tornillos del emisor estén sueltos antes de instalarlos en las barras.
- 3.5. Conecte el cable de datos del emisor a la unidad principal del equipo de alineamiento laser.

Machine B type



- 4.4. Tome la medida del emisor al centro de acople.
- 4.5. Tome el diámetro del acople.
- 4.6. Velocidad de rotación en RPM.
- 4.7. Tome la medida del centro del acople a la pata mas cercana de la máquina móvil.
- 4.8. Tome las medidas entre las patas de la máquina móvil.
- 4.9. Seleccione mediante las flechas la máquina a la cual quiera editar sus propiedades como tipo de equipo, nombre, tipo de anclaje, numero de patas y configuración de crecimiento térmico.

Durante un proyecto de mantenimiento mayor se deben identificar las actividades más relevantes y críticas, desde el punto de vista de la seguridad de los trabajadores, la complejidad de las actividades y el grado de exigencia que requiere su cumplimiento, de manera que se priorice el desarrollo de procedimientos más detallados para estos casos. Los procedimientos de mantenimiento deben estar acompañados de registros de metrología que permitan consignar los valores que se miden durante el desarmado (as found) y armado de los equipos (as build) y que quede como evidencia e información histórica para mantenimientos posteriores. De igual manera, los procedimientos deben estar respaldados por protocolos de mantenimiento que permitan verificar, a manera de lista de chequeo, su correcta aplicación. Los protocolos cobran mucha importancia al momento de la puesta en servicio de los equipos.

- **Registros de metrología.** También llamados registros de calibración, son los documentos que permiten consignar cada uno de los valores medidos en los componentes que requieren ser calibrados en un equipo, tanto antes como después de la reparación. Los registros de calibración deben contener como mínimo la información básica del equipo, como el código interno y la planta a la que pertenece, así como el fabricante, modelo y serial. En el documento se debe especificar de manera gráfica y ordenada cuales son las medidas a calibrar en el componente, si corresponde a la etapa de ensamble o desensamble, los valores recomendados por el fabricante para tener como criterio de aceptación o rechazo, la herramienta o instrumento utilizado, el responsable de realizar la medición y la fecha. Los parámetros anteriormente descritos permiten tener un control sobre las mediciones realizadas, garantizar su confiabilidad y tener un registro histórico para llevar una trazabilidad del mantenimiento.

Figura 9. Ejemplos de registros de metrología para compresores reciprocantes

NOMBRE DEL PROYECTO:				Consecutivo	Fecha
				0	29.09.2018
FABRICANTE	CLIENTE	PLANTA			
EQUIPO	TAG	SERIAL			
ORDEN DE SERVICIO	MODELO	CONTRATO			

☐ Desensamblar ☐ Ensamblar

ESPESOR RADIAL DE CASQUETES

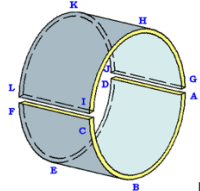


Tabla 1: Espesor radial de casquete de bancada

Bancada #	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D					
E					
F					
G					
H					
I					
J					
K					
L					

Nota: Espesor del casquete especificado por el fabricante: .4980" - .4975"

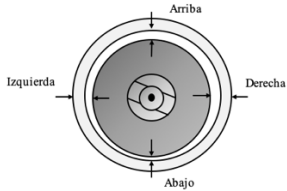
Inspeccionado por: _____
 Instrumento utilizado: _____
 Referencia del instrumento: _____

Nombre: _____
 Fecha: _____
 Firma: _____

NOMBRE DEL PROYECTO:				Consecutivo	Fecha
				0	29.09.2018
FABRICANTE	CLIENTE	PLANTA			
EQUIPO	TAG	SERIAL			
ORDEN DE SERVICIO	MODELO	CONTRATO			

☐ Desensamblar ☐ Ensamblar

HOLGURA PISTÓN - LINER



Cilindro	Diam.	Etapa	DIMENSION				Vertical Total	Especificación
			Arriba	Derecha	Abajo	Izquierda		
1								
2								
3								
4								
5								

Nota: Datos tomados dentro del área de recorrido del pistón.
(*) Medida tomada sobre el Rider Ring.

Inspeccionado por: _____
 Instrumento utilizado: _____
 Referencia del instrumento: _____

Nombre: _____
 Fecha: _____
 Firma: _____

Los registros de metrología mostrados anteriormente corresponden a medidas de calibración requeridas comúnmente durante mantenimientos mayores a compresores reciprocantes.

- **Protocolos de mantenimiento.** También llamados listas de chequeo, son los documentos donde se verifica el cumplimiento de las actividades que deben realizarse antes, durante y después de un mantenimiento. De esta manera, se puede llevar un control sobre aquellas actividades que ya han sido realizadas y aquellas que hacen falta por ejecutarse. Un protocolo debe contener, al igual que los procedimientos y los registros de metrología, la información básica del equipo, la fecha y el responsable de realizarlas y validarlas. A continuación, se muestra un ejemplo de protocolo de mantenimiento para la instalación de válvulas en compresores reciprocantes.

Figura 10. Ejemplo de protocolo para mantenimiento de válvulas en compresores reciprocantes

CHECKLIST PARA REMOCIÓN E INSTALACIÓN DE VÁLVULAS

(Mecánicos: Colocar iniciales y fecha en el espacio lado derecho a medida que se ejecute cada actividad; Supervisor: auditar las actividades desarrolladas, firmar al final del documento)

ADVERTENCIA: SI LAS SUPERFICIES/INSPECCIONES/DIMENSIONES NO ESTAN DENTRO DE LAS ESPECIFICACIONES SE DEBE NOTIFICAR AL SUPERVISOR, ANTES DE CONTINUAR CUALQUIER TAREA ADICIONAL:

Cilindro #

OK	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	FECHA
☐	¿Realizó marcas a cada ensamble de válvula, sus componentes y a los respectivos puertos durante la desinstalación con el fin de instalarlos adecuadamente en la posición original?		
☐	¿Realizó la inspección visual antes de realizar limpieza de la válvula y consignó los resultados en el formato respectivo?		
☐	¿Realizó limpieza e inspección de las áreas de sello de la válvula y consignó los resultados en el formato respectivo?		
☐	Realizó la inspección dimensional según los planos del fabricante (profundidad y diámetro del alojamiento de los resortes, profundidad del contorno, espesor total, espesor del asiento nuevo, radios con la herramienta de bolas de 5/16") y consignó los resultados en el formato respectivo?		
☐	¿Realizó la inspección dimensional de la válvula una vez realizado el rectificado de las áreas de sello? (Si aplica)		
☐	¿Verificó el Lift de la válvula y consignó el valor en el formato correspondiente?		
☐	¿Aplicó el torque especificado a los tornillos de ensamble de la válvula y consignó el valor de torque en el formato correspondiente?		
☐	¿Verificó que las áreas de sello de la válvula y de la tapa se encuentren en buenas condiciones y limpias?		
☐	¿Realizó lijado de las áreas de asiento de la válvula utilizando pomada esmeril?		

☐ ¿Instalo el empaque nuevo del asiento de la válvula?

☐ ¿Instalo el empaque nuevo en la tapa de la válvula?

☐ ¿Verificó que las marcas de referencia de la válvula con su respectivo alojamiento coincidan con las realizadas inicialmente?

☐ ¿Verificó que la posición de la válvula fuera la correcta teniendo en cuenta succión y descarga?

☐ ¿Aseguré que el esparrago central de la tapa no esté en contacto con la materia de la válvula antes de ajustar los tornillos que fijan la tapa al cilindro?

☐ ¿Aplicó el torque especificado a los espárragos que fijan la tapa de la válvula al cilindro en incrementos graduales y usando un patrón cruzado?

☐ ¿Aplicó el torque especificado al esparrago central del ensamble para el caso de válvula sin puerto indicador, en incrementos graduales y usando un patrón cruzado?

☐ ¿Aplicó el torque especificado al tubo central del ensamble para el caso de válvula con puerto indicador?

☐ ¿Verificó la no presencia de fugas por las tapas de las válvulas durante el primer arranque del equipo?

Observaciones:

Nombre:

Fecha:

Firma:

Desarrollar protocolos suficientemente detallados permite mitigar en gran medida la posibilidad de cometer una equivocación durante la reparación, omitir algún paso importante o pasar por alto algún requerimiento. En muchas ocasiones, las áreas operativas en las plantas de refinación y petroquímica exigen el cumplimiento y diligenciamiento riguroso de los protocolos de mantenimiento del equipo intervenido, de manera que se pueda asegurar la confiabilidad de su operación durante el arranque y puesta en servicio de la unidad.

- **Dossier de calidad.** Un dossier de calidad es un libro que contiene cada uno de los documentos requeridos como expediente posterior a la ejecución de un mantenimiento mayor a un equipo. Entre estos se encuentran los documentos contractuales como los alcances del mantenimiento, las recomendaciones técnicas, el listado de los repuestos requeridos, los tiempos de ejecución y el plan detallado de trabajo, el presupuesto definido y los costos asociados a cada uno de los recursos requeridos. A su vez, se deben incluir los procedimientos de mantenimiento, los registros de calibración y los protocolos previamente descritos, tanto en la etapa de desensamble (as found) como en la etapa de ensamble (as built), de manera que pueda quedar un registro en el histórico del equipo.

4. MODELO DE GESTIÓN PARA MANTENIMIENTOS MAYORES A COMPRESORES RECIPROCANTES

En el presente capítulo se pretende proponer un modelo de gestión que permita identificar y gestionar, durante la etapa de planeación y alistamiento, cada uno de los recursos requeridos para un mantenimiento mayor a un compresor recíprocante, teniendo en cuenta el alcance del mismo. De igual manera, el modelo busca ayudar a controlar las actividades durante la ejecución del mantenimiento mediante la correcta gestión del tiempo, la calidad, la mano de obra, la seguridad y la logística.

4.1 DIAGRAMA DEL MODELO PROPUESTO

El modelo de gestión propuesto se basa en cinco etapas fundamentales, aplicables a todo proyecto de mantenimiento mayor:

Figura 11. Diagrama de modelo de gestión para mantenimientos mayores



- Definición del alcance de mantenimiento.
- Planeación del mantenimiento
- Actividades de alistamiento
- Ejecución del mantenimiento mayor
- Entrega y cierre.

Las etapas del modelo propuesto se conectan entre sí mediante acciones claves que garantizan el cumplimiento de las actividades antes de comenzar con la siguiente etapa:

- **Especificar:** Los equipos y componentes a intervenir, actividades a ejecutar, tiempos requeridos por la producción para la intervención de los equipos, etc. En esta etapa se espera como entregable un documento formal donde se especifique cada detalle a tener en cuenta durante el mantenimiento mayor para continuar con la etapa de planeación.
- **Identificar:** Los recursos requeridos, como repuestos, las herramientas, los consumibles y el personal requerido para ejecutar el mantenimiento en los tiempos establecidos, de manera que se pueda construir el plan detallado de trabajo. Además, identificar los procedimientos, registros de calibración y protocolos de calidad requeridos, junto con los riesgos asociados a cada actividad para definir el plan de seguridad HSE.
- **Gestionar:** La logística y transporte del personal y las facilidades como contenedores, baños y puntos de hidratación, además de las herramientas y consumibles previamente identificados, hacia la planta donde se ejecutará el mantenimiento mayor.
- **Controlar:** Las actividades durante la ejecución del mantenimiento, haciendo énfasis en la ruta crítica, haciendo seguimiento a los indicadores de desempeño, identificando las desviaciones identificadas y mitigando los emergentes.

Este modelo se centra en la planificación y alistamiento riguroso para cumplir con los tiempos y especificaciones técnicas de calidad en la reparación de los equipos a intervenir. Siguiendo las etapas propuestas es posible evitar los contratiempos durante la ejecución, lo cual puede implicar sobrecostos por pérdidas de producción al encontrarse la unidad intervenida fuera de servicio.

4.2 DEFINICION DEL ALCANCE DE MANTENIMIENTO

En esta etapa del proyecto de mantenimiento se debe emitir un documento formal que permita tener el detalle de las actividades a ejecutar para devolver al equipo la condición requerida. El alcance de mantenimiento debe contemplar los siguientes puntos:

- **Antecedentes:** Condiciones específicas encontradas antes, durante y después de las últimas intervenciones al equipo.
- **Diagnóstico:** Desviaciones identificadas durante la operación del equipo en el último periodo de tiempo.
- **Acciones recomendadas:** Estrategia de mantenimiento definida para corregir las desviaciones y devolver al equipo la condición requerida.

Esta etapa es fundamental y sirve como entrada para la planeación de los recursos requeridos para el mantenimiento del equipo.

4.3 PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO

En esta etapa se requieren identificar las actividades de mantenimiento a ejecutarse, teniendo en cuenta las acciones recomendadas descritas en el alcance, para posteriormente desarrollar el plan detallado de trabajo (PDT), el plan de inspección y pruebas de calidad (ITP) y el plan de seguridad HSE. Adicionalmente, se deben definir el personal, los repuestos, las herramientas y los consumibles requeridos para la ejecución del proyecto, de manera que se realice su gestión desde el momento adecuado y se pueda cumplir con las exigencias establecidas. Según Hernandez y Orozco, la planificación detallada de un mantenimiento mayor consiste en definir las actividades necesarias para elaborar el programa general de ejecución, de manera que se pueda establecer su duración total y las cantidades óptimas de recursos a utilizar.⁵

⁵ HERNANDEZ, Felipe y OROZCO, Luis E. Modelo de gestión para controlar el mantenimiento de la instrumentación en las paradas de planta caso estudio parada de UOP-I 2016, 2016, p.46

4.3.1 Actividades de mantenimiento según alcance (Worklist). El alcance de mantenimiento define las acciones recomendadas a partir del diagnóstico de la operación del equipo y los antecedentes de mantenimientos posteriores. Este alcance es la entrada para establecer las actividades que se deben ejecutar en el equipo durante el mantenimiento general. La lista de actividades o tareas se deben ordenar en las mismas etapas de desarrollo del mantenimiento, las cuales son, generalmente:

- Apagado de la unidad.
- Desensamble.
- Inspección y reparación.
- Ensamble.
- Pre comisionamiento.

Adicionalmente, se deben clasificar las tareas según el equipo y el componente a intervenir, para facilitar el desarrollo del plan detallado de trabajo (PDT). Las tareas que deban realizarse en un taller externo también deben incluirse, y se debe contemplar la duración del transporte de partes y componentes para ser inspeccionados, por ejemplo, con la ayuda de máquinas herramienta como tornos, alesadoras, entre otros. Por último, se debe estimar la duración de cada actividad para poder proyectar el personal requerido teniendo en cuenta los requerimientos de tiempo para. A continuación se muestra un ejemplo las actividades definidas para el mantenimiento de un compresor recíprocante.

Tabla 1. Actividades requeridas para el apagado de la unidad

ACTIVIDAD	DURACIÓN
APAGADO DE LA UNIDAD	
Bloquear sistema el sistema eléctrico del compresor e instalar ciegos en líneas de tubería	8 hrs
Desconectar electricamente y retirar instrumentación del compresor	6 hrs
Limpiar y ordenar el área	6 hrs
Realizar lavado exterior de equipos	6 hrs

Tabla 2. Actividades requeridas para el desensamble de un compresor reciprocante

MANTENIMIENTO MAYOR A COMPRESOR RECIPROCANTE	
COMPRESOR RECIPROCANTE	DURACIÓN
DESENSAMBLE	
Tiro No. 1 - Reforzador (Booster)	
Retirar tubería agua de enfriamiento de culatas	1 hr
Retirar tubería agua de enfriamiento cilindros	2 hrs
Desconectar tuberías de botellas	4 hrs
Retirar tubing auxiliar de cajas de sellos	1 hr
Retirar válvulas de succión y descarga	3 hrs
Realizar metrología inicial para registro (run out y puntos muertos de pistones)	1 hr
Retirar culata externa	1 hr
Retirar bolsillos (pockets)	1 hr
Retirar tapas de camisas de enfriamiento	1 hr
Soltar tuerca de cruceta (jamnut)	1 hr
Retirar botellas de succión	2 hrs
Retirar ensamble vástago pistones	2 hrs
Retirar cilindro 1ra etapa - Reforzador (Booster)	2 hrs
Retirar cajas de sellos de aceite y gas	1 hr
Retirar cilindro 2da etapa - Reforzador (Booster)	4 hrs
Retirar pieza de distancia (distance piece)	2 hrs
Retirar soporte cilindro 1ra etapa - Reforzador (Booster)	1 hr
Retirar soporte cilindro 2da etapa - Reforzador (Booster)	1 hr
Marcar y retirar soleplate soporte cilindro 1ra etapa - Reforzador (Booster)	1 hr
Marcar y retirar soleplate soporte cilindro 2da etapa - Reforzador (Booster)	1 hr
Alistar logística para transporte de componentes a taller exterior	8 hrs
Tiro No. 3 - Primario	
Retirar tubería agua de enfriamiento culata cilindro 3ra etapa primario	1 hr
Retirar tubería agua de enfriamiento cilindro 3ra etapa primario	1 hr
Desconectar tuberías de botellas	4 hrs
Retirar tubing auxiliar de cajas de sellos	1 hr
Retirar válvulas de succión y descarga	2 hrs
Realizar metrología inicial para registro (run out y puntos muertos del pistón)	1 hr
Retirar culata externa	2 hrs
Retirar tapas de camisas de enfriamiento	1 hr
Soltar tuercas de crucetas	1 hr
Retirar botellas de succión y descarga	2 hrs
Retirar ensamble vástago pistón	3 hrs

Retirar cilindro 3ra etapa primario	3 hrs
Retirar cajas de sellos de aceite y gas	1 hr
Retirar pieza de distancia	2 hrs
Retirar soporte cilindro 3ra etapa del primario	1 hr
Marcar y retirar soleplate soporte cilindro 3ra etapa del primario	1 hr
Alistar logística para transporte de componentes a taller exterior	8 hrs
Tiro No. 2 - Primario	
Retirar tubería agua de enfriamiento culata cilindro 2da etapa primario	1 hr
Retirar tubería agua de enfriamiento de cilindro 2da etapa primario	1 hr
Retirar tubing auxiliar de cajas de sellos	1 hr
Retirar válvulas de succión y descarga	2 hrs
Realizar metrología inicial para registro (run out y puntos muertos del pistón)	1 hr
Retirar culata externa	1 hr
Retirar tapas de camisas de enfriamiento	1 hr
Soltar tuercas de crucetas	1 hr
Retirar botellas de succión y descarga (2 und)	2 hrs
Retirar ensamble vástago pistón	1 hr
Retirar cajas de sellos de aceite y gas	2 hrs
Retirar cilindro 2da etapa primario	3 hrs
Retirar pieza de distancia	1 hr
Retirar soporte de cilindro 2da etapa del primario	1 hr
Marcar y retirar soleplate soporte cilindro 2da etapa del primario	1 hr
Alistar logística para transporte de componentes a taller exterior	8 hrs
Tiro No. 4 - Primario	
Retirar tubería agua de enfriamiento culata 1ra etapa primario	1 hr
Retirar tubería agua de enfriamiento de cilindro 1ra etapa primario	1 hr
Retirar tubing auxiliar de cajas de sellos	1 hr
Retirar válvulas de succión y descarga	2 hrs
Realizar metrología inicial para registro (run out y puntos muertos del pistón)	1 hr
Retirar culata externa	1 hr
Retirar tapas de camisas de enfriamiento	1 hr
Soltar tuercas de crucetas	1 hr
Retirar botellas de succión y descarga	2 hrs
Retirar ensamble vástago pistón	1 hr
Retirar cajas de sellos de aceite y gas	2 hrs
Retirar cilindro 1ra etapa primario	3 hrs
Retirar pieza de distancia	1 hr
Retirar soporte de cilindro 1ra etapa del primario	1 hr
Marcar y retirar soleplate soporte cilindro 1ra etapa del primario	1 hr
Alistar logística para transporte de componentes a taller exterior	8 hrs

Frame - Cáster	
Retirar tapas del cárter	2 hrs
Retirar tapas laterales de extensiones del cárter	1 hr
Realizar circulación de aceite e inspeccionar cuñas de lubricación y crucetas	1 hr
Drenar aceite de lubricación del cárter	3 hrs
Chequear juego axial del cigüeñal	1 hr
Soltar y retirar tie rods del frame	5 hrs
Retirar tapa de bancada del cárter	4 hrs
Retirar cojinetes de bancada superior e inferior	6 hrs
Retirar pines de crucetas	5 hrs
Retirar sello de aceite del cigüeñal	4 hrs

Tabla 3. Actividades requeridas para la inspección y reparación de un compresor recíprocante

MANTENIMIENTO MAYOR A COMPRESOR RECÍPROCANTE	
COMPRESOR RECÍPROCANTE	DURACIÓN
INSPECCIÓN Y REPARACIÓN	
Tiro No. 1	
Realizar limpieza de camisas de enfriamiento y cilindros 1ra y 2da etapa - Reforzador	4 hrs
Inspeccionar sellos de aceite y gas	5 hrs
Inspeccionar dimensiones de camisas de cilindros 1ra y 2da etapa - Reforzador (Booster)	4 hrs
Reparar y asentar bolsillo cilindro 1ra y 2da etapa - Reforzador (Booster)	2 hrs
Tiro No. 3	
Realizar limpieza de camisa de enfriamiento y cilindro 3ra etapa - Primario	4 hrs
Inspeccionar sellos de aceite y gas	5 hrs
Inspeccionar dimensiones de camisa cilindro 3ra etapa - Primario	2 hrs
Tiro No. 2	
Realizar limpieza de camisa de enfriamiento y cilindro 2da etapa - Primario	4 hrs
Inspeccionar sellos de aceite y gas	5 hrs
Inspeccionar dimensiones de camisa de cilindro 2da etapa primario	2 hrs
Tiro No. 4	
Realizar limpieza de camisa de enfriamiento y cilindro 1ra etapa - Primario	4 hrs
Inspeccionar sellos de aceite y gas	5 hrs
Inspeccionar dimensiones de camisa de cilindros 1ra etapa - Primario	2 hrs
Frame - Cáster	
Realizar inspección visual y dimensional de cojinetes de bancada	6 hrs
Pulir e inspeccionar muñon de cigüeñal de bancada	4 hrs
Instalar cojinetes de bancada y ajustar shims	4 hrs
Instalar y torquar tapas de bancada	3 hrs

Verificar juego axial	2 hrs
Inspeccionar dimensiones en interferencia de tie rods del frame	6 hrs
Instalar y torquar tie rods del frame	3 hrs
Calibrar holguras de cojinetes de bancada	2 hrs
Inspeccionar deflexión del cigüeñal	2 hrs
Calibrar holgura de crucetas	4 hrs
Inspeccionar dimensiones de pines y bujes de cruceta y biela	4 hrs
Reinstalar pines y tapas laterales	4 hrs
Limpiar caras de tapa de sello del cigüeñal	2 hrs
Limpiar y pulir cigüeñal en área de sello	2 hrs
Reinstalar sello de aceite del cigüeñal	2 hrs
Realizar Pull up pernos de anclaje	12 hrs
Inspección y Reparación en Taller Externo	
Tiro No. 1	
Inspeccionar dimensiones de pistón y vástagos	8 hrs
Cambiar vástagos o pistón	18 hrs
Inspeccionar dimensiones de anillos de pistón	8 hrs
Reparar descargadores	6 hrs
Verificar planitud de soleplate y soporte cilindro 1ra etapa - Reforzador (Booster)	18 hrs
Verificar planitud de soleplate y soporte cilindro 2da etapa - Reforzador (Booster)	18 hrs
Tiro No. 3	
Inspeccionar dimensiones de pistón y vástagos	8 hrs
Cambiar vástagos o pistón	8 hrs
Inspeccionar dimensiones de anillos de pistón	8 hrs
Reparar descargadores	6 hrs
Verificar planitud de soleplate y soporte cilindro 3ra etapa - Primario	18 hrs
Tiro No. 2	
Inspeccionar dimensiones de pistón y vástagos	8 hrs
Cambiar vástagos o pistón	8 hrs
Inspeccionar dimensiones de anillos de pistón	8 hrs
Reparar descargadores	6 hrs
Verificar planitud de soleplate y soporte cilindro 2da etapa - Primario	18 hrs
Tiro No. 4	
Inspeccionar dimensiones de pistón y vástagos	8 hrs
Cambiar vástagos o pistón	8 hrs
Inspeccionar dimensiones de anillos de pistón	8 hrs
Reparar descargadores	8 hrs
Verificar perpendicularidad de caras en pieza de distancia	8 hrs
Verificar perpendicularidad de caras en cilindro exterior tercera etapa	18 hrs
Verificar holgura (boss fit) guía de pieza de distancia y cilindro 1ra etapa primario	18 hrs

Maquinar y corregir profundidad de asiento tapa de válvula lado noreste	18 hrs
Verificar los demás asientos de las válvulas	18 hrs
Verificar planitud de soleplate y soporte cilindro 1ra etapa - Primario	18 hrs

Tabla 4. Actividades requeridas para el ensamble de un compresor reciprocante

MANTENIMIENTO MAYOR A COMPRESOR RECIPROCANTE	
COMPRESOR RECIPROCANTE	DURACIÓN
ENSAMBLE	
Tiro No. 1	
Transportar componentes de taller exterior a planta	8 hrs
Instalar pieza de distancia	4 hrs
Instalar y nivelar cilindro 2da etapa del - Reforzador (Booster)	4 hrs
Instalar y nivelar cilindro 1ra etapa del - Reforzador (Booster)	4 hrs
Instalar cajas de sellos	1 hr
Instalar ensamble vástago pistón	2 hrs
Instalar culata exterior	1 hr
Verificar y ajustar holgura final de carrera de pistones	2 hrs
Verificar y ajustar runout (apretar tuerca de cruceta)	4 hrs
Centrar y torqupear cajas de sello e instalar tubing auxiliar	2 hrs
Instalar válvulas de succión y descarga (incluye descargadores)	4 hrs
Instalar bolsillos	1 hr
Conectar botellas de descarga	4 hrs
Instalar botellas de succión	4 hrs
Conectar tubería (principales & secundarias)	6 hrs
Tiro No. 3	
Transportar componentes de taller exterior a planta	8 hrs
Instalar pieza de distancia	4 hrs
Instalar y nivelar cilindro 3ra etapa - Primario	4 hrs
Instalar cajas de sellos	2 hrs
Instalar ensamble vástago pistón	2 hrs
Instalar culata exterior	1 hr
Verificar y ajustar holgura final de carrera de pistón	1 hr
Verificar y ajustar runout (apretar tuerca de cruceta)	2 hrs
Centrar y torqupear cajas de sello e instalar tubing auxiliar	4 hrs
Instalar válvulas de succión y descarga (incluye descargadores)	3 hrs
Conectar botellas de descarga	2 hrs
Instalar botellas de succión	4 hrs
Conectar tubería (pincipales & secundarias)	6 hrs

Tiro No. 2	
Transportar componentes de taller exterior a planta	8 hrs
Instalar pieza de distancia	4 hrs
Instalar y nivelar cilindro 2da etapa - Primario	4 hrs
Instalar cajas de sellos	2 hrs
Instalar ensamble vástago pistón	4 hrs
Instalar culata exterior	1 hr
Verificar y ajustar holgura final de carrera de pistón	1 hr
Verificar y ajustar runout (aprietar tuerca de cruceta)	2 hrs
Conectar tuberías de enfriamiento de culatas	2 hrs
Centrar y torqupear cajas de sello e instalar tubing auxiliar	3 hrs
Instalar válvulas de succión y descarga (incluye descargadores)	4 hrs
Conectar botellas de descarga	2 hrs
Instalar botellas de succión	4 hrs
Conectar tubería (pincipales & secundarias)	6 hrs
Tiro No. 4	
Transportar componentes de taller exterior a planta	8 hrs
Instalar pieza de distancia	4 hrs
Instalar y nivelar cilindro 1ra etapa - Primario	6 hrs
Instalar cajas de sellos	2 hrs
Instalar ensamble vástago pistón	2 hrs
Instalar culata exterior	1 hr
Verificar y ajustar holgura final de carrera de pistón	1 hr
Verificar y ajustar runout (aprietar tuerca de cruceta)	4 hrs
Conectar tuberías de enfriamiento de culatas	3 hrs
Centrar y torqupear cajas de sello e instalar tubing auxiliar	2 hrs
Instalar válvulas de succión y descarga (incluye descargadores)	6 hrs
Conectar botellas de descarga	8 hrs
Instalar botellas de succión	4 hrs
Conectar tubería (pincipales & secundarias)	8 hrs

Debido a que se trata de un mantenimiento mayor a través de parada de planta, se requiere según el alcance, intervenir los demás equipos asociados al equipo principal. Por ejemplo, se debe como mínimo inspeccionar la condición del motor eléctrico, verificar la calibración de los instrumentos electrónicos y de control, reparar los equipos de lubricación, entre otros.

Tabla 5. Actividades requeridas para el mantenimiento del motor eléctrico

MANTENIMIENTO MAYOR A COMPRESOR RECIPROCANTE	
COMPRESOR RECIPROCANTE	DURACIÓN
MOTOR ELÉCTRICO	
Desensamble	
Retirar tapas de motor	6 hrs
Inspeccionar air gap y centro mecánico	4 hrs
Desarmar excitatriz	6 hrs
Realizar deslizamiento axial del estator	6 hrs
Retirar tapa de cojinete del motor	2 hrs
Inspección	
Drenar aceite de la caja de rodamientos	1 hr
Limpiar y calibrar caja de rodamientos	4 hrs
Reinstalar tapa de caja de rodamientos	1 hr
Adicionar aceite a caja de rodamientos	1 hr
Limpiar devanados estator, rotor, excitatriz	18 hrs
Pintar devanado motor & excitatriz	18 hrs
Realizar pruebas eléctricas	18 hrs
Ensamble	
Reposicionar axialmente estator	2 hrs
Verificar ajuste de air gap y centro mecánico	3 hrs
Ensamblar excitatriz	6 hrs
Instalar tapas de motor	4 hrs

Tabla 6. Actividades requeridas para el mantenimiento de los equipos de lubricación

MANTENIMIENTO MAYOR A COMPRESOR RECIPROCANTE	
COMPRESOR RECIPROCANTE	
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	
Desconectar electricamente el motor e instrumentación asociada a la bandeja	3 hrs
Drenar aceite de lubricación de la caja del lubricador	1 hr
Marcar y desconectar tubing de salida de lubricación	2 hrs
Retirar bandeja del sistema de lubricador y transportar a taller	2 hrs
Desacoplar lubricador de caja reductora	2 hrs
Retirar caja de lubricador de bandeja	2 hrs
Desarmar caja de lubricador	4 hrs
Inspeccionar y cambiar internos del lubricador	6 hrs
Armar caja de lubricador	6 hrs
Reinstalar, acoplar y alinear caja de lubricador en bandeja	4 hrs

Soplar tubing de lubricación a cilindros	4 hrs
Verificar funcionamiento de válvulas cheque	4 hrs
Instalar bandeja de lubricación	3 hrs
Conectar electricamente el motor e instrumentación asociada a la bandeja	3 hrs
Conectar tubing de salida de lubricación hacia cilindros	4 hrs
Purgar / Conectar sistema de lubricación a cilindros	4 hrs
Regular goteo de lubricación	2 hrs

Tabla 7. Actividades requeridas para el pre comisionamiento de un compresor recíprocante

COMPRESOR RECÍPROCANTE	
Pre comisionamiento	
Realizar flushing de sistema de lubricación al cárter	36 hrs
Llenar cárter con aceite de operación	4 hrs
Conectar tuberías de aceite a cojinetes de bancada	4 hrs
Verificar lubricación de todos los puntos	6 hrs
Instalar instrumentación del cárter	8 hrs
Instalar tapas de cárter y extensión de cárter	6 hrs
Instalar y probar instrumentación asociada al compresor	6 hrs
Realizar pruebas en vacío	10 hrs
Realizar pruebas de hermeticidad del sistema	10 hrs

Las actividades de pre comisionamiento corresponden a las últimas pruebas del equipo posterior a realizado el mantenimiento mayor y antes de su puesta en servicio, por tanto, también deben ser contempladas dentro del plan detallado de trabajo. Después de validar estas pruebas, el equipo es entregado de mantenimiento a operaciones para comenzar el proceso de arrancada de la unidad.

4.3.2 Plan detallado de trabajo (PDT). En esta etapa se deberá construir el plan detallado de trabajo, lo cual consiste en la transcripción de las actividades descritas en el paso anterior, denominadas en algunas ocasiones Worklist, a un diagrama de Gantt, donde se pueda observar la interrelación de cada actividad en el tiempo, así como asignar los recursos necesarios para cada actividad.

Esto permite generar una herramienta que podrá utilizarse en tiempo real durante la ejecución del mantenimiento mayor, de manera que se podrá identificar la ruta crítica del proyecto, actualizarla según el avance, hacer un seguimiento a los emergentes y poder tomar decisiones más efectivas para lograr lo tiempos esperados. A continuación se expone un ejemplo para el mantenimiento de un compresor recíprocante:

Tabla 8. Plan detallado de trabajo para el mantenimiento a un compresor recíprocante – Parte 1

Activity ID	Activity Name	Original Duration	BL Proj.d Start	BL Proj.d Finish	Total Float	September 2018	October 2018
TAUPOLETLENOI.3.1	3.1 Compresor SC-225/152	47h	19-Sep-18 12:00 PM	09-Oct-18 11:00 AM	42h		
HUMSC225152-0010	Inicio trabajos compresor SC-225/152	0h	19-Sep-18 12:00 PM	09-Oct-18 11:00 AM	42h		09-Oct-18 11:00 AM
HUMSC225152-0020	Fin trabajos compresor SC-225/152	0h	19-Sep-18 12:00 PM	09-Oct-18 11:00 AM	42h		09-Oct-18 11:00 AM
TAUPOLETLENOI.3.1.1	3.1.1 Desensamble	137h	19-Sep-18 12:00 PM	25-Sep-18 05:00 AM	336h		
TAUPOLETLENOI.3.1.1.1	Tiro No.1	42h	19-Sep-18 12:00 PM	21-Sep-18 09:00 AM	42h		
SC225152-0010	Retirar tubería agua de enfriamiento cilindros 1ra y 2da etapa booster	1h	19-Sep-18 12:00 PM	19-Sep-18 01:00 PM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0020	Desconectar tuberías de bobinas	2h	19-Sep-18 01:00 PM	19-Sep-18 03:00 PM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0030	Retirar tuberías guías de cajas de s	5h	19-Sep-18 03:00 PM	19-Sep-18 08:00 PM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0040	Retirar tuberías guías de cajas de s	1h	19-Sep-18 08:00 PM	19-Sep-18 09:00 PM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0050	Retirar válvulas de succión y descarga	4h	19-Sep-18 09:00 PM	20-Sep-18 01:00 AM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0060	Realizar metodología inicial para registro (Inout) partes muertas de	1h	20-Sep-18 01:00 AM	20-Sep-18 02:00 AM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0070	Retirar cuba externa	1h	20-Sep-18 02:00 AM	20-Sep-18 03:00 AM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0080	Retirar bobillo (total 1)	1h	20-Sep-18 03:00 AM	20-Sep-18 04:00 AM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0090	Retirar tapas de camisas de enfriamiento	1h	20-Sep-18 04:00 AM	20-Sep-18 05:00 AM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0091	Retirar instrumentación asociada a	1h	20-Sep-18 05:00 AM	20-Sep-18 06:00 AM	456h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0092	Inspeccionar instrumentos Tiro 1 bo	2h	20-Sep-18 06:00 AM	20-Sep-18 08:00 AM	456h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0093	Realizar cambio de Custodia inst	0h	20-Sep-18 08:00 AM	20-Sep-18 08:00 AM	456h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0100	Soltar tuercas de crucetas	1h	20-Sep-18 08:00 AM	20-Sep-18 09:00 AM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0110	Retirar bobillas de succión (2 und)	2h	20-Sep-18 09:00 AM	20-Sep-18 10:00 AM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0120	Retirar ensamble vástago pistón	2h	20-Sep-18 10:00 AM	20-Sep-18 11:00 AM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0130	Retirar cilindro 1ra etapa booster	2h	20-Sep-18 11:00 AM	20-Sep-18 12:00 PM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0140	Retirar cajas de sellos de aceite y	1h	20-Sep-18 12:00 PM	20-Sep-18 01:00 PM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0150	Retirar cilindro 2da etapa booster	4h	20-Sep-18 01:00 PM	20-Sep-18 05:00 PM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0160	Retirar pieza de distancia	3h	20-Sep-18 05:00 PM	20-Sep-18 08:00 PM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0170	Retirar soporte cilindro 1ra etapa b	1h	20-Sep-18 08:00 PM	20-Sep-18 09:00 PM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0180	Retirar soporte cilindro 2da etapa b	1h	20-Sep-18 09:00 PM	20-Sep-18 10:00 PM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0190	Marcar y retirar soleplate soporte c	1h	20-Sep-18 10:00 PM	20-Sep-18 11:00 PM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0200	Marcar y retirar soleplate soporte c	1h	20-Sep-18 11:00 PM	21-Sep-18 12:00 AM	42h		21-Sep-18 09:00 AM
SC225152-0210	Alistar logística para transporte de c	0h	21-Sep-18 12:00 AM	21-Sep-18 09:00 AM	40h		21-Sep-18 09:00 AM
TAUPOLETLENOI.3.1.2	Tiro No.2	58h	19-Sep-18 03:00 PM	22-Sep-18 06:00 AM	410h		
SC225152-0220	Retirar tubería agua de enfriamiento cuba cilindro 3ra etapa primario	1h	19-Sep-18 03:00 PM	19-Sep-18 04:00 PM	63h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0230	Retirar tubería agua de enfriamiento cilindro 3ra etapa primario	1h	19-Sep-18 04:00 PM	19-Sep-18 05:00 PM	63h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0240	Desconectar tuberías de bobinas	5h	19-Sep-18 10:00 PM	20-Sep-18 03:00 AM	63h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0250	Retirar tuberías guías de cajas de s	2h	21-Sep-18 12:00 AM	21-Sep-18 01:00 AM	42h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0260	Retirar válvulas de succión y descarga	2h	21-Sep-18 01:00 AM	21-Sep-18 03:00 AM	42h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0270	Realizar metodología inicial para registro (Inout) partes muertas del	1h	21-Sep-18 03:00 AM	21-Sep-18 04:00 AM	42h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0280	Retirar cuba externa	2h	21-Sep-18 04:00 AM	21-Sep-18 06:00 AM	42h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0290	Retirar tapas de camisas de enfriamiento	1h	21-Sep-18 06:00 AM	21-Sep-18 07:00 AM	42h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0291	Retirar instrumentación asociada a	1h	21-Sep-18 07:00 AM	21-Sep-18 08:00 AM	430h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0292	Inspeccionar instrumentos T3 (prim	2h	21-Sep-18 08:00 AM	21-Sep-18 10:00 AM	430h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0293	Realizar cambio de Custodia instrumentación	0h	21-Sep-18 10:00 AM	21-Sep-18 10:00 AM	430h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0300	Soltar tuercas de crucetas	1h	21-Sep-18 07:00 AM	21-Sep-18 08:00 AM	42h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0310	Retirar bobillas de succión y descarga	2h	21-Sep-18 08:00 AM	21-Sep-18 10:00 AM	42h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0320	Retirar ensamble vástago pistón	3h	21-Sep-18 10:00 AM	21-Sep-18 01:00 PM	42h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0330	Retirar cilindro 3ra etapa primario	3h	21-Sep-18 01:00 PM	21-Sep-18 04:30 PM	42h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0340	Retirar cajas de sellos de aceite y	1h	21-Sep-18 04:30 PM	21-Sep-18 05:00 PM	42h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0350	Retirar pieza de distancia	2h	21-Sep-18 05:00 PM	21-Sep-18 07:30 PM	42h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0360	Retirar soporte cilindro 3ra etapa d	1h	21-Sep-18 07:30 PM	21-Sep-18 08:00 PM	42h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0370	Marcar y retirar soleplate soporte cilindro 3ra etapa del primario	1h	21-Sep-18 08:00 PM	21-Sep-18 09:00 PM	42h		22-Sep-18 06:00 AM
SC225152-0380	Alistar logística para transporte de componentes a taller exterior	5h	21-Sep-18 09:00 PM	22-Sep-18 06:00 AM	122h		22-Sep-18 06:00 AM
TAUPOLETLENOI.3.1.3	Tiro No.3	72h	20-Sep-18 03:00 AM	23-Sep-18 03:00 AM	366h		
SC225152-0390	Retirar tubería agua de enfriamiento cuba cilindro 2da etapa primario	1h	20-Sep-18 03:00 AM	20-Sep-18 04:00 AM	82h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0400	Retirar tubería agua de enfriamiento cilindro 2da etapa primario	1h	20-Sep-18 04:00 AM	20-Sep-18 05:00 AM	82h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0410	Retirar tuberías guías de cajas de s	1h	21-Sep-18 09:00 PM	21-Sep-18 10:00 PM	42h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0420	Retirar válvulas de succión y descarga	2h	21-Sep-18 10:00 PM	22-Sep-18 12:00 AM	42h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0430	Realizar metodología inicial para registro (Inout) partes muertas del	1h	22-Sep-18 12:00 AM	22-Sep-18 01:00 AM	42h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0440	Retirar cuba externa	1h	22-Sep-18 01:00 AM	22-Sep-18 02:00 AM	42h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0450	Retirar tapas de camisas de enfriamiento	1h	22-Sep-18 02:00 AM	22-Sep-18 03:00 AM	42h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0451	Retirar instrumentación asociada a Tiro 2 (prim	1h	22-Sep-18 03:00 AM	22-Sep-18 04:00 AM	410h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0452	Inspeccionar instrumentos Tiro 2 (prim	2h	22-Sep-18 04:00 AM	22-Sep-18 06:00 AM	410h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0453	Realizar cambio de Custodia instrumentación	0h	22-Sep-18 06:00 AM	22-Sep-18 06:00 AM	410h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0460	Soltar tuercas de crucetas	1h	22-Sep-18 03:00 AM	22-Sep-18 04:00 AM	42h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0470	Retirar bobillas de succión y descarga	2h	22-Sep-18 04:00 AM	22-Sep-18 06:00 AM	42h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0480	Retirar ensamble vástago pistón	1h	22-Sep-18 06:00 AM	22-Sep-18 07:00 AM	42h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0490	Retirar cajas de sellos de aceite y	2h	22-Sep-18 07:00 AM	22-Sep-18 09:00 AM	42h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0500	Retirar cilindro 2da etapa primario	6h	22-Sep-18 09:00 AM	22-Sep-18 03:00 PM	42h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0510	Retirar pieza de distancia	1h	22-Sep-18 03:00 PM	22-Sep-18 04:00 PM	42h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0520	Retirar soporte cilindro 2da etapa d	1h	22-Sep-18 04:00 PM	22-Sep-18 05:00 PM	42h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0530	Marcar y retirar soleplate soporte cilindro 2da etapa del primario	1h	22-Sep-18 05:00 PM	22-Sep-18 06:00 PM	42h		23-Sep-18 03:00 AM
SC225152-0540	Alistar logística para transporte de componentes a taller exterior	0h	22-Sep-18 06:00 PM	23-Sep-18 03:00 AM	123h		23-Sep-18 03:00 AM

Tabla 9. Plan detallado de trabajo para el mantenimiento a un compresor reciprocante – Parte 2

Activity ID	Activity Name	Original Duration	BL Project Start	BL Project Finish	Total Float	September 2018							October 2018				
						20	27	03	10	17	24	01	08	15			
SC225.152 -0390	Retirar tubería agua de enfriamiento culata cilindro 2da etapa primario	1h	20-Sep-18 03:00 AM	20-Sep-18 04:00 AM	62h												Retirar tubería agua de enfriamiento culata cilindro 2da etapa primario
SC225.152 -0400	Retirar tubería agua de enfriamiento culata 1ra etapa primario	1h	20-Sep-18 04:00 AM	20-Sep-18 05:00 AM	62h												Retirar tubería agua de enfriamiento culata 1ra etapa primario
SC225.152 -0410	Retirar tubing auxiliar de cajas de sellos	1h	21-Sep-18 09:00 PM	21-Sep-18 10:00 PM	42h												Retirar tubing auxiliar de cajas de sellos
SC225.152 -0420	Retirar válvulas de succión y descarga	2h	21-Sep-18 10:00 PM	22-Sep-18 12:00 AM	42h												Retirar válvulas de succión y descarga
SC225.152 -0430	Realizar metrología inicial para registro (run out y puntos muertos del cilindro)	1h	22-Sep-18 12:00 AM	22-Sep-18 01:00 AM	42h												Realizar metrología inicial para registro (run out y puntos muertos del cilindro)
SC225.152 -0440	Retirar culata externa	1h	22-Sep-18 01:00 AM	22-Sep-18 02:00 AM	42h												Retirar culata externa
SC225.152 -0450	Retirar tapas de camisas de enfriamiento	1h	22-Sep-18 02:00 AM	22-Sep-18 03:00 AM	42h												Retirar tapas de camisas de enfriamiento
SC225.152 -0451	Retirar instrumentación asociada a tiro 2 (primario)	1h	22-Sep-18 03:00 AM	22-Sep-18 04:00 AM	410h												Retirar instrumentación asociada a tiro 2 (primario)
SC225.152 -0452	Inspeccionar instrumentos tiro 2 (primario) y reemplazarlos	2h	22-Sep-18 04:00 AM	22-Sep-18 06:00 AM	410h												Inspeccionar instrumentos tiro 2 (primario) y reemplazarlos
SC225.152 -0453	Realizar cambio de Custodia instr	0h	22-Sep-18 06:00 AM	22-Sep-18 06:00 AM	410h												Realizar cambio de Custodia instr
SC225.152 -0460	Soltar tuercas de cruces	1h	22-Sep-18 03:00 AM	22-Sep-18 04:00 AM	42h												Soltar tuercas de cruces
SC225.152 -0470	Retirar bolitas de succión y descarga	2h	22-Sep-18 04:00 AM	22-Sep-18 06:00 AM	42h												Retirar bolitas de succión y descarga
SC225.152 -0480	Retirar ensamble visagap piston	1h	22-Sep-18 06:00 AM	22-Sep-18 07:00 AM	42h												Retirar ensamble visagap piston
SC225.152 -0490	Retirar cajas de sellos de aceite y gas	2h	22-Sep-18 07:00 AM	22-Sep-18 09:00 AM	42h												Retirar cajas de sellos de aceite y gas
SC225.152 -0500	Retirar cilindro 2da etapa primario	6h	22-Sep-18 09:00 AM	22-Sep-18 03:00 PM	42h												Retirar cilindro 2da etapa primario
SC225.152 -0510	Retirar pieza de distancia	1h	22-Sep-18 03:00 PM	22-Sep-18 04:00 PM	42h												Retirar pieza de distancia
SC225.152 -0520	Retirar soporte de cilindro 2da etapa primario	1h	22-Sep-18 04:00 PM	22-Sep-18 05:00 PM	42h												Retirar soporte de cilindro 2da etapa primario
SC225.152 -0530	Marcar y retirar soleplate soporte cilindro 2da etapa del primario	1h	22-Sep-18 05:00 PM	22-Sep-18 06:00 PM	42h												Marcar y retirar soleplate soporte cilindro 2da etapa del primario
SC225.152 -0540	Alistar logística para transporte de componentes a taller exterior	9h	22-Sep-18 06:00 PM	23-Sep-18 03:00 AM	123h												Alistar logística para transporte de componentes a taller exterior
TAUPOLETILENO.13.1.4 Tiro No. 4		91h	20-Sep-18 05:00 AM	24-Sep-18 12:00 AM	368h												TAUPOLETILENO.13.1.4 Tiro No. 4
SC225.152 -0550	Retirar tubería agua de enfriamiento culata 1ra etapa primario	1h	20-Sep-18 05:00 AM	20-Sep-18 06:00 AM	101h												Retirar tubería agua de enfriamiento culata 1ra etapa primario
SC225.152 -0560	Retirar tubería agua de enfriamiento culata 1ra etapa primario	1h	20-Sep-18 06:00 AM	20-Sep-18 07:00 AM	101h												Retirar tubería agua de enfriamiento culata 1ra etapa primario
SC225.152 -0570	Retirar tubing auxiliar de cajas de sellos	1h	22-Sep-18 06:00 PM	22-Sep-18 07:00 PM	42h												Retirar tubing auxiliar de cajas de sellos
SC225.152 -0580	Retirar válvulas de succión y descarga	2h	22-Sep-18 07:00 PM	22-Sep-18 09:00 PM	42h												Retirar válvulas de succión y descarga
SC225.152 -0590	Realizar metrología inicial para registro (run out y puntos muertos del cilindro)	1h	22-Sep-18 09:00 PM	22-Sep-18 10:00 PM	42h												Realizar metrología inicial para registro (run out y puntos muertos del cilindro)
SC225.152 -0600	Retirar culata externa	1h	22-Sep-18 10:00 PM	22-Sep-18 11:00 PM	42h												Retirar culata externa
SC225.152 -0610	Retirar tapas de camisas de enfriamiento	1h	22-Sep-18 11:00 PM	23-Sep-18 12:00 AM	42h												Retirar tapas de camisas de enfriamiento
SC225.152 -0611	Retirar instrumentación asociada a tiro 4 (primario)	1h	23-Sep-18 12:00 AM	23-Sep-18 01:00 AM	389h												Retirar instrumentación asociada a tiro 4 (primario)
SC225.152 -0612	Inspeccionar instrumentos tiro 4 (primario) y reemplazarlos	2h	23-Sep-18 01:00 AM	23-Sep-18 03:00 AM	389h												Inspeccionar instrumentos tiro 4 (primario) y reemplazarlos
SC225.152 -0613	Realizar cambio de Custodia instr	0h	23-Sep-18 03:00 AM	23-Sep-18 03:00 AM	389h												Realizar cambio de Custodia instr
SC225.152 -0620	Soltar tuercas de cruces	1h	23-Sep-18 12:00 AM	23-Sep-18 01:00 AM	42h												Soltar tuercas de cruces
SC225.152 -0630	Retirar bolitas de succión y descarga	2h	23-Sep-18 01:00 AM	23-Sep-18 03:00 AM	42h												Retirar bolitas de succión y descarga
SC225.152 -0640	Retirar ensamble visagap piston	1h	23-Sep-18 03:00 AM	23-Sep-18 04:00 AM	42h												Retirar ensamble visagap piston
SC225.152 -0650	Retirar cajas de sellos de aceite y gas	2h	23-Sep-18 04:00 AM	23-Sep-18 06:00 AM	42h												Retirar cajas de sellos de aceite y gas
SC225.152 -0660	Retirar cilindro 1ra etapa primario	6h	23-Sep-18 06:00 AM	23-Sep-18 12:00 PM	42h												Retirar cilindro 1ra etapa primario
SC225.152 -0670	Retirar pieza de distancia	1h	23-Sep-18 12:00 PM	23-Sep-18 01:00 PM	42h												Retirar pieza de distancia
SC225.152 -0680	Retirar soporte de cilindro 1ra etapa primario	1h	23-Sep-18 01:00 PM	23-Sep-18 02:00 PM	42h												Retirar soporte de cilindro 1ra etapa primario
SC225.152 -0690	Marcar y retirar soleplate soporte cilindro 1ra etapa del primario	1h	23-Sep-18 02:00 PM	23-Sep-18 03:00 PM	42h												Marcar y retirar soleplate soporte cilindro 1ra etapa del primario
SC225.152 -0700	Alistar logística para transporte de componentes a taller exterior	9h	23-Sep-18 03:00 PM	24-Sep-18 12:00 AM	63h												Alistar logística para transporte de componentes a taller exterior
TAUPOLETILENO.13.1.5 Frame		58h	23-Sep-18 03:00 PM	25-Sep-18 05:00 AM	321h												TAUPOLETILENO.13.1.5 Frame
SC225.152 -0710	Retirar tapas del cárter	2h	23-Sep-18 03:00 PM	23-Sep-18 05:00 PM	42h												Retirar tapas del cárter
SC225.152 -0720	Retirar tapas laterales de extensión	1h	23-Sep-18 05:00 PM	23-Sep-18 06:00 PM	42h												Retirar tapas laterales de extensión
SC225.152 -0730	Realizar circulación de aceite e inspeccionar culatas de lubricación y drenar aceite de lubricación del cárter	1h	23-Sep-18 06:00 PM	23-Sep-18 07:00 PM	42h												Realizar circulación de aceite e inspeccionar culatas de lubricación y drenar aceite de lubricación del cárter
SC225.152 -0740	Retirar instrumentación asociada a Frame	4h	23-Sep-18 07:00 PM	23-Sep-18 11:00 PM	42h												Retirar instrumentación asociada a Frame
SC225.152 -0741	Inspeccionar instrumentos Frame y reemplazarlos	1h	23-Sep-18 11:00 PM	24-Sep-18 12:00 AM	354h												Inspeccionar instrumentos Frame y reemplazarlos
SC225.152 -0742	Realizar cambio de Custodia instr	0h	24-Sep-18 12:00 AM	24-Sep-18 02:00 AM	354h												Realizar cambio de Custodia instr
SC225.152 -0743	Retirar y reemplazar los roscos del cigüeñal	1h	24-Sep-18 12:00 AM	24-Sep-18 12:00 AM	42h												Retirar y reemplazar los roscos del cigüeñal
SC225.152 -0750	Retirar y reemplazar los roscos del frame	6h	24-Sep-18 12:00 AM	24-Sep-18 06:00 AM	42h												Retirar y reemplazar los roscos del frame
SC225.152 -0770	Retirar y reemplazar los roscos del cárter	7h	24-Sep-18 06:00 AM	24-Sep-18 01:00 PM	42h												Retirar y reemplazar los roscos del cárter
SC225.152 -0780	Retirar cojinetes de bancada superior e inferior	7h	24-Sep-18 01:00 PM	24-Sep-18 08:00 PM	42h												Retirar cojinetes de bancada superior e inferior
SC225.152 -0790	Retirar ejes de cruces	5h	24-Sep-18 08:00 PM	25-Sep-18 01:00 AM	42h												Retirar ejes de cruces
SC225.152 -0800	Retirar sellos de aceite del cigüeñal	4h	25-Sep-18 01:00 AM	25-Sep-18 05:00 AM	42h												Retirar sellos de aceite del cigüeñal
TAUPOLETILENO.13.1.2 Inspección y Reparación en el Tiro No. 1		27.9h	20-Sep-18 08:00 AM	01-Oct-18 05:00 PM	228h												TAUPOLETILENO.13.1.2 Inspección y Reparación en el Tiro No. 1
SC225.152 -0809	Realizar mantenimiento a instrumentos asociados a tiro 1 booster	8h	20-Sep-18 08:00 AM	20-Sep-18 04:00 PM	456h												Realizar mantenimiento a instrumentos asociados a tiro 1 booster
SC225.152 -0810	Realizar limpieza de camisas de enfriamiento y cilindros 1ra y 2da	4h	25-Sep-18 05:00 AM	25-Sep-18 09:00 AM	62h												Realizar limpieza de camisas de enfriamiento y cilindros 1ra y 2da
SC225.152 -0820	Solicitar sellos de aceite y gas a ECP, 25	0h	25-Sep-18 09:00 AM	25-Sep-18 09:00 AM	62h												Solicitar sellos de aceite y gas a ECP, 25
SC225.152 -0830	Inspeccionar sellos de aceite y gas (sum)	5h	25-Sep-18 09:00 AM	25-Sep-18 02:00 PM	62h												Inspeccionar sellos de aceite y gas (sum)
SC225.152 -0840	Inspeccionar dimensiones de camisas de cilindros 1ra y 2da	4h	25-Sep-18 02:00 PM	25-Sep-18 06:00 PM	62h												Inspeccionar dimensiones de camisas de cilindros 1ra y 2da
SC225.152 -0850	Reparar y asentar bolillo cilindro 1ra y 2da etapa booster (1 und)	3h	25-Sep-18 06:00 PM	25-Sep-18 09:00 PM	62h												Reparar y asentar bolillo cilindro 1ra y 2da etapa booster (1 und)
TAUPOLETILENO.13.1.2.1 Reparación pedestales e		78h	26-Sep-18 03:00 PM	29-Sep-18 09:00 PM	79h												TAUPOLETILENO.13.1.2.1 Reparación pedestales e
SC225.152 -0860	Instalar equipo de perforación en pedestal cilindro 1ra etapa booster	1h	26-Sep-18 03:00 PM	26-Sep-18 04:00 PM	81h												Instalar equipo de perforación en pedestal cilindro 1ra etapa booster
SC225.152 -0870	Realizar corrección y retirar pernos de anclaje existentes soporte cilindro	2h	26-Sep-18 04:00 PM	26-Sep-18 06:00 PM	81h												Realizar corrección y retirar pernos de anclaje existentes soporte cilindro
SC225.152 -0880	Retirar equipo de perforación de pedestal cilindro 1ra etapa booster	1h	26-Sep-18 06:00 PM	26-Sep-18 07:00 PM	81h												Retirar equipo de perforación de pedestal cilindro 1ra etapa booster
SC225.152 -088	Retirar grouting existente hasta exponer	1h	26-Sep-18 07:00 PM	26-Sep-18 08:00 PM	109h												Retirar grouting existente hasta exponer
SC225.152 -0900	Instalar soporte ensamblado en cilindro 1ra etapa booster, shim y	1h	27-Sep-18 11:00 PM	28-Sep-18 12:00 AM	82h												Instalar soporte ensamblado en cilindro 1ra etapa booster, shim y
SC225.152 -091	Aplicar grout a pernos de anclaje	2h	28-Sep-18 12:00 AM	28-Sep-18 02:00 AM	82h												Aplicar grout a pernos de anclaje
SC225.152 -092	Esperar curado de grout a pernos c	0h	28-Sep-18 08:00 PM	28-Sep-18 08:00 PM	82h												Esperar curado de grout a pernos c
SC225.152 -093	Nivelar soleplate con tornillos galo	1h	28-Sep-18 08:00 PM	28-Sep-18 09:00 PM	82h												Nivelar soleplate con tornillos galo
SC225.152 -094	Instalar formas y aplicar grout final	2h	28-Sep-18 09:00 PM	28-Sep-18 11:00 PM	82h												Instalar formas y aplicar grout final
SC225.152 -095	Esperar curado de grout final (24h)	0h	29-Sep-18 05:00 PM	29-Sep-18 05:00 PM	82h												Esperar curado de grout final (24h)
SC225.152 -096	Instalar equipo de perforación en pedestal cilindro 2da etapa booster	1h	26-Sep-18 07:00 PM	26-Sep-18 08:00 PM	81h												Instalar equipo de perforación en pedestal cilindro 2da etapa booster

Tabla 10. Plan detallado de trabajo para el mantenimiento a un compresor recíprocante – Parte 3

Activity ID	Activity Name	Original Duration	BL Project Start	BL Project Finish	Total Float	20	27	03	10	17	24	01	08	15
SC225162-0970	Realizar correctil y retirar pernos de anclaje existentes soporte cilindro	2h	26-Sep-18 08:00 PM	26-Sep-18 10:00 PM	81h									
SC225162-0980	Retirar equipo de perforación de pedestal cilindro 2da etapa booster	1h	26-Sep-18 10:00 PM	26-Sep-18 11:00 PM	81h									
SC225162-0990	Retirar grouting existente hasta expon	1h	26-Sep-18 11:00 PM	27-Sep-18 12:00 AM	105h									
SC225162-1000	Instalar soporte ensamblado en cilindro 2da etapa booster, shim y nivelador	1h	28-Sep-18 03:00 AM	28-Sep-18 04:00 AM	78h									
SC225162-1010	Aplicar grout a pernos de anclaje	2h	28-Sep-18 04:00 AM	28-Sep-18 06:00 AM	78h									
SC225162-1020	Esperar curado de grout a pernos c	0h	29-Sep-18 12:00 AM		78h									
SC225162-1030	Nivelar soleplate con tornillos galo	1h	29-Sep-18 12:00 AM	29-Sep-18 01:00 AM	78h									
SC225162-1040	Instalar formas y aplicar grout final	2h	29-Sep-18 01:00 AM	29-Sep-18 03:00 AM	78h									
SC225162-1050	Esperar curado de grout final (24h)	0h	29-Sep-18 03:00 PM		78h									
TAUPOLETILENOI3.1.2.2 Tiro No. 3		213h	21-Sep-18 10:00 AM	30-Sep-18 07:00 AM	225h									
SC225162-1059	Realizar mantenimiento a instrume	8h	21-Sep-18 10:00 AM	21-Sep-18 06:00 PM	430h									
SC225162-1090	Realizar limpieza de camisa de enfriamiento y cilindro 3ra etapa	7h	25-Sep-18 09:00 PM	26-Sep-18 04:00 AM	82h									
SC225162-1070	Soldar sellos de aceite y gas a ECP	0h	26-Sep-18 04:00 AM		82h									
SC225162-1080	Inspeccionar sellos de aceite y gas	0h	26-Sep-18 04:00 AM	26-Sep-18 10:00 AM	82h									
SC225162-1090	Inspeccionar dimensiones de camisa cilindro 3ra etapa primario (1	2h	26-Sep-18 10:00 AM	26-Sep-18 12:00 PM	82h									
TAUPOLETILENOI3.1.2.2.1 Reparación pedestales c		80h	26-Sep-18 11:00 PM	30-Sep-18 07:00 AM	99h									
SC225162-1100	Instalar equipo de perforación en pedestal cilindro 3ra etapa primario	1h	26-Sep-18 11:00 PM	27-Sep-18 12:00 AM	81h									
SC225162-1110	Realizar correctil y retirar pernos de anclaje existentes soporte cilindro	2h	27-Sep-18 12:00 AM	27-Sep-18 02:00 AM	81h									
SC225162-1120	Retirar equipo de perforación de pedestal cilindro 3ra etapa primario	1h	27-Sep-18 02:00 AM	27-Sep-18 03:00 AM	81h									
SC225162-1130	Retirar grouting existente hasta expon	1h	27-Sep-18 03:00 AM	27-Sep-18 04:00 AM	132h									
SC225162-1140	Instalar soporte ensamblado en cilindro 3ra etapa primario, shim y nivelador	1h	28-Sep-18 01:00 PM	28-Sep-18 02:00 PM	99h									
SC225162-1150	Aplicar grout a pernos de anclaje	2h	28-Sep-18 02:00 PM	28-Sep-18 04:00 PM	99h									
SC225162-1160	Esperar curado de grout a pernos c	0h	29-Sep-18 10:00 AM		99h									
SC225162-1170	Nivelar soleplate con tornillos galo	1h	29-Sep-18 10:00 AM	29-Sep-18 11:00 AM	99h									
SC225162-1180	Instalar formas y aplicar grout final	2h	29-Sep-18 11:00 AM	29-Sep-18 01:00 PM	99h									
SC225162-1190	Esperar curado de grout final (24h)	0h	30-Sep-18 07:00 AM		99h									
TAUPOLETILENOI3.1.2.3 Tiro No. 2		205h	22-Sep-18 00:00 AM	30-Sep-18 07:00 PM	213h									
SC225162-1119	Realizar mantenimiento a instrume	8h	22-Sep-18 06:00 AM	22-Sep-18 02:00 PM	410h									
SC225162-1200	Realizar limpieza de camisa de enfriamiento y cilindro 2da etapa	5h	26-Sep-18 12:00 PM	26-Sep-18 05:00 PM	82h									
SC225162-1210	Soldar sellos de aceite y gas a ECP	0h	26-Sep-18 05:00 PM		82h									
SC225162-1220	Inspeccionar sellos de aceite y gas	0h	26-Sep-18 05:00 PM	26-Sep-18 11:00 PM	82h									
SC225162-1230	Inspeccionar dimensiones de camisa de cilindro 2da etapa	5h	26-Sep-18 11:00 PM	27-Sep-18 04:00 AM	82h									
TAUPOLETILENOI3.1.2.3.1 Reparación pedestales c		88h	27-Sep-18 03:00 AM	30-Sep-18 07:00 PM	42h									
SC225162-1240	Instalar equipo de perforación en pedestal cilindro 2da etapa primario	1h	27-Sep-18 03:00 AM	27-Sep-18 04:00 AM	81h									
SC225162-1250	Realizar correctil y retirar pernos de anclaje existentes soporte cilindro	4h	27-Sep-18 04:00 AM	27-Sep-18 08:00 AM	81h									
SC225162-1260	Retirar equipo de perforación de pedestal cilindro 2da etapa primario	1h	27-Sep-18 08:00 AM	27-Sep-18 09:00 AM	81h									
SC225162-1270	Retirar grouting existente hasta expon	1h	27-Sep-18 09:00 AM	27-Sep-18 10:00 AM	81h									
SC225162-1280	Instalar soporte ensamblado en cilindro 2da etapa primario, shim y nivelador	1h	29-Sep-18 01:00 AM	29-Sep-18 02:00 AM	42h									
SC225162-1290	Aplicar grout a pernos de anclaje	2h	29-Sep-18 02:00 AM	29-Sep-18 04:00 AM	42h									
SC225162-1300	Esperar curado de grout a pernos c	0h	29-Sep-18 10:00 PM		42h									
SC225162-1310	Nivelar soleplate con tornillos galo	1h	29-Sep-18 10:00 PM	29-Sep-18 11:00 PM	42h									
SC225162-1320	Instalar formas y aplicar grout final	2h	29-Sep-18 11:00 PM	30-Sep-18 01:00 AM	42h									
SC225162-1330	Esperar curado de grout final (24h)	0h	30-Sep-18 07:00 PM		42h									
TAUPOLETILENOI3.1.2.4 Tiro No. 4		206h	23-Sep-18 03:00 AM	01-Oct-18 05:00 PM	194h									
SC225162-1339	Realizar mantenimiento a instrume	8h	23-Sep-18 03:00 AM	23-Sep-18 11:00 AM	389h									
SC225162-1340	Realizar limpieza de camisa de enfriamiento y cilindro 1ra etapa	5h	27-Sep-18 04:00 AM	27-Sep-18 09:00 AM	96h									
SC225162-1350	Soldar sellos de aceite y gas a ECP	0h	27-Sep-18 09:00 AM		96h									
SC225162-1360	Inspeccionar sellos de aceite y gas	0h	27-Sep-18 09:00 AM	27-Sep-18 03:00 PM	96h									
SC225162-1370	Inspeccionar dimensiones de camisa de cilindro 1ra etapa	2h	27-Sep-18 03:00 PM	27-Sep-18 05:00 PM	96h									
TAUPOLETILENOI3.1.2.4.1 Reparación pedestales c		104h	27-Sep-18 09:00 AM	01-Oct-18 05:00 PM	49h									
SC225162-1380	Instalar equipo de perforación en pedestal cilindro 1ra etapa primario	1h	27-Sep-18 09:00 AM	27-Sep-18 10:00 AM	109h									
SC225162-1390	Realizar correctil y retirar pernos de anclaje existentes soporte cilindro	2h	27-Sep-18 10:00 AM	27-Sep-18 12:00 PM	109h									
SC225162-1400	Retirar equipo de perforación de pedestal cilindro 1ra etapa primario	1h	27-Sep-18 12:00 PM	27-Sep-18 01:00 PM	109h									
SC225162-1410	Retirar grouting existente hasta expon	1h	27-Sep-18 01:00 PM	27-Sep-18 02:00 PM	109h									
SC225162-1420	Instalar soporte ensamblado en cilindro 1ra etapa primario, shim y nivelador	1h	29-Sep-18 11:00 PM	30-Sep-18 12:00 AM	49h									
SC225162-1430	Aplicar grout a pernos de anclaje	2h	30-Sep-18 12:00 AM	30-Sep-18 02:00 AM	49h									
SC225162-1440	Esperar curado de grout a pernos c	0h	30-Sep-18 06:00 PM		49h									
SC225162-1450	Nivelar soleplate con tornillos galo	1h	30-Sep-18 06:00 PM	30-Sep-18 09:00 PM	49h									
SC225162-1460	Instalar formas y aplicar grout final	2h	30-Sep-18 09:00 PM	30-Sep-18 11:00 PM	49h									
SC225162-1470	Esperar curado de grout final (24h)	0h	01-Oct-18 05:00 PM		49h									
TAUPOLETILENOI3.1.2.5 Frame - Inspección y Ensambl		101h	24-Sep-18 02:00 AM	28-Sep-18 07:00 AM	310h									
SC225162-1479	Realizar mantenimiento a instrume	1h	24-Sep-18 02:00 AM	24-Sep-18 03:00 AM	354h									
SC225162-1480	Realizar inspección visual y dimensional de cojinetes de	7h	25-Sep-18 05:00 AM	25-Sep-18 12:00 PM	42h									
SC225162-1490	Pulir e inspeccionar muñon de eje	5h	25-Sep-18 12:00 PM	25-Sep-18 05:00 PM	42h									
SC225162-1500	Instalar cojinetes de bancada y ejes	4h	25-Sep-18 05:00 PM	25-Sep-18 09:00 PM	42h									
SC225162-1510	Instalar y bloquear tapas de bancada	3h	25-Sep-18 09:00 PM	26-Sep-18 12:00 AM	42h									
SC225162-1520	Verificar juego axial	5h	26-Sep-18 12:00 AM	26-Sep-18 05:00 AM	42h									
SC225162-1530	Inspeccionar dimensiones en interferencia de los rods del frame	7h	26-Sep-18 05:00 AM	26-Sep-18 12:00 PM	42h									
SC225162-1540	Instalar y bloquear los rods del frame	4h	26-Sep-18 12:00 PM	26-Sep-18 04:00 PM	42h									
SC225162-1550	Calibrar holguras de cojinetes de bancada	2h	26-Sep-18 04:00 PM	26-Sep-18 06:00 PM	42h									
SC225162-1560	Inspeccionar deflexión del cojinete	2h	26-Sep-18 06:00 PM	26-Sep-18 08:00 PM	42h									
SC225162-1570	Calibrar holguras de crucetas	4h	26-Sep-18 08:00 PM	27-Sep-18 12:00 AM	42h									

Tabla 11. Plan detallado de trabajo para el mantenimiento a un compresor recíprocante – Parte 4

Activity ID	Activity Name	Original Duration	BL Project Start	BL Project Finish	Total Float	September 2018							October 2018		
						20	27	03	10	17	24	01	08	15	
SC225152-2270	Verificar y ajustar holgura final de c	1h	01-Oct-18 02:00 AM	01-Oct-18 03:00 AM	42h										
SC225152-2280	Verificar y ajustar runout (aprieta	2h	01-Oct-18 03:00 AM	01-Oct-18 05:00 AM	42h										
SC225152-2290	Conectar tuberías de enfriamiento	2h	01-Oct-18 05:00 AM	01-Oct-18 07:00 AM	42h										
SC225152-2300	Centrar y bloquear cajas de sello e	3h	01-Oct-18 07:00 AM	01-Oct-18 10:00 AM	42h										
SC225152-2310	Instalar válvulas de succión y desc	4h	01-Oct-18 10:00 AM	01-Oct-18 02:00 PM	42h										
SC225152-2320	Conectar botellas de descarga	3h	01-Oct-18 02:00 PM	01-Oct-18 05:00 PM	42h										
SC225152-2330	Instalar botellas de succión	7h	01-Oct-18 05:00 PM	02-Oct-18 12:00 AM	42h										
SC225152-2340	Conectar tubería (principales & sec	7h	02-Oct-18 11:00 AM	02-Oct-18 06:00 PM	121h										
TAUPOLETIEN013.1.4.4 Tiro No. 4		125h	28-Sep-18 11:00 PM	04-Oct-18 04:00 AM	96h										
SC225152-2350	Transportar componentes de taller	12h	28-Sep-18 11:00 PM	29-Sep-18 11:00 AM	49h										
SC225152-2360	Instalar pieza de distancia	5h	29-Sep-18 11:00 AM	29-Sep-18 04:00 PM	40h										
SC225152-2370	Instalar y nivelar cilindro 1ra etapa	7h	29-Sep-18 04:00 PM	29-Sep-18 11:00 PM	49h										
SC225152-2380	Instalar cajas de sellos	2h	02-Oct-18 12:00 AM	02-Oct-18 02:00 AM	42h										
SC225152-2390	Solicitar válvulas de compresora f	0h	02-Oct-18 02:00 AM		42h										
SC225152-2400	Instalar ensamble vástago piston	3h	02-Oct-18 02:00 AM	02-Oct-18 05:00 AM	42h										
SC225152-2410	Instalar culata exterior	1h	02-Oct-18 05:00 AM	02-Oct-18 06:00 AM	42h										
SC225152-2420	Verificar y ajustar holgura final de c	1h	02-Oct-18 06:00 AM	02-Oct-18 07:00 AM	42h										
SC225152-2430	Verificar y ajustar runout (aprieta	5h	02-Oct-18 07:00 AM	02-Oct-18 12:00 PM	42h										
SC225152-2440	Conectar tuberías de enfriamiento	3h	02-Oct-18 12:00 PM	02-Oct-18 03:00 PM	42h										
SC225152-2450	Centrar y bloquear cajas de sello e	2h	02-Oct-18 03:00 PM	02-Oct-18 05:00 PM	42h										
SC225152-2460	Instalar válvulas de succión y desc	5h	02-Oct-18 05:00 PM	03-Oct-18 02:00 AM	42h										
SC225152-2470	Conectar botellas de descarga	5h	03-Oct-18 02:00 AM	03-Oct-18 11:00 AM	42h										
SC225152-2480	Instalar botellas de succión	5h	03-Oct-18 11:00 AM	03-Oct-18 04:00 PM	42h										
SC225152-2490	Conectar tubería (principales & sec	12h	03-Oct-18 04:00 PM	04-Oct-18 04:00 AM	96h										
TAUPOLETIEN013.1.5 3.1.5 Motor		114h	03-Oct-18 04:00 PM	08-Oct-18 10:00 AM	42h										
TAUPOLETIEN013.1.5.1 Desensamble		32h	03-Oct-18 04:00 PM	05-Oct-18 12:00 AM	92h										
SC225152-2500	Retirar cerramiento perimetral	2h	03-Oct-18 04:00 PM	03-Oct-18 06:00 PM	42h										
SC225152-2510	Retirar tapas de motor	7h	03-Oct-18 06:00 PM	04-Oct-18 01:00 AM	42h										
SC225152-2520	Inspeccionar air gap y centro mecá	5h	04-Oct-18 01:00 AM	04-Oct-18 06:00 AM	42h										
SC225152-2521	Retirar instrumentación asociada e	1h	04-Oct-18 06:00 AM	04-Oct-18 07:00 AM	102h										
SC225152-2522	Inspeccionar instrumentos motor y	1h	04-Oct-18 06:00 AM	04-Oct-18 07:00 AM	102h										
SC225152-2523	Realizar cambio de Custodia inst	0h	04-Oct-18 07:00 AM		102h										
SC225152-2530	Desarmar excitatriz	7h	04-Oct-18 06:00 AM	04-Oct-18 01:00 PM	42h										
SC225152-2540	Realizar deslizamiento axial del e	5h	04-Oct-18 01:00 PM	04-Oct-18 10:00 PM	42h										
SC225152-2550	Retirar tapas de cojinete del motor	2h	04-Oct-18 10:00 PM	05-Oct-18 12:00 AM	42h										
TAUPOLETIEN013.1.5.2 Inspección		79h	04-Oct-18 07:00 AM	07-Oct-18 02:00 PM	50h										
SC225152-2559	Realizar mantenimiento a instrum	20h	04-Oct-18 07:00 AM	05-Oct-18 03:00 AM	102h										
SC225152-2560	Drenar aceite de la caja de rodam	1h	05-Oct-18 12:00 AM	05-Oct-18 01:00 AM	42h										
SC225152-2570	Limpiar y calibrar caja de rodamie	5h	05-Oct-18 01:00 AM	05-Oct-18 06:00 AM	42h										
SC225152-2580	Reinstalar tapas de caja de rodam	1h	05-Oct-18 06:00 AM	05-Oct-18 07:00 AM	42h										
SC225152-2590	Adicionar aceite a caja de rodam	1h	05-Oct-18 07:00 AM	05-Oct-18 08:00 AM	42h										
SC225152-2600	Limpiar devanados estator, rotor, e	18h	05-Oct-18 08:00 AM	06-Oct-18 02:00 AM	42h										
SC225152-2610	Finalizar devanado motor & excitatr	18h	06-Oct-18 02:00 AM	06-Oct-18 08:00 PM	42h										
SC225152-2620	Realizar pruebas eléctricas (ECP)	18h	06-Oct-18 08:00 PM	07-Oct-18 02:00 PM	42h										
TAUPOLETIEN013.1.5.3 Ensamble		20h	07-Oct-18 02:00 PM	08-Oct-18 10:00 AM	42h										
SC225152-2630	Reposicionar axialmente estator	3h	07-Oct-18 02:00 PM	07-Oct-18 05:00 PM	42h										
SC225152-2640	Verificar ajuste de air gap y cent	3h	07-Oct-18 05:00 PM	07-Oct-18 08:00 PM	42h										
SC225152-2650	Ensamblar excitatriz	7h	07-Oct-18 08:00 PM	08-Oct-18 03:00 AM	42h										
SC225152-2660	Instalar tapas de motor	5h	08-Oct-18 03:00 AM	08-Oct-18 08:00 AM	42h										
SC225152-2670	Instalar cerramiento perimetral	2h	08-Oct-18 08:00 AM	08-Oct-18 10:00 AM	42h										
TAUPOLETIEN013.1.6 3.1.6 Precomisionado		121h	04-Oct-18 10:00 AM	09-Oct-18 11:00 AM	42h										
SC225152-2680	Realizar flushing de sistema de lub	48h	04-Oct-18 10:00 AM	06-Oct-18 10:00 AM	45h										
SC225152-2690	Llenar cárter con aceite de operac	7h	06-Oct-18 10:00 AM	06-Oct-18 05:00 PM	45h										
SC225152-2700	Conectar tuberías de aceite a cojin	7h	06-Oct-18 10:00 AM	06-Oct-18 05:00 PM	45h										
SC225152-2710	Verificar lubricación de todos los p	7h	06-Oct-18 05:00 PM	07-Oct-18 12:00 AM	45h										
SC225152-2720	Instalar instrumentación del cárter	9h	07-Oct-18 12:00 AM	07-Oct-18 09:00 AM	45h										
SC225152-2730	Instalar tapas de cárter y extensio	10h	07-Oct-18 09:00 AM	07-Oct-18 07:00 PM	45h										
SC225152-2740	Instalar y probar instrumentación	12h	07-Oct-18 07:00 PM	08-Oct-18 07:00 AM	45h										
SC225152-2750	Realizar pruebas en vacío	14h	08-Oct-18 10:00 AM	09-Oct-18 12:00 AM	42h										
SC225152-2760	Realizar pruebas de hermeticidad	11h	09-Oct-18 12:00 AM	09-Oct-18 11:00 AM	42h										
TAUPOLETIEN013.1.7 3.1.7 Manual de lubricación SP-221		314h	20-Sep-18 07:00 AM	03-Oct-18 09:00 AM	163h										
SC225152-2770	Verificar aplicación de SAS y SAE	3h	20-Sep-18 07:00 AM	20-Sep-18 10:00 AM	267h										
SC225152-2780	Desconectar eléctricamente el mo	3h	20-Sep-18 10:00 AM	20-Sep-18 01:00 PM	267h										
SC225152-2790	Drenar aceite de lubricación de la	1h	30-Sep-18 03:00 PM	30-Sep-18 04:00 PM	45h										
SC225152-2800	Marcar y desconectar tubing de sa	2h	30-Sep-18 04:00 PM	30-Sep-18 06:00 PM	45h										
SC225152-2810	Retirar bandeja del sistema de lub	5h	30-Sep-18 06:00 PM	30-Sep-18 11:00 PM	45h										
SC225152-2820	Desacoplar lubricador de caja med	2h	30-Sep-18 11:00 PM	01-Oct-18 01:00 AM	45h										
SC225152-2830	Retirar caja de lubricador de band	3h	01-Oct-18 01:00 AM	01-Oct-18 04:00 AM	45h										
SC225152-2840	Desarmar caja de lubricador	4h	01-Oct-18 04:00 AM	01-Oct-18 08:00 AM	45h										
SC225152-2850	Inspeccionar y cambiar internos de	7h	01-Oct-18 08:00 AM	01-Oct-18 03:00 PM	45h										
SC225152-2860	Armar caja de lubricador	5h	01-Oct-18 03:00 PM	02-Oct-18 12:00 AM	45h										
SC225152-2870	Reinstalar, acoplar y alinear caja d	5h	02-Oct-18 12:00 AM	02-Oct-18 05:00 AM	45h										
SC225152-2880	Soplar tubing de lubricación a cilin	5h	02-Oct-18 05:00 AM	02-Oct-18 10:00 AM	45h										
SC225152-2890	Verificar funcionamiento de válvul	5h	02-Oct-18 10:00 AM	02-Oct-18 03:00 PM	45h										
SC225152-2900	Instalar bandeja de lubricación	3h	02-Oct-18 03:00 PM	02-Oct-18 06:00 PM	45h										
SC225152-2910	Conectar eléctricamente al motor	3h	02-Oct-18 06:00 PM	02-Oct-18 09:00 PM	45h										
SC225152-2920	Conectar tubing de salida de lubri	5h	02-Oct-18 09:00 PM	03-Oct-18 02:00 AM	45h										
SC225152-2930	Purgar / Conectar sistema de lubri	5h	03-Oct-18 02:00 AM	03-Oct-18 07:00 AM	163h										
SC225152-2940	Regular golpeo de lubricación	2h	03-Oct-18 07:00 AM	03-Oct-18 09:00 AM	163h										
TAUPOLETIEN013.1.8 3.1.8 Bombas de lubricación SP-2		339h	20-Sep-18 10:00 AM	04-Oct-18 10:00 AM	45h										
SC225152-2950	SAS/SAES Bloquear bombas SP	4h	20-Sep-18 10:00 AM	20-Sep-18 02:00 PM	345h										
SC225152-2960	Retirar elemento flexible de acopl	2h	03-Oct-18 02:00 AM	03-Oct-18 04:00 AM	45h										
SC225152-2970	Alinear y acoplar sistema motor-b	10h	03-Oct-18 04:00 AM	03-Oct-18 02:00 PM	45h										
SC225152-2980	Engrasar motores y bombas SP-2	1h	03-Oct-18 02:00 PM	03-Oct-18 03:00 PM	45h										
SC225152-2990	Retirar elemento flexible de acopl	2h	03-Oct-18 03:00 PM	03-Oct-18 05:00 PM	45h										
SC225152-3000	Alinear y acoplar sistema motor-b	11h	03-Oct-18 05:00 PM	04-Oct-18 04:00 AM	45h										
SC225152-3010	Engrasar motores y bombas SP-2	1h	04-Oct-18 04:00 AM	04-Oct-18 05:00 AM	45h										
SC225152-3020	Retirar SAS de bombas SP-2257	5h	04-Oct-18 05:00 AM	04-Oct-18 10:00 AM	45h										

Tabla 12. Plan detallado de trabajo para el mantenimiento a un compresor reciprocante – Parte 5

Activity ID	Activity Name	Original Duration	BL Project Start	BL Project Finish	Total Float	20	27	03	10	17	24	01	08	15
SC225162-1580	Inspeccionar dimensiones de pines y tapas laterales	4h	27-Sep-18 12:00 AM	27-Sep-18 04:00 AM	42h									Inspeccionar dimensiones de pines y tapas laterales
SC225162-1590	Limpicar caras de tapa de sello del cigueta	3h	27-Sep-18 04:00 AM	27-Sep-18 08:00 AM	42h									Limpicar caras de tapa de sello del cigueta
SC225162-1600	Limpicar y pulir cigueta en área de sellado	2h	27-Sep-18 08:00 AM	27-Sep-18 11:00 AM	42h									Limpicar y pulir cigueta en área de sellado
SC225162-1610	Reinstalar sello de aceite del cigueta	2h	27-Sep-18 11:00 AM	27-Sep-18 01:00 PM	42h									Reinstalar sello de aceite del cigueta
SC225162-1620	Realizar Pull up pomos de anclaje	16h	27-Sep-18 01:00 PM	28-Sep-18 03:00 PM	42h									Realizar Pull up pomos de anclaje
SC225162-1630	Inspeccionar dimensiones de pistón	5h	27-Sep-18 03:00 PM	28-Sep-18 07:00 AM	310h									Inspeccionar dimensiones de pistón
TAUPOLETLENO3.1.3.1 Tiro No.1		52h	23-Sep-18 03:00 PM	25-Sep-18 07:00 PM	49h									23-Sep-18 11:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.1 Tiro No.1
SC225162-1640	Cambiar vástago o pistón (según requerimiento - 1 und) [Tomo]	24h	23-Sep-18 03:00 PM	24-Sep-18 12:00 AM	49h									24-Sep-18 07:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.1 Tiro No.1
SC225162-1650	Inspeccionar dimensiones de anillos de pistón	12h	24-Sep-18 12:00 AM	25-Sep-18 12:00 AM	50h									25-Sep-18 12:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.3.1 Tiro No.1
SC225162-1660	Reparar descargadores [Blanco]	7h	25-Sep-18 12:00 PM	25-Sep-18 07:00 PM	74h									25-Sep-18 07:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.1 Tiro No.1
SC225162-1670	Verificar planitud de soleplate y soporte cilindro 2da etapa booster	23h	23-Sep-18 03:00 PM	24-Sep-18 02:00 PM	49h									24-Sep-18 02:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.1 Tiro No.1
SC225162-1680	Verificar planitud de soleplate y soporte cilindro 2da etapa booster	23h	23-Sep-18 03:00 PM	24-Sep-18 02:00 PM	82h									24-Sep-18 02:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.1 Tiro No.1
TAUPOLETLENO3.1.3.2 Tiro No.3		51h	24-Sep-18 02:00 PM	26-Sep-18 05:00 PM	64h									26-Sep-18 05:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.2 Tiro No.3
SC225162-1700	Inspeccionar dimensiones de pistón y vástago	12h	25-Sep-18 12:00 AM	25-Sep-18 12:00 PM	56h									25-Sep-18 12:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.2 Tiro No.3
SC225162-1710	Cambiar vástago o pistón (según requerimiento - 1 und) [Tomo]	10h	25-Sep-18 12:00 PM	25-Sep-18 10:00 PM	56h									25-Sep-18 10:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.2 Tiro No.3
SC225162-1720	Inspeccionar dimensiones de anillos de pistón	12h	25-Sep-18 10:00 PM	26-Sep-18 10:00 AM	64h									26-Sep-18 10:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.3.2 Tiro No.3
SC225162-1730	Reparar descargadores [Blanco]	7h	26-Sep-18 10:00 AM	26-Sep-18 05:00 PM	64h									26-Sep-18 05:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.2 Tiro No.3
SC225162-1740	Verificar planitud de soleplate y soporte cilindro 2da etapa primario	23h	24-Sep-18 02:00 PM	25-Sep-18 01:00 PM	62h									25-Sep-18 01:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.2 Tiro No.3
TAUPOLETLENO3.1.3.3 Tiro No.2		46h	25-Sep-18 01:00 PM	27-Sep-18 02:00 PM	56h									27-Sep-18 02:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.3 Tiro No.2
SC225162-1750	Inspeccionar dimensiones de pistón y vástago	12h	25-Sep-18 10:00 PM	26-Sep-18 10:00 AM	56h									26-Sep-18 10:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.3.3 Tiro No.2
SC225162-1760	Cambiar vástago o pistón (según requerimiento - 1 und) [Tomo]	9h	26-Sep-18 10:00 AM	26-Sep-18 07:00 PM	56h									26-Sep-18 07:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.3 Tiro No.2
SC225162-1770	Inspeccionar dimensiones de anillos de pistón	12h	26-Sep-18 07:00 PM	27-Sep-18 07:00 AM	56h									27-Sep-18 07:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.3.3 Tiro No.2
SC225162-1780	Reparar descargadores [Blanco]	7h	27-Sep-18 07:00 PM	27-Sep-18 02:00 PM	56h									27-Sep-18 02:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.3 Tiro No.2
SC225162-1790	Verificar planitud de soleplate y soporte cilindro 2da etapa primario	23h	25-Sep-18 01:00 PM	26-Sep-18 12:00 PM	62h									26-Sep-18 12:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.3 Tiro No.2
TAUPOLETLENO3.1.3.4 Tiro No.4		105h	24-Sep-18 02:00 PM	28-Sep-18 11:00 PM	49h									28-Sep-18 11:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.4 Tiro No.4
SC225162-1810	Inspeccionar dimensiones de pistón y vástago	12h	26-Sep-18 07:00 PM	27-Sep-18 07:00 AM	58h									27-Sep-18 07:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.3.4 Tiro No.4
SC225162-1820	Cambiar vástago o pistón (según requerimiento - 1 und) [Tomo]	10h	27-Sep-18 07:00 AM	27-Sep-18 05:00 PM	58h									27-Sep-18 05:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.4 Tiro No.4
SC225162-1830	Inspeccionar dimensiones de anillos de pistón	12h	27-Sep-18 05:00 PM	28-Sep-18 05:00 AM	58h									28-Sep-18 05:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.3.4 Tiro No.4
SC225162-1840	Reparar descargadores [Blanco]	6h	28-Sep-18 05:00 AM	28-Sep-18 02:00 PM	58h									28-Sep-18 02:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.4 Tiro No.4
SC225162-1850	Verificar perpendicularidad de caras en pieza de distancia (maquinaria si es necesario) [100 unidades]	9h	28-Sep-18 02:00 PM	24-Sep-18 11:00 PM	49h									24-Sep-18 11:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.4 Tiro No.4
SC225162-1860	Verificar perpendicularidad de caras en cilindro exterior tercera etapa	24h	24-Sep-18 11:00 PM	25-Sep-18 11:00 PM	49h									25-Sep-18 11:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.4 Tiro No.4
SC225162-1870	Verificar holgura (boss fit) guía de pieza de distancia y cilindro tira	24h	25-Sep-18 11:00 PM	26-Sep-18 11:00 PM	49h									26-Sep-18 11:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.4 Tiro No.4
SC225162-1880	Maquinaria y corregir profundidad de asiento tipo de válvula lado noreste (si es necesario)	24h	26-Sep-18 11:00 PM	27-Sep-18 11:00 PM	49h									27-Sep-18 11:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.4 Tiro No.4
SC225162-1890	Verificar los demás asientos de las válvulas (maquinaria si es necesario)	24h	27-Sep-18 11:00 PM	28-Sep-18 11:00 PM	49h									28-Sep-18 11:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.3.4 Tiro No.4
SC225162-1800	Verificar planitud de soleplate y soporte cilindro tira etapa primario	23h	26-Sep-18 12:00 PM	27-Sep-18 11:00 AM	85h									27-Sep-18 11:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.3.4 Tiro No.4
TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1		130h	25-Sep-18 07:00 PM	04-Oct-18 04:00 AM	96h									04-Oct-18 04:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-1900	Transferir componentes de taller	12h	25-Sep-18 07:00 PM	01-Oct-18 11:00 AM	130h									01-Oct-18 11:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-1910	Instalar pieza de distancia	4h	27-Sep-18 03:00 PM	27-Sep-18 07:00 PM	74h									27-Sep-18 07:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-1920	Instalar y nivelar cilindro 2da etapa	4h	27-Sep-18 07:00 PM	27-Sep-18 11:00 PM	42h									27-Sep-18 11:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-1930	Instalar y nivelar cilindro tira etapa	4h	27-Sep-18 11:00 PM	28-Sep-18 03:00 AM	42h									28-Sep-18 03:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-1940	Instalar cajas de sellos	1h	29-Sep-18 09:00 PM	29-Sep-18 10:00 PM	78h									29-Sep-18 10:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-1950	Solicitar válvulas de compresor a f	0h	29-Sep-18 10:00 PM	30-Sep-18 12:00 AM	78h									30-Sep-18 12:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-1960	Instalar ensamble vástago pistón	2h	29-Sep-18 10:00 PM	30-Sep-18 12:00 AM	78h									30-Sep-18 12:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-1970	Instalar culata exterior	1h	30-Sep-18 12:00 AM	30-Sep-18 01:00 AM	78h									30-Sep-18 01:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-1980	Verificar y ajustar holgura final de c	2h	30-Sep-18 01:00 AM	30-Sep-18 03:00 AM	78h									30-Sep-18 03:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-1990	Verificar y ajustar runout (apretar tu	5h	30-Sep-18 03:00 AM	30-Sep-18 08:00 AM	78h									30-Sep-18 08:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-2000	Centrar y torquar cajas de sello e	2h	30-Sep-18 08:00 AM	30-Sep-18 10:00 AM	78h									30-Sep-18 10:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-2010	Instalar válvulas de succión y desc	5h	30-Sep-18 10:00 AM	30-Sep-18 03:00 PM	78h									30-Sep-18 03:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-2020	Instalar bolillos (1 und)	1h	30-Sep-18 03:00 PM	30-Sep-18 04:00 PM	78h									30-Sep-18 04:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-2030	Conectar bolillos de descarga	5h	30-Sep-18 04:00 PM	30-Sep-18 09:00 PM	78h									30-Sep-18 09:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-2040	Instalar bolillos de succión	7h	30-Sep-18 09:00 PM	01-Oct-18 04:00 AM	78h									01-Oct-18 04:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
SC225162-2050	Conectar tubería (principales & sec	7h	01-Oct-18 04:00 AM	01-Oct-18 11:00 AM	130h									01-Oct-18 11:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4 Tiro No.1
TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3		138h	26-Sep-18 05:00 PM	02-Oct-18 11:00 AM	121h									02-Oct-18 11:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
SC225162-2060	Transferir componentes de taller	12h	26-Sep-18 05:00 PM	27-Sep-18 05:00 PM	64h									27-Sep-18 05:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
SC225162-2070	Instalar pieza de distancia	5h	28-Sep-18 03:00 AM	28-Sep-18 08:00 AM	74h									28-Sep-18 08:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
SC225162-2080	Instalar y nivelar cilindro 3ra etapa	5h	28-Sep-18 08:00 AM	28-Sep-18 01:00 PM	42h									28-Sep-18 01:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
SC225162-2090	Instalar cajas de sellos	3h	01-Oct-18 04:00 AM	01-Oct-18 07:00 AM	78h									01-Oct-18 07:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
SC225162-2100	Solicitar válvulas de compresor a f	0h	01-Oct-18 07:00 AM	01-Oct-18 09:00 AM	78h									01-Oct-18 09:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
SC225162-2110	Instalar ensamble vástago pistón	2h	01-Oct-18 07:00 AM	01-Oct-18 09:00 AM	78h									01-Oct-18 09:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
SC225162-2120	Instalar culata exterior	1h	01-Oct-18 09:00 AM	01-Oct-18 10:00 AM	78h									01-Oct-18 10:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
SC225162-2130	Verificar y ajustar holgura final de c	1h	01-Oct-18 10:00 AM	01-Oct-18 11:00 AM	78h									01-Oct-18 11:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
SC225162-2140	Verificar y ajustar runout (apretar tu	2h	01-Oct-18 11:00 AM	01-Oct-18 01:00 PM	78h									01-Oct-18 01:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
SC225162-2150	Centrar y torquar cajas de sello e	5h	01-Oct-18 01:00 PM	01-Oct-18 06:00 PM	78h									01-Oct-18 06:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
SC225162-2160	Instalar válvulas de succión y desc	5h	01-Oct-18 06:00 PM	01-Oct-18 09:00 PM	78h									01-Oct-18 09:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
SC225162-2170	Conectar bolillos de descarga	2h	01-Oct-18 09:00 PM	01-Oct-18 11:00 PM	78h									01-Oct-18 11:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
SC225162-2180	Instalar bolillos de succión	7h	01-Oct-18 11:00 PM	02-Oct-18 04:00 AM	78h									02-Oct-18 04:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
SC225162-2190	Conectar tubería (principales & secu	5h	02-Oct-18 04:00 AM	02-Oct-18 11:00 AM	121h									02-Oct-18 11:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.3
TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.2		124h	27-Sep-18 02:00 PM	02-Oct-18 06:00 PM	121h									02-Oct-18 06:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.2
SC225162-2200	Transferir componentes de taller	9h	27-Sep-18 02:00 PM	27-Sep-18 11:00 PM	56h									27-Sep-18 11:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.2
SC225162-2210	Instalar pieza de distancia	7h	28-Sep-18 01:00 PM	28-Sep-18 08:00 PM	74h									28-Sep-18 08:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.2
SC225162-2220	Instalar y nivelar cilindro 2da etapa	5h	28-Sep-18 08:00 PM	29-Sep-18 01:00 AM	42h									29-Sep-18 01:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.2
SC225162-2230	Instalar cajas de sellos	2h	30-Sep-18 07:00 PM	30-Sep-18 09:00 PM	42h									30-Sep-18 09:00 PM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.2
SC225162-2240	Solicitar válvulas de compresor a f	0h	30-Sep-18 09:00 PM	01-Oct-18 01:00 AM	42h									01-Oct-18 01:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.2
SC225162-2250	Instalar ensamble vástago pistón	4h	30-Sep-18 09:00 PM	01-Oct-18 01:00 AM	42h									01-Oct-18 01:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.2
SC225162-2260	Instalar culata exterior	1h	01-Oct-18 01:00 AM	01-Oct-18 02:00 AM	42h									01-Oct-18 02:00 AM, TAUPOLETLENO3.1.4.2 Tiro No.2

4.3.3 Plan de inspección y pruebas de calidad (ITP). El plan de inspección y pruebas (ITP) es el documento que consolida cada uno de los procedimientos, registros de calibración y protocolos de calidad requeridos para asegurar y controlar la calidad en cada una de las actividades del mantenimiento según el alcance definido. El desarrollo de un plan de inspección y pruebas permite mitigar las desviaciones durante la ejecución de un proyecto, evitando los reprocesos y las condiciones subestandar asociadas.

De la misma manera que el listado de actividades (Worklist) y el plan detallado de trabajo (PDT), el ITP debe desarrollarse cronológicamente respecto a la ejecución, siguiendo las etapas de desensamble, inspección, reparación y ensamble teniendo en cuenta los componentes del equipo a intervenir.

Un plan de inspección y pruebas debe relacionar las actividades o elementos a inspeccionar, el tipo de inspección o prueba, la herramienta o instrumento de medición a utilizar, el criterio de aceptación, el procedimiento a seguir, el registro de referencia asociado, el registro o atestiguamiento, la fecha y el responsable, tal y como resume la siguiente plantilla para su elaboración:

Tabla 13. Plantilla para elaboración de un plan de inspección y pruebas (ITP)

Actividad o elemento	Tipo de inspección o prueba	Instrumento de medición	Criterios de aceptación	Procedimiento a seguir	Registros asociados	Puntos de Inspección		Fecha	Responsable
						R	W		

Figura 12. Elementos de un plan de inspección y pruebas (ITP)

ACTIVIDAD Y/O ELEMENTO A CONTROLAR	
1. Tipo de inspección o prueba	Inspección visual, dimensional, ensayos no destructivos.
2. Instrumentos de medición	Certificados de calibración acreditados
3. Criterios de aceptación	Estándares establecidos por la compañía o normas internacionales
4. Procedimiento a seguir	Mejores prácticas de ejecución establecidas por fabricante
5. Documentos asociados	Instructivos, protocolos, registros, planos y manuales
6. Trazabilidad de la ejecución	Responsable y Fecha
7. Participación del cliente	Registro y/o Atestiguamiento

Los tipos de inspección o pruebas pueden hacerse mediante la inspección visual o inspección dimensional de los componentes. Adicionalmente, se puede verificar su integridad mediante la aplicación de ensayos no destructivos.

Figura 13. Tipos de inspección y ensayos durante un mantenimiento



Los instrumentos de medición deben ser seleccionados según el tipo de variable y rango a medir, y se debe verificar que su calibración se encuentre vigente. Las condiciones encontradas mediante las inspecciones y ensayos deben ser comparados con un criterio definido por el fabricante, un estándar o una norma internacional, para la aceptación o rechazo de la condición del componente.

A continuación se expone un ejemplo de un plan de inspección y pruebas aplicable a la etapa de desensamble de un compresor recíprocante:

Tabla 14. Plan de inspección y pruebas para el desensamble de un compresor recíprocante.

PLAN DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS (ITP) PARA MANTENIMIENTO DE COMPRESORES RECÍPROCANTES							
NÚMERO	Actividad	Característica a verificar	Ensayo específico	Equipo o herramienta	Criterio de aceptación	Documentos de referencia	Registros
1.1	Desensamble de componentes						
1.1.1	Motor Eléctrico						
1.1.1.1	Chumacera						
	Inspección visual del estado del rodamiento	Funcionamiento y condición física	Inspección Visual			I-COMP-05-ODS19-04 INSTRUCTIVO PARA INSPECCIÓN DE PILLOWBLOCK DE MOTOR MC2201-02	R-COMP-05-ODS19-01 REGISTRO DE METROLOGÍA HOLGURA RADIAL DE RODAMIENTO MOTOR ELÉCTRICO
1.1.1.2	Excitatriz						
	Verificación del air gap (holgura entre rotor y estator)	Calibración	Inspección dimensional	Calibrador de luces		I-COMP-05-ODS19-05 INSTRUCTIVO DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE MOTOR	R-COMP-05-ODS19-06 REGISTRO DE METROLOGÍA EXCITATRIZ AIR GAP
1.1.1.3	Rotor y Estator						
	Verificación del air gap (holgura entre rotor y estator)	Calibración	Inspección dimensional	Calibrador de luces		I-COMP-05-ODS19-05 INSTRUCTIVO DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE MOTOR	R-COMP-05-ODS19-02 REGISTRO DE METROLOGÍA ROTOR – ESTATOR AIR GAP
1.1.2	Compresor						
1.1.2.1	Frame						
1.1.2.1.2	Cigüeñal						
	Verificación de la deflexión del cigüeñal	Calibración	Inspección dimensional	Deflexómetro		I-COMP-05-ODS19-09 INSTRUCTIVO PARA INSPECCIÓN Y CAMBIO DE CASQUETES DE BANCADA	R-COMP-05-ODS19-07 REGISTRO DE METROLOGÍA DEFLEXIÓN DEL CIGÜEÑAL
	Verificación del juego axial	Calibración	Inspección dimensional	Indicador dial - Calibrador de luces	0.010" - 0.015"	I-COMP-05-ODS19-09 INSTRUCTIVO PARA INSPECCIÓN Y CAMBIO DE CASQUETES DE BANCADA	R-COMP-05-ODS19-03 REGISTRO DE METROLOGÍA TOLERANCIA AXIAL DEL CIGÜEÑAL
1.1.2.1.3	Puentes						
	Verificación inicial de la longitud del puente	Metrología	Inspección dimensional	Micrometro de interiores	Estampado en el frame	I-COMP-05-ODS19-06 INSTRUCTIVO PARA RETIRO/INSTALACIÓN DE TIE ROD	R-COMP-05-ODS19-13 REGISTRO DE METROLOGÍA INTERFERENCIA ESPACIADOR TIE ROD
1.1.2.1.4	Chumaceras						
	Verificación de la holgura entre el cojinete y cigüeñal	Calibración	Inspección dimensional	Calibrador de luces Plomo plastigage	0.002" - 0.004"	I-COMP-05-ODS19-09 INSTRUCTIVO PARA INSPECCIÓN Y CAMBIO DE CASQUETES DE BANCADA	R-COMP-05-ODS19-12 REGISTRO DE METROLOGÍA HOLGURA CASQUETES DE BANCADA - CIGÜEÑAL
	Verificación visual de las cuñas de lubricación	Funcionamiento y condición física	Inspección visual	Inspección visual	-	I-COMP-05-ODS19-09 INSTRUCTIVO PARA INSPECCIÓN Y CAMBIO DE CASQUETES DE BANCADA	R-COMP-05-ODS19-11 REGISTRO DE METROLOGÍA ESPESOR DE SHIMS DE BANCADA Y CUÑAS DE PLOMO
1.1.2.2	Cilindros						
1.1.2.2.2	Piston & Rod						
	Rod runout al conjunto piston - vástago	Metrología	Inspección dimensional	Indicador dial	V: 0.003" H: 0.003"	R-COMP-05-ODS19-30 REGISTRO DE METROLOGÍA RUN OUT VÁSTAGO	R-COMP-05-ODS19-97 PROTOCOLO ROD RUNOUT SC2201-02
	Verificación de puntos muertos del piston	Metrología	Inspección dimensional	Plomo	50% lado culata > lado frame	Procedimiento para ensamble y desensamble de cilindros	R-COMP-05-ODS19-29 REGISTRO DE METROLOGÍA PUNTOS MUERTOS DEL PISTON
	Verificación de holgura diametral entre el piston y la camisa - Booster	Metrología	Inspección dimensional	Calibrador de luces	1ra Etapa: 0.028" mín. 2da Etapa: 0.012" mín.		R-COMP-05-ODS19-25 REGISTRO DE METROLOGÍA HOLGURA PISTÓN - LINER
	Verificación de holgura diametral entre el piston y la camisa - Primary	Metrología	Inspección dimensional	Calibrador de luces	1ra Etapa: 0.012" mín. 2da Etapa: 0.012" mín. 3ra Etapa: 0.032" mín.		R-COMP-05-ODS19-25 REGISTRO DE METROLOGÍA HOLGURA PISTÓN - LINER
1.1.5.3	Filtros						
	Inspección visual de los filtros en busca de partículas metálicas	Condición física	Inspección visual	Inspección visual	-	N.A.	R-COMP-05-ODS19-98 PROTOCOLO PARA CAMBIO DE FILTROS

De la misma manera, se debe desarrollar el ITP para las etapas correspondientes a la inspección, reparación y ensamblaje por componente y actividad.

4.3.4 Plan de seguridad HSE: El plan de seguridad de una parada de planta o de un mantenimiento mayor debe desarrollarse teniendo en cuenta los riesgos asociados a cada una de las actividades a ejecutarse, de manera que se garantice la integridad de los trabajadores y del medio ambiente. Adicionalmente el plan HSE debe enfocarse en concientizar a todo el personal que participe en las actividades de mantenimiento de los riesgos y peligros asociados a sus roles, mediante la divulgación en cada uno de los turnos de los procedimientos correctos para los trabajos.

En esta etapa de la planeación se debe generar un documento formal cuyo objetivo principal sea el de prevenir los riesgos laborales y que establezca los canales de comunicación efectivos en caso de ocurrir un incidente.

Es de suma importancia que se conozca el organigrama del personal durante la ejecución, así como la cadena de llamados a seguir en caso de la ocurrencia de algún incidente. A continuación se expone un ejemplo de un organigrama de ejecución y una cadena de llamados para un mantenimiento mayor en una parada de planta:

Figura 14. Organigrama de ejecución de un mantenimiento mayor en parada de planta.

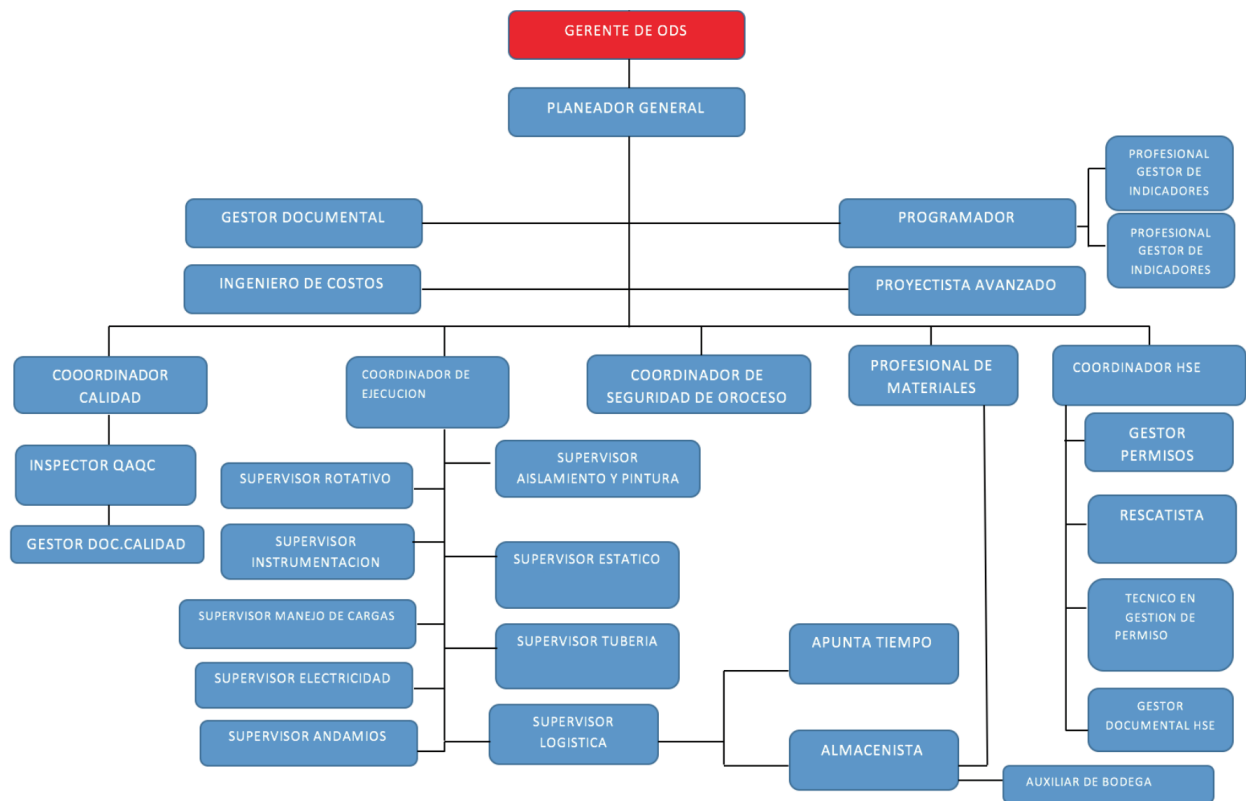
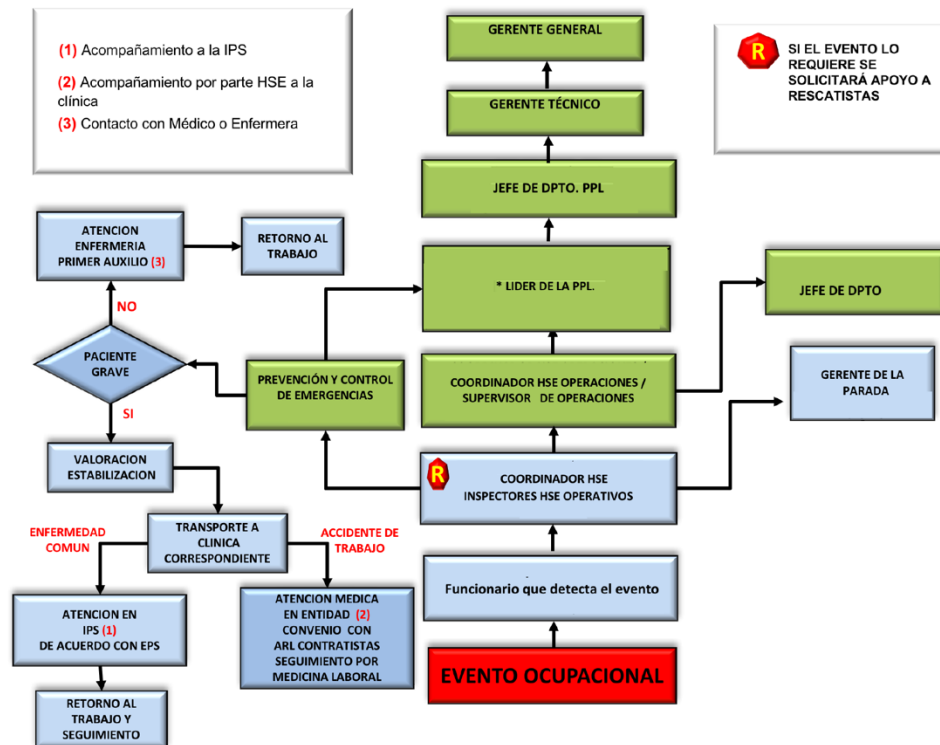


Figura 15. Cadena de llamado de un plan de seguridad HSE



Adicionalmente, el plan de seguridad sugerido para esta etapa debe :

- Establecer las funciones y responsabilidades de los profesionales encargados de la gestión ambiental.
- Exponer una matriz de aspectos e impactos ambientales para todas las actividades a ejecutar.
- Identificar los elementos de protección personal requeridos por los trabajadores que ejecutarán las actividades de mantenimiento.
- Presentar un programa de capacitaciones y entrenamientos, para cada uno de los cargos, los cuales estarán alineados con los requisitos legales relacionados con las actividades del proyecto.
- Definir las medidas de control necesarias para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos y emergencias durante el mantenimiento.

4.3.5 Repuestos. La identificación y gestión de los repuestos para un mantenimiento mayor es un factor clave para su éxito, debido a que la no disponibilidad de los mismos puede ocasionar demoras y retrasos en la ejecución.

La revisión de los repuestos requeridos debe realizarse de manera detallada, teniendo en cuenta los componentes y cantidades descritas en las acciones recomendadas del alcance, y verificando cada uno de ellos en el manual del fabricante del compresor. Posteriormente, se deben revisar las cantidades que se tengan disponibles en stock en bodega, para determinar las compras que deben realizarse.

En muchas ocasiones, los tiempos de entrega de los repuestos requeridos pueden oscilar entre seis meses a un año, dependiendo del tipo de repuesto y su disponibilidad en fábrica, por lo cual se debe gestionar su compra con suficiente tiempo de anticipación. A continuación se muestra una lista detallada de los repuestos requeridos para un mantenimiento general de un compresor recíprocante, clasificado por subsistemas, componentes y cantidades, referenciado con los números de parte del fabricante y el número de la lista donde se encuentra en el manual del equipo.

Tabla 15. Repuestos requeridos para un mantenimiento mayor a un compresor recíprocante

Ítem	No. Lista	Cantidad Req.	Descripción	Parte Número
FRAME AND COVER PARTS				
1	201	4	Empaque última tapa superior del frame	1W30764
2	214	1	Empaque tapas superiores del frame	1W30765
3	191	4	Empaque tapa de la cruceta	1W30768
4	222	1	Empaque tapa sello de aceite	1W30769
5	200	2	Empaque tapa lado frame	1W30770
6	209	4	Empaque tapa respirador	1W27805
7	282	2	Cojinete axial (empuje)	1W25313
8	241	8	Tornillos cojinete axial (empuje)	77A2C175
9	277	5	Cojinete de bancada (juego completo)	1W76568
10	280	12	Shim cojinete bancada	1W74972
CONNECTING ROD				
11	326	8	Pernos de biela	1W89448P1

12	348	8	Tuercas de biela	1W98397
13	354	8	Chaveta de la tuerca de biela	11A13C71
14	329	4	Buje de biela	W25450
15	328	4	Casquete de biela	1W89683
16	360	8	Shim casquete biela	1W31254
CROSSHEAD PARTS				
17	363	8	Patín de cruceta	2VG492D
18	361	8	Shim - Patin de cruceta	2VG493
19	327	4	Perno de cruceta	1W25453
20	346	4	Retenedor del perno	1W28028
21	342	4	Prisionero de vástago	X1007T3
CRANKSHAFT, OIL RING AND COVER PARTS				
22	391	2	Empaque junta de tapa anillo de aceite	1W47766
23	389	1	Empaque de tapa al baffle	1W30802
24	396	1	Anillo de aceite	1R16690
FRAME LUBE OIL PUMPS				
25	N/A	1	Filtro de aceite	W119817
OUTBOARD BEARING, PEDESTAL, INSULATION, ETC				
26	N/A	1	Adaptador	SNW34
27	N/A	1	Anillo de sello metálico	LER-140
28	N/A	1	Shims cojinetes	1W44344
29	N/A	1	Shims aislamiento cojinetes	1W77027
LINER COMPR. CYLINDER 9-3/4" X 12" STROKE (1ST STAGE PRIMARY)				
30	154	24	Pernos de brida	90A3J07037
31	154A	24	Tuercas para pernos de brida	38A4C9
32	216	1	Camisa (Liner) 1ra etapa Primary	1R59511P1
33	161	1	Empaque cabezal exterior	1W107292
34	291A	1	Empaque tapa cabezal exterior	X1297T50
35	145	8	Empaque tapa de válvula	X1014T72-68F
36	151	8	Empaque asiento de válvulas	X1014T56-51F
37	176	1	Set sello de aceite - Incluye anillos	X1099TS18
38	177	1	Set anillos (Sello de aceite)	X1099TS18R
39	110	1	Pistón 1ra etapa Primary	1R292500
40	100	1	Vástago 1ra etapa Primary	1R50896
41	101	1	Tuerca vástago a pistón	1W90054
42	506	1	Espárrago vástago a pistón	109A2A44
43	102	1	Contratuerca vástago a cruceta	X1010T9
44	111	2	Anillos de compresión 1ra etapa Primary	W122948
45	113	1	Anillos guía 1ra etapa Primary	1W122949

VALVES (1ST STAGE PRIMARY)				
46	N/A	1	Kit válvulas Magnum HH 9.75"	1000406135
UNLOADER (1ST STAGE PRIMARY)				
47	N/A	4	Ensamblaje completo - descargador	EO-UAB052AG-1-1#1
48	10	4	Resorte de la válvula	PP675
49	13	4	Pistón del descargador	UL90-7L
50	14	4	O-Ring del pistón actuador	20A11CM338
51	15	4	Resorte del pistón del descargador	PP493
52	18	4	Empaque tapa de la cubierta	UL90-6A
53	20	4	Vástago del pistón actuador	UL90-10C
54	21	4	Pasador del pistón	25A13C131
55	22	4	O-ring del vástago del pistón	20A11CM012
56	23	4	Vástago del descargador	UL90-12CC
57	26	4	Empaque tuerca de acople (plomo)	X1131T8
PISTÓN ROD PACKING 2" (1ST STAGE PRIMARY)				
58	131	1	Set de anillos de recambio (Sello de gas)	1W94472A
59	132	1	Empaque anillos (Sello de gas)	X1498T14F
LINER COMPR. CYLINDER 6" X 12" STROKE (2ND STAGE PRIMARY)				
60	140	1	Cilindro completo	1F9003DVP1
61	216	1	Camisa (Liner) 2da etapa Primary	1R59480P1
62	161	1	Empaque cabezal exterior	30A11F0754X43
63	291A	1	Empaque tapa cabezal exterior	X1297T78
64	145	4	Empaque tapa de válvula	30A11F0658X22
65	151	4	Empaque asiento de válvulas	30A11F0556X18
66	176	1	Set sello de aceite - Incluye anillos	X1099TS18
67	177	1	Set anillos (Sello de aceite)	X1099TS18R
68	110	1	Pistón 2da etapa Primary	R59481
69	100	1	Vástago 2da etapa Primary	1R50948
70	101	1	Tuerca vástago a pistón	1W90054
71	506	1	Espárrago vástago a pistón	109A2A44
72	102	1	Tuerca retenedora vástago a cruceta	X1010T9
73	111	3	Anillos de compresión 2da etapa Primary	W122936
74	113	2	Anillos guía 2da etapa Primary	W122937
VALVES (2ND STAGE PRIMARY)				
75	N/A	1	Kit válvulas Magnum HH 6.00"	1000406139
UNLOADER (2ND STAGE PRIMARY)				
76	N/A	2	Ensamblaje completo - descargador	EO-UAB052AG-2-1#1
77	3	2	Empaque tuerca de acople	X1131T10
78	9	2	Resorte de la válvula	PP666

79	15	2	Empaque tapa de la cubierta	UL90-6B
80	16	2	Pistón actuador del descargador	UL90-7R
81	17	2	O-ring del pistón actuador	20A11CM342
82	18	2	Resorte del pistón del descargador	PP386
83	19	2	Vástago del descargador	UL90-10FB
84	20	2	Pasador del pistón	25A13C131
85	22	2	O-ring del vástago del pistón	20A11CM012
PISTÓN ROD PACKING 2" (2ND STAGE PRIMARY)				
86	131	1	Set de anillos (Sello de gas)	12528907
87	132	1	Empaque anillos (Sello de gas)	X1498T14F
LINER COMPR. CYLINDER 3-1/4" X 12" STROKE (3RD STAGE PRIMARY)				
88	154	16	Pernos de brida	94A3J08044
89	154A	16	Tuercas para pernos de brida	38A4K10
90	216	1	Camisa (Liner) 3ra etapa Primary	H31874P3
91	161	1	Empaque cabezal exterior	30A11F0454X18
92	145	4	Empaque tapa de válvula	30A11F0402X14
93	151	4	Empaque asiento de válvulas	30A11F0332X10
94	176	1	Set sello de aceite - Incluye anillos	X1099TS18
95	177	1	Set de anillos (Sello de aceite)	X1099TS18R
96	100	1	Vástago y cilindro 3ra etapa Primary	F28924
97	102	1	Tuerca retenedora vástago a cruceta	X1010T9
98	111	6	Anillos de compresión 3ra etapa Primary	W123062
99	113	2	Anillos guía 3ra etapa Primary	W123063
VALVES (3RD STAGE PRIMARY)				
100	N/A	1	Kit válvulas Magnum HH 3.25"	1000406138
UNLOADER (3RD STAGE PRIMARY)				
101	N/A	2	Ensamblaje completo - descargador	EO-UAB031AG-1-1#1
102	3	2	Resorte de la válvula	PP950
103	7	2	Empaque tapa de la cubierta	UL90-6B
104	9	2	Pistón actuador del descargador	UL90-7R
105	10	2	O-ring del pistón actuador	20A11CM342
106	11	2	Resorte del pistón del descargador	PP386
107	12	2	Vástago del descargador	UL90-10FD
108	13	2	Pasador del pistón	25A13C131
109	14	2	O-ring del vástago del pistón	20A11CM012
110	20	2	Empaque tuerca de acople	X1131T8
PISTÓN ROD PACKING 2" (3RD STAGE PRIMARY)				
111	131	1	Set de anillos de recambio (Sello de gas)	12528907
112	132	1	Empaque anillos (Sello de gas)	30A11F0432X16

LINER COMPR. CYLINDER 20-1/2" X 12" STROKE (1ST STAGE BOOSTER)				
113	161	1	Empaque cabezal exterior	1W87673
114	154	24	Pernos de brida	94A3J07032
115	154A	24	Tuercas para pernos de brida	38A4C9
116	216	1	Camisa (Liner) 1ra etapa Booster	1H39899P1
117	145	8	Empaque tapa de válvula	X1014T120-116F
118	149	2	Tornillo de ajuste materia de descarga	X1001T1046
119	148	4	Empaque tornillo de descarga	X1131T5
120	151	4	Empaque asiento de válvulas	X1014T103-99F
121	100	1	Vástago 1ra etapa Booster	H39900
122	113	2	Anillos guía 1ra etapa Booster	W120493
123	111	2	Anillos de compresión 1ra etapa Booster	W97852P2
124	76	1	Acople de vástago	W89396
125	110	1	Pistón 1ra etapa Booster	1R3271BHP1
VALVES (1ST STAGE BOOSTER)				
126	N/A	1	Kit válvulas Magnum HH 20.5"	1000406137
UNLOADER (1ST STAGE BOOSTER)				
127	N/A	2	Ensamblaje completo - descargador	EO-UAD095AG-1-1#1
128	13	2	Pistón del descargador	UL90-7L
129	14	2	O-ring del pistón actuador	20A11CM338
130	15	2	Resorte del pistón del descargador	PP493
131	18	2	Empaque tapa de la cubierta	UL90-6A
132	20	2	Vástago del descargador	UL90-10AD
133	21	2	Pasador del pistón	25A13C131
134	22	2	O-ring del vástago del pistón	20A11CM012
UL-47 SLEEVE CLEARANCE VALVE 5-1/4" (1ST STAGE BOOSTER)				
135	4	3	Anillos pistón del cuerpo de la válvula	X1244T5-1/4
136	6	1	Empaque tapa del cuerpo de válvula	1W26046
137	8	1	Empaque asiento del pistón	X1008T14
138	9	1	Pistón válvula	1D45920P2
139	10	2	Anillos pistón de válvula	X1244T5
140	11	1	Vástago pistón de válvula	1W26047
141	15	1	Empaques Stuffer Gland	11/32SQx26
142	17	1	Resorte de descargue válvula	PP693
143	19	1	Resorte de levantamiento válvula	PP403
LINER COMPR. CYLINDER 10" X 12" STROKE (2ND STAGE BOOSTER)				
144	78	1	Placa de empuje	W89397
145	154B	24	Pernos de brida	94A3J06032
146	154C	24	Tuercas para pernos de brida	38A4C8

147	216A	1	Camisa (Liner) 2da etapa Booster	1R59547P1
148	121	1	Empaque cabezal interior cilindro	1W106999
149	110A	1	Pistón 2da etapa Booster	1R59546
150	100A	1	Vástago 2da etapa Booster	F28909
151	111A	2	Anillos de compresión 2da etapa Booster	W107001P1
152	113A	2	Anillos guía 2da etapa Booster	W122995
153	135	1	Empaque tapa cabezal interior cilindro	1W30798
154	145A	8	Empaque tapa de válvula	X1014T72-68F
155	148A	2	Empaque tornillo de descarga	30350870
156	151A	4	Empaque asiento de válvulas	X1014T68-63F
157	177	1	Set de anillos (Sello de aceite)	X1099TS18R
VALVES (2ND STAGE BOOSTER)				
158	N/A	1	Kit válvulas Magnum HH 10"	1000406136
UNLOADER (2ND STAGE BOOSTER)				
159	N/A	2	Ensamblaje completo - descargador	EO-UAB063AG-1-1#1
160	3	2	Empaque tuerca de acople	X1131T5
161	16	2	Empaque tapa de la cubierta	UL-90-6A
162	18	2	Pistón del descargador	UL90-7L
163	19	2	O-ring del pistón actuador	20A11CM338
164	20	2	Resorte del pistón del descargador	PP493
165	21	2	Vástago del descargador	UL90-10FC
166	22	2	Pasador del pistón	25A13C131
167	23	2	O-ring del vástago del pistón	20A11CM012
PISTÓN ROD PACKING 2" (BOOSTER)				
168	131	1	Set de anillos de recambio (Sello de gas)	1W97768P3
169	132	1	Empaque anillos (Sello de gas)	X1498T14F

4.3.6 Herramientas. Al igual que con los repuestos, se deben listar las herramientas requeridas para el mantenimiento del equipo. Estas herramientas deben proyectarse a ser utilizadas por el personal, por tanto, debe haber en tipos en cantidades suficientes para que no implique un atraso durante la ejecución. A continuación se expone, a manera de ejemplo, un listado de las herramientas requeridas para un mantenimiento mayor a un compresor reciprocante, el cual será intervenido por un grupo de 6 parejas de mecánicos:

Tabla 16. Herramientas básicas requeridas para el mantenimiento de un compresor reciprocante

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	6	Juego de llaves mixtas 1/4" a 1-1/2"
2	6	Juego de llaves mixtas 6 a 35 mm.
3	6	Juego de copas cortas cuadrante 3/8" de 1/4" a 1"
4	6	Juego de copas cortas cuadrante 3/8" de 6 a 25 mm.
5	6	Juego de copas largas cuadrante de 1/2" de 3/8" a 1-1/2"
6	6	Juego de copas largas cuadrante de 1/2" de 8 a 30 mm.
7	6	Juego de llaves hexagonales en pulgadas
8	6	Juego de llaves hexagonales en milímetros
9	6	Juego de punzones cónicos
10	6	Juego de punzones cilíndricos
11	6	Juego de cinceles de pala
12	6	Llave de expansión de 8"
13	6	Llave de expansión de 12"
14	6	Llave para tubo de 10"
15	6	Ratchet cuadrante 3/8"
16	6	Ratchet cuadrante 1/2"
17	6	Volvedor o palanca 3/8"
18	6	Volvedor o palanca 1/2"
19	6	Extensión de 3" cuadrante 1/2"
20	6	Extensión de 6" cuadrante 3/8"
21	6	Juego de destornilladores de pala hasta 12"
22	6	Juego de destornilladores de estrella 6"
23	6	Punzones de bronce redondos
24	6	Centro punto 3/16"
25	6	Espátula
26	6	Flexómetro 3 metros.
27	6	Tijeras para lámina
28	6	Martillo de bola 16 onzas
29	6	Martillo de bola 32 onzas
30	6	Martillo de fibra
31	6	Hombre solo
32	6	Calibrador pie de rey 6"
33	6	Linterna de mano a prueba de explosión.
34	6	Barra de uña pate-cabra
35	6	Calibrador de luces en pulgadas 6"
36	6	Calibrador de roscas en mm y pulg.
37	6	Marco para segueta.

38	6	Espejo con brazo articulado
39	6	Alicate
40	6	Alicate Corta frío
41	6	Pinzas
42	6	Juego de limas (Redonda, media caña y plana)
43	6	Micrómetros de exteriores de 0-1"
44	6	Micrómetros de exteriores de 1-2"
45	6	Micrómetros de exteriores de 2-3"
46	6	Micrómetros de exteriores de 3-4"
47	6	Juego de micrómetro de interiores de 0-4"
48	6	Nivel de precisión de maquinista 10" de longitud
49	2	TORQUE WRENCH 40-200 INCH LBS. 1/4"
50	2	TORQUE WRENCH 10-80 FOOT LBS. 3/8"
51	2	TORQUE WRENCH 50-250 FOOT LBS. 1/2"
52	2	Micrómetros de exteriores 0-12", 12"-16", 16"-20", 20"-24"
53	2	Micrómetros de interiores 4" - 40"
54	2	Profundímetro 10"
55	2	Calibrador de galgas 12"
56	2	Calibradores de roscas
57	2	Gato Enerpac de 10 toneladas.
58	2	Gato Enerpac de 20 toneladas.
59	2	Tacómetro estroboscópico (Laser)
60	2	Pirómetro óptico
61	2	Indicador de deflexión de cigüeñales.
62	2	Set de Telescópicas

La mayoría de estas herramientas pueden encontrarse para la compra a nivel nacional, sin embargo, debe verificarse la existencia de cada una de ellas con suficiente tiempo de anticipación, de manera que se pueda garantizar su disponibilidad al momento de comenzar la reparación. Cabe destacar que estas herramientas pueden cambiar en tipo y cantidad según el tipo de compresor recíprocante a intervenir y el número de personas que participaran en la ejecución de las actividades. En algunos casos particulares, se pueden requerir herramientas especiales, recomendadas por los fabricantes para algún procedimiento en específico. Estas herramientas deben ser concebidas desde la planeación para poder ser adquiridas o, en su defecto, fabricadas antes de la etapa de alistamiento. El listado mostrado anteriormente corresponde únicamente a un ejemplo

para tener como referencia, y debe ajustarse al alcance del mantenimiento y a los requerimientos específicos del equipo a intervenir.

4.3.7 Consumibles. Los consumibles corresponden al conjunto de materiales que deben ser adquiridos para ser utilizados en las actividades del mantenimiento, y los cuales se consumen con su uso. Normalmente estos artículos no son reciclables o reutilizables, pues se pueden degradan después de haber sido utilizados por primera vez. Sin embargo, juegan un papel clave en la ejecución del mantenimiento, debido a que facilitan algunas actividades relacionadas con la limpieza y adecuación de piezas, componentes y áreas específicas del área. Dentro de los consumibles también se encuentran los elementos de protección personal requeridos por el personal ejecutor, sin embargo, esto hace parte de la gestión del departamento HSE. A continuación se presenta un listado de los consumibles que pueden requerirse durante la ejecución de un mantenimiento mayor a un compresor recíprocante:

Tabla 17. Consumibles requeridos para el mantenimiento de un compresor recíprocantos

CONSUMIBLE	CANTIDAD	UNIDAD
Aceite hidráulico	1	gal
Alambre dulce	1	kg
Amarres plásticos	300	und
Anti-Seize Heavy Duty C-102 (Alta Temperatura)	15	lata
Aserrín (Bulto)	4	und
Atomizador plástico de gatillo	12	und
Balde plástico para construcción negro	20	und
Bandejas plásticas organizadoras	30	und
Barras de Plomo 3/16"	4	und
Bisturí de seguridad	2	und
Bolsa Cierre hermético	1	und
Bolsa plástica Ziploc media oficina	300	und
Brocha 4"	25	und
Carpas plásticas	4	und
Cepillo acero latón 4h mango madera S430CI	25	und
Chesterton 740	6	lata
Cinta Aislante Scotch 33 3M	25	rollo

Cinta De Enmascarar 2"	25	rollo
Cinta Gris Para Ductos 2"	6	rollo
Cinta Teflón Industrial 3/4"	6	rollo
Cinta Transparente	11	rollo
Escobas	3	und
Espátula Plástica 3"	12	und
Esponjilla scotch brite	25	und
Fel-Pro Silver Grade	5	lata
Geo membrana PVC 0.75 micras (1.5m x 5m)	2	rollo
Grata Circ. 4,1/2" en Bronce	10	und
Grata Circ. Entorchada De 4,1/2"	16	und
Grata cónica 4-4 1/2 Rizada	10	und
Hilo de plomo de 0.016"	2	rollo
Jabón para manos FAST ORANGE	12	gal
Laca azul de Prusia	15	und
Lámina de empaque No Asbesto 1/32"	5	und
Lamina de empaque No Asbesto 1/8"	5	und
Lapping compound - #1700 Aluminum Oxide	4	frasco
Lapping compound - #2400 Silicon Carbide	4	frasco
Lapping compund - #3600 Boron Carbide	4	frasco
Lapping compound - Loctite Clover 240 grift (66 micron)	4	frasco
Lapping compound - Loctite Clover 80 grift (267 micron)	4	frasco
Lija Agua #1000	100	und
Lija Agua #1500 x 100 unid	100	und
Lija Agua #220	200	und
Lija Agua #320	200	und
Lija Agua #400	200	und
Lija Agua #600	200	und
Lija Agua #80	100	und
Limpiador De Superficies Magnaflux	2	und
Limpiador desengrasante Green Power	25	und
Loctite 222 - Lockthread - Soft	4	und
Loctite 242 - Lockthread - Medium	4	und
Loctite 271 - Lockthread - High	4	und
Loctite 515 Flange Sealant	5	und
Loctite C5-A	5	lata
LUBRICANTE WD-40	10	cuñete
Manila propileno	3	rollo
Marcador Para Metal	10	und
Marcador Permanente	10	und

O-ring Silincon Grease	2	tubo
Papel De Limpieza Wypall X 70 Blanco	50	rollo
Papel Húmedo 1/64"	3	rollo
Papel Stretch (Film) 12"	6	rollo
Papel Stretch (Film) 18"	6	rollo
Permatex Form-A-Gasket No. 2 Sealant	5	tubo
Permatex Form-A-Gasket No. 3 Sealant	5	tubo
Piedras indias grano fino	5	und
Piedras indias grano grueso	5	und
Piedras indias grano superfino	5	und
Polines de madera 4"x4"x15"	12	und
Polines de madera 8"x8"x40"	8	und
Rollo de Shim de 0.002"	1	rollo
Rollo de Shim de 0.003"	1	rollo
Rollo de Shim de 0.005"	1	rollo
Rollo de Shim de 0.010"	1	rollo
Rollo de Shim de 0.015"	1	rollo
Rollo de Shim de 0.020"	1	rollo
Set de brocas AR de 1/16" a 1/2" x 29 pzs acero	1	Set
Solvente dieléctrico Lectra Clean CRC	30	gal
Tap Magic EP-Xtra (Fluid Cutting Tap)	2	lata
Trapo Tipo Carpeta	400	kg
Varsol	25	und

El listado mostrado anteriormente corresponde únicamente a un ejemplo para tener como referencia, y debe ajustarse al alcance del mantenimiento y a los requerimientos específicos del equipo a intervenir. La mayoría de estos elementos son de fácil consecución, sin embargo, pueden requerirse consumibles de importación que requieren ser gestionados con suficiente tiempo de anticipación para poder contar con ellos al momento de comenzar la ejecución de las actividades.

4.4 ACTIVIDADES DE ALISTAMIENTO

En esta etapa del proyecto de mantenimiento se realizan las actividades previas a la intervención del equipo, lo cual permita asegurar la disponibilidad de los recursos previamente definidos en la etapa de planeación detallada. Estas actividades deben

garantizar el normal desarrollo de las tareas durante la etapa de ejecución del mantenimiento, y debe comenzar como mínimo dos meses antes, dependiendo del alcance.

El modelo propuesto sugiere realizar una verificación de cada uno de los recursos que debe estar listos al comienzo del mantenimiento:

- Permisos de trabajo: Se deben diligenciar y aprobar los permisos de trabajo de la unidad donde se ubica el equipo.
- Revisión del personal: Se deben validar las competencias de cada uno de los trabajadores que están programados para ejecutar las actividades de mantenimiento. De igual manera, se debe verificar que las personas tengan los cursos y certificaciones requeridas para las tareas específicas que se les asignarán.
- Logística y transporte: Se debe realizar el transporte de las facilidades como contenedores administrativos y de herramientas, gestionar el alquiler de vehículos como camionetas, camión grúa, montacargas, y demás equipos requeridos.
- Adecuación del puesto de trabajo: Se deben verificar las condiciones de la planta donde se ejecutará el mantenimiento para adecuarla de manera que sea un lugar seguro para trabajar. Esto incluye señales preventivas, ruta de evacuación, puntos de hidratación, correcta iluminación y ventilación, etc.

La etapa de alistamiento es muy importante en una reparación debido a que permite mitigar el impacto por la ausencia de aquellos recursos que no han sido identificados previamente durante la etapa planificación detallada.

4.5 EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Esta etapa corresponde al momento en el que se da inicio a la reparación, incluyendo la apagada general de la unidad, la descontaminación de los sistemas, el aislamiento de los equipos, la intervención general según el alcance, la entrega y el cierre.

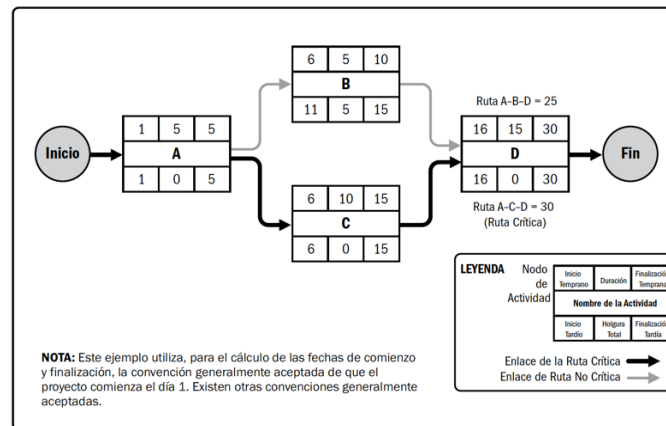
Es en la etapa de ejecución donde se miden los resultados de un mantenimiento mayor y de una parada de planta, por lo tanto se deben monitorear y controlar permanente las variables más críticas como el cumplimiento de las actividades, el tiempo de duración, el número de incidentes, los parámetros de calidad, etcétera. De manera simultanea con la ejecución de las actividades de mantenimiento, se deben documentar cada uno de los entregables finales a incluir en el dossier de calidad del equipo intervenido.

4.5.1 Ruta crítica. La clave en el cumplimiento de los tiempos en un mantenimiento mayor consiste en la identificación de las actividades que componen la ruta crítica, de manera que se prioricen y gestionen de manera efectiva. Según el Project Management Institute, el método de la ruta crítica permite establecer la duración de la ejecución de un proyecto y determinar su nivel de flexibilidad, debido a que corresponde a la secuencia de actividades que representa el camino más largo para lograr el objetivo.⁶

La ruta crítica establece la duración mínima de un proyecto determinado según la relación y duración de cada una de sus actividades, por tanto, si se presenta alguna desviación o incumplimiento en ellas, se retrasa el tiempo para su finalización. La gestión de la ejecución de un mantenimiento mayor consiste en identificar estas desviaciones para mitigarlas mediante el movimiento de los recursos disponibles como la mano de obra.

⁶ PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). 5 ed. Project management institute Inc, 2013. 596p.

Figura 16. Método de la ruta crítica de un proyecto



Fuente: PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK), 2013. p204.

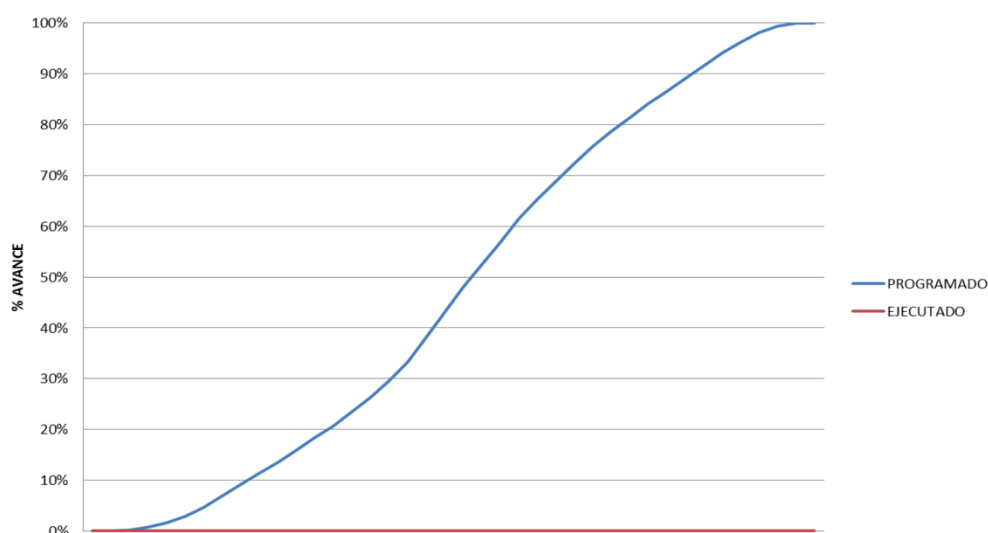
Según Angosto, la gestión del camino crítico es el trabajo principal en la ejecución del mantenimiento mayor mediante parada de planta, y el éxito en el cumplimiento del plazo de la misma se logra cuando se establecen las siguientes cuatro fases:

- Identificación del camino crítico.
- Optimización de los tiempos de cada una de las tareas críticas.
- Comprobación que el camino crítico no ha cambiado durante la optimización.
- Subordinación de las tareas que no hacen parte de la ruta crítica.⁷

⁷ ANGOSTO, Luis A. Organización, planificación, y optimización de paradas de planta para mantenimiento programado. Ejemplo práctico. Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela técnica superior de Ingeniería Industrial, 2011. 119p.

4.5.2 Curva de avance de la ejecución. Mediante la curva de avance de la ejecución, también denominada “curva S”, es posible evaluar el avance real ejecutado contra el avance programado, en tiempo real. El modelo propuesto sugiere hacer seguimiento diario al avance utilizando esta curva, de manera que se puedan identificar las desviaciones para corregirlas a tiempo y que no generen un impacto en la duración de la reparación.

Figura 17. Curva de avance de ejecución



Fuente: HERNANDEZ, Felipe y OROZCO, Luis E. Modelo de gestión para controlar el mantenimiento de la instrumentación en las paradas de planta caso estudio parada de UOP-I 2016, 2016. 209p.

Para la elaboración de esta curva es necesario partir del plan detallado de trabajo, de manera que se pueda ponderar cada una de las actividades según la cantidad de horas hombre. El avance real durante la ejecución corresponde a la sumatoria de los avances de cada actividad según su ponderación respecto a las horas hombre totales y acumuladas.

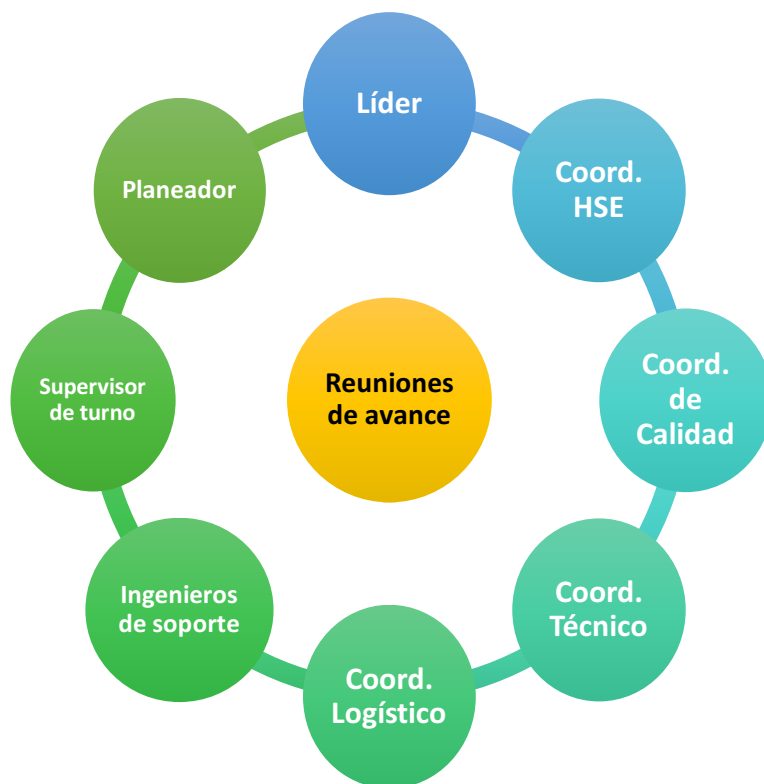
Adicional al control de las variables relacionadas con el tiempo de la ejecución, se sugiere hacer seguimiento a los siguientes índices durante la ejecución del mantenimiento:

- Índice de incidentes durante el mantenimiento.
- Índice de cumplimiento de calidad.
- Índice de cumplimiento de actividades.
- Índice de desempeño del costo.

5. MATRIZ DE INTERESADOS Y COMUNICACIÓN EN UN MANTENIMIENTO MAYOR

El modelo de gestión propuesto sugiere reuniones de avance permanentes, antes y después de cada turno, de manera que se pueda notificar cualquier desviación, como cambios en la línea base, emergentes, imprevistos, incidentes, pérdidas de tiempo, material, entre otras. A continuación se expone la matriz de interesados en un mantenimiento mayor durante una parada de planta y su canal de comunicación principal y sistemático; las reuniones de avance. Cada una de las personas que participan en esta reunión debe cumplir un rol, rendir cuentas a cerca de su proceso en específico, notificar cualquier novedad de manera oportuna, y estar al tanto de la ejecución de las actividades en términos generales.

Figura 18. Matriz de interesados y canal de comunicación efectiva



5.1 ROLES Y RESPONSABILIDADES DE UN MANTENIMIENTO MAYOR

- **Líder:** Se encarga de liderar al equipo de coordinadores durante cada una de las etapas del proyecto de mantenimiento mayor, desde la planeación, pasando por el alistamiento hasta la ejecución y cierre. Tiene toda la responsabilidad de la reparación, tanto en el aspecto técnico como en el aspecto económico y administrativo.
- **Coordinadores de especialidad:** Son los responsables de los trabajos en ciertas líneas específicas durante el proyecto de mantenimiento mayor, como la seguridad (HSE), la calidad, la parte técnica y logística. Debe conocer de manera detallada los alcances de las actividades de mantenimiento y su programación para llevar el control de las mismas en cada una de las etapas.
- **Ingenieros de soporte:** Son los que apoyan al coordinador técnico y se clasifican según sea su especialidad: rotativo, estacionario, eléctrico y electrónico. Aporta el criterio técnico requerido para la toma de decisiones durante la reparación, teniendo en cuenta las desviaciones encontradas y los requerimientos para proponer acciones efectivas.
- **Supervisores de turno:** Son los encargados de supervisar la ejecución de las actividades programadas para cada especialidad en el turno correspondiente. Deben liderar al grupo de trabajadores que ejecutan las labores de mantenimiento para lograr que se cumplan los objetivos trazados a corto, mediano y largo plazo durante el proyecto.
- **Planeador:** Es el responsable de monitorear la condición y avance del plan según lo programado. Garantiza que los recursos requeridos para cada una de las actividades hayan sido planeados y estén incluidas dentro del plan de trabajo. Además, se encarga de entregar el avance diario del mantenimiento.

6. IMPACTO ECONÓMICO DEL ATRASO EN LA EJECUCIÓN DE UN MANTENIMIENTO MAYOR

El modelo de gestión propuesto a lo largo de este proyecto para su aplicación en mantenimientos mayores a compresores recíprocos en plantas de refinación y petroquímica, permite controlar eficazmente las actividades y, por tanto, los costos asociados a la planeación y ejecución de un proyecto de parada de planta. Este modelo está enfocado en la correcta gestión de los recursos según el alcance establecido para la reparación.

Como se mencionó anteriormente, el impacto económico debido a una parada inesperada de un equipo crítico es el principal motivo para realizar mantenimientos mayores preventivos con un nivel de detalle suficiente que garantice la optimización de recursos como la mano de obra, la cantidad de materiales, y en general el tiempo de la reparación.

6.1 COSTOS DIRECTOS DE UN MANTENIMIENTO MAYOR

Son los costos que están relacionados con el rendimiento de la reparación a ejecutarse, incluyendo los tiempos de ejecución y los alcances de mantenimiento.

- **Costos de mano de obra:** Para cada una de las actividades a realizarse se deben cuantificar los costos en términos de las horas hombre requeridas según sus tarifas.
- **Costos de repuestos y materiales:** Se obtiene a partir de los listados de repuestos, materiales y consumibles previamente planificados.

- **Costos de herramientas, equipos y logística:** Se contabilizará el alquiler de herramientas, maquinaria, vehículos, facilidades, etcétera.

Estos costos realmente corresponden a una inversión que es realizada sobre el activo para reestablecer su condición y ampliar su ciclo de vida útil, garantizando su operación continua por un periodo de tiempo mínimo determinado.

6.2 COSTOS INDIRECTOS DE UN MANTENIMIENTO MAYOR

Corresponden a los costos que no pueden atribuirse a las actividades propias de mantenimiento, como por ejemplo costos de almacén, instalaciones, servicios de talleres externos, administración y servicios, entre otros.

6.3 COSTO POR LUCRO CESANTE

El lucro cesante corresponde al daño patrimonial ocasionado por la pérdida de una utilidad económica. En el caso de una planta de refinación y petroquímica, el lucro cesante corresponde al valor de los productos que esta deja de producir durante el tiempo en el que no opere. Este valor puede variar según la capacidad instalada de la planta y sus productos de salida. En cualquier caso, entre mayor sea el tiempo de reparación para devolver los equipo y la planta a su estado operativo, mayor será el lucro cesante por la pérdida de la capacidad de producción de una planta. Adicionalmente, las caídas en la producción de una planta debido a una parada puede comprometer la imagen corporativa debido a posibles incumplimiento en la venta y abastecimiento de productos a los clientes.

El precio de producción diaria de una unidad petroquímica pequeña puede elevarse hasta los USD \$80.000, razón por la cual el costo por los retrasos en la ejecución de un mantenimiento mayor que implique una parada de planta es tan costoso y debe mitigarse a toda costa mediante la planeación detallada de los recursos y el control de las actividades durante todas las etapas del proyecto.

7. CONCLUSIONES

- Para lograr la ejecución satisfactoria de un mantenimiento mayor a un compresor reciprocante en una planta de refinación y petroquímica, es necesario planificar y gestionar los recursos como el tiempo, la calidad, los materiales, la mano de obra, la seguridad y la logística, requeridos durante cada una de las etapas del proyecto: la planeación, el alistamiento y la ejecución del mantenimiento. Esto se logra mediante un modelo de gestión estructurado como el que se propone en el presente proyecto de grado, que permita definir los parámetros para hacer el seguimiento y control riguroso para dar cumplimiento a cada actividad.
- Las estrategias y parámetros para el cumplimiento del tiempo y el presupuesto inicialmente establecidos para un mantenimiento mayor a un compresor reciprocante en una planta de refinación y petroquímica pueden ser definidos con los estándares para la gestión de los proyectos establecidos por el Project Management Institute (PMI) en su guía denominada PMBOK. Estas estrategias y parámetros son resumidos en este proyecto a través de la planeación detallada del mantenimiento, comenzando por la definición del alcance, la estructuración del listado de actividades (Worklist), la elaboración del plan detallado de trabajo (PDT), la formulación del plan de inspección y pruebas (ITP) y el plan de seguridad HSE, además del alistamiento de los recursos requeridos como la mano de obra, los repuestos, herramientas y consumibles para ejecutar las tareas. Posteriormente, se debe controlar la ejecución constantemente, utilizando las herramientas previamente descritas, como la identificación de la ruta crítica, el seguimiento a la curva de avance, la comunicación entre los interesados, entre otras. El cumplimiento de estas estrategias es fundamental para poder cumplir con el tiempo y el presupuesto inicialmente establecido.
- Para establecer una comunicación efectiva durante las diferentes etapas del mantenimiento mayor a un compresor reciprocante en una planta de refinación y

petroquímica, se hace necesario definir previamente una matriz de interesados, donde se encuentren las personas involucradas directamente con el proyecto. Los avances de las actividades deben ser reportadas a través de reuniones sistemáticas en cada etapa del proyecto, donde los representantes de cada una de las especialidades notifiquen el estado y condición de su proceso, y lo ponga bajo el entendimiento de todo el grupo de trabajo, de manera que se puedan tomar decisiones integrales y efectivas. Además, se deben notificar las desviaciones encontradas, los cambios relacionados con la línea base o la ruta crítica del cronograma, los emergentes e imprevistos de manera que se puedan abordar correctamente por cada integrante del grupo, direccionado por el líder del proyecto de mantenimiento.

- El principal impacto económico que puede representar el retraso en la ejecución de un mantenimiento mayor de un equipo crítico en una planta de refinación y petroquímica corresponde al lucro cesante de la misma planta, debido a que representa una pérdida de la producción y a su vez, una pérdida de la utilidad económica. Esta pérdida económica es mucho mayor a los sobre costos incurridos en el proyecto por el retraso generado, como la mano de obra y el costo administrativo del mismo. Por este motivo, se deben cumplir las estrategias establecidas para el cumplimiento de los tiempos de mantenimiento, de manera que no se impacte la producción de la planta donde se ubica el equipo a intervenir.

BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. API STANDARD 618: Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services. 5th Edition, 2007. 210p.
- ANGOSTO, Luis A. Organización, planificación, y optimización de paradas de planta para mantenimiento programado. Ejemplo práctico. Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela técnica superior de Ingeniería Industrial, 2011. 119p.
- GARCÍA, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. 1 ed. Madrid: Editorial Díaz de Santos S.A, 2003. 321p.
- HERNANDEZ, Felipe y OROZCO, Luis E. Modelo de gestión para controlar el mantenimiento de la instrumentación en las paradas de planta caso estudio parada de UOP-I 2016. Trabajo de grado Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, 2016. 352p.
- HUNG, Alberto J. Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC. Ingeniería Energética, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, 2009. 8p.
- LOPEZ, Andrés L. Modelo de planeación y control para los proyectos de gestión de mantenimiento mayor de turbinas de gas en los campos Cusiana y Cupiagua operados por Ecopetrol y BP Colombia. Trabajo de grado Especialista en Ingeniería del gas. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería de Petróleos, 2010. 242p.

- MORA, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales. 1 ed. Envigado: Editorial AMG, 2005. 294p.
- PASCUAL, Rodrigo. Gestión moderna del mantenimiento. 2ed. Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile, 2002. 286p.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). 5 ed. Project management institute Inc, 2013. 596p.
- SANABRIA, Julián y MEDINA, Francisco J. Modelo para la gestión el mantenimiento preventivo basado en los lineamientos del PMI. Trabajo de grado Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2013. 114p.